

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 780**

51 Int. Cl.:

G06K 7/08 (2006.01)

G01R 33/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2014** **E 14164073 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016** **EP 2930650**

54 Título: **Dispositivos y métodos para determinar un campo magnético**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.01.2017

73 Titular/es:
MAGCAM NV (100.0%)
Romeinse Straat 18
3001 Heverlee, BE

72 Inventor/es:
VERVAEKE, KOEN y
PHILIPS, LIEVEN

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 597 780 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

Dispositivos y métodos para determinar un campo magnético

5 Campo técnico

La presente descripción se refiere a dispositivos y métodos para determinar un campo magnético de un imán.

Técnica antecedente

10 La rápida y precisa inspección de calidad de imanes permanentes es cada vez más importante en el desarrollo y la producción de muchos productos tecnológicos, tales como sensores de posición, actuadores y motores eléctricos, altavoces y micrófonos, dispositivos médicos, electrónica del automóvil, etc. La calidad del producto final recibe la influencia a menudo directamente y depende en gran medida de la calidad de los imanes permanentes en estos productos. Lo que es más, teniendo en cuenta la volatilidad del precio de los materiales raros de tierra, que son críticos para hacer imanes permanentes, para que los desarrolladores de fuerza y los fabricantes utilicen estos materiales preciosos de una manera eficiente, reduciendo al mínimo la cantidad de material de imán perdido, en otras palabras, para que obtengan el máximo rendimiento de la menor cantidad de material de imán, es necesario que cada imán se ajuste a unas exigencias de calidad estrictas. También desde el punto de vista económico, el control de calidad de imanes permanentes está creciendo en importancia.

25 Se conoce un sistema de medición magnética, también referido como cámara de campo magnético, que es una tecnología avanzada de inspección magnética para todo tipo de imanes permanentes, incluyendo los imanes de polos múltiples y uniaxiales en diversas aplicaciones. La tecnología de la cámara de campo magnético se basa en el mapeo de la distribución del campo magnético de un imán utilizando una pluralidad de sensores de campo magnético.

30 En la solicitud de patente europea EP 1720026, se describe un ejemplo de una cámara tal de campo magnético, también llamada módulo de cámara magnética.

En la solicitud de patente europea EP 2508906, se describe una disposición para la caracterización de sistemas magnéticos en base a un conjunto inicializado de parámetros de entrada del sistema magnético, comprendiendo la disposición:

35 - medios para medir la distribución del campo magnético, típicamente realizado como un módulo de cámara magnética, y

- medios para determinar la distribución de campo magnético óptima esperada del sistema magnético.

40 Los dispositivos de cámara magnética existentes son capaces de medir la componente fuera de plano o componente z de un campo magnético, con respecto al plano definido por la superficie de detección de la cámara. la componente fuera de plano o componente z de un campo magnético es por ello determinado sólo a lo largo de una superficie predeterminada de dos dimensiones.

45 Existe la necesidad en la industria de determinar de forma rápida y eficiente la componente fuera de plano o componente z de tal campo magnético en un volumen de tres dimensiones, es decir, por ejemplo, a diferentes alturas sobre la superficie principal de detección de una cámara magnética.

50 En HWANG J y otros, "The application of a differential-type Hall sensors array to the nondestructive testing of express train wheels", NDT & E INTERNATIONAL, BUTTERWORTH-HEINEMANN, OXFORD, GB, vol. 42, nº 1, 1 de enero de 2009 (01-01-2009), páginas 34-41, se da a conocer un nuevo sistema de análisis no destructivo capaz de detectar una grieta con alta velocidad y alta resolución espacial para la inspección de pequeñas grietas en ruedas de tren expreso, y se propone una cámara de tipo de escaneado magnética, que utiliza dos matrices de sensor de Hall linealmente integradas en una oblea, y un pequeño magnetizador de tipo horquilla.

55 En Ji Seong Hwang y otros, "Modeling of a scan type magnetic camera image using the improved dipole model", JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 20, nº 10, 1 de octubre de 2006 (1-10-2006), páginas 1691-1701, se propone una cámara magnética del tipo de escaneado para mejorar la resolución espacial limitada debida al tamaño de un sensor magnético empaquetado.

60 En el documento US 2012/209546 A1, se describe un método para caracterizar imanes, que se basa en la obtención de propiedades cuantitativas del sistema magnético mediante la combinación de datos de mediciones del campo magnético y de datos de simulación o de modelado teóricos.

65 En el documento US 2007/046287 A1, se da a conocer una solución para proporcionar imágenes de campo local con alta resolución espacial, de tiempo y de campo mediante el uso de una estructura de sensores de efecto de Hall

que pueden ser leídos de forma individual.

En Benitez D.S. y otros: "A 1-0 Solid-State-Sensor-Based Array System for Magnetic Field Imaging of Steel Reinforcing Bars Embedded Within Reinforced Concrete" (o un sistema de estructura 1-0 basado en un sensor en estado sólido para imagen de campo magnético de barras de acero de refuerzo encajadas dentro de hormigón armado), IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, IEEE Service Center, Piscataway, Nueva Jersey, Estados Unidos, vol. 58, nº 9, 1 de septiembre de 2009 (2009-09-01), páginas 3335-3340, se describe una estructura lineal 1-D magneto-inductiva de sensor basada en estado sólido para la detección y formación de imágenes de barras de acero de refuerzo encajadas dentro de hormigón pretensado y reforzado.

