

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 423**

21 Número de solicitud: 202130333

51 Int. Cl.:

G01K 15/00 (2006.01)

G01J 5/60 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

15.04.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

25.10.2022

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

24.01.2023

Fecha de concesión:

25.12.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

03.01.2024

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA (25.0%)
Patio de Escuelas, 1
37008 Salamanca (Salamanca) ES y
UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
(75.0%)**

72 Inventor/es:

**LAGÜELA LÓPEZ, Susana;
GONZÁLEZ AGUILERA, Diego;
DEL POZO AGUILERA, Susana;
MARTÍN JIMÉNEZ, José Antonio;
HERNÁNDEZ LÓPEZ, David;
MORENO HIDALGO, Miguel Ángel;
ORTEGA ÁLVAREZ, José Fernández;
BALLESTEROS GONZÁLEZ, Rocío;
GARRIDO LIMIÑANA, Alonso y
MARTÍNEZ GUTIÉRREZ, Juan Isidoro**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN RADIOMÉTRICA DE CÁMARAS EN EL INFRARROJO TÉRMICO**

57 Resumen:

Dispositivo y procedimiento de calibración radiométrica de cámaras en el infrarrojo térmico.

El dispositivo comprende un receptáculo (2) aislado, destinado a contener una cámara (1) a calibrar, un simulador de cuerpo negro (3) con un orificio (4) de acceso, y un módulo de calentamiento (5) y control de temperaturas, conectado al receptáculo (2) y al simulador de cuerpo negro (3). Haciendo uso del dispositivo, el procedimiento comprende las etapas de: incremento progresivo de las temperaturas del simulador de cuerpo negro (3) y del receptáculo (2) en unos intervalos preestablecidos, y para cada temperatura, captura de al menos tres imágenes con valores de temperatura y al menos tres con valores digitales, lo que permite la calibración de la cámara (1) a diferentes temperaturas de trabajo, así como la medición de un elevado número de valores de temperatura, aumentando la precisión de calibración de la cámara (1).

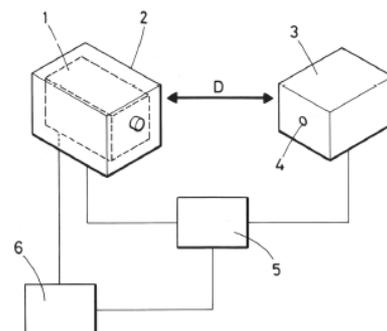


FIG.1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 926 423 B2

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN RADIOMÉTRICA DE CÁMARAS EN EL INFRARROJO TÉRMICO

5

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un dispositivo y procedimiento de calibración radiométrica automática de cámaras en el rango del infrarrojo térmico, que permite la calibración de la cámara a diferentes temperaturas de trabajo, validando la calibración su uso en diferentes condiciones de trabajo, tales como montada en un vehículo aéreo o fijada en un trípode, y que además permite la medición de un elevado número de valores de temperatura, aumentando la precisión de la calibración.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Las cámaras térmicas o cámaras infrarrojas son unos dispositivos que, a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forman imágenes luminosas visibles por el ojo humano

20

Todos los cuerpos por encima del cero absoluto (-273°C) emiten radiación infrarroja. En general, cuanto mayor es la radiación emitida, mayor es la temperatura del cuerpo. Esta radiación es invisible al ojo humano y su rango en el espectro electromagnético se sitúa entre la luz visible y la radiación de microondas. En concreto, la longitud de onda de los infrarrojos se sitúa entre las 0,7 y las 1000 micras.

25

Dentro de este amplio margen, las cámaras térmicas trabajan en un rango conocido como infrarrojo térmico, que es donde se encuentran las temperaturas más habituales en la superficie terrestre, entre las 7 y las 14 micras, que equivale aproximadamente entre los -20 y 350 °C.

30

Uno de los puntos clave a la hora de utilizar este tipo de cámaras es su calibración, pues de esta dependerá la realización de medidas más o menos precisas. La calibración depende tanto de la temperatura de los objetos a medir como de la temperatura de trabajo a la que está la cámara termográfica.

