

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 590**

51 Int. Cl.:
G01P 3/36 (2006.01)
G01P 3/44 (2006.01)
G01P 3/66 (2006.01)
G01P 3/68 (2006.01)
G01N 29/26 (2006.01)
G01N 29/07 (2006.01)
G01N 29/11 (2006.01)
G01N 27/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08826794 .3**
96 Fecha de presentación: **20.06.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2167981**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.03.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA DETECCIÓN NO DESTRUCTIVA DE UN MOVIMIENTO DE GIRO SOBRE LA SUPERFICIE DE UN OBJETO DE ENSAYO; DISPOSITIVO Y APARATO DE ENSAYO CORRESPONDIENTE.**

30 Prioridad:
20.06.2007 DE 102007028876

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.11.2011

73 Titular/es:
**GE SENSING & INSPECTION TECHNOLOGIES
GMBH
ROBERT-BOSCH-STR. 3
50354 HÜRTH, DE**

72 Inventor/es:
KLEINERT, Wolf-Dietrich

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 368 590 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

Procedimiento para la detección no destructiva de un movimiento de giro sobre la superficie de un objeto de ensayo; Dispositivo y aparato de ensayo correspondientes

5 El objeto de la presente invención es un dispositivo para la detección no destructiva de un movimiento giratorio sobre la superficie de un objeto de ensayo y una unidad de comprobación, que incorpora un dispositivo de este tipo, así como un procedimiento para la detección no destructiva de un movimiento giratorio de un dispositivo sobre la superficie de un objeto de ensayo.

10 En el estado actual de la técnica se conocen los más variados procedimientos y dispositivos, en particular en el ámbito de los ensayos no destructivos de materiales por medio de, por ejemplo, ultrasonidos o corrientes de Foucault, mediante los cuales es posible detectar características estructurales de un objeto de ensayo que pueden referirse por ejemplo al volumen de éste así como a su superficie y mostrar por ejemplo fallos, grietas, cavidades o superficies corroídas, etc. Este tipo de procedimientos y dispositivos se conoce por ejemplo por las patentes US 4235112 y WO 02/086474. Generalmente los dispositivos utilizados para este tipo de comprobaciones se fundamentan en unidades adecuadas de emisión y recepción en forma de una batería de cabezales que generan señales, las cuales se detectan tras una interacción con el objeto de ensayo. De las señales de eco detectadas puede entonces obtenerse información sobre la estructura del objeto de ensayo en el espacio analizado. Si se desplaza la batería de cabezales durante el procedimiento del ensayo sobre la superficie del objeto de ensayo y se registra durante el desplazamiento las características estructurales del objeto de ensayo en relación con la posición del cabezal será posible generar una imagen espacial de las características estructurales de interés del objeto de ensayo.

20 Los procedimientos y los dispositivos habituales en la actualidad consiguen en parte una precisión admirable en la resolución de las características estructurales del objeto de ensayo estudiado. Sin embargo en la mayoría de los casos la resolución conseguida durante el seguimiento del movimiento del cabezal sobre la superficie del objeto de ensayo queda muy lejos de la capacidad de resolución del procedimiento de análisis sensible para detectar la estructura con este ensayo, por ejemplo de un procedimiento de ultrasonido-impulso-eco. Esto se explica por el hecho de que hasta la actualidad prácticamente sólo se aplican detectores de distancia mecánicos para la detección del movimiento del cabezal sobre la superficie del objeto de ensayo. Es inherente a su diseño una desviación relativamente alta en la medición. Hasta el momento no se ha dado a conocer otros sistemas aparte de estos que permitan detectar un movimiento giratorio del cabezal sobre la superficie del objeto de ensayo.

30 Aquí es donde interviene la presente invención, que se ha propuesto ofrecer un procedimiento y un dispositivo para la detección del movimiento de un mecanismo, por ejemplo un cabezal, sobre la superficie de un objeto de ensayo, el cual funcione de forma no destructiva y presente una precisión mejorada con respecto a los procedimientos y dispositivos conocidos hasta el momento. Además de esto se pretende facilitar la detección de movimientos giratorios del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo.

35 Esta tarea se soluciona mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1 así como mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 9.

Además en la reivindicación 7 se menciona una unidad de comprobación que se fundamenta en un mecanismo relativo a la invención.

40 El procedimiento relativo a la invención funciona de forma no destructiva y está concebido para detectar el movimiento giratorio de un dispositivo, por ejemplo un cabezal, sobre la superficie de un objeto de ensayo. Mediante un desarrollo preferido de la invención este procedimiento será especialmente adecuado para detectar de forma general el movimiento de un dispositivo sobre la superficie de un objeto de ensayo, es decir, de los grados de libertad del movimiento tanto rotatorio como traslatorio. El procedimiento comprende en su forma de realización más sencilla los siguientes pasos:

- a) Emisión de una secuencia temporal de señales de estímulos SI, que al menos en parte penetran en el objeto de ensayo e interactúan con él.
- 45 b) Recepción de señales de eco que resultan de la interacción de las señales de estímulo SI enviadas por el emisor con el objeto de ensayo por medio de una matriz, constituida por una serie de receptores. De este modo las señales de eco, resultantes de una señal de estímulo SI, registradas por los receptores forman un conjunto M (SI) de valores de medición y
- 50 c) Determinación de un movimiento giratorio del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo a partir de un número de conjuntos de valores obtenidos de la medición M (SI) (al menos de dos de estos conjuntos) que guardan correlación con señales de estímulo SI consecutivas.

En relación con la presente invención, se entiende por secuencia temporal de señales de estímulo SI generalmente una secuencia por ejemplo de señales en forma de impulso que se repiten a intervalos regulares. En particular puede tratarse

en este caso de una secuencia regular de breves impulsos de ultrasonido. El procedimiento, sin embargo, también puede referirse a señales de estímulo continuadas. En esencia, en el marco de la presente invención, se trata de registrar señales de eco del objeto de ensayo por medio de los receptores a intervalos definidos. En caso de una señal de estímulo continuada pueden detectarse las señales de eco, por ejemplo a intervalos fijos de por ejemplo 40 milisegundos, que corresponden a 25 conjuntos de valores obtenidos de la medición M (SI) por segundo. Además es posible sincronizar la secuencia temporal de las señales de estímulo con la secuencia temporal de las señales de eco recibidas. Si la señal de estímulo está formada por una secuencia de impulsos entonces la señal de eco también consta de una secuencia de impulsos. Estos pueden detectarse por ejemplo mediante receptores que funcionen de forma continuada y valorarse posteriormente en el marco de una medición "time of flight" (TOF) (procedimiento pulso-eco).

5

10 Las señales de estímulo que se utilicen en el marco del procedimiento relativo a la invención deberán ser de un tipo que permita la interacción con las características estructurales del objeto de ensayo, como por ejemplo estructuras geométricas de una superficie limítrofe o inhomogeneidades de material en el volumen del objeto de ensayo, como por ejemplo superficies corroídas, así como inclusiones o fallos en el volumen del objeto de ensayo tales como oquedades y grietas.

15 En una primera forma de realización preferida del procedimiento relativo a la invención se obtiene información a partir de los ecos recogidos de los impulsos sobre las características estructurales locales del objeto de ensayo. Si se utiliza una matriz de sensores se podrá generar inmediatamente, en caso de proceder de forma adecuada, una imagen espacial de las características estructurales del objeto de ensayo, por ejemplo una representación espacial de la reflectividad local de ultrasonidos en forma de un C-scan, centrado en torno a la posición local X0 de la matriz de receptores. En el caso más sencillo este tipo de imagen representa un modelo de reflexión que se parece al patrón moteado con haces coherentes conocido en óptica, que se obtiene al reflejar un haz de ensayo en una estructura espacial, como puede ser una superficie áspera.

20

Si la matriz de emisores se mueve sobre la superficie del objeto de ensayo hasta una nueva posición X1, se genera una imagen nueva de las características centradas en torno a la nueva posición X1, la cual preferentemente se solapa en parte en el espacio con la imagen generada en la primera posición X0. Al comparar las imágenes en las posiciones X0 y X1 puede entonces deducirse el movimiento de la matriz de sensores sobre la superficie del objeto de ensayo. Para ello puede usarse por ejemplo un algoritmo matemático, como el que se ha indicado en el Anexo 1. Al mismo tiempo, es posible —pero no necesario— generar una imagen global de la distribución espacial de las características estructurales (también las características utilizadas para la detección del movimiento) del objeto de ensayo a partir de los datos del movimiento y la secuencia de las imágenes.

25

30

En otra forma de realización preferida del procedimiento relativo a la invención se generan varias imágenes del objeto de ensayo en una posición X de la matriz de sensores, de las cuales al menos una se utiliza como base del algoritmo previamente descrito para la determinación del movimiento de la matriz de sensores. Así, por ejemplo, puede utilizarse un procedimiento de impulso-eco basado en ultrasonidos el eco de la pared posterior del objeto de ensayo para analizar el movimiento de la matriz de sensores. En estos casos se trabaja como es habitual con incidencia perpendicular. Para la generación de una imagen de la distribución espacial de las características estructurales del objeto de ensayo puede también utilizarse señales de eco del volumen del objeto de ensayo que por ejemplo se hayan obtenido por medio de incidencia oblicua. Además estas señales de eco no tienen por qué tener su origen necesariamente en el mismo impulso de estímulo, sino que también pueden generarse mediante uno de los impulsos siguientes de una secuencia de impulsos. En particular, puede modificarse en este caso de un pulso al otro las características de los ultrasonidos del haz de ultrasonidos incidente tales como el ángulo de incidencia o la profundidad de foco.

35

40

Resulta especialmente sencillo aplicar el procedimiento relativo a la invención si la matriz de sensores formadores de la imagen se encuentra dispuesta en un plano, pues de este modo la matriz abarcará preferentemente al menos dos disposiciones lineales de al menos tres sensores en cada una que abarcan diferentes direcciones del espacio. En una forma de realización mejorada los emisores que conforman la matriz están asimismo dispuestos sobre puntos reticulares de una retícula bidimensional, estando dispuestos al menos tres receptores en cada una de las dos direcciones principales de la retícula.

45

Resulta especialmente ventajoso si al menos uno de los sensores de la matriz, pero especialmente si todos ellos, están dispuesto de modo que aparte de poder actuar como receptores puedan seguir actuando también como emisores para la emisión de la secuencia temporal de señales de estímulo SI. Como ejemplo, valga mencionar matrices de transductores de ultrasonidos, tales como los de uso habitual, que pueden funcionar tanto como emisores de ultrasonidos como a modo de receptores de ultrasonidos.

50

Aparte de los receptores de ultrasonidos anteriormente mencionados, también puede utilizarse como receptores un gran número de otros receptores, como por ejemplo sensores de corriente inducida, sensores eléctricos, sensores de campo magnético o también sensores para radiación electromagnética, como luz de un espectro de longitud de onda infrarroja, visible o ultravioleta, así como radiación mediante rayos X. Para ello se aplican como emisores las correspondientes

55

fuentes de señales adecuadas.

- 5 Tal como se ha mencionado anteriormente en una forma de realización preferida del procedimiento relativo a la invención, no sólo se capta un movimiento giratorio del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo, sino que también se determina en un paso adicional del procedimiento un movimiento traslatorio del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo a partir de la mayoría de los conjuntos registrados de valores de medición M (SI). En la forma de realización preferida del procedimiento relativo a la invención que resulta del ejemplo de ejecución expuesto más adelante se fundamenta la determinación del movimiento giratorio del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo en una determinación que debe realizarse previamente del movimiento traslatorio del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo.
- 10 En un posterior desarrollo preferido del procedimiento relativo a la invención se genera en otro paso del procedimiento una imagen de la distribución espacial de las características estructurales del objeto de ensayo, especialmente sensible al procedimiento de medición aplicado, como por ejemplo la reflexión de impulsos breves de ultrasonido, a partir de los datos sobre el movimiento detectados por el dispositivo de medición sobre la superficie del objeto de ensayo así como los conjuntos de valores de medición M (SI) registrados. Esto permite una buena representación de la imagen generada de las características estructurales del objeto de ensayo en una unidad de visualización.
- 15 En el marco de las ejecuciones adicionales de la presente invención comprendidas en el Anexo 1, se menciona que los datos sobre el movimiento obtenidos en el marco del procedimiento relativo a la invención, así como los datos sobre las características estructurales del objeto de ensayo, pueden introducirse perfectamente en un modelo tridimensional (por ejemplo basado en CAT) del objeto de ensayo. De este modo, se crea una representación tridimensional de las características estructurales del objeto de ensayo que resulta excelente para protocolizar las mediciones realizadas.
- 20 El dispositivo relativo a la invención para la detección no destructiva de un movimiento giratorio en la superficie de un objeto de ensayo, en particular un movimiento giratorio del dispositivo mismo, incluye:
- a) un emisor configurado para enviar una secuencia temporal de señales de estímulo SI que penetren al menos en parte en el objeto de ensayo e interaccionen con el mismo. Hay que tener en cuenta las observaciones previamente realizadas en relación con el procedimiento relativo a la invención que tienen que ver con las emisiones de una secuencia temporal de señales de estímulo, en particular aquella observación que menciona que también en este caso se puede aplicar una señal de estímulo continuada;
- 25 b) una matriz formada por varios receptores configurados para recibir señales de eco que resultan de la interacción de las señales de estímulo SI emitidas por el emisor con el objeto de ensayo. Las señales de eco registradas por los receptores, que están correlacionadas con una señal de estímulo SI conjunta, forman un conjunto M (SI) de valores de medición y
- 30 c) una unidad de evaluación configurada para determinar un movimiento giratorio del dispositivo sobre la superficie partiendo de un número de conjuntos de valores de medición M (SI) correlacionados con señales de estímulo que siguen una secuencia temporal (se trata de al menos dos conjuntos de valores de medición).
- 35 En un desarrollo preferido del dispositivo relativo a la invención, la unidad de evaluación está además configurada para determinar aparte del movimiento giratorio del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo a partir de la mayoría de conjuntos de valores de medición M (SI) un movimiento traslatorio del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo.
- En cuanto a otras formas de realización más ventajosas del dispositivo relativo a la invención, se remite a las reivindicaciones secundarias, cuyos detalles ya se han descrito a grandes rasgos en relación con el procedimiento relativo a la invención.
- 40 Además se obtienen beneficios especiales si el dispositivo relativo a la invención se utiliza en el montaje de una unidad de comprobación prevista para la determinación espacialmente resuelta de las características estructurales de un objeto de ensayo mediante un estudio de la materia no destructivo. La unidad de comprobación está configurada para generar una imagen de la distribución espacial de las características estructurales del objeto de ensayo a partir de los datos sobre movimiento del dispositivo (por ejemplo del cabezal) captados por el dispositivo, así como los conjuntos de valores de medición M (SI) registrados. Resulta especialmente ventajoso si los datos del movimiento aplicados se refieren tanto al movimiento rotatorio del dispositivo como al traslatorio, por ejemplo del cabezal, sobre la superficie del objeto de ensayo.
- 45 En una forma de realización preferida la unidad de comprobación relativa a la invención está configurada de tal modo que la imagen creada de la distribución espacial de las características estructurales del objeto de ensayo se pueda representar en una unidad de visualización, como por ejemplo una pantalla LCD y también una impresión generada por ordenador.
- 50 Otro dispositivo que está relacionado por medio de una concepción común con el procedimiento descrito así como con el dispositivo y la unidad de comprobación está también previsto para la generación no destructiva de una imagen de la distribución espacial de una característica estructural del objeto de ensayo. Este dispositivo incluye un primer emisor configurado para emitir una secuencia temporal de señales de estímulo P que penetre en el objeto de ensayo al menos