En Cajal D. y otros: "A Study of the Various Phases of the Break in a Low-Voltage Circuitbreaker Thanks to the Magnetic Camera" (Un estudio de la diversas fases de la interrupción en un interruptor automático de bajo voltaje gracias a la cámara magnética", Journal of Physics 0: Applied Physics, Institute of Physics Publishing Ltd, GB, vol. 32, nº 10, 21 mayo de 1999 (1999-05-21), páginas 1130-1135, se analiza la inducción magnética creada por el movimiento de arco desde el exterior de un sistema de interrupción en numerosos puntos que hacen que sea posible determinar la posición de la línea media de corriente que representa magnéticamente el arco.

Sumario de la divulgación

Es un objeto de la presente descripción proporcionar un método y unos dispositivos asociados para determinar una distribución de campo magnético vectorial en un área predeterminada, por ejemplo a lo largo de la superficie principal de un imán, tal como se reivindica en la reivindicación 1 y las reivindicaciones 14 respectivamente.

Un objeto adicional es proporcionar un programa informático asociado.

En un primer aspecto de la presente invención, se describe un método para determinar valores de una componente de campo magnético vectorial, que comprende:

- determinar unos primeros datos de distribución que comprenden valores de la componente de un campo magnético, para una primera área predeterminada definida a lo largo de una superficie predeterminada;

- determinar unos segundos datos de distribución que comprenden valores de la componente del campo magnético para una segunda área predeterminada definida a lo largo de una segunda superficie predeterminada; en el que las superficies predeterminadas primera y segunda son paralelas; en el que la determinación de segundos datos de distribución comprende la manipulación de los datos de distribución en base a hacer uso de las propiedades físicas intrínsecas del campo magnético.

Las superficies primera y segunda predeterminadas pueden ser, por ejemplo, superficies planas, o pueden ser curvadas. Alternativamente, pueden, por ejemplo realizarse como superficies cilíndricas o superficies esféricas.

Una cámara de campo magnético puede, por ejemplo, comprender una estructura o matriz de sensores de efecto Hall, o puede ser un sistema magneto-óptico, o puede comprender una estructura de otros sensores de campo magnético, tales como sensores magneto-resistivos, o puede comprender un único sensor de campo magnético que se escanea en el espacio.

Para los fines de la presente descripción, una componente de campo magnético comprende la magnitud de la proyección del vector de campo magnético en un eje o en una superficie, o la magnitud del propio vector de campo magnético.

En ciertas realizaciones preferidas, la componente de campo magnético es la componente "z" de un campo magnético, que es la componente de plano con respecto a un plano definido por un eje x y un eje y, formando los ejes x, y y z un conjunto ortogonal.

La primera superficie predeterminada y la primera área predeterminada a lo largo de esa superficie pueden corresponder a un área de detección de una cámara de campo magnético. La primera área predeterminada puede corresponder, por ejemplo, al área total de detección de una cámara de campo magnético, o a un área total escaneada por una o más cámaras de campo magnético.

La segunda superficie predetermine puede ser una superficie paralela a cierta distancia de la primera superficie predeterminada, por ejemplo a cierta distancia por encima del área de detección de una cámara de campo magnético.

Es una ventaja del método anterior que, sólo midiendo una primera componente de un campo magnético vectorial, los valores de la primera componente se puedan determinar a lo largo de una segunda superficie paralela, sin la necesidad de medir el campo magnético a diferentes distancias, por ejemplo a diferentes alturas verticales por encima de la fuente magnética. Esto permite la determinación de los valores de la primera componente en 3D. El

método tiene la ventaja de ser relativamente rápido. Lo que es más, no se requiere una arquitectura de sistema que comprenda medios para la medición a diferentes alturas/distancias de la superficie de un imán, lo que sería el caso en una solución alternativa directa de abordar el problema. Una ventaja adicional es que se produce una pérdida en la relación señal-ruido, lo que ocurriría si midiéramos a distancias mayores de la fuente de campo magnético en una solución directa de abordar al problema. De hecho, el campo magnético tiene una fuerza que disminuye rápidamente con la distancia desde la fuente (como $1/r^3$), dando como resultado un fuerte aumento relativo del ruido al distanciarse de la fuente del campo magnético. En aspectos de la presente invención, los componentes de alta frecuencia se atenúan de forma automática, dando como resultado un filtro de paso bajo, terminando en relativamente altas relaciones de señal-ruido.

Es adicionalmente ventajoso que se pueda evitar el usar directamente sensores de campo magnético muy sensibles para medir el campo magnético a una distancia relativamente grande, donde el campo es muy débil. De hecho, es posible el uso de sensores de campo magnético menos sensibles a corta distancia, lo que aún así permite la determinación de este campo relativamente débil a distancias más grandes.

Preferiblemente, el área predeterminada tiene una superficie que es menor de 1m^2 . Más preferiblemente, dicha área predeterminada tiene una superficie que es menor de 100cm^2 . Preferiblemente, los primeros datos de distribución se determinan en una rejilla de dos dimensiones. Esta rejilla de dos dimensiones tiene preferiblemente una separación entre sus puntos de menos de 2mm (o 2°), tanto en la primera dirección como en la segunda. Más preferiblemente, dicha separación en las direcciones es inferior a $0,2\text{mm}$ (o $0,2^\circ$), estando la unidad de "mm" o "°" determinada por la unidad del eje correspondiente en el sistema de coordenadas usado.

Las direcciones primera, segunda y tercera pueden constituir, por ejemplo, un sistema de eje ortogonal con coordenadas cartesianas (X, Y, Z). En tal sistema de referencia, un campo magnético vectorial está representado por un conjunto de componentes ortogonales (B_x, B_y, B_z).