35

Existen en el ámbito termográfico diferentes productos diseñados para la calibración radiométrica de cámaras en el infrarrojo térmico. En relación a productos estandarizados en el mercado, son conocidos los simuladores de cuerpos negros. La calibración radiométrica estándar se realiza en condiciones de laboratorio controladas, con un gran número de fuentes de referencia de cuerpo negro (una fuente por valor de temperatura para el que se quiera calibrar la cámara), distribuidas en un semicírculo. La cámara a calibrar se fija en una mesa rotatoria, que de manera automática va enfocando la cámara en cada uno de los cuerpos negros.

Estos cuerpos negros consisten en prismas con superficie negra y una cavidad circular en su centro. Esta cavidad absorbe la radiación recibida gracias a su geometría de profundidad estrecha, de manera que se asegura el comportamiento del sistema como un cuerpo negro.

Otro producto estándar en el mercado son los sistemas basados en los cambios de fase del agua. Se trata de un método de comprobación y de calibración de bajo coste, cuyos resultados presentan baja precisión. El sistema consiste en un recipiente metálico, pintado con pintura negra mate o cubierto con cinta aislante para elevar su emisividad. En el interior del recipiente se colocará agua hirviendo (100°C) y agua con hielo (0°C). Ambos puntos se medirán con la cámara a calibrar, a partir de los cuales se calculará la curva de calibración.

Existen por otra parte, productos presentados a nivel científicos, que se tratan en su mayor parte de variaciones de las fuentes de referencia de cuerpo negro, buscando el abaratamiento del sistema o una mayor aplicabilidad.

Un primer ejemplo de este grupo son los simuladores de cuerpo negro, que son dispositivos con emisividad elevada en su superficie, cuya temperatura se puede controlar y variar en un rango determinado. Algunos disponen de un soporte regulable, de modo que se puede ajustar la posición del simulador en varios ejes con el objetivo de realizar la calibración para diferentes ángulos de visión de la cámara. La elevada emisividad de la superficie se consigue gracias a la aplicación de pintura negra o de un revestimiento negro sobre el metal.

Otro ejemplo son los radiadores de placa, dispositivos que actúan como simuladores de cuerpo negro, con una configuración en forma de placa plana. Su superficie presenta emisividad elevada a través de pintura o revestimiento negro, y se busca que presenten una temperatura uniforme en toda ella.

35

Finalmente, los métodos basados en imagen, que son procedimiento aún en fase experimental, consisten en la generación de un modelo de comportamiento de la cámara a partir de secuencias de imágenes con el sensor abierto y cerrado, en base a una fuente de referencia interna. Presenta la ventaja de no requerir ningún material adicional, y el inconveniente de que es necesaria una calibración por rango de temperaturas de trabajo.

Este procedimiento requiere una calibración específica para cada temperatura de trabajo a la que se encuentre la cámara. Asimismo, la calibración está limitada al rango de temperaturas de trabajo, de modo que no se podrían medir elementos a una temperatura diferente a la del ambiente.

Todos los productos alternativos citados anteriormente muestran las siguientes limitaciones:

- están diseñados para calibrar solamente cámaras termográficas, o cámaras hiper / multiespectrales, no pudiendo adaptarse a la calibración radiométrica de todas ellas;
- requieren condiciones ambientales muy específicas y controladas; y
- no es posible la calibración para diferentes condiciones de trabajo (temperatura, humedad).

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la presente invención es un dispositivo y procedimiento de calibración radiométrica automática de cámaras en el rango del infrarrojo térmico, que es el rango empleado para la medición de temperaturas a distancia y sin contacto.

Las cámaras con sensor en el infrarrojo térmico reciben la radiación que emiten los objetos en ese rango de longitudes de onda (7-14 μm); a mayor radiación, mayor intensidad de la señal recibida en el sensor, y por tanto mayor será el valor digital almacenado en la cámara.

La calibración radiométrica permite la conversión de los valores digitales de la señal recibida por la cámara a valores de temperatura. Esta calibración depende tanto de la temperatura de los objetos a medir como de la temperatura de trabajo a la que está la cámara.

