

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 358**

51 Int. Cl.:

G01N 25/72 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

G01N 33/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2008 PCT/JP2008/069033**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.04.2010 WO10046967**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2008 E 08877533 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2357466**

54 Título: **Analizador de imágenes térmicas infrarrojas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.01.2017

73 Titular/es:
**WEST NIPPON EXPRESSWAY ENGINEERING
SHIKOKU COMPANY LIMITED (100.0%)
3-1-1, Hanazono-cho Takamatsu-shi
Kagawa 760-0072, JP**

72 Inventor/es:
**AKASHI, YUKIO;
HASHIMOTO, KAZUAKI y
HAYASHI, SHOGO**

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 596 358 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

Analizador de imágenes térmicas infrarrojas

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un analizador de imágenes térmicas de rayos infrarrojos (IR) que permite la discriminación entre regiones defectuosas y no defectuosas incluidas en una estructura con el uso de una imagen térmica de IR de la estructura tomada por una cámara de IR. En particular, el analizador de acuerdo con la invención
10 permite la discriminación entre regiones defectuosas y no defectuosas incluso si existe un gradiente de temperatura en la superficie de la estructura.

Antecedentes de la técnica

15 Las estructuras de hormigón, tales como puentes y viaductos (de aquí en adelante, indicadas simplemente como "estructuras") no solo se deterioran por sí mismas, sino también se ven afectadas por una variación climatológica, cambio en el suelo, y soporte de carga durante el transcurso de un largo período de tiempo. Estos efectos se acumulan, y en el momento cuando se produce una condición adversa, además de los efectos acumulados, se producirá una rotura parcial o exfoliación en la estructura, posiblemente incluso causando un accidente o daño a un
20 tercero. Para evitar que la estructura se escame, la estructura debe ser constantemente inspeccionada y monitorizada.

Uno de los métodos de inspección y monitorización de una estructura ahora bajo investigación es un método de inspección de rayos infrarrojos que es capaz de realizar una investigación de amplia gama muy eficiente sin
25 necesidad de acceder a la estructura. El método de inspección por rayos infrarrojos es un método en el que se miden las temperaturas de la superficie de una estructura con una cámara de infrarrojos y se hace una discriminación entre las regiones dañadas y las regiones no defectuosas que no tengan daños en base a las diferencias de temperatura. Un analizador de imágenes térmicas de infrarrojos se utiliza en el método de inspección por rayos infrarrojos.
30

La figura 18 muestra una configuración básica de un analizador de imágenes térmicas de IR.

Una cámara de IR 91 detecta la energía de rayos infrarrojos emitida desde un objeto a medir 94, tal como una estructura, y toma una imagen térmica de IR que indica la distribución de temperatura en la superficie del objeto a
35 medir 94 mediante la conversión de la energía de rayos infrarrojos detectada en una temperatura. Un dispositivo de visualización 93 muestra la imagen térmica de IR tomada por la cámara de IR 91.

Si el objeto a medir 94 tiene, en su interior, una región interior dañada, tal como una cavidad, grieta o racha de arena, la temperatura de la superficie de la región dañada se vuelve más alta que la temperatura de la superficie de una región no defectuosa cuando la temperatura ambiente se eleva durante el día, por ejemplo. Por lo tanto, si una
40 región local de alta temperatura se encuentra en la imagen térmica de IR del objeto a medir 94 tomada por la cámara de IR 91, se puede estimar que un daño está presente en esa región.

"NONDESTRUCTIVE EVALUATION OF AGING BRIDGES AND HIGHWAYS", vol. 2456, páginas 250-261 (1995),
45 "Using emissivity-corrected thermal maps to locate deep structural defects in bridge decks" (Nancy Del Grande) se refiere a un analizador de imágenes térmicas de IR que tiene una unidad de procesamiento para extraer un gradiente térmico a partir de una imagen térmica para obtener una variación de temperatura diferente del gradiente de temperatura.

50 El mismo autor (DEL GRANDE) también divulga sistemas de formación de imágenes para eliminar el desorden de una imagen térmica en los documentos US 5.444.241A y US 2004/183020 A1. Estos sistemas requieren dos bandas de frecuencia para eliminar el ruido en el objeto de la imagen de IR. Además, el documento JP H02 93875 describe un procesador de imágenes para corregir una imagen de dos dimensiones que se refiere a una distribución de la temperatura de una escena hacia adelante a una imagen clara, que se observa más fácilmente.
55

Divulgación de la invención**Problemas a resolver por la invención**

60 La temperatura de la superficie de una estructura rara vez es uniforme en toda la superficie, pero la temperatura de la superficie de la estructura a menudo tiene un gradiente, llamado un gradiente de temperatura. Esto se atribuye al hecho de que la cantidad de calor recibida por la superficie de la estructura o la cantidad de calor emitida desde la superficie de la estructura parcialmente difieren, dependiendo de la forma de la propia estructura o del entorno alrededor de la estructura. La presencia de un gradiente de temperatura en la superficie de la estructura hace que
65 sea difícil discriminar entre regiones no defectuosas y dañadas mediante el método de investigación de rayos infrarrojos. Las razones se describen a continuación.

La figura 19(a) muestra la distribución de temperatura en la superficie de la estructura cuando no hay gradiente de temperatura, y la figura 19(b) muestra la distribución de temperatura en la superficie de la estructura cuando hay un gradiente de temperatura. Ambas figuras 19(a) y 19(b) muestran la distribución de temperatura parcial alrededor de una región defectuosa en forma de imágenes de simulación tridimensionales. La figura 19(b) muestra el estado en el que un gradiente de temperatura de una cierta magnitud se superpone sobre la figura 19(a).

En la figura 19(a), la diferencia es evidente entre la región defectuosa, es decir, la región local de alta temperatura, y la región no defectuosa, es decir, la región de baja temperatura. Por otro lado, en la figura 19(b), la distribución de la temperatura en la región defectuosa se oculta mediante el gradiente de temperatura, no siendo clara la diferencia entre la región defectuosa y la región no defectuosa.

Si un operador sin experiencia toma una imagen térmica de IR de una estructura que tiene un gradiente de temperatura con una cámara de IR, es difícil para él/ella discriminar entre las regiones defectuosas y no defectuosas sobre la base de la imagen térmica de IR, como se muestra en las figuras 19(a) y 19(b).

La presente invención se ha realizado en vista de las circunstancias como se describe anteriormente, y es un objeto de la invención hacer que sea posible determinar fácilmente la localización de una región defectuosa en una estructura basada en una imagen térmica de IR incluso si existe un gradiente de temperatura en la superficie de la estructura.

Medios para resolver los problemas

Un primer aspecto de la invención proporciona un analizador de imágenes térmicas de IR, que incluye:

- una cámara de IR para tomar una imagen térmica de IR de una superficie de la estructura;
- una unidad de procesamiento de imágenes para realizar el procesamiento para extraer, a partir de la imagen térmica de IR, una distribución de una variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura que se produce en la superficie de la estructura, produciendo de esta manera una imagen que indica la distribución de la variación de temperatura que no sea el gradiente de temperatura; y
- una unidad de visualización de imágenes para la visualización de la imagen producida por la unidad de procesamiento de imágenes, en el que la unidad de procesamiento de imágenes produce una imagen promedio de la distribución de la temperatura mediante la realización de movimiento promedio de procesamiento en el que una temperatura promedio se calcula de forma secuencial para cada uno de los grupos de píxeles, cada uno consistiendo en un número predeterminado de píxeles en la imagen térmica de IR, y produce una imagen de diferencia de temperatura mediante el cálculo de una diferencia de temperatura en el mismo píxel entre la imagen térmica de IR y la imagen de distribución de la temperatura promedio.

La invención se describirá con referencia a las figuras 1, 3 y 4. Una cámara de IR 10 toma una imagen térmica de IR de una superficie de una estructura 40. En la imagen térmica de IR obtenida de este modo, un gradiente de temperatura se superpone sobre una diferencia de temperatura entre las regiones no defectuosas y defectuosas de la estructura. Una unidad de procesamiento de imágenes 21 de una unidad de análisis 20 extrae la distribución de una variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura a partir de la imagen térmica de IR, produciendo de este modo una imagen que muestra la distribución de la variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura. Una unidad de visualización de imágenes 30 muestra la imagen producida por la unidad de procesamiento de imágenes 21.

La unidad de procesamiento de imágenes 21 divide la imagen térmica de IR para formar un grupo de píxeles dispuestos en una pluralidad de filas y columnas (véase la figura 3), y produce una imagen promedio de distribución de la temperatura mediante la realización de movimiento promedio de procesamiento para obtener un promedio de las temperaturas de forma secuencial para cada uno de grupos de píxeles que consisten cada uno en un número predeterminado de píxeles (9 x 9 píxeles en la figura 3). Además, la unidad de procesamiento de imágenes 21 produce una imagen de diferencia de temperatura (figura 4) mediante el cálculo de una diferencia de temperatura en el mismo píxel entre la imagen térmica de IR y la imagen promedio de distribución de la temperatura. Esta imagen de la diferencia de temperatura es una imagen que indica la distribución de la variación de temperatura que no sea el gradiente de temperatura. La unidad de visualización de imágenes 30 muestra esta imagen de diferencia de temperatura. Cuando la estructura incluye una región defectuosa, la imagen de la región defectuosa exhibe una variación de temperatura que se aumenta localmente en la imagen de la diferencia de temperatura.

En una realización, la unidad de procesamiento de imágenes realiza un procesamiento en énfasis para enfatizar la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura, produciendo de este modo una imagen enfatizada en la que se enfatiza la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura.

La realización se describirá con referencia a las figuras 1, 7 y 9. La unidad de procesamiento de imágenes 21 produce una imagen enfatizada (figura 9) mediante la realización de un procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura (figura 7), por ejemplo. Esta imagen enfatizada (figura 9) es una imagen en la que la imagen de la diferencia de temperatura (figura 7) se enfatiza, e

indica la distribución de una variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura. La unidad de visualización de imágenes 30 muestra esta imagen enfatizada. Por lo tanto, la cantidad de variación de la temperatura se incrementa aún más en la imagen de la región defectuosa.