La componente a determinar puede, por ejemplo, corresponder a la componente Z de un campo magnético B_z , que es la componente de plano de un campo vectorial con respecto a un plano definido por los ejes X e Y del sistema de coordenadas. Los ejes X e Y del sistema de coordenadas definen un plano que puede corresponder a una superficie de medición, por ejemplo una superficie superior de un sensor de campo magnético de una cámara de campo magnético.

Alternativamente, las direcciones primera, segunda y tercera pueden constituir, por ejemplo, un sistema de eje ortogonal con coordenadas cilíndricas (R, e, Z). En tal sistema de referencia, un campo magnético vectorial está representado por un conjunto de componentes ortogonales (B_r, B_e, B_z). La componente que se va a determinar puede, por ejemplo, corresponderse con la componente R de un campo magnético B_r , que es la componente radial de un campo vectorial con respecto a un eje del cilindro definido por el eje Z del sistema de coordenadas. Los ejes E y Z del sistema de coordenadas definen, para un cierto valor R, una superficie de cilindro que puede corresponder a la superficie de medición de una estructura unidimensional de sensores de campo magnético, que miden la componente radial del campo magnético (es decir, la componente a lo largo de dicho eje R), y que se escanea mientras que el cilindro está rotando.

Alternativamente, las direcciones primera, segunda y tercera pueden constituir, por ejemplo, un sistema de eje ortogonal con coordenadas esféricas (R, e, ϕ). En tal sistema de referencia, un campo magnético vectorial está representado por un conjunto de componentes ortogonales (B_r, B_e, B_ϕ). La componente que se va a determinar puede, por ejemplo, corresponderse con la componente R de un campo magnético B_r , que es la componente radial de un campo vectorial con respecto a un punto definido por el centro del sistema esférico de coordenadas. Los ejes e y ϕ del sistema de coordenadas definen una superficie esférica que puede corresponder a la superficie de medición de una estructura doblada unidimensional de sensores de campo magnético, que miden la componente radial del campo magnético (es decir, la componente a lo largo de dicho eje R). Los sensores pueden, por ello, estar dispuestos, por ejemplo, en un medio círculo que a continuación se hace rotar alrededor de dicho punto central, describiendo por ello una superficie esférica, en la que resulta una rejilla de puntos de medición.

De acuerdo con las realizaciones preferidas de la presente invención, la determinación de segundos datos de distribución de la componente comprende realizar una transformación de Fourier de los datos de la primera distribución, lo que da como resultado unos datos transformados de Fourier, seguido de la realización de la manipulación de datos en los resultantes datos transformados de Fourier, lo que da como resultado datos manipulados de transformada de Fourier, seguido de una transformación inversa de Fourier de los datos manipulados de transformación de Fourier.

La transformación de Fourier es conocida por el experto en la técnica. La transformación de Fourier es una transformación matemática que se usa comúnmente en el procesamiento de la imagen y se usa para descomponer una imagen (o una estructura bidimensional de puntos de datos) en sus componentes de seno y coseno. La salida de la transformación representa la imagen en el dominio de frecuencia o de Fourier, mientras que la imagen de entrada es el equivalente en el dominio espacial. En la imagen de dominio de Fourier, cada punto representa una frecuencia particular contenida en la imagen del dominio espacial. La frecuencia está aquí para ser entendida en

términos de frecuencia espacial, también llamada "espacio-k", término que se usa comúnmente para describir las frecuencias espaciales, también llamadas 'números de onda'. Sin embargo, las operaciones matemáticas usadas en las transformadas de Fourier hacen abstracción de las unidades y el sistema de coordenadas que se usan, y son igualmente usables para las señales de dominio de tiempo (que son por lo general de una sola dimensión), así como para las señales de dominio espaciales, ya sean de una dimensión, de dos dimensiones o incluso de n dimensiones (donde 'n' es estrictamente un número entero positivo).

Para el caso en el que 'n'= 2, siendo el caso de dos dimensiones, el dominio espacial puede además ser especificado en cualquier sistema de coordenadas, tales como los sistemas de coordenadas cartesianas, el cilíndrico o el esférico. En todos estos casos, los datos de distribución se pueden formalizar en una matriz de dos dimensiones a las que se puede aplicar la transformación de Fourier. La determinación de las componentes segunda y tercera de campo magnético se basa en relaciones físicas implícitas entre las componentes primera, segunda y tercera de la distribución del campo magnético, explotadas por ejemplo mediante la manipulación de datos en el dominio transformado de Fourier, y, a continuación, realizando una transformación inversa de Fourier.

En las realizaciones preferidas, la manipulación de datos transformados de Fourier comprende multiplicar los datos transformados de Fourier con un factor que es al menos una función de las frecuencias espaciales correspondientes a las direcciones primera y segunda, siendo las direcciones primera y segunda ortogonales y definiendo la primera superficie predeterminada.

En realizaciones preferidas, la manipulación de los datos transformados de Fourier comprende multiplicar los datos transformados de Fourier por un factor que está en función de las frecuencias espaciales correspondientes a unas direcciones primera y segunda, siendo las direcciones primera y segunda ortogonales y definiendo la primera superficie predeterminada.

En realizaciones preferidas, el factor es una función de una magnitud de un vector de frecuencia espacial determinada por las direcciones primera y segunda.

En realizaciones preferidas, el factor comprende una función exponencial.

En realizaciones preferidas, el factor está en función de la distancia a lo largo de una tercera dirección, siendo la tercera dirección ortogonal a las direcciones primera y segunda, entre la primera superficie predeterminada y la segunda superficie predeterminada.

En realizaciones preferidas, la función exponencial comprende la distancia a lo largo de la tercera dirección en su exponente.

En realizaciones preferidas, la función exponencial comprende la magnitud del vector de frecuencia espacial determinada por las direcciones primera y segunda en su exponente.