El dispositivo de la invención comprende, en primer lugar, un receptáculo aislado, destinado a albergar una cámara a calibrar. En segundo lugar, el dispositivo comprende un simulador de cuerpo negro con un orificio, que sirve de calibrador. Finalmente, el dispositivo comprende un módulo de calentamiento y control de temperaturas conectado al receptáculo y al simulador de

cuerpo negro. Se entiende por simulador de cuerpo negro un dispositivo con emisividad elevada en su superficie, cuya temperatura se puede controlar y variar en un rango determinado

5 El dispositivo puede comprender adicionalmente un módulo de cálculo conectado al módulo de calentamiento y destinado a conectarse también a la cámara térmica. El módulo de cálculo incorpora preferentemente una calculadora para el cálculo de posibles ecuaciones de calibración y de parámetros estadísticos que describen la bondad del ajuste (coeficiente de determinación, error relativo, índice de similitud), haciendo posible su elección por parte de un operador.

10 Es un segundo objeto de la presente invención un procedimiento de calibración de una cámara en el rango del infrarrojo térmico, que hace uso del dispositivo que es primer objeto de invención. Una primera etapa consiste en la colocación del simulador de cuerpo negro a una distancia D del receptáculo que contiene la cámara que se requiere calibrar, siendo D una distancia comprendida preferiblemente en el rango de 0.25-2 m más la distancia hiperfocal de la cámara.

15 Una segunda etapa consiste en la modificación, por parte del módulo de calentamiento y control de temperaturas preferentemente, de las temperaturas del simulador de cuerpo negro y del receptáculo. Se realiza un incremento de temperaturas según un intervalo preestablecido. Las temperaturas se modifican dentro de unos intervalos de temperatura definidos, siendo el intervalo
20 para el simulador de cuerpo negro entre 0°C y 80°C, y entre 0°C y 60°C para el receptáculo, preferentemente.

La modificación de las temperaturas, y por tanto de la calibración, se realiza durante 24-72h preferiblemente, para asegurar que tanto el simulador como el receptáculo estabilizan sus
25 temperaturas en cada intervalo térmico.

En una tercera etapa del procedimiento, para cada temperatura del simulador de cuerpo negro se capturan al menos tres imágenes con valores de temperatura y al menos tres con valores digitales, y se miden y almacenan las siguientes temperaturas en °C:

- 30
- temperatura del simulador de cuerpo negro, según el valor marcado por el módulo de calentamiento y control de temperaturas,
 - temperatura del interior del receptáculo, según el valor marcado por el módulo de calentamiento y control de temperaturas,
 - temperatura de la carcasa de la cámara térmica a calibrar, según el valor marcado por el
35 módulo de calentamiento y control de temperatura,

- valor medio de temperatura del FPA (*Focal Plane Array*, vector de plano focal) de la cámara térmica a calibrar,
- media de cada imagen con valores de temperatura, y
- media de cada imagen con valores digitales.

5

El procedimiento puede incorporar una etapa de ajuste de los valores de temperatura medidos a ecuaciones lineales y polinomiales típicamente aplicadas en la calibración de cámaras termográficas (Ecuaciones 1, 2):

10

$$Tcn = p00 + p10 \times VD + p01 \times Tc \text{ (Ecuación 1)}$$

$$Tcn = p00 + p10 \times VD + p01 \times Tc + p20 \times VD^2 + p11 \times VD \times Tc + p02 \times Tc^2 + p30 \times VD^3 + p21 \times VD^2 \times Tc + p12 \times VD \times Tc^2 \text{ (Ecuación 2)}$$

15

Donde Tcn es la temperatura del cuerpo negro; VD es la media de valores digitales del sensor de la cámara a calibrar; Tc es la temperatura de la cámara en el receptáculo aislado; p_{ij} son los coeficientes de regresión.