5 Una segunda realización de la invención se refiere al analizador de imágenes térmicas de IR, que incluye una unidad de función de almacenamiento para almacenar preliminarmente una función de salida en la que una relación de salida se vuelve mayor a medida que un valor de entrada se hace mayor, en el que la unidad de procesamiento de imágenes realiza el procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en cada píxel en la imagen de la diferencia de temperatura mediante la introducción de la diferencia de temperatura en cada píxel en la imagen de la diferencia de temperatura en la función de salida y obteniendo así un valor de salida, produciendo de este modo una imagen enfatizada en la que se enfatiza la diferencia de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura.

15 La segunda realización de la invención se describirá con referencia a las figuras 1, 7, 9 y 8.

Una unidad de función de almacenamiento 22 de una unidad de análisis 2 almacena preliminarmente una función de salida en la que una relación de salida se hace mayor a medida que una entrada se hace mayor (figura 8). La unidad de procesamiento de imágenes 21 realiza el procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en cada píxel en la imagen de diferencia de temperatura mediante la introducción de la diferencia de temperatura en cada píxel en la imagen de diferencia de temperatura (figura 7) en la función de salida (figura 8) y obteniendo así un valor de salida, y produce una imagen enfatizada (figura 9). Esta imagen enfatizada (figura 9) es una imagen en la que se enfatiza la imagen de diferencia de temperatura (figura 7), e indica la distribución de una variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura. La unidad de visualización de imágenes 30 muestra esta imagen enfatizada. Por lo tanto, la cantidad de variación de la temperatura se incrementa aún más en la imagen de la región defectuosa.

Una tercera realización de la invención se refiere al analizador de imágenes térmicas de IR, en el que la unidad de procesamiento de imágenes realiza el procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura, obteniendo secuencialmente una acumulación de temperaturas para cada uno de los grupos de píxeles, que consisten cada uno en un número predeterminado de píxeles en la imagen de la diferencia de temperatura, produciendo de este modo una imagen enfatizada en la que se enfatiza la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura.

35 La tercera realización de la invención se describirá con referencia a las figuras 1, 7, 9, 10 y 11.

La unidad de procesamiento de imágenes 21 divide la imagen de diferencia de temperatura (figura 7 o figura 9) para formar un grupo de píxeles dispuestos en una pluralidad de filas y columnas (figura 10) y realiza el procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura (figura 7 o figura 9) mediante la obtención de forma secuencial de una acumulación de temperaturas para cada uno de grupos de píxeles que consisten cada uno en un número predeterminado de píxeles (3 x 3 píxeles en la figura 10) en la imagen de la diferencia de temperatura, produciendo de este modo una imagen enfatizada (figura 11). Esta imagen enfatizada (figura 11) es una imagen en la que la imagen de la diferencia de temperatura (figura 7 o figura 9) se enfatiza, e indica la distribución de una variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura. La unidad de visualización de imágenes 30 muestra esta imagen enfatizada. Por lo tanto, la cantidad de variación de la temperatura se incrementa aún más en la imagen de la región defectuosa.

Una cuarta realización de la invención se refiere al analizador de imágenes térmica de IR, incluyendo una unidad de almacenamiento de defectos para almacenar preliminarmente información que indica una correlación entre una cantidad de variación de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura y una profundidad de un defecto localizado en el interior de la estructura, en el que la unidad de procesamiento de imágenes obtiene una profundidad del defecto en una parte de la imagen de la diferencia de temperatura producida cuando se produce una modificación local de la temperatura mediante el uso de la información, y produce una imagen de determinación de defectos en la que se cambia el estado de visualización de acuerdo con la profundidad del defecto obtenido en la parte de la imagen de la diferencia de temperatura donde se produce la variación de la temperatura local.

55 La cuarta realización se describirá con referencia a las figuras 1, 12, 13 y 14.

La diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura tiene una correlación con la profundidad de un defecto situado en el interior de la estructura.

60 Una unidad de almacenamiento de defectos 23 de la unidad de análisis 20 almacena preliminarmente información que indica una correlación entre una cantidad de variación de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura y una profundidad de un defecto situado en el interior de la estructura.

65 La unidad de procesamiento de imágenes 21 produce una imagen de diferencia de temperatura (figura 13) basada en una imagen térmica de IR tomada por la cámara de IR 10 (figura 12), y obtiene una profundidad del defecto de

una parte de la imagen de la diferencia de temperatura producida (figura 13), donde una variación local de la temperatura se produce mediante el uso de la información almacenada en la unidad de almacenamiento de defectos 23. La unidad de procesamiento de imágenes 21 produce entonces una imagen de determinación de defectos (figura 14) en la que el estado de visualización, por ejemplo, el color de visualización, se cambia de acuerdo con la profundidad del defecto obtenido en la parte de la imagen de diferencia de temperatura donde se produce una variación de la temperatura local. La unidad de visualización de imágenes 30 muestra esta imagen de determinación de defectos.

Una quinta realización de la invención se refiere al analizador de imágenes térmicas de IR de acuerdo con la cuarta realización, en la que la unidad de procesamiento de imágenes obtiene una profundidad del defecto correspondiente a la cantidad de variación de temperatura en el centro de la parte de la imagen de diferencia de temperatura producida, donde se produce una variación local de la temperatura mediante el uso de la correlación.

Como se muestra en la figura 17, la profundidad del defecto está estrechamente relacionada con la cantidad de variación de temperatura en el centro de la parte en la imagen de diferencia de temperatura donde se produce una variación de temperatura local.

Efectos ventajosos de la invención

Según la presente invención, la distribución de una variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura se extrae de una imagen térmica de IR tomada por una cámara de IR, lo que hace posible la visualización con claridad, en una imagen, la diferencia de temperatura entre las regiones defectuosas y no defectuosas en la estructura. Por lo tanto, incluso si existe un gradiente de temperatura en la superficie de la estructura, la ubicación de un defecto en la estructura se puede determinar fácilmente.

Además, cuando la estructura tiene una región defectuosa, la imagen de la región defectuosa exhibe un aumento local de la variación de la temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura. Por lo tanto, la profundidad del defecto puede estimarse mediante la medición de la cantidad de variación de temperatura de la parte donde se produce la variación de la temperatura local. Si se conoce la profundidad del defecto, se puede predecir el grado de riesgo de descamación.

Mejor modo para realizar la invención

Se describirán realizaciones de ejemplo de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques funcional que muestra una configuración básica de un analizador de imágenes térmicas de IR de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 2 es un diagrama que muestra un flujo de una serie de procesamiento realizado por una unidad de análisis;

La figura 3 es un diagrama que muestra, en una forma modelada, un grupo de píxeles dispuestos en una pluralidad de filas y columnas producidas en procesamiento promedio de movimiento;

La figura 4 es un diagrama que muestra una imagen de diferencia de temperatura;

La figura 5 es una representación gráfica de la distribución de temperatura en n columnas de una imagen térmica de IR y una imagen de diferencia de temperatura;

La figura 6 es un diagrama que muestra la distribución de temperatura de la figura 5 en una imagen de simulación tridimensional;

La figura 7 es un diagrama que muestra una imagen de diferencia de temperatura en la que se añade una variación a la imagen de diferencia de temperatura de la figura 4;

La figura 8 es un diagrama que muestra un ejemplo de una función de salida almacenada en una unidad de almacenamiento de funciones;

La figura 9 es un diagrama que muestra una primera imagen enfatizada;

La figura 10 es un diagrama que muestra, en una forma modelada, unos grupos de píxeles dispuestos en una pluralidad de filas y columnas producidas en procesamiento acumulativo;

La figura 11 es un diagrama que muestra una segunda imagen enfatizada;

La figura 12 es un diagrama que muestra una imagen térmica de IR de una estructura;

La figura 13 es un diagrama que muestra una imagen de diferencia de temperatura producida usando la imagen térmica de IR de la figura 12;

La figura 14 es una imagen de determinación de defectos producida utilizando la imagen de diferencia de temperatura de la figura 13;

Las figuras 15(a) a 15(d) son diagramas que muestran la relación entre una diferencia de temperatura entre dos puntos de cambio y una pendiente entre los puntos de cambio para las respectivas profundidades de defectos;

La figura 16 es un diagrama que muestra una relación entre una profundidad de defectos y (diferencia de pendiente/temperatura) de las figuras 15(a) a 15(d);

La figura 17 es un diagrama que muestra una relación entre una profundidad de defectos y una cantidad de

variación de la temperatura;

La figura 18 es un diagrama que muestra una configuración básica de un analizador de imágenes térmicas de IR convencional; y

5 Las figuras 19(a) y 19(b) son un diagrama que muestra la distribución de temperatura en la superficie de la estructura.

Configuración de la realización:

10 La figura 1 es un diagrama de bloques funcional que muestra una configuración básica de un analizador de imágenes térmicas de IR de acuerdo con una realización de la invención.

15 El analizador de imágenes térmicas de IR 1 tiene una cámara de IR 10, una unidad de análisis 20, y una unidad de visualización de imágenes 30. La unidad de análisis 20 tiene una unidad de procesamiento de imágenes 21, una unidad de almacenamiento de funciones 22, y una unidad de almacenamiento de defectos 23. La cámara de IR 10 y la unidad de análisis 20 están conectadas de manera comunicativa entre sí a través de una línea de señal L1. La unidad de análisis 20 y la unidad de visualización de imágenes 30 están también conectadas de manera comunicativa entre sí a través de una línea de señal L2. La conexión que se puede comunicar entre la cámara de IR 10 y la unidad de análisis 20 y entre la unidad de análisis 20 y la unidad de visualización de imágenes 30 puede implementarse de forma inalámbrica.

20 La cámara de IR 10 detecta la energía de rayos infrarrojos emitida desde la estructura 40 y toma una imagen térmica de IR que indica la distribución de temperatura en la superficie de la estructura 40 mediante la conversión de la energía de los rayos infrarrojos detectada en una temperatura.

25 La unidad de procesamiento de imágenes 21 de la unidad de análisis 20 realiza una serie de procesamientos de imágenes, que se describirán posteriormente, usando la imagen térmica de IR obtenida por la cámara de IR 10. La unidad de almacenamiento de funciones 22 almacena una función de salida como se muestra en la figura 8. La unidad de almacenamiento de defectos 23 almacena preliminarmente información que indica una correlación entre una cantidad de variación de temperatura en una imagen de diferencia de temperatura producida por la unidad de análisis de imágenes 21 y una profundidad de un defecto situado en el interior de la estructura.