En la descripción detallada pueden ser recuperados más detalles sobre la manipulación de los datos de distribución.

De acuerdo con realizaciones preferidas, el campo magnético vectorial es un campo que debe ser caracterizado por un dispositivo de cámara magnética. Por ejemplo, el campo magnético vectorial puede ser el campo generado por un imán permanente, un conjunto de imanes permanentes, un electroimán, o cualquier otro objeto que actúa como una fuente de campo magnético, cuyas cualidades tienen que ser medidas. El dispositivo de cámara magnética puede ser, por ejemplo, un dispositivo de cámara basado en una matriz de sensores de efecto Hall, o un dispositivo de cámara magnética del tipo magneto-óptico, o puede ser en base a una matriz de otros sensores de campo magnético, tales como sensores magneto-resistivos o bobinas de captación. Estas realizaciones son especialmente beneficiosas cuando los datos de distribución necesitan ser caracterizados en un sistema de coordenadas cartesianas.

De acuerdo con realizaciones preferidas, el campo magnético vectorial es un campo que debe ser caracterizado por una estructura unidimensional de sensores de campo magnético, tales como sensores de efecto Hall, sensores magneto-resistivos, o bobinas de captación, que se escanea mecánicamente en una dirección con el fin de obtener una distribución bidimensional del campo magnético. Por ello, la dirección de escaneado podría ser en una dirección cartesiana (X, Y o Z) o en un eje de un sistema de coordenadas cilíndrico (R, e o Z), por ejemplo, rotando relativamente la estructura de sensor y la fuente de campo magnético que se va a medir, o puede estar en un sistema de coordenadas esféricas. Por ejemplo, el campo magnético vectorial puede ser el campo generado por un imán permanente, un conjunto de imanes permanentes, un electroimán, o cualquier otro objeto que actúa como una fuente de campo magnético, cuyas cualidades tienen que ser medidas. Estas realizaciones son especialmente beneficiosas cuando los datos de distribución necesitan ser caracterizados por un sistema de coordenadas cartesianas o cilíndricas.

De acuerdo con realizaciones preferidas, el vector de campo magnético es un campo que necesita ser caracterizada por un sensor de campo magnético único, tal como un sensor de efecto Hall, un sensor magneto-resistivo, o una

- bobina de captación, que se escanea mecánicamente en dos direcciones con el fin de obtener una distribución bidimensional de campo magnético. Por ello, la dirección de escaneo podría ser en una dirección cartesiana (X, Y o Z) o en un eje en un sistema de coordenadas cilíndricas (R, e o Z), por ejemplo, rotando relativamente el sensor y la fuente de campo magnético que se va a medir, o puede estar en un sistema de coordenadas esféricas. Por ejemplo, el campo magnético vectorial puede ser el campo generado por un imán permanente, un conjunto de imanes permanentes, un electroimán, o cualquier otro objeto que actúa como una fuente de campo magnético, cuyas cualidades tienen que ser medidas. Estas realizaciones son especialmente beneficiosas cuando los datos de distribución necesitan ser caracterizados en un sistema de coordenadas cartesianas cilíndricas.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, el método comprende adicionalmente:
- generar datos adicionales de distribución de la primera componente, comprendiendo los datos adicionales de distribución unos valores esperados para la primera componente del campo magnético en un área de extensión, el área de extensión adyacente al área predeterminada y a lo largo de la primera superficie; y
 - determinar datos extrapolados de distribución para un conjunto extendido de datos de distribución, comprendiendo el conjunto extendido de datos de distribución los datos de distribución y los datos de distribución adicionales.
- La superficie predeterminada y el área predeterminada a lo largo de esa superficie pueden corresponder, por ejemplo, a un área sensible de un dispositivo de cámara magnética. El área predeterminada, por ejemplo, puede corresponder al área sensible total de un dispositivo de cámara magnética.
- Es una ventaja adicional de este tipo de realizaciones el que los segundos datos de distribución de la componente del campo magnético vectorial se puedan determinar de forma más precisa que si no se generaran datos de distribución adicionales. De hecho, al generar los datos de distribución adicionales y aplicar, por ejemplo, una transformación de Fourier al conjunto extendido de datos de distribución, realizar manipulaciones en base a las propiedades físicas intrínsecas de un campo magnético y realizar una transformación de Fourier inversa, la determinación de la componente del campo magnético vectorial a lo largo de una segunda superficie paralela a la primera superficie corresponde mejor a los valores reales de ese componente.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, determinar datos de distribución comprendiendo valores de una componente de un campo magnético, para un área predeterminada definida en una superficie predeterminada, comprende medir valores de medición de la componente por medio de una cámara magnética.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, la determinación de datos de distribución que comprende los valores de una componente de un campo magnético, para un área predeterminada definida en una superficie predeterminada, comprende medir los valores de medición de la componente por medio de una estructura unidimensional de sensores de campo magnético, la posición de los cuales se acciona mecánicamente con el fin de escanear el área predeterminada.
- De acuerdo con realizaciones preferidas determinar datos de distribución que comprende los valores de una componente de un campo magnético, para un área predeterminada definida en una superficie predeterminada, comprende medir los valores de medición de la componente por medio de un sensor de campo magnético de la posición de los cuales es mecánicamente impulsado con el fin de escanear dicha área predeterminada.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, determinar datos de distribución que comprende valores de una componente de un campo magnético, para un área predeterminada definida en una superficie predeterminada, comprende adicionalmente modelar los valores de medición de la primera componente en base a un modelo predeterminado y/ o unos parámetros predeterminados de entrada. Esto puede, por ejemplo ser realizado con los métodos y dispositivos descritos en el documento EP 2508906.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, los datos de distribución de la componente comprende valores distintos de cero para la componente del campo magnético correspondientes a un emplazamiento en un borde exterior del área predeterminada.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, el método comprende determinar los valores de la componente comprendidos en los datos de distribución adicionales por simulación de la componente en el área predeterminada y la extrapolación de la simulación en el área de extensión.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, los valores de la componente comprendidos en los datos de distribución adicionales se ponen a cero.
- De acuerdo con realizaciones preferidas, los valores de la componente comprendidos en los datos de distribución adicionales se establecen para que decrezcan monótonamente a cero en el área de extensión cuando se pasa desde un límite exterior del área predeterminada, lejos del área predeterminada, hacia un borde exterior del área de extensión.