20

Asimismo, el procedimiento puede incorporar una etapa de cálculo de parámetros estadísticos que permiten la selección de la mejor ecuación de calibración radiométrica para cada cámara a calibrar. Estos parámetros son: el coeficiente de determinación, R^2 (Ecuación 3); el error relativo, RE (Ecuación 4); y el índice de similitud, SI (Ecuación 5):

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{(O_n - MO)(S_n - MS)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_n - MO)^2 \sum_{i=1}^n (S_n - MS)^2}} \right]^2 \text{ (Ecuación 3)}$$

$$RE = \left(\frac{RMSE}{MO} \right) * 100 \text{ (Ecuación 4)}$$

25

$$SI = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (S_n - O_n)^2}{\sum_{i=1}^n ((S_n - MO) + (O_n - MO))^2} \right) \text{ (Ecuación 5)}$$

30

Donde R^2 es el coeficiente de determinación; O_n son los valores observados; S_n son los valores simulados; MO el valor medio de los valores observados; MS es el valor medio de los valores simulados; n es el número medio de valores; RE es el error medio (%); $RMSE$ es el error cuadrático medio (°C); SI es el índice de similitud.

El dispositivo y procedimiento de la presente invención presentan la ventaja de que se puede realizar la calibración de la cámara para la medición de un amplio rango de temperaturas (0°C a 80°C) y para entornos de trabajo entre 0°C y 60°C, empleando un único dispositivo compacto.

5 Así, se posibilita la medición de temperaturas de la mayoría de los elementos presentes en entornos urbanos y rurales, y en la totalidad de condiciones ambientales en las que puede trabajar la cámara: portada por un operador, montada en vehículos terrestres y aéreos, en condiciones ambientales de invierno y de verano.

10 La variación de temperaturas, adquisición y almacenamiento de imágenes están automatizados en el receptáculo aislado. La variación de temperaturas para cuya medición se calibra la cámara está automatizada en el simulador de cuerpo negro de cavidad. La libertad entre los dos componentes principales del dispositivo permite la calibración de las cámaras con una configuración angular flexible.

15 El dispositivo y procedimiento de la invención se pueden utilizar con cualquier cámara con medición en el infrarrojo térmico, cuyo funcionamiento y control de adquisición pueda hacerse preferentemente desde un ordenador vía conexión USB.

20 La invención presenta mayor interés para cámaras con una calibración radiométrica proporcionada por el fabricante de baja precisión, y para cámaras que con el tiempo de uso requieran de una calibración. La invención también es de especial interés para las cámaras utilizadas en la realización de mediciones de temperatura absolutas que requieran alta precisión y por tanto una calibración previa a cada uso.

25 Cabe resaltar que el intervalo de temperaturas de trabajo para el que se diseña la invención permite la utilización de la invención con cámaras empleadas en entornos de trabajo variados, incluyendo las mediciones desde el aire, en las que se basa el método de inspección de redes eléctricas para garantizar el suministro energético a la población, y las mediciones de elementos a temperatura elevada (en proceso de calentamiento), así como las mediciones precisas de temperatura de cuerpos vivos que permiten la detección de patologías graves tales como tumores, siempre que estén en órganos cercanos a la piel.

30 A la vista de lo anterior, el dispositivo y procedimiento de calibración radiométrica de cámaras en el infrarrojo térmico presentan las siguientes ventajas, frente a los dispositivos del estado de la técnica:

- Requiere un único cuerpo negro para la calibración de la cámara a varias temperaturas, reduciendo considerablemente el coste del dispositivo.
 - Permite la calibración de la cámara a diferentes temperaturas de trabajo, validando la calibración para el uso de la cámara en diferentes condiciones de trabajo tales como montada en un vehículo aéreo o fijada en un trípode.
 - Permite la medición de un elevado número de valores de temperatura, aumentando la precisión de la calibración al ajustar la curva a partir de más de dos valores.
 - Comprende un simulador de cuerpo negro con cavidad, de manera que se asegura que la emisividad del mismo sea igual a 1, como en una fuente simuladora de cuerpo negro.
- De este modo se aumenta la precisión de la calibración.
- Gracias a su configuración en forma de cuerpo negro con cavidad, presenta un valor de temperatura uniforme en la zona de medida. Esto elimina la posibilidad de fallos en la calibración debidos a una temperatura no uniforme en el plato.
- Las principales áreas de aplicación de la invención son las siguientes:
- evaluación del estado de cultivos agrícolas, vegetación silvestre,
 - detección de vertidos en puertos, costas y ríos,
 - detección de seres vivos (animales inventariados en reservas naturales, presencia de personas),
 - vigilancia nocturna,
 - auditorías energéticas,
 - medicina deportiva,
 - medicina en los ámbitos de otorrinolaringología, oncología, dermatología, y
 - veterinaria.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

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

Figura 1.- Muestra una representación esquemática del dispositivo de calibración radiométrica de cámaras en el infrarrojo térmico

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 Se describe a continuación, con ayuda de la figura 1, una realización preferente del dispositivo y procedimiento de calibración radiométrica de cámaras en el infrarrojo térmico, objetos de la presente invención.