30 La unidad de visualización de imágenes 30 muestra una imagen (imagen de diferencia de temperatura) producida por la unidad de análisis 20. La unidad de visualización de imágenes 30 puede ser un monitor o similar que muestra la imagen en un dispositivo de visualización, o puede ser una impresora o similar que imprime la imagen.

35

Procesamiento de acuerdo con la realización:

La figura 2 muestra un flujo de una serie de procesamiento realizado por la unidad de análisis.

40 La cámara de IR 10 toma una imagen térmica de IR de la superficie de la estructura 40. La unidad de análisis 20 recibe una señal de imagen en relación con la imagen térmica de IR desde la cámara de IR 10 (Etapa S1). La unidad de procesamiento de imágenes 21 produce una imagen promedio de distribución de la temperatura utilizando la imagen térmica de IR (Etapa S2). Además, la unidad de procesamiento de imágenes 21 produce una imagen de diferencia de temperatura mediante el cálculo de una diferencia de temperatura en el mismo píxel entre la imagen térmica de IR y la imagen promedio de distribución de la temperatura (Etapa S3). Además, la unidad de procesamiento de imágenes 21 realiza el procesamiento de enfatizado para aumentar la cantidad de variación de la temperatura, enfatizando la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura usando la función de salida almacenada en la unidad de almacenamiento de funciones 22, produciendo de este modo una primera imagen enfatizada (un tipo de una imagen de diferencia de temperatura) (Etapa S4). Además, la unidad de procesamiento de imágenes 21 realiza el procesamiento acumulativo (un tipo de procesamiento de enfatizado) para ampliar la cantidad de variación de temperatura, enfatizando la diferencia de temperatura en la primera imagen enfatizada, produciendo de este modo una segunda imagen enfatizada (un tipo de una imagen de la diferencia de temperatura) (Etapa S5). Además, usando la información que indica la correlación almacenada en la unidad de almacenamiento de defectos 23, la unidad de procesamiento de imágenes 21 determina una profundidad de defectos de la región donde se produce una variación de la temperatura local en la segunda imagen enfatizada (Etapa S6). La unidad de procesamiento de imágenes 21 produce entonces una imagen de determinación de defectos (un tipo de una imagen de diferencia de temperatura) mediante la conversión del color de la región de la segunda imagen enfatizada donde existe la variación de la temperatura local en un color de visualización de acuerdo a la profundidad del defecto determinado (Etapa S7). La unidad de análisis 20 transmite señales de imágenes relacionadas con la imagen de determinación de defectos a la unidad de visualización de imágenes 30 (Etapa S8). La unidad de visualización de imágenes 30 muestra la imagen de determinación de defectos.

65 En el flujo de procesamiento de la figura 2, el procesamiento de imágenes se realiza en cuatro etapas ("Etapas S2 y S3", "Etapa S4", "Etapa S5", y "Etapas S6 y S7"). En esta realización de la invención, el procesamiento de imágenes en las Etapas S2 y S3 es indispensable, pero el procesamiento de imágenes de las Etapas S4 a S7 es opcional. Esto significa que se puede implementar el procesamiento de las imágenes en una o más de las Etapas S4 a S7, o

no se puede implementar ninguna de las etapas S4 a S7. Se puede determinar de antemano si el procesamiento de las imágenes de las Etapas S4 a S7 se implementará o no, o se puede determinar cada vez después de la finalización de cada etapa de procesamiento de imágenes, sea o no la etapa de procesamiento posterior que se implementará. Además, se puede determinar si se implementará o no el procesamiento de las imágenes mediante la

5 unidad de análisis 20 o mediante el operador en las Etapas S4 a S7. Si se determina mediante la unidad de análisis 20, la unidad de análisis 20 puede estar diseñada para determinar si se puede distinguir o no cualquier región donde se produce una variación de la temperatura local de una imagen de diferencia de temperatura producida en la etapa directamente anterior. Si se determina mediante el operador, la imagen de diferencia de temperatura producida en las Etapas S3, S4 y S5 se visualiza en la unidad de visualización de imágenes 30, de manera que el operador puede

10 comprobar la imagen de diferencia de temperatura que se muestra para determinar si se implementan o no las etapas de procesamiento de imágenes posteriores. El operador manipula una unidad de operación (no mostrada) para dar instrucciones a la unidad de análisis 20 para realizar el respectivo procesamiento de imágenes de las Etapas S4 a S7.

15 Se describirá específicamente el procesamiento de las etapas S2 a S7 que se muestra en la figura 2.

Producción de la imagen de diferencia de temperatura:

Se describirá el procesamiento de imágenes realizado en la etapa S2 de la figura 2.

20 La figura 3 muestra, en una forma modelada, un grupo de píxeles dispuestos en una pluralidad de filas y columnas producidas en procesamiento promedio de movimiento.

Una imagen térmica de IR se compone, por ejemplo, de un grupo de píxeles dispuestos en una pluralidad de filas y columnas, como se muestra en la figura 3. Aunque la figura 3 muestra un grupo de píxeles compuestos de una matriz de 101 x 101, el número de filas y columnas en el grupo no se limita a esto. La unidad de procesamiento de

25 imágenes 21 usa este grupo de píxeles para realizar el procesamiento promedio de movimiento, como se describe a continuación.

30 En primer lugar, se calcula una temperatura media con respecto a un número predeterminado de píxeles, en el presente documento, con respecto a un primer grupo de píxeles que consiste en píxeles en las columnas numeradas del 1 al 9 y en las filas numeradas del 1 a 9. La temperatura media calculada se sustituye en el píxel central del primer grupo de píxeles (en la columna numerada 5 y la fila numerada 5). Posteriormente, se calcula una temperatura media con respecto a un segundo grupo de píxeles, que se desplaza una columna desde el primer

35 grupo de píxeles, que consiste en píxeles en las columnas numeradas de 2 a 10 y en las filas numeradas de 1 a 9. La temperatura media calculada se sustituye en el píxel central del segundo grupo de píxeles (en la columna numerada 6 y la fila numerada 5). De esta manera, cambiando secuencialmente el grupo de píxeles en una columna cada vez, se calcula una temperatura media con respecto al n-ésimo grupo de píxeles, que consiste en píxeles en las columnas numeradas de n a (n + 8) y en las filas numeradas del 1 al 9, y la temperatura media calculada se

40 sustituye en el píxel central del n-ésimo grupo de píxeles (en la columna numerada ((n-1)+5) y en la fila numerada 5). Una vez que no hay más columnas para cambiar el grupo de píxeles, el mismo procesamiento que se ha descrito anteriormente se realiza después de cambiar el grupo de píxeles en una fila cada vez. Finalmente, se calcula una temperatura media con respecto al 8649-ésimo grupo de píxeles, que consiste en píxeles en las columnas numeradas de 93 a 101 y en las filas numeradas del 93 al 101, y la temperatura media calculada se sustituye en el

45 píxel central del 8649-ésimo grupo de píxeles (en la columna numerada 97 y en la fila numerada 97).

Como se describió anteriormente, el procesamiento se realiza de forma secuencial para obtener un promedio de las temperaturas para cada uno de grupos de píxeles que consisten cada uno en un número predeterminado de píxeles (9 x 9 píxeles en la figura 3). Este procesamiento se llama procesamiento promedio de movimiento. Como resultado

50 del procesamiento promedio de movimiento, se obtiene una imagen media de distribución de la temperatura compuesta de píxeles en las columnas numeradas 5-93 y en las filas numeradas numeradas 5-93. En el procesamiento de movimiento medio descrito anteriormente, el grupo de píxeles a procesar se desplaza en una columna cada vez hasta que no hay más columnas para desplazarse, y luego el grupo de píxeles a procesar vuelve a la columna inicial y se desplaza en una fila cada vez. Sin embargo, el procesamiento de acuerdo con la invención

55 no se limita a esto. Lo que importa es que se obtenga la imagen de distribución de temperatura media integrada por los píxeles en las columnas numeradas 5 a 93 y en las filas numeradas 5 a 93, y no importa en qué secuencia se realice el procesamiento.

A continuación, el procesamiento de la imagen realizado en la etapa S3 de la figura 2 se describirá.

60 La unidad de procesamiento de imágenes 21 calcula una diferencia de temperatura en el mismo píxel (en la columna numerada de 5 a 93 y en la fila numerada de 5 a 93) entre la imagen térmica de IR y la imagen de distribución de temperatura media. Una imagen de diferencia de temperatura que se muestra en la figura 4 se produce basada en el resultado del cálculo. Esta imagen de diferencia de temperatura se obtiene mediante la extracción de la distribución

65 de una variación de temperatura que no sea el gradiente de temperatura que se produce en la superficie de la estructura a partir de la imagen térmica de IR. En otras palabras, se puede decir que la imagen de diferencia de

temperatura de la figura 4 se obtiene mediante la eliminación del gradiente de temperatura a partir de la imagen térmica de IR. Si una región defectuosa existe en el interior de la estructura, se produce una variación local de la temperatura en la parte de la imagen de diferencia de temperatura donde se encuentra la región defectuosa. La figura 4 muestra una imagen de diferencia de temperatura de una estructura que tiene un defecto a una profundidad de 4 cm de la superficie.

La figura 5 es una representación gráfica que muestra la distribución de temperatura en n columnas de la imagen térmica de IR y la imagen de diferencia de temperatura. La figura 6 muestra la distribución de temperatura de la figura 5 en una imagen de simulación tridimensional.

En la figura 5 existe un defecto entre el número de píxeles a y b. La distribución de temperatura en la imagen térmica de IR muestra una curva hacia arriba en el gráfico en su conjunto, debido al gradiente de temperatura, lo que hace difícil distinguir entre regiones no defectuosas y defectuosas. Por otra parte, la distribución de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura indica una variación de temperatura que no es el gradiente de temperatura. Como se ve a partir de esto, la cantidad de variación de temperatura en la región no defectuosa es aproximadamente cero, mientras que la cantidad de variación de temperatura en la región defectuosa es de aproximadamente 0,055 ($=|0,035-(-0,02)|$), y solo la variación de temperatura en la región defectuosa se enfatiza. En consecuencia, es fácil distinguir entre regiones no defectuosas y defectuosas. La "cantidad de variación de la temperatura" como se usa en la descripción con referencia a la figura 5 está representada por una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo ($=|\text{máximo}-\text{mínimo}|$) de las diferencias de temperatura en la parte en que se ha producido una variación de la temperatura local.