De acuerdo con realizaciones preferidas, el método comprende determinar los valores de la componente comprendidos en los datos de distribución adicionales al:

- 5 - extrapolar o establecer valores de los primeros datos de distribución de la componente que corresponden al límite exterior del área predeterminada en el área de extensión;
- aplicar una función de ventana en los valores extrapolados para el área de extensión, evolucionando dicha función de ventana del valor 1 al valor 0 sobre el área de extensión cuando nos alejamos del área predeterminada.

10 De acuerdo con realizaciones preferidas, el método comprende determinar los valores de la componente comprendidos en los datos de distribución adicionales al generar valores de la componente que disminuyen exponencialmente en el área de extensión cuando nos alejamos del área predeterminada, comenzando por el límite exterior del área predeterminada, de manera que los valores de la primera componente se atenúan hacia cero, es decir, cercano a cero o cero, en el límite exterior del área de extensión.

15 Opcionalmente, de manera adicional, se puede aplicar una función de ventana en los valores exponencialmente decrecientes para el área de extensión, evolucionando la función de ventana del valor 1 al valor 0 sobre el área de extensión cuando nos alejamos del área predeterminada.

20 De acuerdo con realizaciones preferidas, el método comprende determinar los valores de la componente comprendidos en los datos de distribución adicionales al:

- 25 - generar una representación polinómica o racional de nevadura (spline) de los valores de la componente del campo magnético al menos en una parte, al menos en una parte exterior o periférica, o en la totalidad del área predeterminada;

- 30 - extrapolar la representación polinómica o racional de nevadura para valores extrapolados de la componente del campo magnético en el área de extensión;

- opcionalmente, aplicar una función de ventana en los valores extrapolados para el área de extensión, evolucionando la función de ventana del valor 1 al valor 0 sobre el área de extensión cuando nos alejamos del área predeterminada.

35 La representación de nevadura es conocida por el experto en la técnica. La representación de nevadura es una función polinómica suficientemente fina que se define por tramos, y posee un alto grado de finura en los lugares donde conectan las piezas polinomiales. También se supone que los conceptos de una representación polinómica y una representación racional son conocidos por el experto en la técnica.

40 De acuerdo con realizaciones preferidas, determinar segundos datos de distribución de la componente comprendiendo realizar una transformación de Fourier de los primeros datos de distribución dando como resultado una transformación de Fourier, seguido de la realización de la manipulación de datos en los datos transformados de Fourier dando como resultado unos datos transformados de Fourier, seguido de una transformación de Fourier inversa de los datos manipulados transformados de Fourier, se realiza sobre el área total del área predeterminada y,

45 si está presente, sobre el área de extensión, de una manera por bloques o secciones, usando por ello los métodos de 'suma por solapamiento' o de 'grabación por solapamiento'.

50 En un segundo aspecto de la presente invención, se da a conocer un dispositivo o aparato para determinar valores de una componente de campo magnético de un campo magnético vectorial, que comprende:

- unos medios o un aparato para determinar unos primeros datos de distribución que comprenden los valores de la componente del campo magnético, para una primera área predeterminada definida a lo largo de una superficie predeterminada;

- 55 - unos medios o un aparato para determinar unos segundos datos de distribución que comprenden unos segundos valores de la componente del campo magnético para una segunda área predeterminada definida a lo largo de una segunda superficie predeterminada, en donde las superficies predeterminadas primera y segunda son paralelas;

60 en donde los medios o el aparato para determinar los segundos datos de distribución están adaptados para manipular los datos de distribución en base a hacer uso de las propiedades físicas intrínsecas del campo magnético.

65 De acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención, los medios o el aparato para determinar unos segundos datos de distribución de la componente están adaptados para realizar una transformación de Fourier de los primeros datos de distribución resultantes de los datos transformados de Fourier, seguido de realizar una manipulación de datos en los datos transformados de Fourier dando como resultado unos datos manipulados transformados de Fourier, seguido de una transformación de Fourier inversa de los datos manipulados

transformados de Fourier.

De acuerdo a realizaciones preferidas, los medios para determinar la distribución de una componente en el área predeterminada comprenden un dispositivo de cámara magnética que comprende un área de detección, correspondiendo el área de detección al área predeterminada.

De acuerdo a realizaciones preferidas, los medios para determinar una distribución de un primer componente en el área predeterminada comprenden una estructura unidimensional de sensores de campo magnético, cuya posición es accionada mecánicamente con el fin de escanear la primera área predeterminada, y graba la primera componente de la distribución en el área predeterminada.

De acuerdo a realizaciones preferidas, los medios para determinar una distribución de una componente en el área predeterminada comprenden un único sensor de campo magnético cuya posición se acciona mecánicamente con el fin de escanear el área predeterminada y graba la componente de la distribución en el área predeterminada.