parcialmente y que interactuación con una característica estructural del objeto de ensayo. Un ejemplo de esto es un emisor de ultrasonido que emite una secuencia de breves impulsos de ultrasonido que se combinan en el volumen del objeto de ensayo y se reflejan completa o parcialmente en características estructurales del objeto de ensayo, como por ejemplo las superficies limítrofes del objeto de ensayo y sus estructuras, tales como fallos, oquedades, inclusiones o fisuras. También en este caso hay que señalar que la secuencia temporal enviada por el primer emisor de señales de estímulo P puede representar en el caso límite una señal de estímulo continuada.

El dispositivo relativo a la invención incluye además un primer receptor configurado para recibir las señales de estímulo P enviadas por el primer emisor tras su interacción con el objeto de ensayo en forma de señales de eco. De nuevo cabe señalar el ejemplo de la técnica de ultrasonido en cuyo contexto el primer receptor estaría configurado como receptor de ultrasonido preparado para recibir impulsos de ultrasonido reflejados y mediciones "time of flight" (TOF) y deducir la posición, el tamaño y la configuración de las estructuras reflejadas del objeto de ensayo a partir de mediciones "time of flight" (TOF) y la intensidad medida de los impulsos de ultrasonidos reflejados.

Además el dispositivo relativo a la invención incluye un segundo emisor que está configurado para enviar una secuencia temporal de señales de estímulo SI que interactúan con el objeto de ensayo, el cual muestra una estructura específica. Junto con el segundo emisor actúa una matriz formada por un cierto número de receptores secundarios configurados para recibir señales de eco resultantes de la interacción de las señales de estímulo SI enviadas por el segundo emisor con el objeto de ensayo. Las señales de eco registradas por los emisores, que pertenecen a una señal de estímulo SI conjunta, forman un conjunto M (SI) de valores de medición.

Además, el segundo emisor y la matriz de receptores secundarios están conectados a una unidad de evaluación, que está configurada para determinar un movimiento del dispositivo sobre la superficie del objeto de ensayo a partir de al menos dos conjuntos de valores de medición correlacionados con las señales de estímulo SI que siguen una secuencia temporal del segundo emisor. El movimiento del dispositivo sobre la superficie puede describirse en particular mediante grados de libertad traslatorios y/o rotatorios.

Finalmente, el dispositivo incluye para la creación no destructiva de una imagen de la distribución espacial de una característica estructural de un objeto de ensayo una unidad de visualización configurada para generar una característica estructural del objeto de ensayo a partir del movimiento del dispositivo sobre la superficie registrado por la unidad de evaluación, así como a partir de las señales de eco recibidas por el primer receptor.

El segundo emisor, la matriz (que incluye los receptores secundarios) y la unidad de evaluación pueden reunirse por ejemplo formando una unidad funcional y basarse por ejemplo en el principio del "ratón óptico". Mediante la implementación del procedimiento relativo a la invención en un desarrollo posterior, como este ratón óptico, es posible en particular captar asimismo un movimiento giratorio del ratón aparte de la ya conocida captación de un movimiento traslatorio de acuerdo con el estado de la técnica. En una forma de realización de este tipo se registra por lo tanto el movimiento de un cabezal, que abarca el primer emisor y el primer receptor, sobre la superficie de un objeto de ensayo mediante la aplicación de un ratón óptico más desarrollado preferentemente según el procedimiento relativo a la invención.

Otras ventajas y características del procedimiento relativo a la invención, el dispositivo relativo a la invención, así como la unidad de comprobación relativa a la invención, se pueden deducir a partir de los ejemplos de ejecución descritos a continuación, que, por ejemplo, se refieren al ámbito de la comprobación de ultrasonidos. Asimismo, se ha indicado también que aparte de este método se puede aplicar otros métodos de comprobación no destructivos, como las mediciones de corriente inducida o las mediciones con sensores piezoeléctricos, detectores del campo magnético o --en general-- con detectores de radiación electromagnética de las más diversas longitudes de onda (por ejemplo, luz de espectro visible, luz UV o IR, o radiación mediante rayos X o microondas).

En el Anexo 1 puede observarse por ejemplo un algoritmo comprensible que puede servir de base para la realización del procedimiento relativo a la invención o la implementación de la unidad de evaluación del dispositivo relativo a la invención. Aquí se muestra el algoritmo matemático específico para el caso de un movimiento giratorio en torno al punto de origen de las coordenadas, si bien para el experto en la materia es obvio que este caso especial puede generalizarse mediante una sencilla transformación de las coordenadas para el caso de un movimiento giratorio en torno a un punto cualquiera sobre la superficie del objeto de ensayo.

Para realizar comprobaciones se usa con frecuencia detectores portátiles de ultrasonido. Los objetos que van a someterse a la comprobación son por ejemplo piezas de acero soldadas, como pueden ser tubos. El detector de ultrasonido puede adaptarse sobre la pieza mediante aceite, agua o una grasa lubricante y el técnico de la comprobación puede conducir el detector por encima de las zonas de estudio realizando diferentes movimientos zigzagueantes para comprobar cordones de soldadura o tabiques posteriores corroídos. Con este tipo de detector puede descubrirse fallos en la pieza así como soldaduras defectuosas. Puesto que el movimiento del detector es aleatorio e indeterminado, resulta con frecuencia difícil reflejar los fallos encontrados y relacionarlos con las dimensiones y las características de construcción de la pieza así como con la posición del cabezal. En el caso de piezas de geometría compleja (por ejemplo tubos o uniones en T) puede resultar especialmente difícil la comprobación y la determinación de las coordenadas de los

fallos hallados en relación con la posición del cabezal.

Los dibujos adjuntos muestran lo siguiente:

Figura 1: un diagrama de bloques de un sistema de cabezal según una o varias formas de realización de esta invención;

5 Figura 2: un diagrama de un tipo de disposición de la matriz y los sensores de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención;

Figura 3: un diagrama de un tipo de disposición alternativa de la matriz y los sensores de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención.

Figura 4: un diagrama de otro tipo de disposición alternativa de la matriz y los sensores de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención.

10 Figura 5: un diagrama de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención, que se aplica para la determinación de una característica (en este ejemplo la corrosión) de un objeto de ensayo.

Figura 6: un diagrama de flujo de un procedimiento para hacer funcionar un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención, y

15 Figura 7: un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de información que puede aplicarse con un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención.

Para que la representación resulte más sencilla o clara, los elementos representados en las figuras no se han dibujado totalmente a escala. Por ejemplo, puede que algunos elementos se hayan dibujado más grandes en relación con otros con el fin de conseguir una representación más clara. Los elementos comunes o similares se han indicado en varias figuras con símbolos de referencia idénticos en algunos casos.

20 En la siguiente descripción detallada se describen numerosos detalles específicos con el fin de conseguir una comprensión profunda del objeto de las reivindicaciones. Para el experto en la materia sin embargo es evidente que el objeto de las reivindicaciones también puede llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. Hasta el momento no se han descrito con detalle los procedimientos, modos de ejecución, componentes o conexiones conocidos.

25 En algunas partes de la siguiente descripción detallada se utilizan algoritmos, programas y representaciones gráficas de operaciones que se realizan por ejemplo en la memoria de un ordenador a nivel de los bits de datos o las señales digitales binarias. Estas descripciones y representaciones algorítmicas pueden formar parte de procedimientos aplicados en el procesamiento de datos con los que se describen las características de sistemas informáticos y otros sistemas de procesamiento de información que trabajan con ese tipo de programas, algoritmos y representaciones mediante símbolos.

30 Un programa o un proceso puede considerarse generalmente como una secuencia autónoma de acciones u operaciones que conduce a un resultado deseado. Entre ellas se encuentra la aplicación física de cantidades físicas. Se trata generalmente de cantidades físicas que no necesariamente son señales eléctricas o magnéticas y que pueden almacenarse, transmitirse, combinarse, compararse o usarse de otro modo. Generalmente estas señales se expresan en forma de bits, valores, elementos, símbolos, caracteres, conceptos, números u otros similares. Sin embargo hay que indicar que estos conceptos y otros similares deben relacionarse con las cantidades físicas correspondientes y que debe tratarse exclusivamente de descripciones (generalmente útiles) de estas cantidades.

35 Si en las descripciones que siguen se utilizan conceptos tales como procesamiento, cálculo, determinación o similares, estarán relacionados, siempre que no se indique otra cosa, con acciones o procesos realizados por ordenadores o sistemas de cálculo, o equipos de cálculo electrónico similares, con los que se procesa datos que se representan como cantidades físicas o electrónicas en los registros o memorias de los ordenadores o los sistemas de cálculo u otros equipos de cálculo electrónico similares, o que se transforman en otros datos que se representan como cantidades físicas en las memorias, los registros u otros elementos similares de equipos de almacenamiento, de transmisión y de visualización de información.

40 Pueden formar parte de las formas de ejecución requeridas los equipos necesarios para realizar las operaciones aquí descritas. Se puede tratar de equipos contruidos específicamente para la correspondiente aplicación u ordenadores polivalentes que se han activado o reconfigurado de forma selectiva mediante un programa. Este tipo de programa puede estar guardado en algún medio de almacenamiento, como puede ser disquetes, soportes ópticos de datos, CD-ROM, soportes magnetoópticos de datos, memorias de sólo lectura ROM, memorias de acceso directo RAM, memorias de sólo lectura EPROM, memorias de sólo lectura EEPROM, memorias Flash, tarjetas magnéticas u ópticas y otros tipos de medios adecuados para el almacenamiento de indicaciones electrónicas y/o que puedan ser conectadas a un bus de sistema de un equipo de cálculo u otros sistemas de procesamiento de información.

50

Los procesos o visualizaciones aquí descritos no se refieren directamente a un equipo de cálculo determinado u otro equipo diferente. Los programas adecuados para la invención pueden utilizarse con diferentes sistemas polivalentes, pero también puede ser razonable construir un equipo especial para la aplicación del método deseado. La estructura deseada de muchos de estos sistemas puede deducirse de la siguiente descripción. Las formas de realización no se describen en relación con ningún lenguaje de programación determinado. Los programas adecuados para la invención pueden implementarse con diferentes lenguajes de programación.

En las siguientes descripciones o reivindicaciones se utilizan expresiones como "acoplado" y/o "conectado" así como otras expresiones similares. El concepto "acoplado" puede utilizarse en una o varias formas de realización para indicar que se encuentra aceite, agua o una grasa lubricante entre el cabezal de ultrasonido y el objeto de ensayo. En determinadas formas de realización puede utilizarse la expresión conectado para indicar que dos o más elementos están en contacto directo físico y/o eléctrico. "Acoplado" puede significar que dos o más elementos están en contacto directo físico y/o eléctrico. Pero "acoplado" también puede significar que dos o más elementos no están en contacto directo físico y/o eléctrico pero colaboran o interactúan entre ellos. La expresión "y/o" puede tener los siguientes significados: "y", "o", "algunos pero no todos", "ni uno ni otro" y "tanto el uno como el otro". El objeto de las reivindicaciones, sin embargo, no está limitado en este sentido.

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de cabezal a partir de una o varias formas de realización de esta invención. El sistema de cabezal 100 puede incluir un cabezal 110 que puede moverse sobre una superficie de un objeto de ensayo 112, por ejemplo sobre un primer eje (eje X) 116 y/o un segundo eje (eje Y) 118. Además el cabezal 110 puede girarse en un ángulo α en torno a un eje 119 perpendicular al eje X 116 así como al eje Y 118.