10 Tal y como se muestra en una representación esquemática en la figura 1, el dispositivo comprende, en primer lugar, un receptáculo (2) aislado, destinado a contener una cámara (1) térmica a calibrar.

15 En segundo lugar, el dispositivo comprende un simulador de cuerpo negro (3) con un orificio (4) de entrada, que sirve de calibrador. Asimismo, el dispositivo comprende un módulo de calentamiento (5) y control de temperaturas asociado al receptáculo (2) y al simulador de cuerpo negro (3).

20 Como se muestra en la figura, el dispositivo comprende adicionalmente un módulo de cálculo (6) conectado al módulo de calentamiento (5) y destinado a conectarse también a la cámara (1) térmica. El módulo de cálculo (6) incorpora una calculadora para el cálculo de posibles ecuaciones de calibración y de parámetros estadísticos que describen la bondad del ajuste (coeficiente de determinación, error relativo, índice de similitud), haciendo posible su elección por parte de un operador.

25 Es un segundo objeto de la presente invención un procedimiento de calibración de una cámara (1) térmica, que hace uso del dispositivo que es primer objeto de invención. Una primera etapa consiste en la colocación del simulador de cuerpo negro (3) a una distancia D del receptáculo (2) con la cámara (1) térmica que se requiere calibrar en su interior. La distancia D es de 6 metros.

30 Una segunda etapa consiste en la modificación, por parte del módulo de calentamiento (5) y control de temperaturas, de las temperaturas del simulador de cuerpo negro (3) y del receptáculo (2). Se realiza un incremento de temperaturas según un intervalo de 2.5°C . Las temperaturas se modifican dentro de unos intervalos de temperatura definidos, siendo el intervalo para el simulador de cuerpo negro (3) entre 0°C y 80°C, y entre 0°C y 60°C para el receptáculo (2).

35 La modificación de las temperaturas, y por tanto de la calibración, se realiza durante 24h, para asegurar que tanto el simulador de cuerpo negro (3) como el receptáculo (2) estabilizan sus temperaturas en cada intervalo térmico.

En una tercera etapa del procedimiento, para cada temperatura del simulador de cuerpo negro (3) se capturan tres imágenes con “*t-linear*” activado y tres imágenes con “*t-linear*” desactivado, y se miden y almacenan las siguientes temperaturas en °C:

- 5 - temperatura del simulador de cuerpo negro (3), según el valor marcado por el módulo de calentamiento (5) y control de temperaturas,
- temperatura del interior del receptáculo (2), según el valor marcado por el módulo de calentamiento (5) y control de temperaturas,
- temperatura de la carcasa de la cámara (1) térmica a calibrar, según el valor marcado por el módulo de calentamiento (4) y control de temperatura,
- 10 - valor medio de temperatura del FPA (*Focal Plane Array*, vector de plano focal) de la cámara (1) térmica a calibrar,
- media de cada imagen con valores de temperatura, y
- media de cada imagen con valores digitales.

15 Todas las temperaturas se registran con resolución de 0.01°C salvo la de la carcasa de la cámara (1) que se registra con una resolución de 0.1°C.

20 El número mínimo de imágenes para cada temperatura es de 6 imágenes (3 con *t-linear* activado y 3 con *t-linear* desactivado) con un máximo a partir del cual el procedimiento no mejora la precisión de 20 imágenes (10 con *t-linear* activado y 10 con *t-linear* desactivado).

25 Con “*t-linear*” se hace referencia a la calibración radiométrica de fábrica de las cámaras. La mayoría de las cámaras termográficas en el mercado disponen de este archivo en su firmware, siendo posible su activación y desactivación, de modo que las imágenes adquiridas muestren valores de temperatura o valores digitales, respectivamente.