De acuerdo con realizaciones preferidas, el dispositivo comprende adicionalmente unos medios o un aparato para generar datos de distribución adicionales de la componente, comprendiendo los datos de distribución adicionales los valores esperados para la componente del campo magnético en un área de extensión, el área de extensión adyacente a la área predeterminada; y unos medios para realizar una transformación de Fourier sobre un conjunto extendido de datos de distribución, comprendiendo el conjunto ampliado de datos de distribución los datos de distribución y los datos de distribución adicionales.

De acuerdo con realizaciones preferidas, los medios o el aparato para generar datos de distribución adicionales de la componente comprenden unos medios para la simulación de la primera componente en el área predeterminada y la extrapolación de la simulación en el área de extensión.

De acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención, los medios o el aparato para determinar segundos datos de distribución de la componente están adaptados para realizar cualquiera de las realizaciones del primer aspecto.

De acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención, los medios o el aparato para generar datos adicionales de distribución de las componentes están adaptados para realizar cualquiera de las realizaciones del primer aspecto.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se da a conocer un equipo lógico informático (software), un código de ordenador o un programa de ordenador que está adaptado para realizar cualquiera de las realizaciones de la presente invención del primer aspecto, cuando se ejecutan en un ordenador.

Las características y ventajas descritas para uno de los aspectos anteriores de la presente invención quedarán aquí también descritas implícitamente para los demás aspectos, mutatis mutandis, como el experto en la técnica reconocerá. Por ejemplo, el dispositivo puede comprender cualesquiera medios necesarios que estén adaptados para realizar cualquiera de las realizaciones descritas para el aspecto de método de la presente invención.

De acuerdo con realizaciones preferidas, la totalidad o parte de lo anterior se aplica para la inspección de imanes permanentes o conjuntos de imanes en aplicaciones industriales o académicas, tales como para sistemas de sensor, interruptores y relés, motores eléctricos, actuadores, altavoces, micrófonos, acoplamientos magnéticos, imanes de retención, sistemas de guiado de haz, onduladores de varios tipos, cojinetes magnéticos permanentes, instrumentos de medición, equipamientos de investigación, nuevos materiales magnéticos, o análisis no destructivos de materiales magnéticos tales como el acero.

Los ejemplos de industrias en las que la presente invención se pueden aplicar son: automoción, laboratorios, médicas, industriales y de electrónica de consumo, de producción imán, de investigación.

Breve descripción de los dibujos

La divulgación se aclarará adicionalmente por medio de la siguiente descripción y las figuras adjuntas.

Las figuras 1-8 ilustran realizaciones de la presente invención. Las figuras 3 a 8 ilustran ejemplos de cómo se pueden generar datos de distribución adicionales para la componente del vector de campo magnético, de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

La presente descripción se describirá con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, pero la descripción no se limita a ellos sino solamente por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son solamente esquemáticos y no son limitantes. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede ser exagerado y

estar no dibujado a escala para fines ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden necesariamente a las reducciones reales para la práctica de la divulgación.

5 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Los términos son intercambiables en circunstancias apropiadas y las realizaciones de la divulgación pueden funcionar en otras secuencias que las descritas o ilustradas en este documento.

10 Lo que es más, los términos superior, inferior, sobre, debajo y similares en la descripción y las reivindicaciones se usan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Los términos así usados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y las realizaciones de la divulgación descrita en este documento pueden funcionar en otras orientaciones que las descritas o ilustradas en este documento.

15 Además, las diversas realizaciones, aunque mencionadas como "preferidas" se han de interpretar como maneras ejemplares en que la divulgación puede ser implantada más que como limitantes del alcance de la descripción.

Se describe un método para determinar los valores de una componente de campo magnético de un campo magnético vectorial, que comprende:

20 - determinar unos primeros datos de distribución que comprenden valores de la componente de campo magnético, para una primera área predeterminada definida a lo largo de una primera superficie predeterminada;

25 - determinar unos segundos datos de distribución que comprenden unos segundos valores de la componente del campo magnético para una segunda área predeterminada definida a lo largo de una segunda superficie predeterminada, en donde las superficies predeterminadas primera y segunda son paralelas;

en el que determinar unos segundos datos de distribución comprende la manipulación de los datos de distribución en base a hacer uso de las propiedades físicas intrínsecas del campo magnético.

30 De acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención, determinar unos segundos datos de distribución de la componente comprende realizar una transformación de Fourier de la primera distribución de datos que da como resultado datos transformados de Fourier, seguido de realizar una manipulación de datos sobre los datos transformados resultantes de Fourier, que da como resultado datos manipulados transformados de Fourier, seguido por una transformación inversa de Fourier de los datos manipulados transformados de Fourier.

35 A continuación, se presenta una derivación para demostrar este aspecto.

Es conocido por el experto en la técnica de la física que un campo magnético vectorial $B=(B_x, B_y, B_z)$ puede expresarse como

40 Ecuación 1
$$\vec{B} = (B_x, B_y, B_z) = \left(-\frac{\partial \Phi}{\partial x}, -\frac{\partial \Phi}{\partial y}, -\frac{\partial \Phi}{\partial z}\right) = -\nabla \Phi,$$

donde Φ es el potencial magnético, y ∇ es el operador "del", también llamado operador "nabla", conocidos por el experto en la técnica.

45 Un conjunto de propiedades físicas intrínsecas de un campo de potencial armónico son las identidades de Green, que son conocidas por el experto en la técnica de las matemáticas. Considérese que U sea una región cerrada en el espacio tridimensional, y que ∂U sea la superficie límite de esta región. Considérese que Φ and Ψ sean funciones continuas armónicas con derivadas parciales continuas de órdenes primero y segundo en la región U . De la segunda identidad de Green se deduce que

50 Ecuación 2
$$\frac{1}{4\pi} \oint_{\partial U} \left(\Phi \frac{\partial \Psi}{\partial n} - \Psi \frac{\partial \Phi}{\partial n} \right) dS = 0,$$

donde $\partial\phi/\partial n$ es la derivada direccional de ϕ en la dirección de la normal \vec{n} apuntando hacia afuera al elementos dS de superficie.