El cabezal 110 puede incluir un emisor y/o una matriz de uno o varios elementos detectores. El cabezal 110 puede acoplarse a un sistema de procesamiento de información 114, por ejemplo para suministrar al cabezal 110 energía para su funcionamiento y/o señales de mando, y/o para recibir datos que se hubieran detectado con el cabezal 110, por ejemplo a través de la matriz de sensores. En las figuras 2, 3 y/o 4 se representan matrices de ejemplo del cabezal 110 que se detallan en la correspondiente descripción. Un ejemplo de un sistema de procesamiento de información 114 está representado en la figura 7 y detallado en la correspondiente descripción. En una o varias formas de realización puede captarse tres o más valores de medición por cada uno de los ejes que deben codificarse si el cabezal no se mueve. Por medio de tres o más de estos valores de medición es posible calcular el sentido del movimiento sobre el eje que debe codificarse. Estos valores de medición pueden variar si se mueve el cabezal. El ruido del material o el grosor restante del tabique de un objeto de ensayo corroído, por ejemplo, puede ser diferente en cada una de las posiciones del cabezal. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

En una o varias formas de realización puede usarse el sistema de cabezales 100 para la comprobación del objeto de ensayo 110, por ejemplo con el fin de detectar fallos y/o defectos del objeto de ensayo 112. En un ejemplo de este tipo, el objeto de ensayo 112 puede incluir una pieza manufacturada, como por ejemplo un tubo, una unión en T o una pieza de un avión, como puede ser una pieza del motor del avión, de su cuerpo o sus alas. El sistema de cabezal 100 puede estar configurado de tal modo que sea adecuado para la comprobación de piezas de ensayo 112 con diferentes topologías y/o geometrías. En una determinada forma de realización, el objeto de ensayo 112 puede incluir un órgano, un vaso u otro tejido de un paciente, por ejemplo de un mamífero, de modo que el sistema de cabezal 100 se usará en una aplicación médica. El cabezal 110 y/o el sistema de cabezal 100 pueden configurarse para la correspondiente aplicación del sistema de cabezal 100 en cuanto al tamaño, la forma u otras características, pero no se limitan a la comprobación de piezas manufacturadas, las aplicaciones médicas y/o quirúrgicas u otras similares. Se trata simplemente de ejemplos de aplicaciones para el uso del sistema de cabezal 100. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

En una o varias formas de realización el sistema de procesamiento de información 114 puede incluir una memoria que contenga un archivo de datos que se corresponda con el objeto de estudio 112 que se desea analizar con el sistema de cabezal 100, pero esto no es necesario. Si el objeto de ensayo 112 es por ejemplo una pieza manufacturada, la memoria del sistema de procesamiento de información 114 puede contener un fichero CAT (diseño asistido por ordenador) o algo similar, teniendo en cuenta que se trata de una representación electrónica del objeto de ensayo 112 aplicada con fines constructivos o de fabricación. El archivo CAT sólo es un ejemplo de un tipo de archivo, si bien no es necesario. En vez de un archivo CAT, puede utilizarse otros tipos de archivo gráfico o de imágenes. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido. En una o varias formas de representación un archivo CAT de este tipo puede incluir una representación bidimensional del objeto de ensayo 112 y en una o varias formas de realización un archivo CAT de este tipo puede ser una representación tridimensional del objeto de ensayo 112. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

En una o varias formas de realización el sistema de procesamiento de información 114 puede mostrar el archivo CAT durante el análisis del objeto de ensayo 112 por medio del sistema de cabezal 100 en una pantalla acoplada al sistema de procesamiento de información 114. Al mismo tiempo, el sistema de procesamiento de información 114 puede mostrar datos de imágenes del objeto de ensayo 112 que hayan sido obtenidas mediante el cabezal 110. De este modo el sistema

de procesamiento de información 114 puede correlacionar, por ejemplo, datos obtenidos por el cabezal 110 sobre el objeto de ensayo 112 con los datos del objeto de ensayo 112 contenidos en un archivo CAT. Una correlación de este tipo puede ser aplicada por el usuario, que dirige el cabezal 110 del sistema de cabezal de examen 100 por ejemplo a lo largo del objeto de ensayo 112, como referencia para el ámbito y/o la característica que se quieran comprobar. Si el usuario detecta, por ejemplo, un fallo y/o un defecto en una determinada posición del objeto de ensayo 112 podrá captar esta posición por medio de los datos de construcción del objeto de ensayo 112 almacenados en el archivo CAT. Estos datos de comprobación pueden relacionarse con los datos del objeto de ensayo 112 para su posterior aplicación y/o análisis. En una o varias formas de realización el usuario puede almacenar en un archivo CAT una identificación de la posición de un fallo y/o un defecto u otro tipo de característica que valga la pena tener en cuenta que se haya hallado en el objeto de ensayo 112. En este caso se trata simplemente de aplicaciones a modo de ejemplo para el uso del sistema de cabezal de examen 100. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

La figura 2 es un diagrama de una disposición de matriz de sensores de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención. Tal como se muestra en la figura 2, la matriz 200 de elementos sensores 212 y/o 214 puede posicionarse sobre el cabezal 110 para detectar características del objeto de ensayo 112. En una de las formas de realización los elementos sensores pueden incluir detectores de ultrasonido, detectores GMI (magnetoimpedancia gigante), sensores piezoeléctricos, sensores Hall, sensores de corriente inducida u otros elementos sensores adecuados o similares. En una o varias formas de realización el cabezal 110 puede incluir un emisor que transmita energía, señales, pulsos y/o impulsos que puedan ser captados por uno o varios sensores 212 y/o 214 de la matriz 200. Estas transmisiones pueden producirse a diferentes tiempos y ser de diferente duración, forma y/o amplitud de pulso. En una o varias formas de realización estas transmisiones pueden incluir por ejemplo formas de pulsos y en una o varias formas de realización alternativas estas transmisiones pueden incluir formas o impulsos según la función delta de Dirac. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido. Las señales transmitidas también pueden ser señales de alta frecuencia. En una o varias formas de realización el ámbito de frecuencia de trabajo del cabezal 110 puede encontrarse aproximadamente entre 1 MHz y 25 MHz, por ejemplo para la comprobación de piezas de acero o similares o para la penetración del material del cabezal 110. En una o varias formas de realización, la precisión del cabezal 110 puede hallarse por debajo de 1 mm y/o por debajo de 100 micrómetros, por ejemplo dependiendo de la modalidad y/o la frecuencia del cabezal 110. En aplicaciones médicas el cabezal 110 puede incluir una punta de catéter o algo similar con el fin de realizar estudios de las paredes de los vasos sanguíneos. Esto permite detectar desviaciones de un patrón determinado de pared de un vaso de la superficie interna de la pared del vaso y de forma opcional establecer una relación con un archivo de imagen previamente creado del vaso. Este tipo de archivo de imagen puede ser por ejemplo un archivo de imagen tridimensional que se haya creado por ejemplo mediante una resonancia magnética nuclear, una tomografía computerizada u otro procedimiento similar. El establecimiento de la relación entre la desviación captada y el archivo de imagen permitirá determinar con mayor precisión la posición de una característica o un rasgo llamativo. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

En una forma de realización la matriz 200 puede incluir una primera disposición 210 de elementos sensores 212 y/o 214, pudiendo posicionar en la primera disposición 210 una primera hilada de sensores 212 sobre el eje 116 para detectar por ejemplo el movimiento del cabezal 110 y/o captar imágenes u otros datos del objeto de ensayo 112 sobre el eje 118. La disposición 212 de la matriz 200 representada en la figura 2 puede presentar generalmente una forma en T u otra similar. En una o varias formas de realización alternativas, las variaciones de la disposición 210 de la matriz 200 pueden presentar una forma en X u otra similar en la que, por ejemplo, alguno de los sensores 212 esté dispuesto en un lado de la hilada de sensores 214 y otros de los sensores 212 estén dispuestos en otro lado de la hilada de sensores 214. Hay que tener en cuenta que se trata simplemente de formas de ejecución a modo de ejemplo de la disposición 210 de la matriz 200. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

La figura 3 representa un diagrama de una disposición alternativa de la matriz y los sensores de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención. Tal como se muestra en la figura 3, la disposición 310 de la matriz 200 de sensores 212 y/o 214 puede presentar una forma en L u otra similar. En este tipo de disposición y/o variantes de una disposición tal, uno o varios sensores en la primera hilada de sensores 212 también pueden incluir un sensor que forme parte de una segunda hilada de sensores 214 de modo que al menos uno de los sensores trabaje de tal modo que un movimiento del objeto de ensayo 112 y/o una imagen u otros datos del objeto de ensayo 112 puedan detectarse en una primera dirección sobre el eje 110 y/o en una segunda dirección sobre el eje 118. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

La figura 4 es un diagrama de otra disposición de la matriz y los sensores alternativa de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención. Tal como se representa en la figura 4, la disposición 410 de la matriz 200 puede incluir una retícula de 4x4 de sensores 212 y/o 214. La disposición 410 de la figura 4 incluye una única retícula de 4x4 de sensores pero también puede aplicarse otras disposiciones; por ejemplo, puede posicionarse sensores en una retícula de 1x2, de 1x16, de 1x128, de 8x8 y/o en cualquier otra disposición. Las disposiciones 210, 310 y/o 410 de la matriz 200 representadas en la figura 2, la figura 3 y/o la figura 4 son disposiciones de la matriz 200 meramente indicativas. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

- La figura 5 es un diagrama de un cabezal según una o varias formas de realización de esta invención que se utiliza para la detección de una característica de un objeto de ensayo. Tal como muestra la representación en la figura 5, puede moverse el cabezal 110 sobre el eje 116, por ejemplo a lo largo del objeto de ensayo 112. En la figura 5 sólo se representa un eje principal (en este caso el eje X 116) de la matriz con el fin de simplificar, el cual se debe aplicar según el procedimiento relativo a la invención y está incluido en el dispositivo relativo a la invención. En una segunda dirección principal (en este caso por ejemplo el eje Y 118), que aquí no se ha representado, independiente de la primera dirección principal se crea una imagen análoga, lo cual es evidente para el experto en la materia. Asimismo, puede girarse el cabezal 110 sobre la superficie del objeto de ensayo 112 alrededor del eje 119 perpendicular a los ejes antes mencionados 116 y 118 en un ángulo α .
- El cabezal 110 es capaz de emitir una señal 512 que penetra al menos en parte el objeto de ensayo 112. En una o varias formas de realización la señal 512 puede ser reflejada, en caso de que el cabezal 110 no se mueva, al menos parcialmente por parte de la característica 510 del objeto de ensayo 112, por ejemplo en forma de señal de eco, de modo que se puedan captar y codificar tres o más valores por eje. En una o varias formas de realización la señal 512 puede ser reflejada al menos parcialmente de la característica 510 y penetrarla al menos parcialmente, pero el cabezal 110 puede detectar la 510, por ejemplo mediante una porción de la 512 reflejada por parte de la 510. En una o varias formas de realización puede adaptarse la intensidad y/o potencia de la señal 512 y/o ajustarse la frecuencia de la señal 512 para obtener una profundidad de penetración deseada de la 512 a través del objeto de ensayo 112 de modo que la 510 pueda determinarse de forma fiable. En una o varias formas de realización la 510 puede incluir por ejemplo una imperfección en el acabado y/o un fallo, una oquedad, una tensión, una fisura, una rotura, una capa, una inclusión y/o una corrosión si se trata de objetos de ensayo 112 metálicos o similares. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido. Si se desplaza el cabezal 110 sobre el eje 116 entonces el cabezal 110 podrá captar uno o varios puntos de datos 514 y en una determinada forma de realización el cabezal 110 podrá determinar tres o más puntos de datos que se corresponderán con la 510 y se registrarán a intervalos de tiempo regulares. Por medio del movimiento del objeto de ensayo 112 sobre el eje 116 a lo largo del objeto de ensayo 112, el cabezal 110 podrá registrar datos a partir de los cuales se podrá determinar datos de posición, velocidad, imagen u otros datos. Estos datos pueden transferirse opcionalmente al sistema de procesamiento de información 114, donde pueden por ejemplo guardarse, manipularse, procesarse, transferirse y/o visualizarse. Con el cabezal 110 por ejemplo pueden detectarse datos sobre material suelto en el objeto de ensayo 112 y convertirlos a una imagen que a continuación se muestre en una pantalla del sistema de procesamiento de información 114. A partir de una imagen de este tipo el usuario puede proceder a un análisis visual del objeto de ensayo 112 y/o desplazar el cabezal 110 visualmente sobre el eje 116 del objeto de ensayo 112 a la vez que se puede utilizar una imagen, por ejemplo, para documentar el análisis. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.
- En una o varias formas de realización puede aplicarse el sistema de cabezal de examen 100, por ejemplo para localizar corrosión en el objeto de ensayo 112. La matriz 200 puede incluir una matriz de 8x8 de sensores. Un cabezal virtual, que por ejemplo incluya 4 elementos, puede palpase a lo largo de una primera zona de la matriz 200, por ejemplo a lo largo de 4x8 elementos. Una palpación de este tipo puede realizarse electrónicamente sobre el eje 118 en sentido Y y trasladarse a continuación en torno a un elemento en sentido X sobre el eje 116, continuando finalmente en sentido Y. Puede obtenerse una palpación multidimensional (C-scan). Un C-scan de este tipo puede crearse por medio de un eco de la señal 512 que sea reflejado por la característica 510, por ejemplo cuando en el caso de la 510 se trate de corrosión en el cabezal 110. Las coordenadas de un desplazamiento de este tipo pueden registrarse, por ejemplo, comparando varios C-scan obtenidos sin que el cabezal 110 haya sido movido y/o habiéndose movido el cabezal 110 a lo largo del objeto de ensayo 112.
- De forma alternativa, puede moverse también el cabezal 200 sobre la superficie del objeto de ensayo 112, siendo posible tanto un movimiento traslatorio como uno rotatorio del cabezal 200.
- En una o varias formas de realización este procedimiento puede asemejarse a un método de reconocimiento del movimiento utilizado con ratones ópticos y la primera zona de la matriz puede utilizarse para datos de posición. Otro elemento del cabezal puede utilizarse para la medición de corrosión. En una o varias formas de realización puede utilizarse la misma zona de una matriz para datos de posición y medición (por ejemplo corrosión). A partir de los datos sobre la posición obtenidos por medio de la palpación del cabezal 110 así como los datos de corrosión registrados por el segundo elemento del cabezal puede crearse un C-scan de amplio alcance de la corrosión. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido. En una o varias formas de realización el primer cabezal puede incluir una primera zona de la matriz 200, y el segundo cabezal una segunda zona de la matriz 200. De forma alternativa, el primer cabezal puede incluir una primera matriz y el segundo cabezal una segunda matriz. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.
- En una o varias formas de realización alternativas todos o casi todos los elementos de la matriz pueden recibir al mismo tiempo ecos de la señal 512 y pueden ser captados por sensores 212 y/o 214 individuales de la matriz 200. A partir de este tipo de señales de eco, que pueden ser reflejadas por la corrosión de la característica 410 por ejemplo si el cabezal no se mueve y/o si el cabezal se mueve sobre el eje 116 a lo largo del objeto de ensayo 112, puede generarse un C-scan.