Producción de la primera imagen enfatizada:

Se describirá el procesamiento de enfatizado realizado en la etapa S4 de la figura 2.

No hay problema si una variación de la temperatura local puede ser discriminada en base a la imagen de diferencia de temperatura producida en la Etapa S3. Por ejemplo, no hay ningún problema si la variación local de la temperatura puede discriminarse claramente en base a la imagen de diferencia de temperatura como se muestra en la figura 4. En la práctica, sin embargo, un error de medición puede estar causado por la cámara de IR, o puede existir una variación de temperatura que no sea el gradiente de temperatura en la estructura. En tales casos, se hace difícil distinguir la variación de la temperatura local, incluso si se usa la imagen de diferencia de temperatura. Si la temperatura de la superficie de la estructura se mide realmente, se observará una variación de temperatura de $\pm 0,025^\circ\text{C}$.

Se supone que hay una variación en la temperatura de la superficie de la estructura. Cuando se añade una variación de temperatura de $\pm 0,025^\circ\text{C}$ a la imagen de diferencia de temperatura que se muestra en la figura 4, por ejemplo, se obtiene una imagen de diferencia de temperatura como se muestra en la figura 7. A diferencia de la imagen de diferencia de temperatura que se muestra en la figura 4, es difícil discernir una variación de temperatura local en la imagen de diferencia de temperatura que se muestra en la figura 7. Si una imagen de diferencia de temperatura como se muestra en la figura 7 se obtiene, el procesamiento se realiza para enfatizar las diferencias de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura mediante el uso de una función de salida como se muestra en la figura 8.

La figura 8 muestra un ejemplo de una función de salida almacenada en la unidad de almacenamiento de funciones.

En la función de salida mostrada en la figura 8, la relación de salida ($= \text{salida}/\text{entrada}$) se hace mayor a medida que el valor de entrada se hace mayor. En esta función de salida, el grado de énfasis de la salida se vuelve mayor cuando el valor de entrada se hace mayor.

La unidad de cálculo de imágenes 21 lee la función de salida de la unidad de almacenamiento de funciones 22, e introduce la función de salida de la diferencia de temperatura en cada píxel de la imagen de diferencia de temperatura para calcular la salida. Una primera imagen enfatizada que se muestra en la figura 9 se produce en base al resultado del cálculo. La primera imagen enfatizada es un tipo una imagen de diferencia de temperatura en la que se enfatiza la diferencia de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura. En la primera imagen enfatizada, la variación de la temperatura también se amplía, y así se enfatiza la variación de la temperatura local, es decir, la región defectuosa que es difícil de discriminar en la imagen de diferencia de temperatura sin enfatizar.

Producción de la segunda imagen enfatizada:

Se describirá el procesamiento de enfatizado realizado en la etapa S5 de la figura 2.

No hay problema si una variación de la temperatura local puede ser discriminada en base a la primera imagen enfatizada producida en la Etapa S4. Sin embargo, a veces es difícil de discernir una variación de temperatura local en la primera imagen enfatizada. En tal caso, el procesamiento de enfatizado se realiza para enfatizar las diferencias de temperatura en la primera imagen enfatizada. Cabe señalar que el procesamiento de enfatizado que se describe a continuación es similar a la técnica de cálculo para el procesamiento de movimiento medio implementado en la

Etapa S2. En este documento, este procesamiento de enfatizado se denomina como procesamiento acumulativo.

La figura 10 muestra, en una forma modelada, un grupo de píxeles dispuestos en una pluralidad de filas y columnas producidas en el procesamiento acumulativo.

5 La primera imagen enfatizada se compone, por ejemplo, del grupo de píxeles como una matriz que se muestra en la figura 10. La primera imagen enfatizada que se muestra en la figura 10 es una parte de la imagen de diferencia de temperatura producida en la etapa S3. Aunque la figura 10 muestra un grupo de píxeles compuesto de una matriz de 16 x 16 (las columnas numeradas de 3 a 18 y las filas numeradas de 3 a 18), la invención no se limita a estos valores numéricos. Usando este grupo de píxeles, la unidad de procesamiento de imágenes 21 realiza el procesamiento acumulativo tal como se describe a continuación.

15 En primer lugar, se calcula una temperatura acumulativa con respecto a un número predeterminado de píxeles, en el presente documento con respecto al primer grupo de píxeles que consiste en los píxeles de las columnas numeradas de 3 a 5 y las filas numeradas de 3 a 5, y la temperatura acumulativa calculada se sustituye en el píxel central del primer grupo de píxeles (en la columna numerada 4 y en la fila numerada 4). Posteriormente, el grupo de píxeles se desplaza en una columna para definir un segundo grupo de píxeles que consiste en los píxeles de las columnas numeradas de 4 a 6 y las filas numeradas de 3 a 5, y se calcula una temperatura acumulativa con respecto al segundo grupo de píxeles. La temperatura acumulativa calculada se sustituye en el píxel central del segundo grupo de píxeles (en la columna numerada 5 y la fila numerada 4). De esta manera, cambiando secuencialmente el grupo de píxeles en una columna cada vez, se calcula una temperatura acumulativa con respecto al n-ésimo grupo de píxeles, que consiste en píxeles de las columnas numeradas de n a (n + 2) y de las filas numeradas del 3 al 5, y la temperatura acumulativa calculada se sustituye en el píxel central del n-ésimo grupo de píxeles (en la columna numerada ((n-1)+4) y en la fila numerada 4). Una vez que no hay más columnas para desplazar el grupo de píxeles, entonces se realiza un procesamiento similar al procesamiento anterior después de desplazar el grupo de píxeles una fila cada vez. Finalmente, se calcula una temperatura acumulativa con respecto al 256-ésimo grupo de píxeles, que consiste en los píxeles de las columnas numeradas de 16 a 18 y de las filas numeradas del 16 al 18, y la temperatura acumulativa calculada se sustituye en el píxel central del 256-ésimo grupo de píxeles (en la columna numerada 17 y en la fila numerada 17).

30 Como se describió anteriormente, el proceso acumulativo se realiza de forma secuencial para cada uno de grupos de píxeles que consisten cada uno en un número predeterminado de píxeles (en la figura 10, cada grupo de píxeles consiste en 3 x 3 píxeles) para obtener una temperatura acumulada. Basándose en el resultado del tratamiento acumulativo, se produce una segunda imagen enfatizada, que consiste en los píxeles en las columnas numeradas 4-17 y las filas numeradas 4-17. La segunda imagen enfatizada se muestra en la figura 11. Aunque en el procesamiento acumulativo descrito anteriormente el grupo de píxeles a procesar se desplaza en una columna cada vez, y una vez que no hay más columna para desplazar el grupo de píxeles, el grupo de píxeles se devuelve a la columna inicial y se desplaza una fila cada vez, la invención no se limita a esta secuencia. Lo que importa es que se obtenga la segunda imagen enfatizada que consiste en los píxeles de las columnas numeradas 4-17 y las filas numeradas 4-17, y no importa en qué secuencia de procesamiento se realice.

45 Además, en esta realización de la invención, la Etapa S5 se realiza después de la Etapa S4 de la figura 2. Específicamente, la segunda imagen enfatizada se produce enfatizando la primera imagen enfatizada producida en la Etapa S4. Sin embargo, la Etapa S5 puede implementarse después de la etapa S3 de la figura 2, sin la Etapa S4. En otras palabras, la segunda imagen enfatizada puede producirse enfatizando la imagen de diferencia de temperatura producida en la Etapa S3.

50 La segunda imagen enfatizada es un tipo una imagen de diferencia de temperatura en la que se enfatiza la diferencia de temperatura en una imagen de diferencia de temperatura. En la segunda imagen enfatizada, la variación de la temperatura también se amplía, y se enfatiza la variación de la temperatura local, es decir, la región defectuosa que es difícil de discriminar en la imagen de diferencia de temperatura sin enfatizar.

Producción de la imagen de determinación de defectos:

55 Se describirá el procesamiento de determinación en la Etapa S6 de la figura 2.

60 En una imagen de diferencia de temperatura, existe una correlación entre una profundidad de defectos y una cantidad de variación de la temperatura en una región donde se produce una variación de la temperatura local. En consecuencia, si hay una región en la que se produce una variación local de la temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura, la profundidad de defectos de esa región puede estimarse a partir de la cantidad de variación de la temperatura. La correlación entre la cantidad de variación de temperatura indicada por la imagen de la diferencia de temperatura y la profundidad del defecto puede obtenerse de manera preliminar mediante la medición real. La información relativa a la correlación obtenida de este modo se almacena en la unidad de almacenamiento de defectos 23. La unidad de almacenamiento de defectos 23 almacena, por ejemplo, información que asocia las cantidades de variación de temperatura de T1 a T2 ($T1 > T2$) con la profundidad del defecto D1 y asocia las cantidades de variación de temperatura de T2 a T3 ($T2 > T3$) con la profundidad del defecto D2 ($D2 >$

D1).

La unidad de cálculo de imágenes 21 lee información desde la unidad de almacenamiento de defectos 23 y determina, en base a la información leída, una profundidad del defecto correspondiente a la cantidad de variación de temperatura en cada píxel de la imagen de diferencia de temperatura. Se determina que no hay ningún defecto con respecto a una región en la que no existe ninguna variación de la temperatura local. Por otro lado, con respecto a una región en la que existe una variación local de la temperatura, se determina que la profundidad del defecto de esa región es una que corresponde a la cantidad de variación de temperatura en el centro de la región (por ejemplo en la parte central C de la figura 5), correspondiendo la cantidad de variación de temperatura a la diferencia de la temperatura máxima (la diferencia de temperatura del lado positivo y la diferencia de temperatura del lado negativo).

El procesamiento de imágenes implementado en la Etapa S7 de la figura 2 se describirá.