55 Si P es un punto dentro de la región cerrada U , entonces se deduce a partir del la tercera identidad de Green que

Ecuación 3
$$\Phi(P) = \frac{1}{4\pi} \oint_{\partial U} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial n} - \Phi \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS,$$

donde r es la distancia entre las porciones dS de superficie y el punto P.

5 Es conocido por el experto en la técnica de la física, que el potencial magnético ϕ de la ecuación 1 es una función armónica con derivadas parciales continuas de órdenes primero y segundo en una región U en el espacio tridimensional, donde no hay fuentes de campo magnético presentes.

10 Considérese un sistema de coordenadas cartesianas XYZ, en el que se mide el campo magnético en un plano XY en una cierta posición z_0 a lo largo del eje Z. Se supone que todas las fuentes de campo magnético se encuentran en $z < z_0$, lo que significa por debajo de la superficie de medición. Supongamos que se quiere conocer el campo magnético en un punto P de coordenadas $(x, y, z_0 + \Delta z)$, lo que significa a una distancia Δz por encima de la superficie de medición. Se define una región R en el espacio encerrado por un disco con un radio ρ que descansa en el plano de medición y una media esfera con los mismos centro y radio que el disco, que se extiende desde la circunferencia del disco en la dirección Z positiva. Será evidente para el experto en la técnica que en esta región
15 cerrada la ecuación 3 es válida, por lo que la función ϕ se entiende que sea el potencial magnético. La integral en la ecuación 3 se puede por lo tanto expresar como la suma de una primera integral sobre el disco situado en el plano XY y una segunda integral sobre el hemisferio. Lo siguiente es considerar que el valor de ρ evoluciona hasta el infinito, en cuyo caso se muestra fácilmente que la segunda integral, es decir, la una sobre el hemisferio, evoluciona hasta el valor cero, y que la superficie ∂U de integración se reduce hasta el plano completo XY (x', y', z_0) . En el límite
20 $\rho \rightarrow \infty$, la ecuación se convierte de este modo:

Ecuación 4
$$\Phi(x, y, z_0 + \Delta z) = \frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \Phi(x', y', z_0)}{\partial z'} - \Phi(x', y', z_0) \frac{\partial}{\partial z'} \frac{1}{r} \right) dx' dy',$$

donde $r = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z_0 + \Delta z - z')^2}$, y donde $\Delta z > 0$.

25 La ecuación 4 contiene un término con $\frac{\partial \Phi(x', y', z_0)}{\partial z'}$, que se puede eliminar de la siguiente manera. Al sumar la ecuación 2 y la ecuación 3, se obtiene:

Ecuación 5
$$\Phi(P) = \frac{1}{4\pi} \oint_{\partial U} \left[\left(\Psi + \frac{1}{r} \right) \frac{\partial \Phi}{\partial n} - \Phi \frac{\partial}{\partial n} \left(\Psi + \frac{1}{r} \right) \right] dS.$$

30 Ahora se define el punto P' de la imagen de espejo del punto P con respecto al plano $z = z_0$, que significa que P' tienen las coordenadas $(x, y, z_0 - \Delta z)$, y se define $\psi = -1/\eta$, donde $\eta = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z_0 - \Delta z - z')^2}$. Con esta definición se satisfacen las condiciones siguientes: en primer lugar, $\Psi + \frac{1}{r} = 0$ sobre la superficie XY donde $z = z_0$; en segundo lugar, $\Psi + \frac{1}{r}$ se desvanece en el hemisferio en el límite $\rho \rightarrow \infty$; y, en tercer lugar, ψ es armónica. En el límite $\rho \rightarrow \infty$, la ecuación 5, se convierte entonces en:

Ecuación 6
$$\Phi(x, y, z_0 + \Delta z) = -\frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(x', y', z_0) \frac{\partial}{\partial z'} \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\eta} \right] dx' dy'.$$

35 Cuando se calcula la derivada en esta ecuación y z' evoluciona hasta plano XY, se obtiene:

Ecuación 7
$$\Phi(x, y, z_0 + \Delta z) = -\frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\Phi(x', y', z_0)}{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2]^{3/2}} dx' dy',$$

40 donde $\Delta z > 0$. La ecuación 7 se puede usar para calcular el potencial ϕ en un punto $(x, y, z_0 + \Delta z)$ en base a mediciones en un plano (x', y', z_0) .

Con el fin de ser usable en la práctica, la ecuación 7 se puede considerar en el dominio de Fourier. Se observa que la ecuación 7 tiene la forma de una convolución de dos dimensiones:

Ecuación 8
$$\Phi(x, y, z_0 + \Delta z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(x', y', z_0) u(x - x', y - y', \Delta z) dx' dy',$$

donde

Ecuación 9
$$u(x, y, \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi (x^2 + y^2 + \Delta z^2)^{3/2}}.$$

5 La convolución en el dominio espacial corresponde a una multiplicación en el dominio de Fourier. Por lo tanto, la ecuación 8 se puede escribir como

Ecuación 10
$$\widehat{\Phi}(k_x, k_y, z + \Delta z) = \widehat{\Phi}(k_x, k_y, z_0) \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z),$$

donde $\widehat{\Phi}(k_x, k_y, z + \Delta z)$ es la transformación de Fourier de dos dimensiones del potencial magnético en el plano XY en $z = z_0 + \Delta z$. La notación \widehat{F} denota la transformada de Fourier de la función F. La ecuación 9 también se puede escribir como