Los C-scan pueden compararse con palpaciones posteriores con el fin de determinar coordenadas de posición obtenidas por el cabezal 110 trasladado sobre el eje 116. En este caso puede aplicarse, por ejemplo, un procedimiento similar al usado con ratones ópticos. En este tipo de disposición puede usarse la misma matriz como cabezal dual para la detección de datos de posición y/o de datos para la característica de corrosión 510. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

En una o varias formas de realización pueden mostrarse opcionalmente los datos de palpación obtenidos mediante el cabezal 110 en una pantalla de un sistema de procesamiento de información 114, por ejemplo durante el funcionamiento del sistema de cabezal de examen 100. Esto permite mostrar en la pantalla una imagen de la zona palpada con el cabezal 110 (bloque 622) de modo que el usuario pueda verla y utilizarla durante el desplazamiento del cabezal 110 a lo largo del objeto de ensayo 112. El archivo del objeto de ensayo 112 puede compararse opcionalmente con datos de palpación (bloque 624) que se hayan obtenido mediante el cabezal 110. Así, por ejemplo, puede superponerse una versión electrónica del objeto de ensayo representada en el archivo CAT sobre una imagen del objeto de ensayo 112 obtenida mediante el cabezal 110 de modo que se pueda registrar, por ejemplo, una correlación entre la característica del objeto de ensayo 112 y una o varias coordenadas de la posición del cabezal 110 y del objeto de ensayo 112 contenidas en el archivo CAT. Puede determinarse si el objeto de ensayo 112 presenta una determinada característica, por ejemplo la característica 510 (bloque 622). Esta característica puede ser por ejemplo una imperfección en el acabado y/o un fallo, una oquedad, una tensión, una fisura, una rotura, una capa, una inclusión y/o una corrosión si se trata de objetos de ensayo 112 metálicos o similares. La característica puede registrarse por ejemplo si el usuario del sistema de cabezal de examen 100 realiza una inspección visual que se base al menos en parte en una de las imágenes del objeto de ensayo 112 obtenidas con el cabezal 110. De forma alternativa, puede determinarse la característica al menos en parte basándose en una programación de software realizable en el sistema de procesamiento de información 114.

La figura 7 es un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de información que puede aplicarse con un cabezal en relación con una o varias formas de realización de esta invención. El sistema de procesamiento de información 114 representado en la figura 1 y/o en la figura 7 puede aplicarse para ofrecer acceso a un programa informático y/o una interfaz de usuario gráfica, contando con componentes de hardware sobre los cuales se pueda hacer funcionar el programa y/o la interfaz de usuario gráfica 110, para recrear por ejemplo el método 600 descrito en la figura 6. Un programa informático y/o instrucciones legibles por la máquina de este tipo pueden guardarse en un medio legible en el ordenador y/o una máquina, tales como un CD (Compact Disc), un DVD (Digital Versatile Disc), un equipo de almacenamiento de datos flash, un disco duro, etc. Tal como se representa en la figura 7, el sistema de procesamiento de información 114 puede controlarse por medio del procesador 710. El procesador 710 puede incluir una unidad central, como un microprocesador o un microcontrolador, que se aplique para la ejecución de programas, la manipulación de datos y el control de las tareas del sistema de procesamiento de información 114. La comunicación con el procesador 710 puede implementarse a través de un bus 718 que se utilice para la transmisión de datos entre los componentes del sistema de procesamiento de información 114. El bus 718 puede incluir un canal de datos para la transmisión de datos entre componentes de la memoria y otros componentes periféricos del sistema de procesamiento de información 718. El bus 718 puede además disponer un grupo de señales que se aplicarán para la comunicación con el procesador 710, por ejemplo un bus de datos, un bus de direcciones y/o un bus de control. El bus 718 puede estar diseñado con una arquitectura para bus como la establecida por estándares tales como ISA (Industry Standard Architecture), EISA (Extended Industry Standard Architecture), MCA (Micro Channel Architecture), PCI (Peripheral Component Interconnect), así como de acuerdo con las normas IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), como por ejemplo la IEEE 488 GPIB (General Purpose Interface Bus) y la IEEE 696/S-100. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.

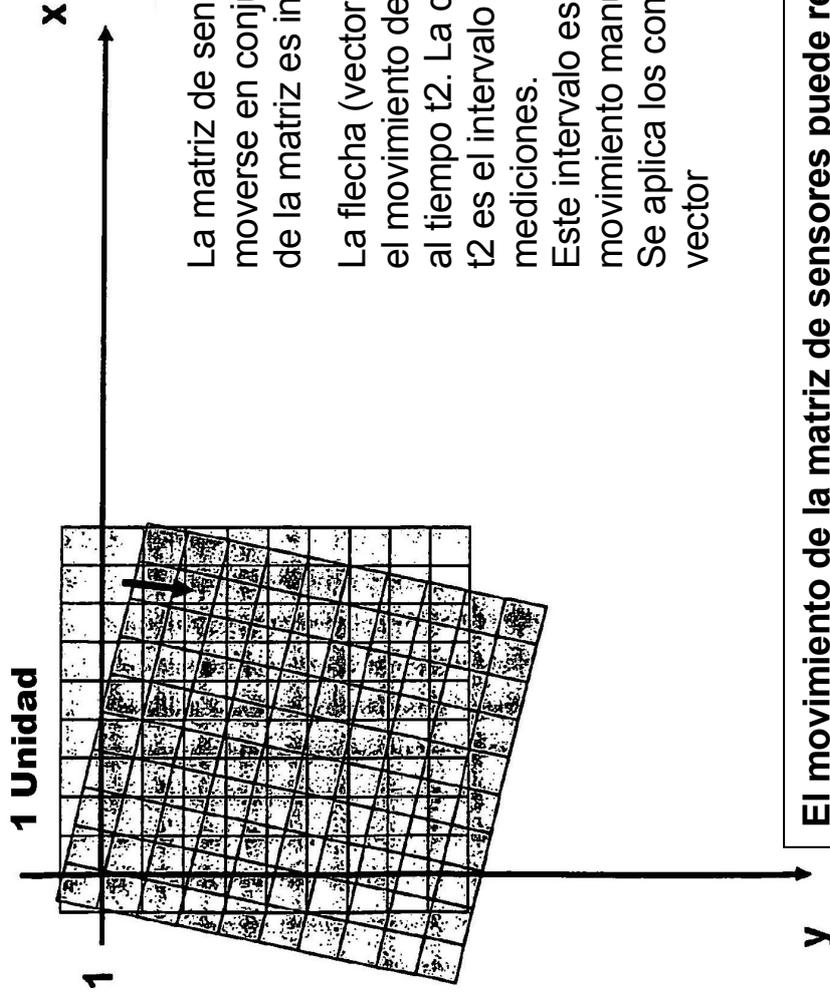
Otros componentes del sistema de procesamiento de información pueden incluir por ejemplo memorias de trabajo 712 y/o memorias auxiliares 714. El sistema de procesamiento de información 114 puede incluir además un procesador auxiliar 716, el cual puede ser un procesador adicional, como por ejemplo un procesador de señales digitales. La memoria de trabajo 712 puede servir para el almacenamiento de instrucciones y datos para programas que sean ejecutados por el procesador 711. En el caso de la memoria de trabajo 712 puede tratarse por ejemplo de una memoria basada en semiconductores, como una DRAM (Dynamic Random Access Memory) y/o una SRAM (Static Random Access Memory) y/o una memoria similar. Otros tipos de memorias basadas en semiconductores son por ejemplo la SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory), la RDRAM (Rambus Dynamic Random Access Memory) y la FRAM (Ferroelectric Random Access Memory). La memoria auxiliar 714 puede aplicarse para guardar instrucciones y/o datos que se puedan guardar en la memoria de trabajo 712 antes de la ejecución. En el caso de la memoria auxiliar 714 puede tratarse de memorias basadas en semiconductores tales como, por ejemplo, la memoria ROM (Read Only Memory), PROM (Programmable Read Only Memory), EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), EEPROM (Electrically Erasable Read Only Memory), y/o memorias flash o memorias de núcleo (parecidas a la EEPROM). En el caso de la memoria auxiliar 714 puede tratarse además de memorias no basadas en semiconductores, incluyendo aunque sin limitarse a ello, cinta magnética, memorias de tambor, disquetes, discos duros, soportes de datos ópticos, discos láser, CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory), CD-R (Write Once Compact Disc), CD-RW (Rewritable Compact Disc), DVD-ROM (Digital Versatile Disc Read Only Memory), DVD-R (Write Once DVD), DVD-RAM (Rewritable DVD), etc.

- También pueden utilizarse otros tipos de equipos de almacenamiento. El sistema de procesamiento de información 114 incluye opcionalmente un procesador auxiliar 716 que puede ser un procesador auxiliar para la gestión de la introducción y la salida de datos, un procesador auxiliar para realizar operaciones de coma flotante, un procesador de señales digitales y/o un microprocesador especial cuya arquitectura sea adecuada para la ejecución rápida de algoritmos de procesamiento de señales, un procesador conectado a continuación del procesador 710 o subordinado a éste, un microprocesador adicional y/o controlador para sistemas de dos o más procesadores y/o un coprocesador y/o un procesador adicional. Este tipo de procesadores auxiliares pueden ser procesadores discretos y/o estar integrados en el mismo módulo que el procesador 410, por ejemplo en un procesador multinúcleo o multihebra. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.
- El sistema de procesamiento de información 114 puede incluir además lo siguiente: un sistema de visualización 720 para conectarlo con la pantalla 722, un controlador de entrada/salida 724 para conectarlo a equipos de entrada/salida como por ejemplo el dispositivo E/S 726 o el dispositivo E/S 728, hasta un equipo E/S 730. El sistema de visualización 720 puede incluir una tarjeta gráfica que contenga componentes para el control de la pantalla 722, como por ejemplo una memoria gráfica, memoria intermedia y/o un motor de gráficos. En el caso de memorias gráficas, puede tratarse, por ejemplo, de VRAM (Video Random Access Memory), SGRAM (Synchronous Graphics Random Access Memory), WRAM (Windows Random Access Memory) y similares. La pantalla de visualización 722 puede incluir lo siguiente: un monitor de tubo de rayos catódicos, como puede ser un monitor o un televisor, y/o tipos alternativos de tecnologías de visualización tales como un proyector de tubo de rayos catódicos, un proyector LCD (Liquid-Crystal Display), una pantalla LCD, una pantalla LED, una pantalla de gas y/o plasma, una pantalla electroluminiscente, una pantalla fluorescente de vacío, una pantalla luminiscente de cátodos y/o una pantalla de emisión de campo, una pantalla PALC (Plasma Addressed Liquid Crystal), una pantalla HGED (High Gain Emissive Display), etc. El controlador de entrada/salida 724 puede incluir uno o varios controladores y/o adaptadores, que ofrecen funciones de interfaz para el dispositivo E/S 726, el dispositivo E/S 728 y el dispositivo E/S 730. El controlador de entrada/salida 724 puede incluir lo siguiente: una conexión en serie, una conexión en paralelo, una conexión USB (Universal Serial Bus), una conexión en serie de bus IEEE 1394, una conexión de infrarrojos, un adaptador de red, un adaptador para impresora, un adaptador para comunicador de alta frecuencia, una conexión UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) y/o componentes similares que ofrezcan una interfaz para dispositivos de E/S como los siguientes: teclado, ratón, ratón de bola, alfombrilla táctil, palanca de mando, palanca de seguimiento, transductor de infrarrojos, impresora, módem, módem por radiofrecuencia, lector de código de barras, lector CCD (Charge-Coupled Device), escáner, CD (Compact Disc), CD-ROM (Compact Disc Read-Only Memory), DVD (Digital Versatile Disc), equipo de grabación de vídeo, tarjeta de TV, pantalla táctil, lápiz óptico, transductor electroacústico, micrófono, altavoces, amplificador de audio y/o similares. El controlador de entrada/salida 724 y/o el dispositivo E/S 726, el dispositivo E/S 728 y/o el dispositivo E/S 730 pueden generar señales analógicas y/o digitales para la comunicación entre el sistema de procesamiento de información y dispositivos externos, redes y/o fuentes de información, así como recibirlas. El controlador de entrada/salida 724 y/o el dispositivo E/S 726, el dispositivo E/S 728 y/o el dispositivo E/S 730 pueden servir para la implementación de arquitecturas de estándar industrial, como por ejemplo estándares Ethernet IEEE 802, tales como IEEE 802.3 para redes de banda ancha y/o banda básica, IEEE 802.3z para Gigabit-Ethernet, IEEE 802.4 para redes de bus Token-Passing, IEEE 802.5 para redes de bus Token-Ring, IEEE 802.6 para redes de área local (Metropolitan Area Network, MAN) y/o similares, canal de fibra, DSL (Digital Subscriber Line), ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), Frame-Relay, ATM (Asynchronous Transfer Mode), ISDN (Integrated Digital Services Network), PCS (Personal Communications Services), TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), SLIP/PPP (Serial Line Internet Protocol/Point-to-Point Protocol), etc. El sistema de procesamiento de información 114 representado en la figura 7 sólo es un ejemplo de un sistema de procesamiento de información y/o una plataforma informática. El objeto de las reivindicaciones no está sin embargo limitado en este sentido.
- La anterior exposición describe la matriz de sensores para el desplazamiento sobre superficies y/o muchas de sus ventajas. Puesto que la forma descrita aquí se trata meramente de una forma de realización con fines expositivos, es obvio que se puede realizar diferentes modificaciones de la forma, la construcción y/o la disposición de los componentes sin abandonar el objeto y/o el alcance de las reivindicaciones y sin perder las ventajas fundamentales.