La unidad de cálculo de imágenes 21 cambia el estado de visualización de la parte de la imagen de diferencia de temperatura donde se produce una variación de la temperatura local, es decir, el estado de visualización de la región defectuosa, de acuerdo con la profundidad del defecto que se determina en la Etapa S6. En la presente realización de la invención, el color de visualización de la región defectuosa se cambia de acuerdo con la profundidad del defecto. Por ejemplo, el color de visualización se establece en rojo si la profundidad del defecto es pequeña, el color de visualización se establece en amarillo si la profundidad del defecto es media, y el color de visualización se establece en azul si la profundidad del defecto es grande. Una imagen de determinación de defectos se produce de esta manera. Cabe señalar que marcas con diferentes formas de acuerdo con profundidades de defectos se pueden mostrar sobre respectivas regiones defectuosas en lugar de cambiar el color de visualización de acuerdo con las profundidades de los defectos. Lo que es importante es que la profundidad del defecto se pueda discriminar a simple vista mediante el estado de visualización.

La figura 12 muestra una imagen térmica de IR de la estructura, la figura 13 muestra una imagen de diferencia de temperatura producida usando la imagen térmica de IR de la figura 12 y la figura 14 muestra una imagen de determinación de defectos producida utilizando la imagen de diferencia de temperatura de la figura 13.

La imagen térmica de IR de la figura 12 representa poca diferencia entre la región defectuosa y la región no defectuosa, mientras que la imagen de determinación de defectos de la figura 14 exhibe no solamente la diferencia entre la región defectuosa y la región no defectuosa, sino también las diferencias en la profundidad de la región defectuosa. Si la profundidad del defecto es pequeña, existe el riesgo de exfoliación de la superficie y la estructura no es segura. Mediante la visualización de la imagen de determinación de defectos en la que las profundidades de los defectos están representadas por los colores de visualización como se describe anteriormente, el operador puede determinar que la región representada en color rojo es una región con un alto grado de riesgo, la región representada en color amarillo es una región con un grado de riesgo medio, y la región representada en color azul es una región con un bajo grado de riesgo.

Esta es la descripción del procesamiento específico de las Etapas S2 a S7 de la figura 2.

Ventaja de la diferencia de temperatura:

En la Etapa S7 de la figura 2, la profundidad del defecto se determina usando una cantidad de variación de la temperatura en la imagen de diferencia de temperatura como un índice. Se describirá la ventaja de esta cantidad de variación de la temperatura.

Como se describe en la solicitud de patente japonesa abierta al público n.º 2005-140622, presentada por los presentes inventores, se ha encontrado que la profundidad del defecto tiene una correlación con la pendiente entre dos puntos de cambio de la distribución de temperatura en una imagen térmica de IR y la diferencia de temperatura entre estos puntos de cambio, es decir, la cantidad de variación de la temperatura.

Las figuras 15(a) a 15(d) muestran las relaciones entre una diferencia de temperatura entre dos puntos de cambio y una pendiente entre estos puntos de cambio con respecto a las respectivas profundidades de defectos. Las figuras 15(a) a 15(d) muestran los resultados obtenidos mediante la realización de análisis térmico FEM mientras se cambia el tamaño de la región defectuosa, el entorno térmico, y la anchura del defecto. Existe una correlación entre una profundidad de la región defectuosa y la (diferencia de pendiente/temperatura) obtenida mediante linealización de la pendiente de cada gráfico representado en las figuras 15(a) a 15(d).

La figura 16 muestra una relación entre una profundidad de defectos y (diferencia de pendiente/temperatura) en las figuras 15(a) a 15(d).

La figura 16 indica que es posible la discriminación entre las profundidades de los defectos de 2 cm y 4 cm. Por otro lado, también indica que la discriminación entre profundidades de defectos de 6 cm y 8 cm no es posible. Esto significa que, en algunos casos, es imposible discriminar la profundidad del defecto utilizando la pendiente entre dos puntos de cambio de la distribución de temperatura en una imagen térmica de IR y la diferencia de temperatura entre

los dos puntos. Además, puesto que este método requiere una operación manual para la detección de la propia región defectuosa, la región defectuosa no se puede detectar en tiempo real.

5 Por el contrario, la imagen de diferencia de temperatura según la presente realización representa magnitudes de una variación de temperatura, excluyendo el gradiente de temperatura. A pesar de ser un índice unidimensional, este valor contiene elementos tales como la pendiente y la diferencia de temperatura que se muestra en las figuras 15(a) a 15(d).

10 La figura 17 muestra una relación entre una profundidad de defectos y una cantidad de variación de la temperatura.

Cabe señalar que, en la figura 17, la cantidad de variación de temperatura en una región en la que se produce la variación de la temperatura local está representada por un "valor absoluto de la parte central". Los valores absolutos se utilizan para la razón de que, como se muestra en la figura 18, los valores de la diferencia de temperatura se invierten entre positivo y negativo entre el día y la noche.

15 A diferencia de la figura 16, la figura 17 indica que es posible la discriminación entre las profundidades de los defectos de 2 cm, 4 cm, 5 cm y 8 cm. Además, como se muestra en la figura 2, este método puede ser completamente automatizado y es capaz de detectar la región defectuosa en tiempo real.

20 **Aplicabilidad industrial**

Esta invención es aplicable a la investigación de defectos de estructuras de hormigón, en general, incluyendo no solo puentes y viaductos, sino también edificios de hormigón.

25 **Lista de los números de referencia**

- 10: cámara de infrarrojos
- 20: unidad de análisis
- 21: unidad de procesamiento de imágenes
- 30 22: unidad de almacenamiento de funciones
- 23: unidad de almacenamiento de defectos
- 30: unidad de visualización de imágenes
- 40: estructura

REIVINDICACIONES

1. Un analizador de imágenes térmicas de IR, que permite la discriminación entre regiones defectuosas y no defectuosas de una estructura (40) con el uso de una imagen térmica de IR de la estructura (40), en la que existe un gradiente de temperatura tomada por una cámara de IR (10), que comprende una unidad de procesamiento de imágenes (21) y una unidad de visualización de imágenes (30) para la visualización de la imagen producida por la unidad de procesamiento de imágenes (21),
caracterizado por que
 la unidad de procesamiento de imágenes (21) está adaptada para producir una imagen promedio de distribución de la temperatura mediante la realización de procesamiento de movimiento promedio en el que se calcula secuencialmente una temperatura media para cada uno de los grupos de píxeles, cada uno consistiendo en un número predeterminado de píxeles de la imagen térmica de IR, y para producir una imagen de diferencia de temperatura que indica la distribución de una variación de temperatura que no sea un gradiente de temperatura mediante el cálculo de una diferencia de temperatura en un mismo píxel entre la imagen térmica de IR y la imagen de distribución de temperatura media.
2. El analizador de imágenes térmicas de IR según la reivindicación 1, en el que la unidad de procesamiento de imágenes (21) realiza un procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura, produciendo de este modo una imagen enfatizada en la que se enfatiza la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura.
3. El analizador de imágenes térmicas de IR según la reivindicación 1, que comprende además una unidad de almacenamiento de funciones (22) para almacenar preliminarmente una función de salida en la que una relación de salida se vuelve mayor a medida que un valor de entrada se vuelve mayor,
 en el que la unidad de procesamiento de imágenes (21) realiza el procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en cada píxel en la imagen de diferencia de temperatura mediante la introducción de la diferencia de temperatura en cada píxel en la imagen de diferencia de temperatura en la función de salida, y obteniendo así un valor de salida, produciendo así una imagen enfatizada en el que se enfatiza la diferencia de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura.
4. El analizador de imágenes térmicas de IR según la reivindicación 1, en el que la unidad de procesamiento de imágenes (21) realiza el procesamiento de enfatizado para enfatizar la diferencia de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura, obteniendo secuencialmente una acumulación de temperaturas para cada uno de los grupos de píxeles, que consisten cada uno en un número predeterminado de píxeles en la imagen de la diferencia de temperatura, produciendo de este modo una imagen enfatizada en la que se enfatiza la diferencia de temperatura en la imagen de la diferencia de temperatura.
5. El analizador de imágenes térmicas de IR según la reivindicación 1, que comprende además una unidad de almacenamiento de defectos (23) para almacenar preliminarmente información que indica una correlación entre una cantidad de variación de temperatura en la imagen de diferencia de temperatura y una profundidad de defecto de un defecto localizado en el interior de la estructura (40),
 en el que la unidad de procesamiento de imágenes obtiene una profundidad del defecto en una parte de la imagen de diferencia de temperatura cuando se produce una modificación local de la temperatura mediante el uso de la información, y produce una imagen de determinación de defectos en la que se cambia un estado de visualización en la parte de la imagen de diferencia de temperatura donde se produce la variación de la temperatura local de acuerdo con la profundidad del defecto obtenido.
6. El analizador de imágenes térmicas de IR según la reivindicación 5, en el que la unidad de procesamiento de imágenes (21) obtiene una profundidad de defectos correspondiente a la cantidad de variación de temperatura en un centro de la parte de la imagen de diferencia de temperatura donde la variación local de la temperatura se produce mediante el uso de la correlación.
7. El analizador de imágenes térmicas de IR según la reivindicación 1, en el que, en el procesamiento de movimiento medio, se calcula una temperatura media con respecto a un número predeterminado de grupos de píxeles y la temperatura media calculada se sustituye en el píxel central de los grupos de píxeles mientras se desplazan los píxeles en una columna o en una fila, y un agregado de los píxeles centrales sustituidos forma la imagen de distribución de temperatura media.