Cada media de temperatura de la imagen se obtiene de un recinto (normalmente de tamaños 5x5 a 9x9 píxeles) definido en el módulo de calentamiento (5) y control de temperaturas.

30 El procedimiento comprende una etapa adicional de ajuste de los valores de temperatura medidos a ecuaciones lineales y polinomiales típicamente aplicadas en la calibración de cámaras (1) termográficas (Ecuaciones 1, 2):

$$T_{cn} = p_{00} + p_{10} \times VD + p_{01} \times T_c \text{ (Ecuación 1)}$$

35

$$T_{cn} = p_{00} + p_{10} x VD + p_{01} x Tc + p_{20} x VD^2 + p_{11} x VD x Tc + p_{02} x Tc^2 + p_{30} x VD^3 + p_{21} x VD^2 x Tc + p_{12} x VD x Tc^2 \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde T_{cn} es la temperatura del simulador de cuerpo negro (3); VD es la media de valores digitales del sensor de la cámara (1) a calibrar; Tc es la temperatura de la cámara (1) en el receptáculo aislado (2); p_{ij} son los coeficientes de regresión.

Asimismo, el procedimiento comprende una etapa de cálculo de parámetros estadísticos que permiten la selección de la mejor ecuación de calibración radiométrica para cada cámara (1) a calibrar. Estos parámetros son: el coeficiente de determinación, R^2 (Ecuación 3); el error relativo, RE (Ecuación 4); y el índice de similitud, SI (Ecuación 5):

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{(O_n - MO)(S_n - MS)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_n - MO)^2 \sum_{i=1}^n (S_n - MS)^2}} \right]^2 \text{ (Ecuación 3)}$$

$$RE = \left(\frac{RMSE}{MO} \right) * 100 \text{ (Ecuación 4)}$$

15

$$SI = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (S_n - O_n)^2}{\sum_{i=1}^n ((S_n - MO) + (O_n - MO))^2} \right) \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde R^2 es el coeficiente de determinación; O_n son los valores observados; S_n son los valores simulados; MO el valor medio de los valores observados; MS es el valor medio de los valores simulados; n es el número medio de valores; RE es el error medio (%); $RMSE$ es el error cuadrático medio ($^{\circ}C$); SI es el índice de similitud.

20

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de calibración de una cámara (1) en el rango del infrarrojo térmico, que comprende las etapas de:

- 5 - colocación de un simulador de cuerpo negro (4) a una distancia D de un receptáculo (2) que contiene la cámara (1) a calibrar, siendo D una distancia comprendida en el rango de 0.25-2 m más la distancia hiperfocal de la cámara (1),
- incremento progresivo de las temperaturas del simulador de cuerpo negro (3) y del receptáculo (2) en unos intervalos preestablecidos,
- 10 - para cada temperatura del simulador de cuerpo negro (3), captura de al menos tres imágenes con valores de temperatura y al menos tres con valores digitales, y medida de:
 - o temperatura del simulador de cuerpo negro (3),
 - o temperatura del interior del receptáculo (2),
 - o temperatura de la carcasa de la cámara (1) a calibrar,
 - 15 o valor medio de temperatura del FPA (*Focal Plane Array*, vector de plano focal) de la cámara (1) a calibrar,
 - o media de cada imagen con valores de temperatura, y
 - o media de cada imagen con valores digitales.
- introducción de los valores digitales de cada imagen en las ecuaciones de ajuste siguientes:
- 20

$$T_{cn} = p_{00} + p_{10} \times VD + p_{01} \times T_c$$

$$T_{cn} = p_{00} + p_{10} \times VD + p_{01} \times T_c + p_{20} \times VD^2 + p_{11} \times VD \times T_c + p_{02} \times T_c^2 + p_{30} \times VD^3 + p_{21} \times VD^2 \times T_c + p_{12} \times VD \times T_c^2$$

siendo T_{cn} la temperatura del simulador de cuerpo negro (2); VD la media de valores digitales de la cámara (1) a calibrar; T_c la temperatura de la cámara (1) en el receptáculo (2); y p_{ij} los coeficientes de regresión.