Flujo óptico

- El concepto de flujo óptico se desarrolló para el análisis de movimiento en imágenes basadas en píxeles.
- Este procedimiento puede aplicarse a diferentes modos de medición en los que la matriz del sensor de medición genera una matriz de medición de tipo pixelado cuando los valores de medición varían al moverse la matriz del sensor.
- Ejemplos de posibles valores de medición:
 - Grosor de la pared
 - Estructura de la superficie (óptico o acústico)
 - Ruido del material
 - Resultados de la corriente inducida
 - etc.
- En la teoría del flujo óptico se requiere una limitación adicional para la solución de las ecuaciones.
- En este caso se ha desarrollado ecuaciones con limitaciones con las que se calcula la traslación en sentido X e Y y el movimiento giratorio de la matriz de medición con la ayuda de dos conjuntos de valores de medición consecutivos.
- Una condición para las ecuaciones con limitación sería que los valores de medición no pudieran modificarse en caso de una matriz de sensores que no se mueva (ignorando el error de medición).

**Limitación adicional, sólo movimiento giratorio:
Matriz de medición con sensores en el centro de los cuadrados**



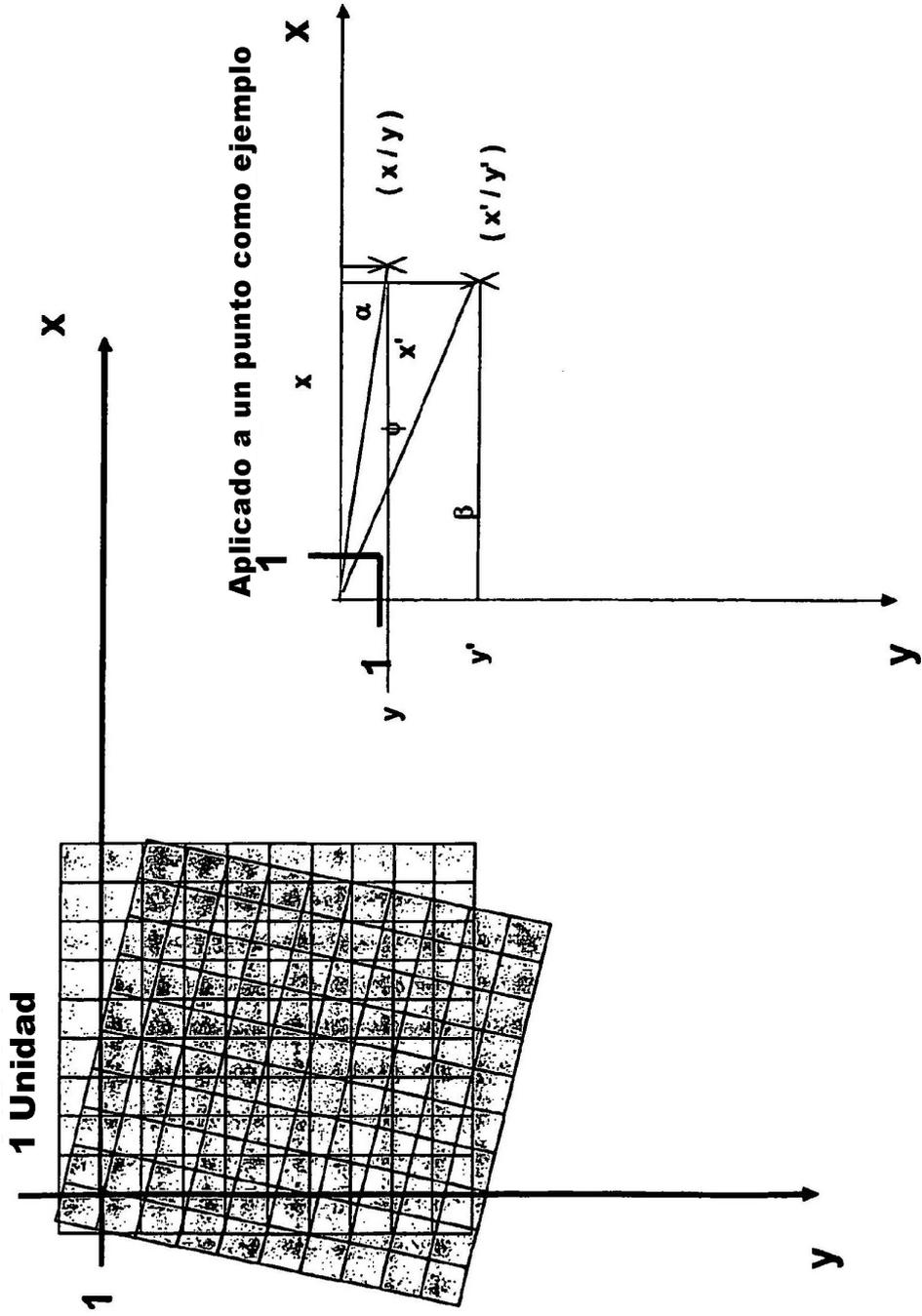
La matriz de sensores de medición sólo puede moverse en conjunto. La estructura geométrica de la matriz es invariable.

La flecha (vector) muestra a modo de ejemplo el movimiento de un sensor desde el tiempo t_1 al tiempo t_2 . La diferencia de tiempo entre t_1 y t_2 es el intervalo de tiempo entre las mediciones.

Este intervalo es constante durante el movimiento manual de la matriz de sensores. Se aplica los componentes X e Y de este vector

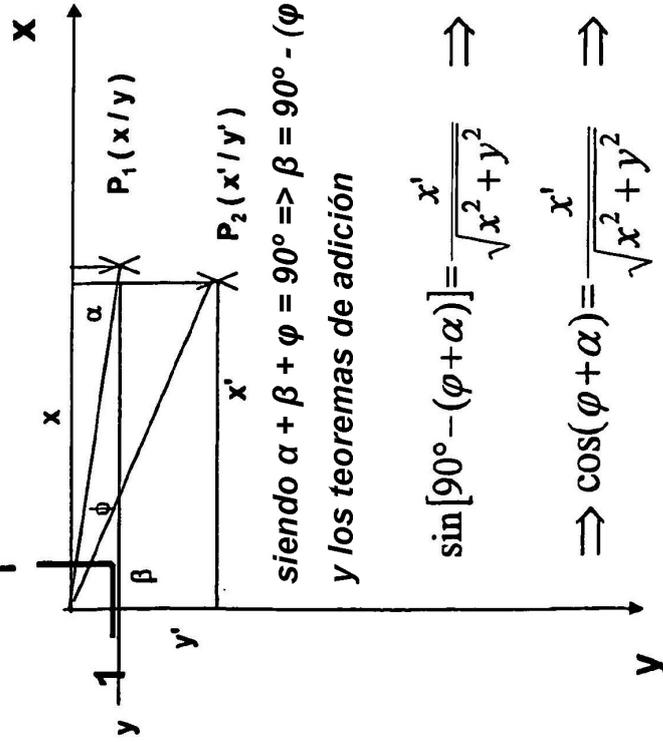
El movimiento de la matriz de sensores puede reducirse en todo momento a un movimiento giratorio en torno a un ángulo ϕ y una traslación en el sentido de los ejes X e Y

**Limitación adicional:
Sólo el movimiento giratorio de la matriz de sensores**



Limitación del movimiento giratorio

Aplicado a un punto como ejemplo:



siendo $\alpha + \beta + \varphi = 90^\circ \Rightarrow \beta = 90^\circ - (\varphi + \alpha)$
 y los teoremas de adición

Tal como aparece en el esquema:

$$\sin \alpha = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad \sin \beta = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad \cos \beta = \frac{y'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}$$

$$\sin [90^\circ - (\varphi + \alpha)] = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}} \Rightarrow \sin 90^\circ \cos(\varphi + \alpha) + \cos 90^\circ \sin(\varphi + \alpha) = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}$$

$$\Rightarrow \cos(\varphi + \alpha) = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}} \Rightarrow \cos \varphi \cos \alpha - \sin \varphi \sin \alpha = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}$$

$$\Rightarrow \cos \varphi \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} - \sin \varphi \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}} \Rightarrow$$

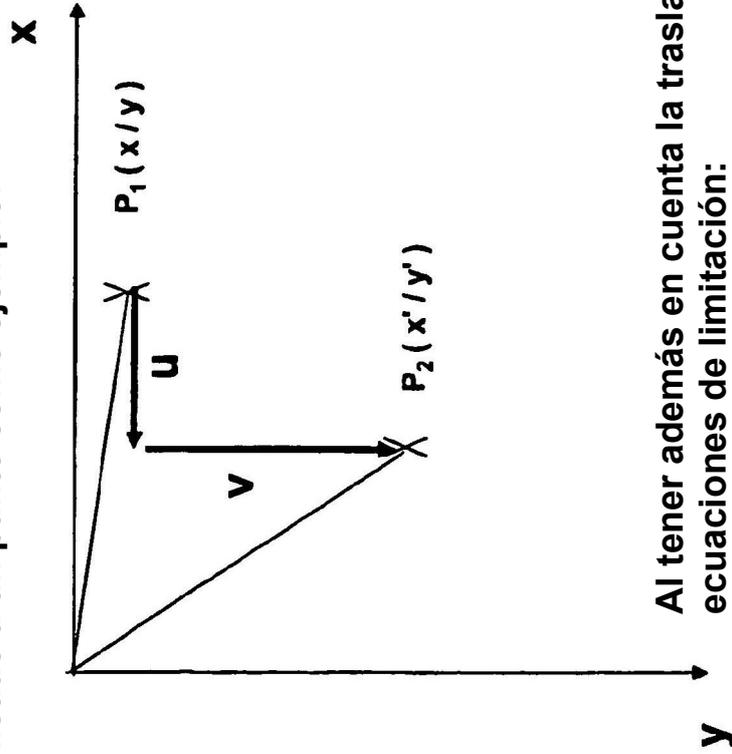
$$\boxed{x' = x \cos \varphi - y \sin \varphi}$$

$$\boxed{y' = x \sin \varphi + y \cos \varphi}$$

lo que equivale a y' :

Limitación del movimiento giratorio y de traslación – Movimiento del sensor

Aplicado a un punto como ejemplo:



$$u = x' - x \quad y \quad v = y' - y \Rightarrow$$

$$u = x \cos \varphi - y \sin \varphi - x \quad y$$

$$v = x \sin \varphi + y \cos \varphi - y \Rightarrow$$

$$u = x(\cos \varphi - 1) - y \sin \varphi \quad y$$

$$v = y(\cos \varphi - 1) + x \sin \varphi \Rightarrow$$

Al tener además en cuenta la traslación (x0 e y0) resultan las siguientes ecuaciones de limitación:

- (1) $u = x(\cos \varphi - 1) - y \sin \varphi + x_0$
- (2) $v = y(\cos \varphi - 1) + x \sin \varphi + y_0$

Ecuación de magnitud a partir de la teoría del flujo óptico

Se aplica la ecuación de magnitud. En vez de la magnitud también puede aplicarse otros valores de medición (por ejemplo el grosor de la pared, la estructura de la superficie, el ruido del material, los resultados de la corriente inducida, etc.) que no varían cuando la matriz de sensores no se mueve (ignorando el error de medición).

Siendo E el valor de medición aplicado y dependiendo éste de la posición X e Y y del tiempo t entre dos mediciones, se deduce que

$$(3) \quad \frac{\partial E}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial E}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial E}{\partial t} = 0$$

Véase:

Determining Optical Flow

Berthold K.P. Horn et al.