FIG.1

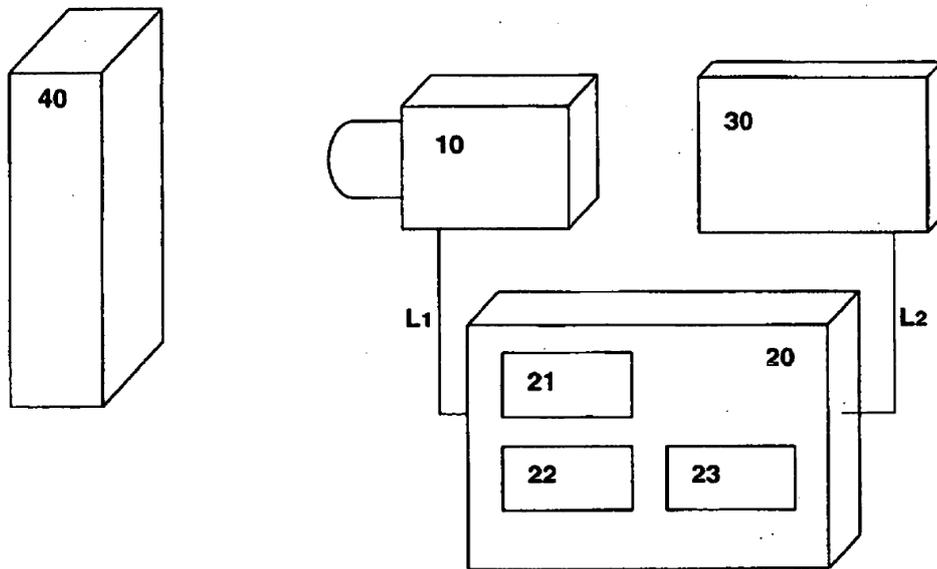


FIG.2

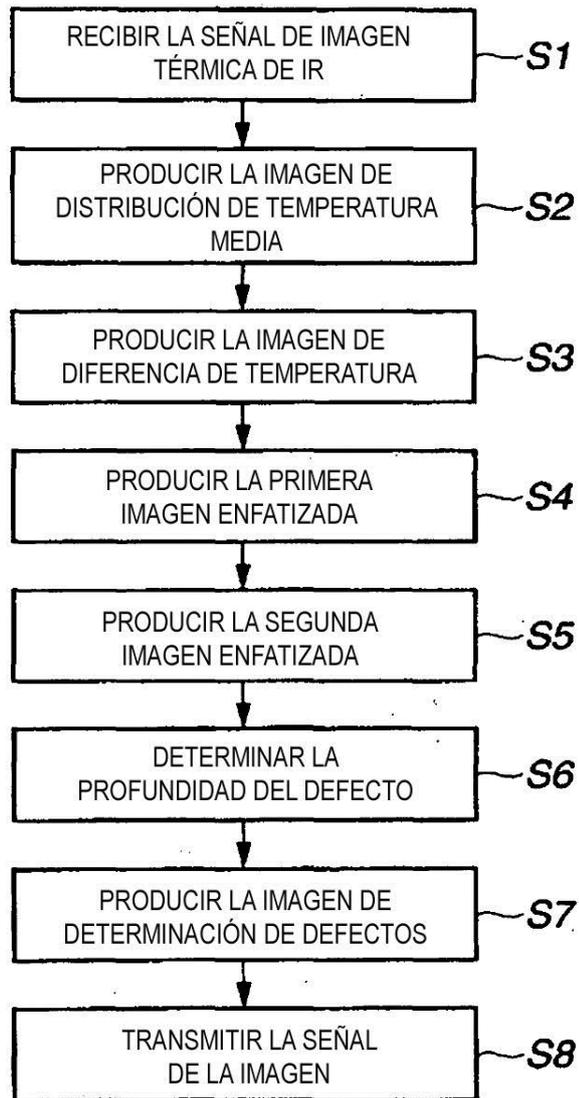


FIG.3

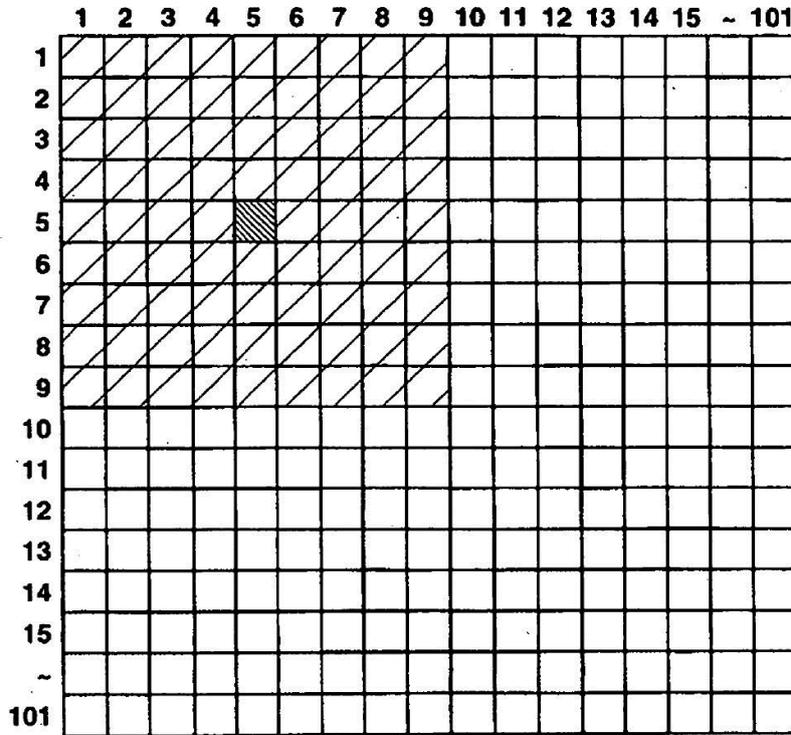


FIG.4

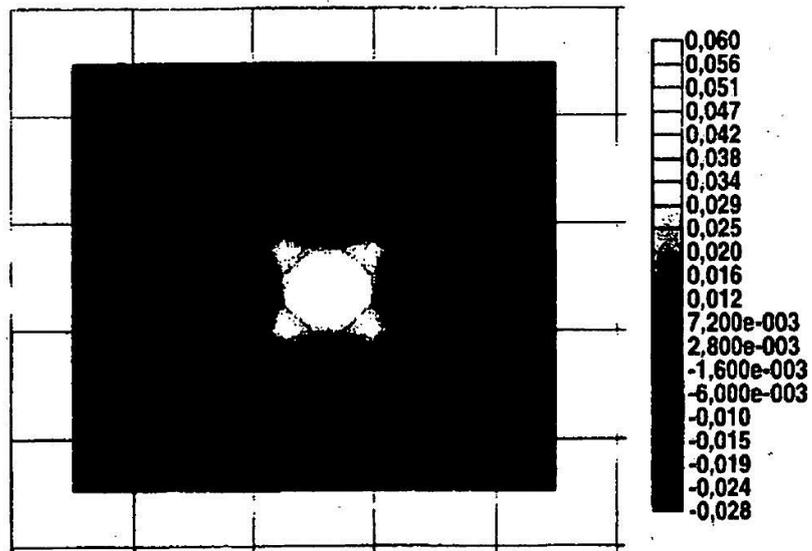


FIG.5

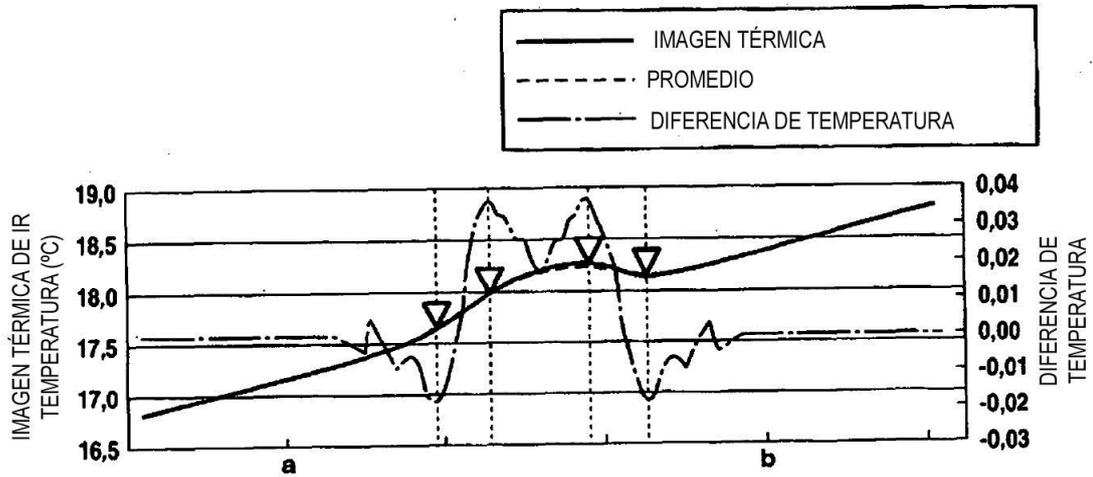


FIG.6

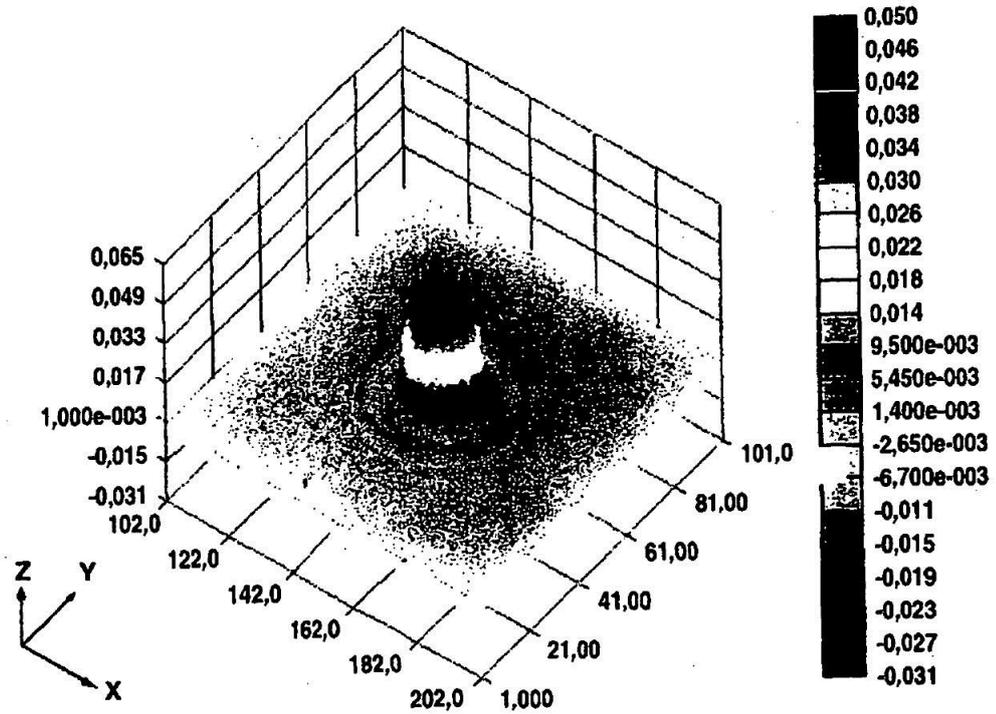


FIG.7



FIG.8

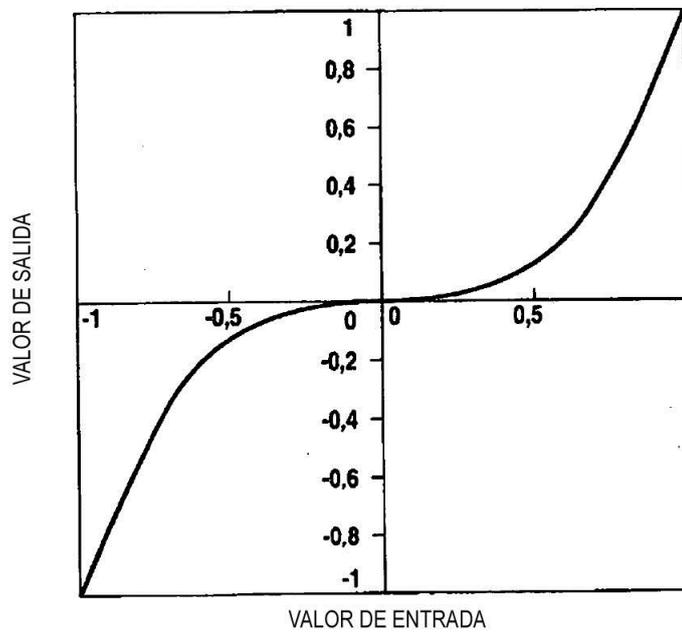