- cálculo de parámetros estadísticos seleccionados entre: coeficiente de determinación R^2 , error relativo RE , e índice de similitud SI .

2.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la distancia D está comprendida en un intervalo de 0.25-2 metros más la distancia hiperfocal de la cámara (1).

3.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el intervalo de incremento de las temperaturas es de 2.5°C.

35

- 4.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el intervalo preestablecido para el simulador de cuerpo negro (3) está comprendido entre 0°C y 80°C, y el intervalo preestablecido para el receptáculo (2) está comprendido entre 0°C y 60°C.
- 5 5.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el incremento progresivo de las temperaturas se realiza durante un intervalo de tiempo comprendido entre 24-72h.

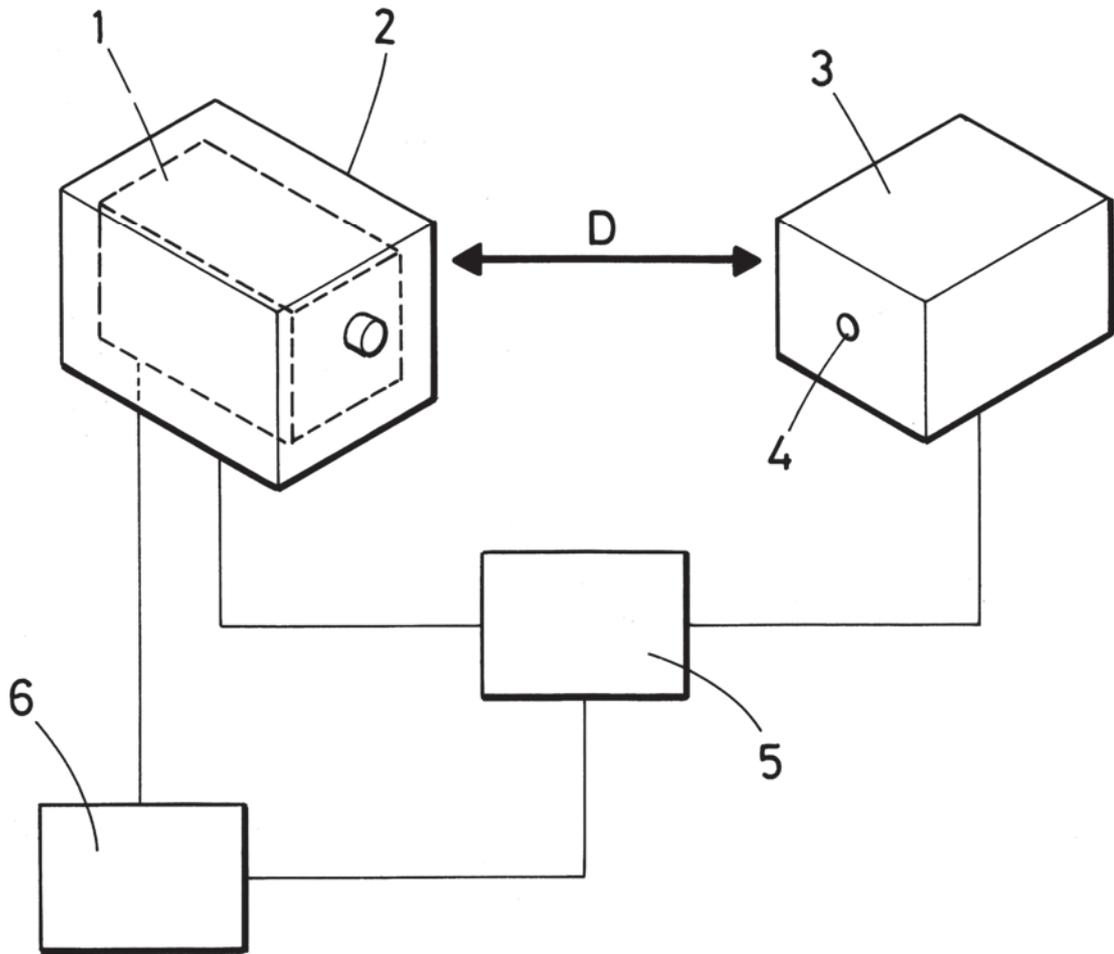


FIG.1