Artificial Intelligence 17 (1981)

Se introducen las siguientes abreviaturas:

$$E_x = \frac{\partial E}{\partial x} \quad E_y = \frac{\partial E}{\partial y} \quad E_t = \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$u = \frac{dx}{dt} \quad v = \frac{dy}{dt}$$

Ecuación de magnitud a partir de la teoría del flujo óptico y ecuaciones de limitación – Definiciones:

La diferencia de tiempo constante $t_2 - t_1$ entre mediciones consecutivas de la matriz de sensores se define como unidad de tiempo uno. En este caso puede aplicarse el movimiento del sensor definido en las ecuaciones de limitación como velocidad u y v en la ecuación de magnitud:

$$E_x \{x(\cos \varphi - 1) - y \sin \varphi + x_0\} + E_y \{y(\cos \varphi - 1) + x \sin \varphi + y_0\} + E_t = 0$$

$$\Leftrightarrow (E_x x + E_y y)(\cos \varphi - 1) + (E_y x - E_x y) \sin \varphi + x_0 E_x + y_0 E_y + E_t = 0$$

Abreviaturas:

$$A = E_x x + E_y y \quad y \quad B = E_y x - E_x y \Rightarrow$$

$$(4) \quad A(\cos \varphi - 1) + B \sin \varphi + x_0 E_x + y_0 E_y + E_t = 0$$

Ex' Ey y Et se han deducido numéricamente tal como se describe en "Determining Optical Flow" de B. Horn y G. Schunck (este artículo se ha adjuntado al documento).

Primera medición										
4.93	4.95	4.96	4.98	5.00	5.02	5.04	5.05	5.07	5.09	5.11
4.94	4.95	4.97	4.98	5.00	5.02	5.03	5.05	5.06	5.08	5.10
4.94	4.96	4.97	4.99	5.00	5.01	5.03	5.04	5.06	5.07	5.09
4.95	4.96	4.98	4.99	5.00	5.01	5.02	5.04	5.05	5.06	5.08
4.96	4.97	4.98	4.99	5.00	5.01	5.02	5.03	5.04	5.05	5.07
4.97	4.98	4.98	4.99	5.00	5.01	5.02	5.02	5.03	5.04	5.06
4.98	4.98	4.99	4.99	5.00	5.01	5.01	5.02	5.02	5.03	5.04
4.98	4.99	4.99	5.00	5.00	5.01	5.01	5.01	5.02	5.02	5.03
4.99	4.99	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.01	5.01	5.01	5.01
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

Segunda medición (tras una diferencia de tiempo constante)										
4.94	4.96	4.98	4.98	5.00	5.02	5.04	5.06	5.08	5.10	5.12
4.95	4.96	4.98	4.98	5.00	5.02	5.04	5.06	5.07	5.09	5.11
4.95	4.97	4.98	4.98	5.00	5.02	5.03	5.05	5.07	5.08	5.10
4.96	4.97	4.98	4.99	5.00	5.02	5.03	5.04	5.06	5.07	5.09
4.96	4.98	4.98	4.99	5.00	5.01	5.03	5.04	5.05	5.06	5.08
4.97	4.98	4.99	4.99	5.00	5.01	5.02	5.03	5.04	5.05	5.06
4.98	4.98	4.99	4.99	5.00	5.01	5.02	5.03	5.03	5.04	5.05
4.98	4.99	4.99	4.99	5.00	5.01	5.01	5.02	5.03	5.03	5.04
4.99	4.99	5.00	5.00	5.00	5.00	5.01	5.01	5.02	5.02	5.03
4.99	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.01	5.01	5.01	5.01

Ex	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ey	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Et	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ejemplo derivado de una medición simulada del grosor de la pared de una plancha corroida.

Para aplicar las limitaciones de todos los puntos de medición se utiliza el método del cuadrado del error para la ecuación (4)

$$(5) \quad \sum \{A(\cos\varphi - 1) + B\sin\varphi + x_0 E_x + y_0 E_y + E_t\}^2 = 0$$

Suma de todos los puntos de medición

$$\sum a \text{ es la abreviatura de: } \sum_{i=1, j=1}^{n, m} a_{ij}$$

siendo n el número de líneas y m el número de columnas del sensor

Teniendo en cuenta los errores de medición, es imposible pretender que la ecuación dé exactamente cero. Por eso se deduce el mínimo del lado izquierdo de la ecuación para ϕ , x_0 e y_0 . Para la derivación del mínimo se calculan las derivaciones parciales de la ecuación (5) para ϕ , x_0 e y_0 .

Derivación de ϕ

$$\Sigma \left\{ \begin{array}{l} [A(\cos\phi - 1) + B\sin\phi + x_0 E_x + y_0 E_y + E_t] \\ [-A\sin\phi + B\cos\phi] \end{array} \right\} = 0$$

Aplicando la aproximación : $\cos\phi \approx 1$ y $\sin\phi \approx \phi$:

$$\Sigma \{ B\phi + x_0 E_x + y_0 E_y + E_t \} \{ -A\phi + B \} = 0 \Leftrightarrow$$

$$(6) \quad \boxed{\begin{array}{l} -\phi^2 \Sigma(AB) + [\Sigma(BE_x) - \phi \Sigma(AE_x)] x_0 \\ + [\Sigma(BE_y) - \phi \Sigma(AE_y)] y_0 \\ + [\Sigma B^2 - \Sigma(AE_t)] \phi + \Sigma(BE_t) = 0 \end{array}}$$

Derivación de x_0 e y_0

$$(7) \quad \varphi \Sigma(E_x B) + x_0 \Sigma(E_x)^2 + y_0 \Sigma(E_x E_y) + \Sigma(E_x E_t) = 0$$

$$(8) \quad \varphi \Sigma(E_y B) + x_0 \Sigma(E_x E_y) + y_0 \Sigma(E_y)^2 + \Sigma(E_y E_t) = 0$$

Con estas dos ecuaciones sólo se puede calcular el valor de x_0 e y_0 en relación con ϕ . Los resultados pueden aplicarse para determinar ϕ mediante la ecuación (6).

Cálculo de X_0 e y_0 exclusivamente en relación con ϕ

(9)

$$X_0 = \frac{-\phi\{\Sigma(E_y)^2\Sigma(E_xB) - \Sigma(E_xE_y)\Sigma(E_yB)\}}{\Sigma(E_x)^2\Sigma(E_y)^2 - [\Sigma E_xE_y]^2}$$

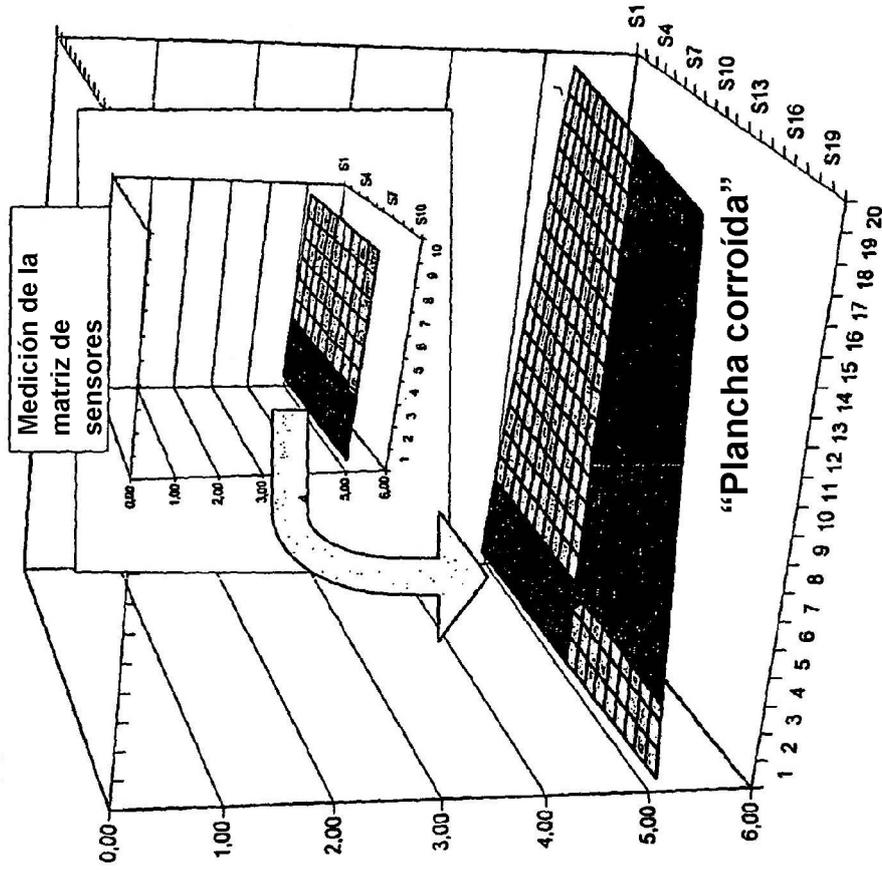
$$\frac{\Sigma(E_y)^2\Sigma(E_xE_t) - \Sigma(E_xE_y)\Sigma(E_yE_t)}{\Sigma(E_x)^2\Sigma(E_y)^2 - [\Sigma E_xE_y]^2}$$

(10)

$$y_0 = \frac{-\phi\{\Sigma(E_xE_y)\Sigma(E_xB) - \Sigma(E_x)^2\Sigma(E_yB)\}}{[\Sigma E_xE_y]^2 - \Sigma(E_x)^2\Sigma(E_y)^2}$$

$$\frac{\Sigma(E_xE_y)\Sigma(E_xE_t) - \Sigma(E_x)^2\Sigma(E_yE_t)}{[\Sigma E_xE_y]^2 - \Sigma(E_x)^2\Sigma(E_y)^2}$$

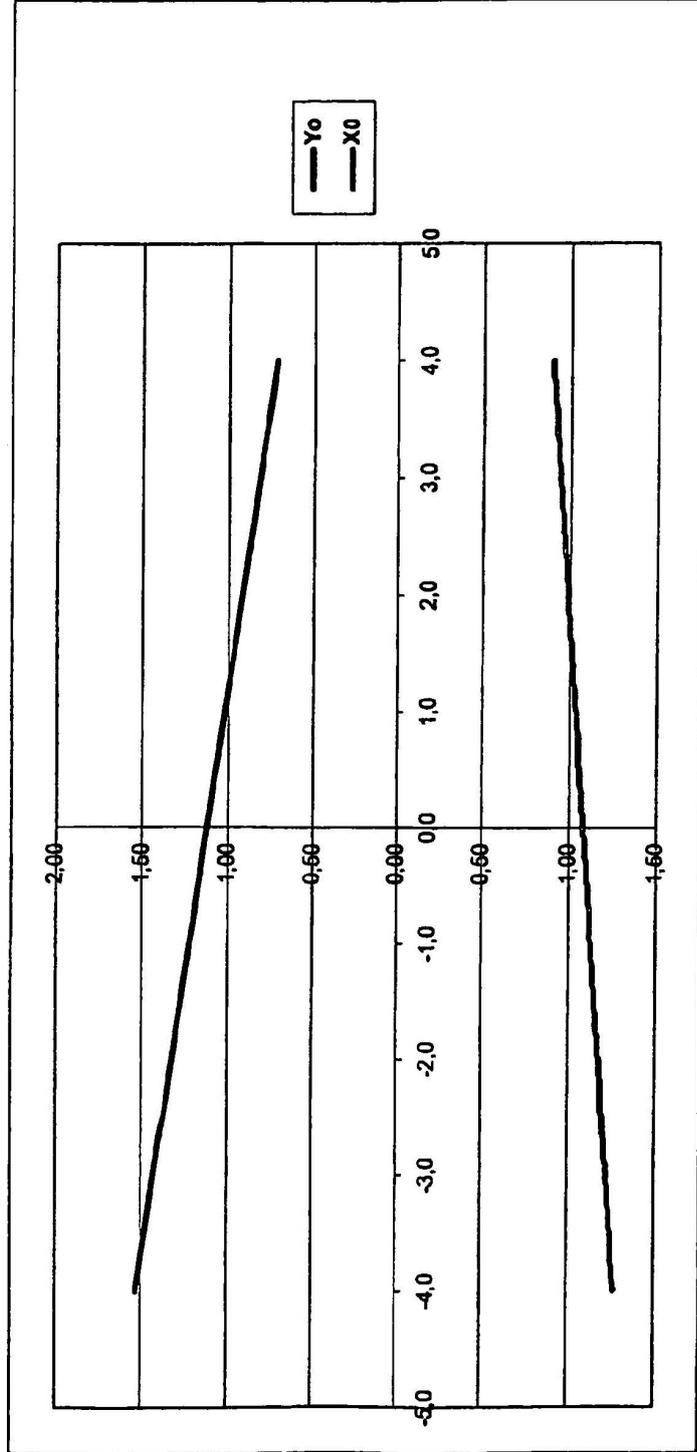
Simulación con Excel



La plancha se mueve debajo de la matriz de sensores (traslación y rotación).
(El cálculo es más fácil que al mover la matriz de sensores).