FIG.9

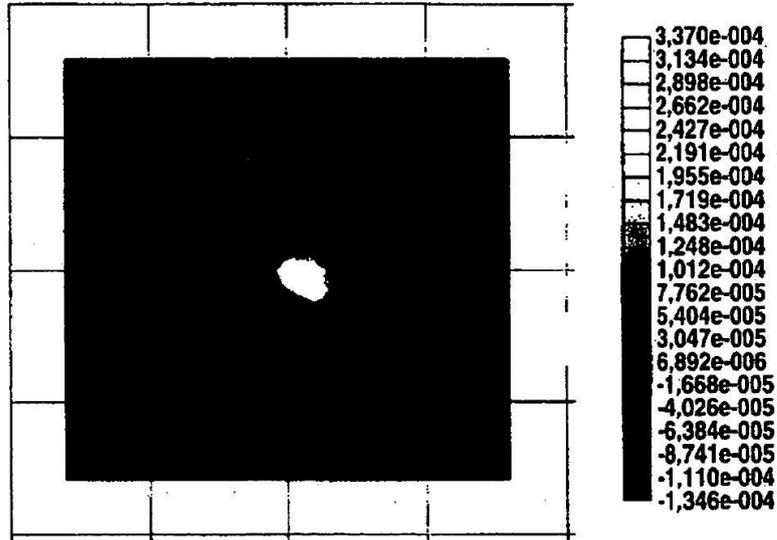


FIG.10

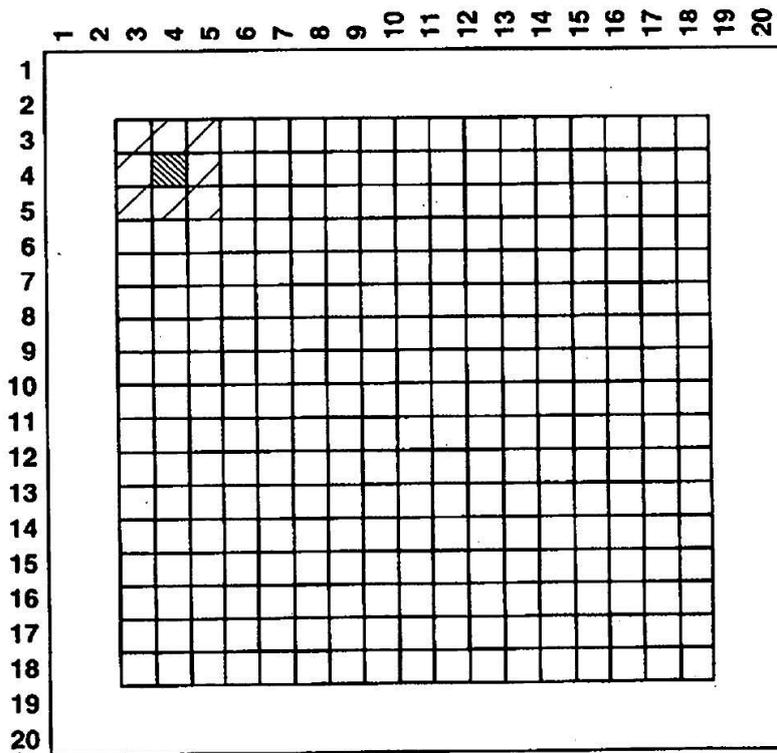


FIG.11

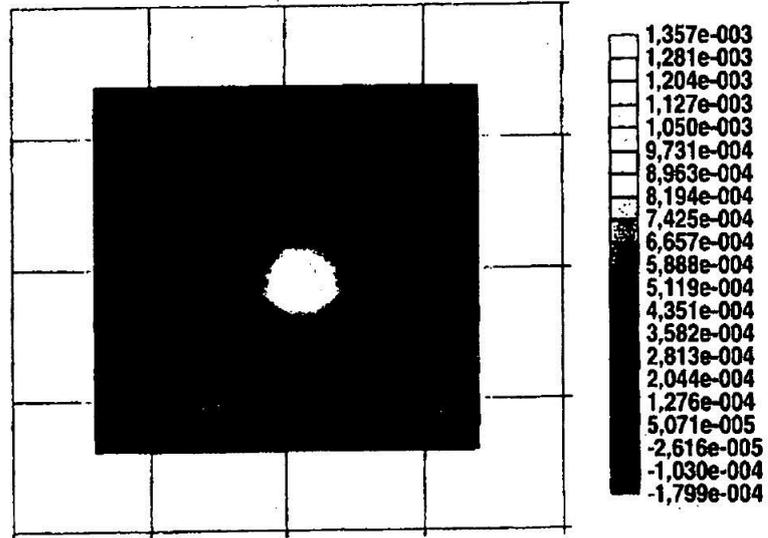


FIG.12



FIG.13

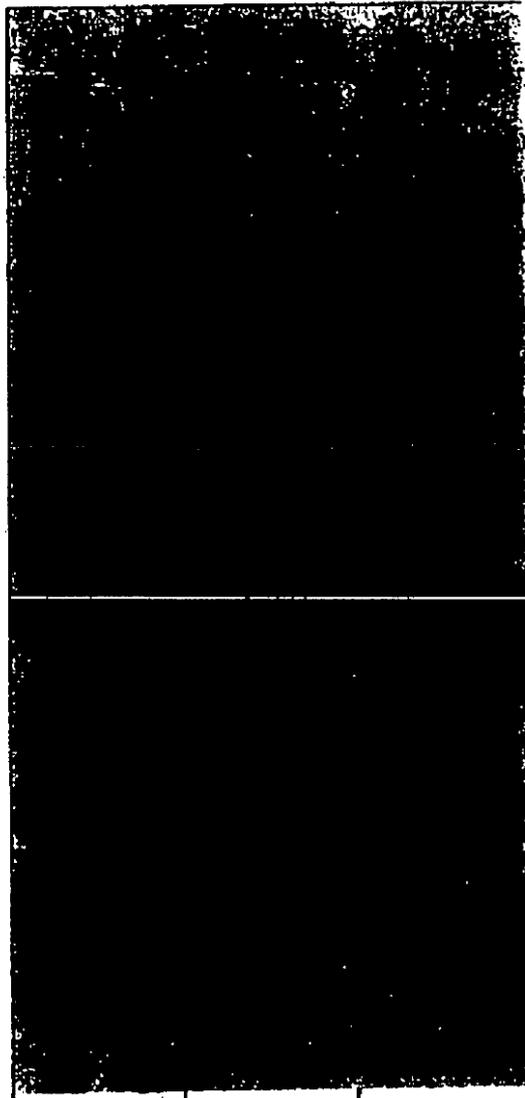
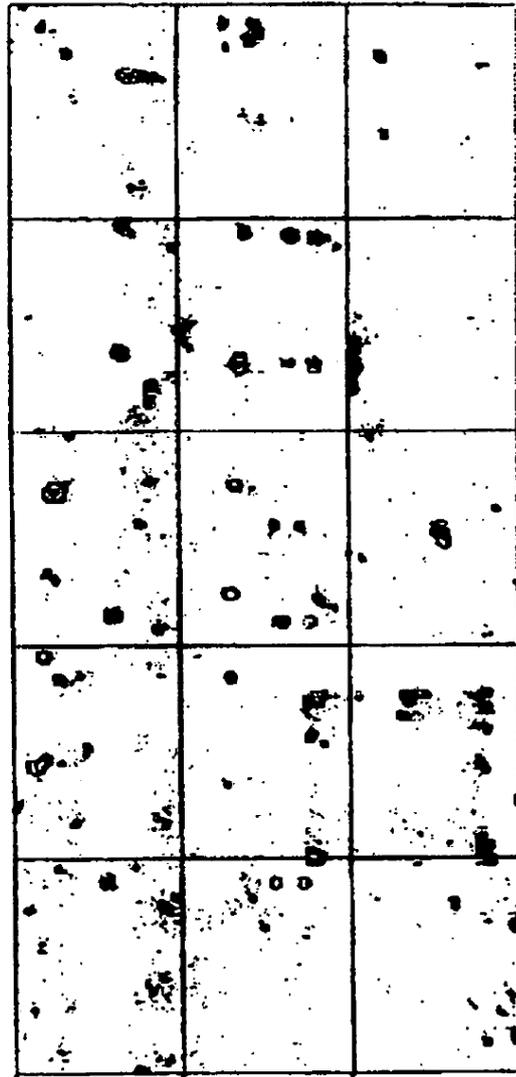


FIG.14



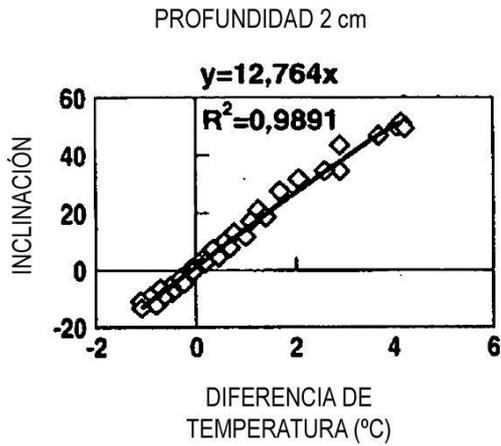


FIG.15(a)

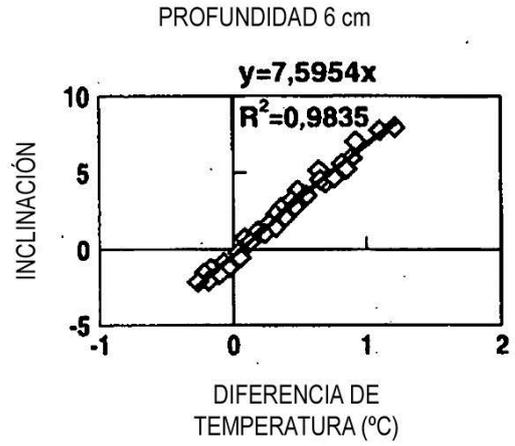


FIG.15(c)

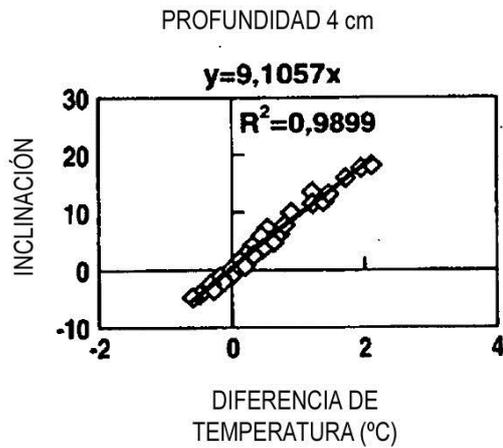


FIG.15(b)

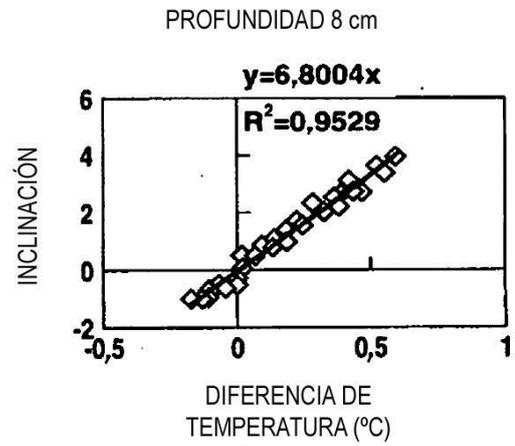


FIG.15(d)

FIG.16

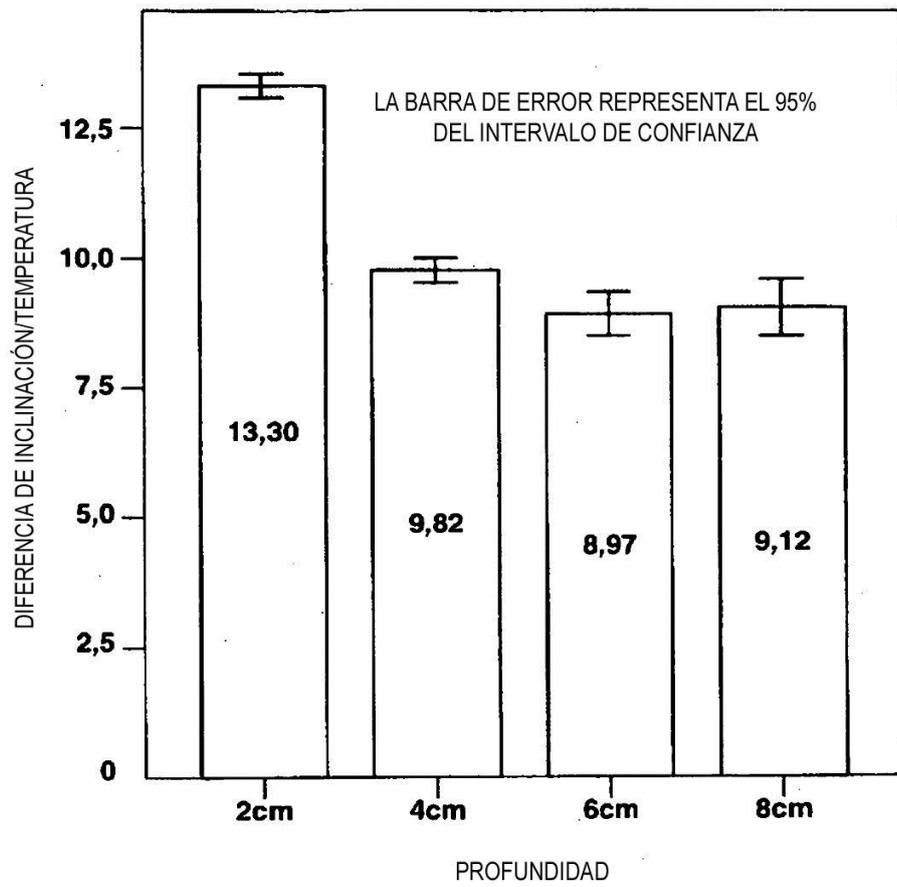


FIG.17

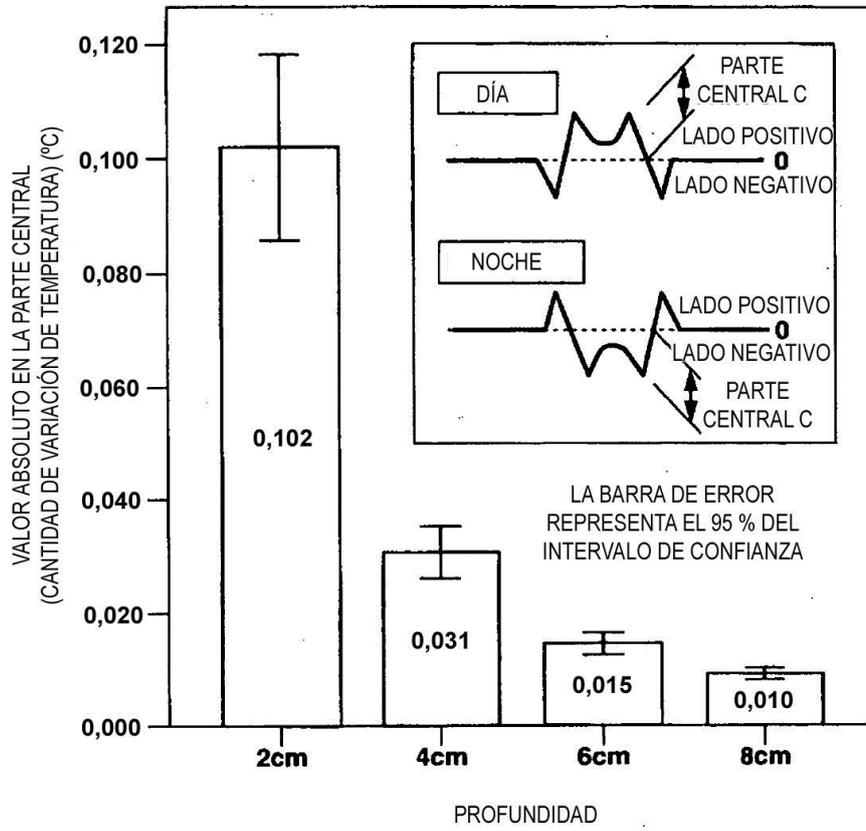


FIG.18

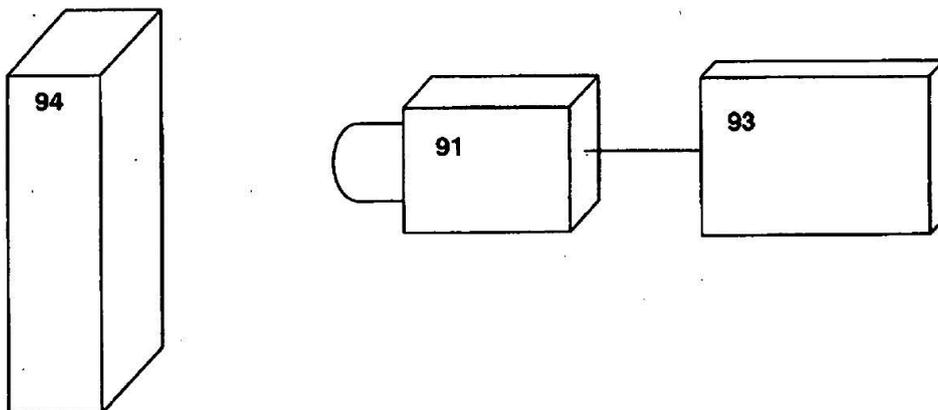


FIG.19(a)

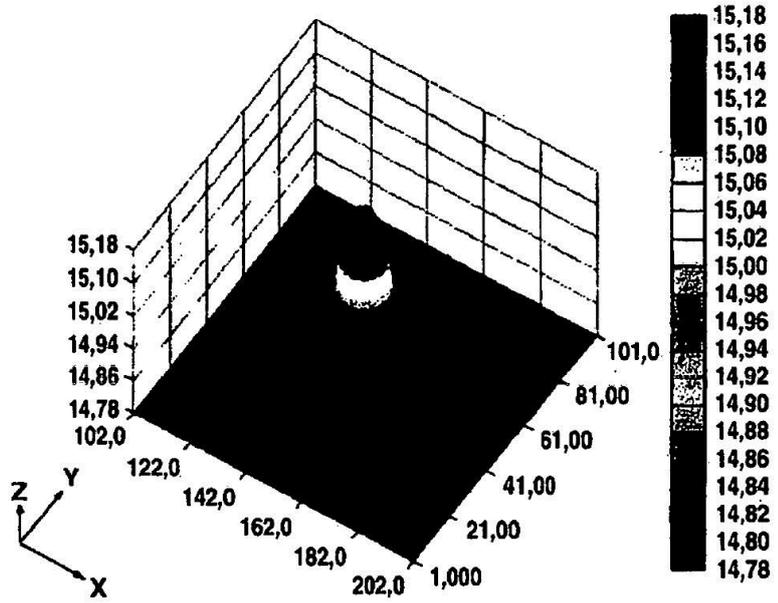


FIG.19(b)