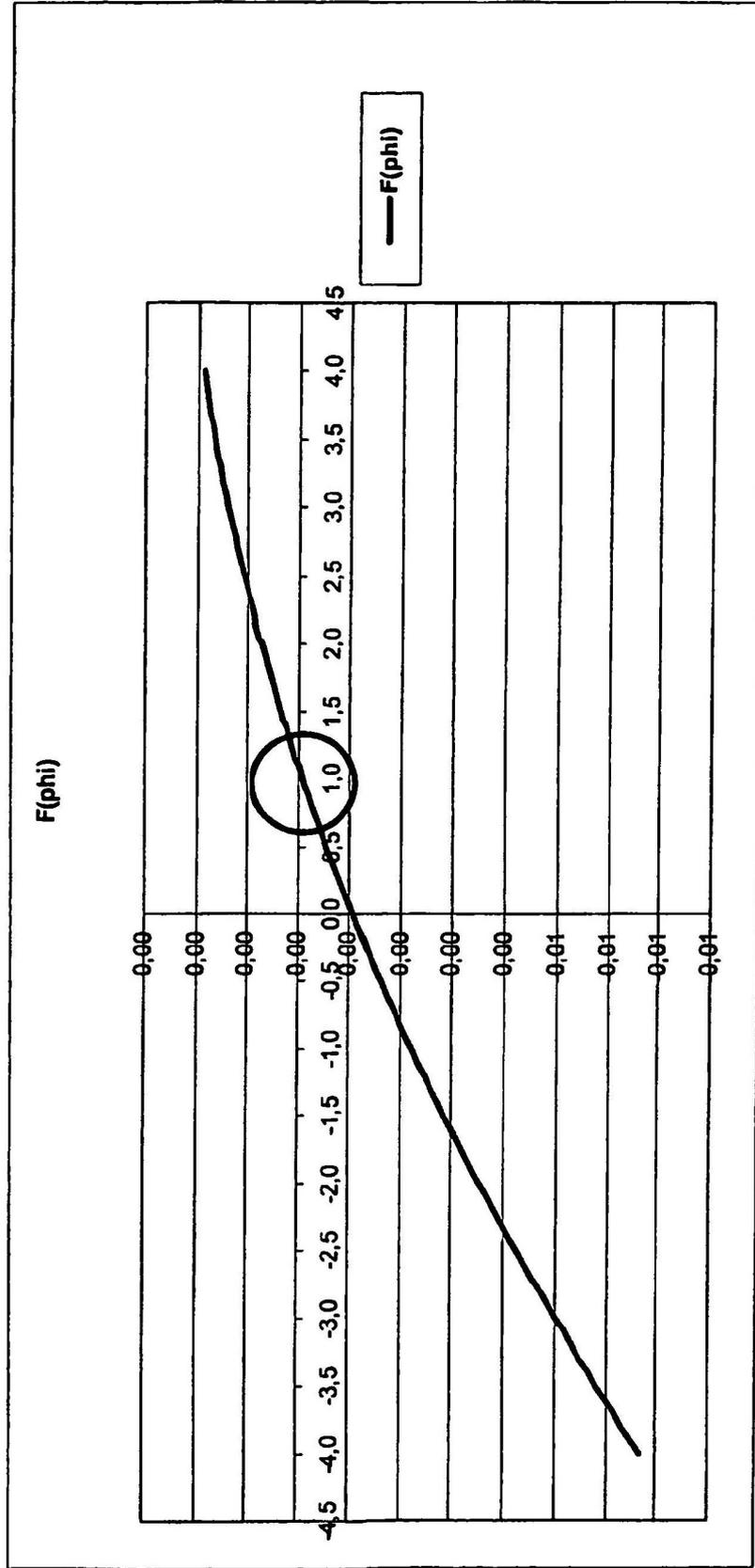
Debido a la complejidad de los cálculos se optó por una solución numérica. Todas las sumas se realizaron en forma de tablas de Excel.

Para x_0 e y_0 (ecuaciones 9 y 10) se creó una tabla de forma dependiente de ϕ ($-4^\circ \leq \phi \leq 4^\circ$). La resolución es de una décima de grado.



La ecuación para ϕ (6) se calculó y representó aplicando x_0 (ϕ) e y_0 (ϕ).

El paso por el punto cero indica el resultado para ϕ , mediante el cual puede calcularse x_0 e y_0 .



Ejemplos de la simulación con Excel

ENTRADA		CÁLCULO	
X0 Inicio	0,00		
Y0 Inicio	0,00		
Phi Inicio	0,00	Cálc.	Delta %
X0 =	-0,50	-0,51	0,01 3%
Y0 =	0,50	0,51	0,01 2%
Phi =	0,50	0,52	0,02 4%

ENTRADA		CÁLCULO	
X0 Inicio	0,00		
Y0 Inicio	0,00		
Phi Inicio	0,00	Cálc.	Delta %
X0 =	-0,50	-0,53	-0,03 6%
Y0 =	1,00	1,01	0,01 1%
Phi =	1,00	1,09	0,09 9%

ENTRADA		CÁLCULO	
X0 Inicio	0,00		
Y0 Inicio	0,00		
Phi Inicio	0,00	Cálc.	Delta %
X0 =	-2,00	-2,04	-0,04 2%
Y0 =	2,00	2,00	0,00 0%
Phi =	1,00	1,09	0,09 9%

ENTRADA		CÁLCULO	
X0 Inicio	0,00		
Y0 Inicio	0,00		
Phi Inicio	0,00	Cálc.	Delta %
X0 =	-2,00	-1,93	0,07 -4%
Y0 =	2,00	1,91	-0,03 -1%
Phi =	-1,50	-1,37	0,13 -9%

La máxima precisión se ha obtenido en los movimientos pequeños. Por ello la frecuencia de repetición de las mediciones debe ser relativamente alta.



Como alternativa a la solución numérica puede aplicarse una solución algebraica.

Las ecuaciones para x_0 (9) e y_0 (10) pueden describirse a modo de una recta:

$$(11) \quad X_0 = m_x \varphi + b_x \quad \text{e} \quad y_0 = m_y \varphi + b_y$$

siendo:

$$m_x = \frac{\sum(E_y)^2 \sum(E_x B) - \sum(E_x E_y) \sum(E_y B)}{\sum(E_x)^2 \sum(E_y)^2 - [\sum E_x E_y]^2}$$

$$b_x = \frac{\sum(E_y)^2 \sum(E_x E_t) - \sum(E_x E_y) \sum(E_y E_t)}{\sum(E_x)^2 \sum(E_y)^2 - [\sum E_x E_y]^2}$$

$$m_y = \frac{\sum(E_x E_y) \sum(E_x B) - \sum(E_x)^2 \sum(E_y B)}{[\sum(E_x E_y)]^2 - \sum(E_x)^2 \sum(E_y)^2}$$

$$b_y = \frac{\sum(E_x E_y) \sum(E_x E_t) - \sum(E_x)^2 \sum(E_y E_t)}{[\sum(E_x E_y)]^2 - \sum(E_x)^2 \sum(E_y)^2}$$

Como alternativa a la solución numérica puede aplicarse una solución algebraica (cont.)

Las ecuaciones (11) se aplican en la ecuación (6). El resultado es una ecuación de segundo grado:

$$\begin{aligned} & \{\Sigma(AB) + m_x \Sigma(AE_x) + m_y \Sigma(AE_y)\} \phi^2 \\ & - \{m_x \Sigma(BE_x) - b_x \Sigma(AE_x) + m_y \Sigma(BE_y) - b_y \Sigma(AE_y) + \Sigma B^2 - \Sigma(AE_t)\} \phi \\ & - b_x \Sigma(BE_x) - b_y \Sigma(BE_y) - \Sigma(BE_t) = 0 \end{aligned}$$

ENTRADA		CÁLCULO	
X0 Inicio	0,00		
Y0 Inicio	0,00		
Phi Inicio	0,00		
X0 =	0,80	Cálc.	Delta %
Y0 =	0,90	0,82	0,02 2,6%
Phi =	-0,60	0,88	-0,02 -2,3%
		-0,60	0,00 0,0%

ENTRADA		CÁLCULO	
X0 Inicio	0,00		
Y0 Inicio	0,00		
Phi Inicio	0,00		
X0 =	-2,90	Cálc.	Delta %
Y0 =	2,30	-2,92	-0,02 0,7%
Phi =	1,90	-2,29	0,01 -0,5%
		1,89	-0,01 -0,3%

Sólo para la traslación
Si no se requiere el cálculo del movimiento giratorio resulta mucho más fácil calcular la posición de la matriz de sensores.

En este caso puede partirse de que todos los sensores de la matriz se mueven exactamente igual.

Véase: *Determining Constant Optical Flow*
 Berthold K.P. Horn, 2003



Hoja de cálculo
 Microsoft Excel

$$E_x X + E_y Y + E_t = 0$$

Con el método anteriormente descrito del cuadrado del error se describe el movimiento en sentido x e y.

La precisión es mayor que en la solución para la rotación y la traslación.

ENTRADA	
X0 Inicio	0,00
Y0 Inicio	0,00
X =	-1,20
Y =	1,50

CÁLCULO		
	Cálc.	Delta
x =	-1,20	0,00
y =	1,50	0,00
		0%

ENTRADA	
X0 Inicio	0,00
Y0 Inicio	0,00
X =	-3,00
Y =	2,50

CÁLCULO		
	Cálc.	Delta
x =	-3,00	0,00
y =	2,50	0,00
		0%

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo para la detección no destructiva de un movimiento giratorio de una matriz (200) sobre la superficie de un objeto de ensayo (112), que presenta las siguientes características:
- 5 a. un emisor (212/214) configurado para emitir una secuencia temporal de señales de estímulo SI que penetren al menos en parte en el objeto de ensayo (112) e interaccionen con el mismo,
- b. una matriz (200) formada por varios receptores (212/214) configurados para recibir señales de eco que resultan de la interacción de las señales de estímulo SI emitidas por el emisor con el objeto de ensayo, **caracterizada por** el hecho de que las señales de eco de una señal de estímulo SI captadas por los receptores (212/214) forman un conjunto M (SI) de valores de medición,
- 10 c. una unidad de evaluación configurada para determinar un movimiento giratorio de la matriz (200) sobre la superficie partiendo de un número de conjuntos de valores de medición M (SI) correlacionados con señales de estímulo SI que siguen una secuencia temporal.
- 2.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** las señales de estímulo son de un tipo tal que interaccionan con las características estructurales del objeto de ensayo (112), como por ejemplo la estructura geométrica de una superficie limítrofe del objeto de ensayo (112) o una inhomogeneidad en el volumen del objeto de ensayo (112).
- 15 3.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** al menos un receptor (212/214) está configurado de tal modo que también puede funcionar como emisor para enviar la secuencia temporal de señales de estímulo SI.
- 4.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** los receptores (212/214) son receptores de ultrasonidos, sensores de corriente inducida, sensores piezoeléctricos, sensores de campo magnético o sensores de radiación electromagnética.
- 20 5.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3 **caracterizado porque** las señales de estímulo SI son generadas respectivamente por una pluralidad de receptores (212/214) de la matriz (200).
- 6.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** la unidad de evaluación está además configurada para determinar un movimiento traslatorio de la matriz sobre la superficie del objeto de ensayo (112) a partir de la mayoría de los conjuntos de valores de medición m (SI).
- 25 7.- Unidad de evaluación para la determinación localizada de una característica estructural de un objeto de ensayo (112), un dispositivo que incluye lo indicado en la reivindicación 1, con una configuración de la unidad de evaluación que permite generar una imagen de la distribución espacial de la característica estructural del objeto de ensayo (112) a partir de los datos sobre el movimiento recogidos por el dispositivo y los conjuntos de valores de medición M (SI).
- 30 8.- Unidad de evaluación según la reivindicación 7 **caracterizada por** que los datos del movimiento se refieren tanto al movimiento rotatorio como al traslatorio de la matriz (200) sobre la superficie del objeto de ensayo (112).
- 9.- Procedimiento para la detección no destructiva de un movimiento giratorio de una matriz (200) sobre la superficie de un objeto de ensayo (112), el cual consta de los siguientes pasos.
- 35 a. Emisión de una secuencia temporal de señales de estímulo SI, que penetran al menos en parte en el objeto de ensayo (112) e interaccionan con él.
- b. Captación de señales de eco que resultan de la interacción de las señales de estímulo SI emitidas con el objeto de ensayo (112) por medio de una matriz (200), compuesta de una serie de receptores (212/214), **caracterizada porque** las señales de eco de la señal de estímulo SI captadas por los receptores (212/214) forman un conjunto M (SI) de valores de medición y
- 40 c. Determinación de un movimiento giratorio de la matriz (200) sobre la superficie del objeto de ensayo (112) a partir de un número de conjuntos de valores de medición M (SI) que están correlacionados con señales de estímulo SI consecutivas.
- 10.- Procedimiento según la reivindicación 9 **caracterizado porque** las señales de estímulo son de un tipo tal que interaccionan con las características estructurales del objeto de ensayo (112), como por ejemplo la estructura geométrica de una superficie limítrofe del objeto de ensayo (112) o una inhomogeneidad en el volumen del material del objeto de ensayo (112).
- 45 11.- Procedimiento según la reivindicación 9 **caracterizado porque** al menos un receptor (212/214) está configurado de tal modo que también pueda funcionar como emisor para enviar la secuencia temporal de señales de estímulo SI.
- 12.- Procedimiento según la reivindicación 9 **caracterizado porque** los receptores (212/214) son receptores de

ultrasonidos, sensores de corriente de Foucault, sensores piezoeléctricos, sensores de campo magnético o sensores de radiación electromagnética.

13.- Procedimiento según la reivindicación 11 **caracterizado porque** las señales de estímulo SI son generadas respectivamente por una pluralidad de receptores (212/214) de la matriz (200).

5 14.- Procedimiento según la reivindicación 9 **caracterizado por** el siguiente paso adicional del proceso:

d. Determinación de un movimiento traslatorio de la matriz (200) sobre la superficie del objeto de ensayo (112) a partir de la pluralidad de conjuntos de valores de medición M (SI).

15.- Procedimiento según la reivindicación 9 **caracterizado por** el siguiente paso adicional del proceso:

10 d. Generación de una imagen de la distribución espacial de la característica estructural del objeto de ensayo (112) a partir de los datos del movimiento determinados así como los conjuntos de valores de medición M (SI).

16.- Procedimiento según la reivindicación 15 **caracterizado porque** los datos del movimiento se refieren tanto al movimiento rotatorio como al traslatorio de la matriz (200) sobre la superficie del objeto de ensayo (112).

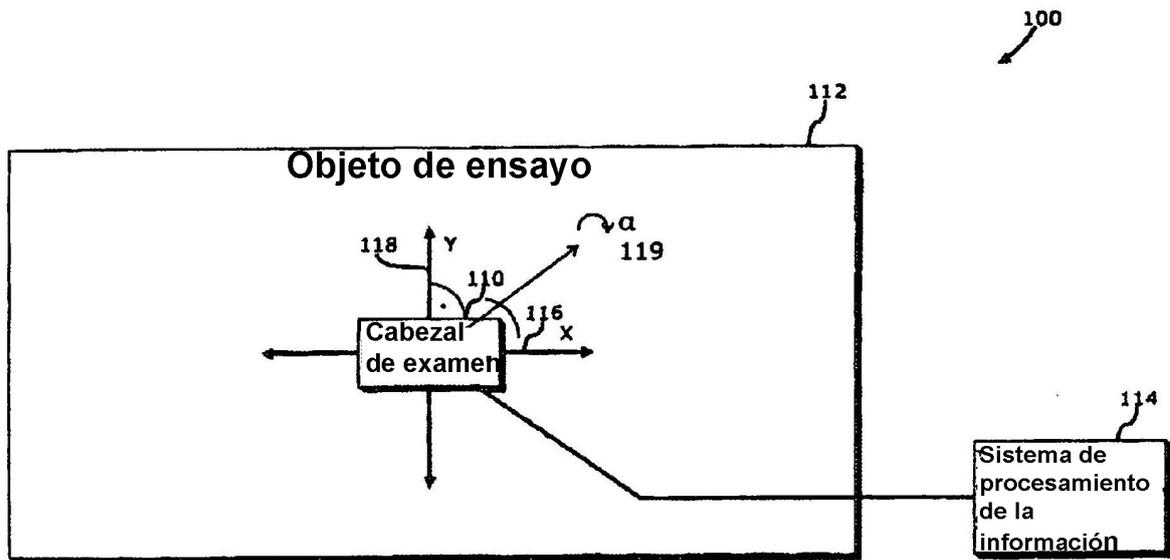
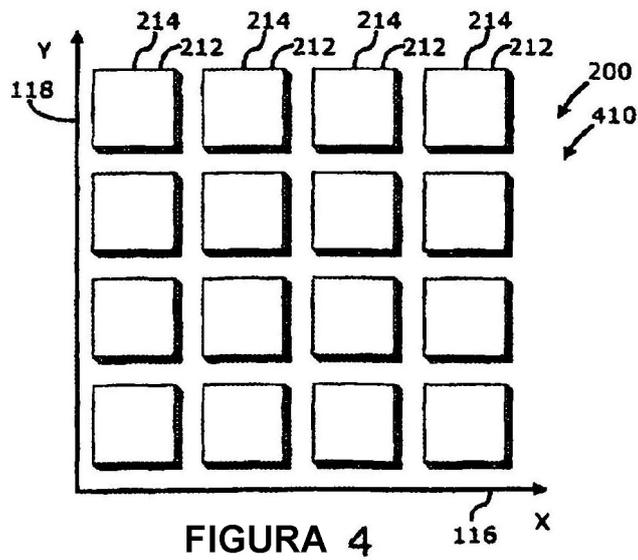
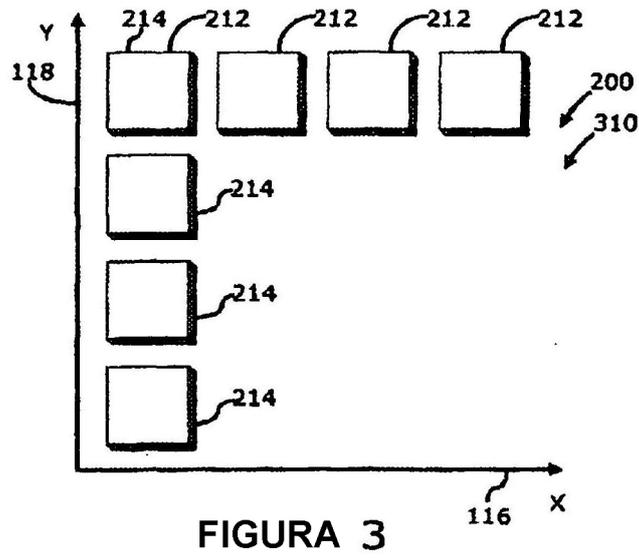
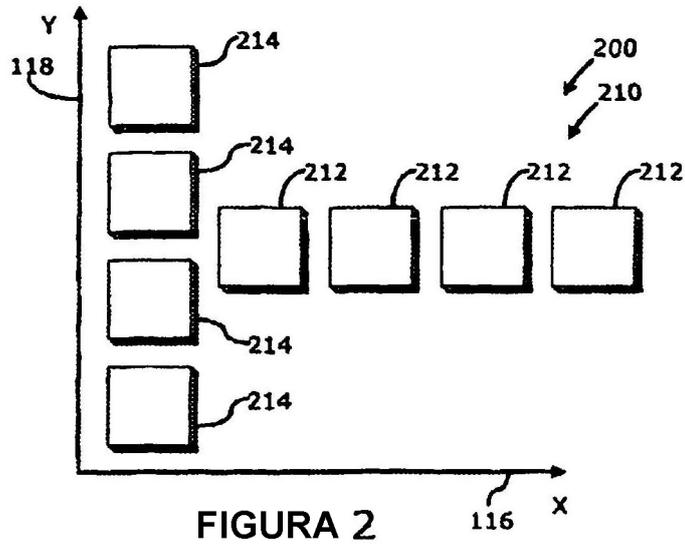


FIGURA 1



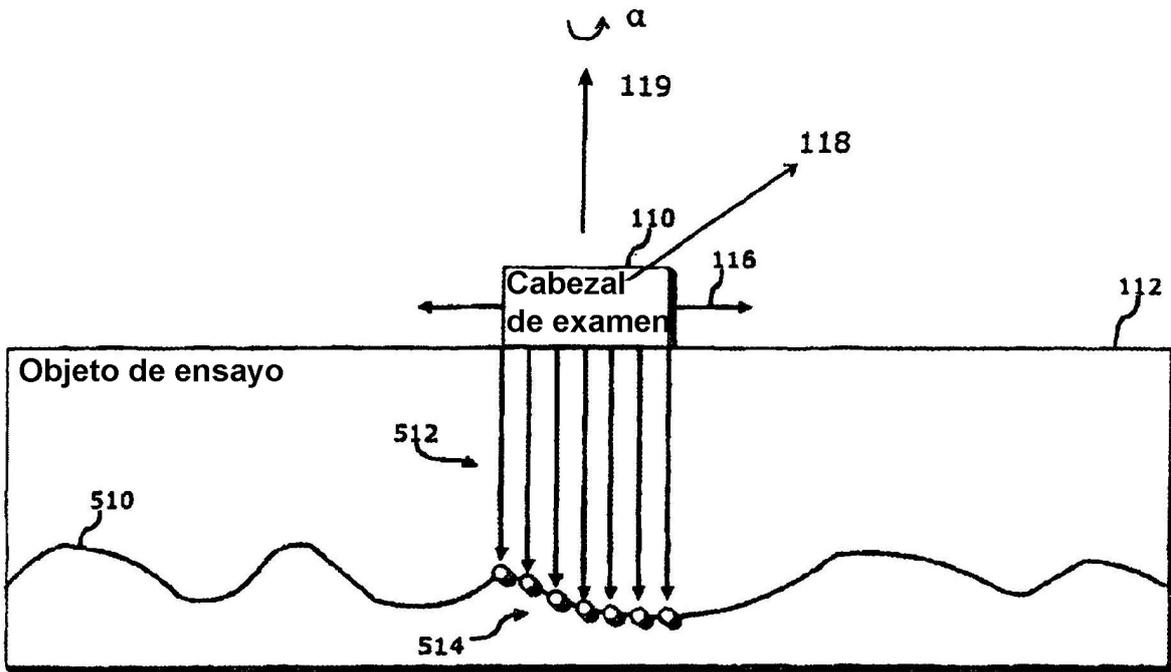


FIGURA 5

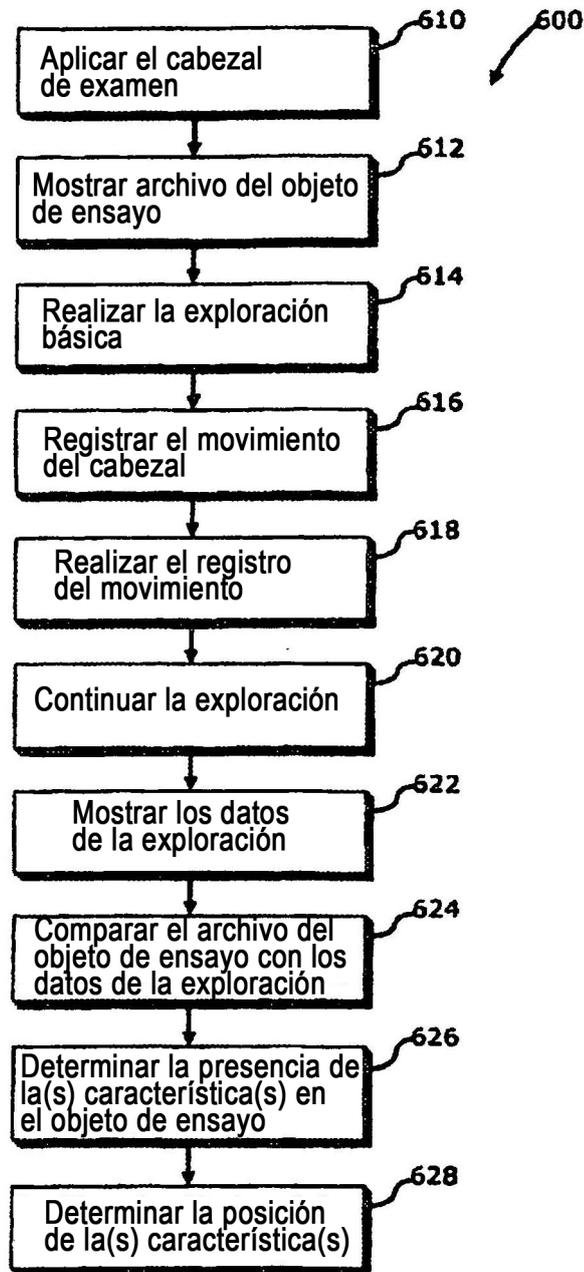


FIGURA 6

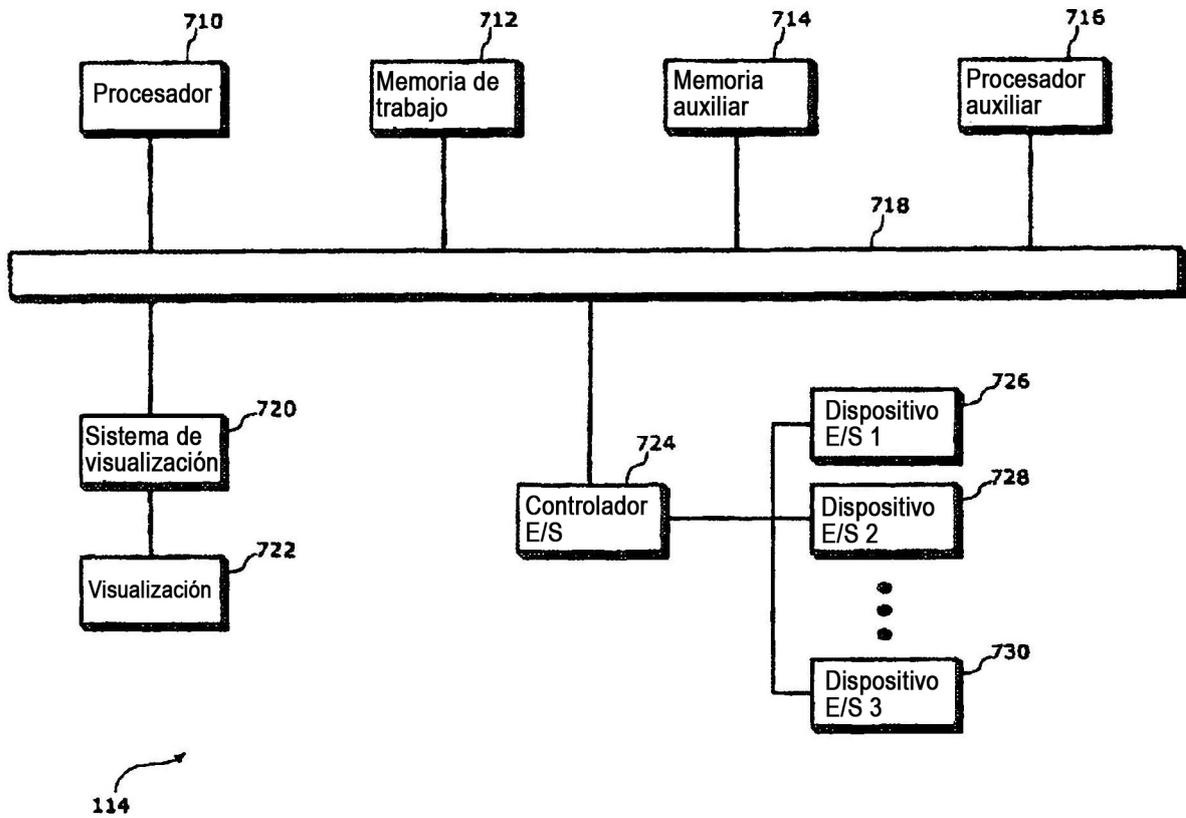


Figura 7