Ecuación 11
$$u(x, y, \Delta z) = -\frac{1}{2\pi} \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r},$$

donde $r = \sqrt{x^2 + y^2 + \Delta z^2}$. Se puede mostrar que la transformada de Fourier de la función de $1/r$ está dada por:

Ecuación 12
$$\widehat{\left(\frac{1}{r}\right)} = 2\pi \frac{e^{-|k|\Delta z}}{|k|}, \quad |k| \neq 0.$$

La transformada de Fourier $\widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z)$ de la función $u(x, y, \Delta z)$ se calcula como sigue:

Ecuación 13
$$\begin{aligned} \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z) &= -\frac{1}{2\pi} \frac{\partial}{\partial z} \widehat{\left(\frac{1}{r}\right)} \\ &= -\frac{\partial}{\partial \Delta z} \frac{e^{-|k|\Delta z}}{|k|} \\ &= e^{-|k|\Delta z}, \Delta z > 0, \end{aligned}$$

donde $|k| = \sqrt{k_x^2 + k_y^2}$.

La ecuación 10 se derivó del potencial magnético ϕ . Ahora se muestra que también es válido para cada componente de campo magnético B_x , B_y y B_z por separado. De la ecuación 1, la ecuación 10 y la ecuación 13 se deduce que

Ecuación 14
$$\begin{aligned} \widehat{B}_{x,y}(k_x, k_y, z_0 + \Delta z) &= -\left(\frac{\partial}{\partial z} \widehat{\Phi}\right)(k_x, k_y, z_0 + \Delta z) \\ &= -ik_{x,y} \widehat{\Phi}(k_x, k_y, z_0 + \Delta z) \\ &= -ik_{x,y} \widehat{\Phi}(k_x, k_y, z_0) \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z) \\ &= -\left(\frac{\partial}{\partial x, y} \widehat{\Phi}\right)(k_x, k_y, z_0) \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z) \\ &= \widehat{B}_{x,y}(k_x, k_y, z_0) \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z) \\ &= \widehat{B}_{x,y}(k_x, k_y, z_0) e^{-|k|\Delta z} \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned}
 \widehat{B}_z(k_x, k_y, z_0 + \Delta z) &= -\frac{\partial \widehat{\Phi}}{\partial z}(k_x, k_y, z_0 + \Delta z) \\
 &= -|k| \widehat{\Phi}(k_x, k_y, z_0 + \Delta z) \\
 &= -|k| \widehat{\Phi}(k_x, k_y, z_0) \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z) \\
 &= -\frac{\partial \widehat{\Phi}}{\partial z}(k_x, k_y, z_0) \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z) \\
 &= \widehat{B}_z(k_x, k_y, z_0) \widehat{u}(k_x, k_y, \Delta z) \\
 &= \widehat{B}_z(k_x, k_y, z_0) e^{-|k| \Delta z}
 \end{aligned}$$

Ecuación 15

- 5 En la ecuación 14 y la ecuación 15 se usaron las propiedades siguientes, que son conocidos por el experto en la técnica:

$$\begin{aligned}
 \frac{d^n \widehat{\Phi}}{dx^n} &= (ik_x)^n \widehat{\Phi} \\
 \frac{d^n \widehat{\Phi}}{dy^n} &= (ik_y)^n \widehat{\Phi} \\
 \frac{d^n \widehat{\Phi}}{dz^n} &= |k|^n \widehat{\Phi}
 \end{aligned}$$

Ecuación 16

- 10 La ecuación 14 y la ecuación 15 muestran que el resultado de la ecuación 10 se puede aplicar a cada componente del campo vectorial derivado de ϕ , como se resume aquí:

Ecuación 17

$$\widehat{B}_{x,y,z}(k_x, k_y, z_0 + \Delta z) = \widehat{B}_{x,y,z}(k_x, k_y, z_0) e^{-|k| \Delta z}$$

- 15 Se deduce de la ecuación 17 que el campo magnético en el plano XY en $z = z_0 + \Delta z$ se puede obtener del potencial magnético en el plano XY en $z = z_0$ en primer lugar realizando una transformada de Fourier, después multiplicando por $e^{-|k| \Delta z}$ y, a continuación, realizando una transformada de Fourier inversa.

Aunque en la derivación de la Ecuación 17 se asume que $\Delta z > 0$, lo que significa que el campo se calcula a distancias más alejadas de la fuente del campo magnético, también se puede aplicar con $\Delta z < 0$, eso significa calcular el campo magnético en distancias más cercanas a la fuente del campo magnético. Una condición es que la posición en la que se calcula el campo está todavía en una región libre de fuentes de campo magnético. En la práctica esto significa que es posible medir el campo magnético a una cierta distancia de un imán, y que el campo se puede calcular en las posiciones más cerca del imán, incluso hasta la superficie del imán. Dado que los sensores de campo magnético y dispositivos de cámara de campo magnético existentes a menudo tienen una distancia mínima medida desde el imán, es una ventaja de la presente invención el ser capaz de calcular el campo a distancias más cercanas al imán.

A pesar de que la ecuación 17 se derivó para el caso de un sistema de coordenadas cartesianas, el mismo principio se puede aplicar en otros sistemas de coordenadas, tales como el sistema de coordenadas cilíndricas. En primer lugar, se considera el caso en el que cualquiera de las componentes del campo magnético está grabado en un disco plano o superficie de anillo en un sistema de coordenadas cilíndricas (R, Θ , Z). Puesto que el área predeterminada está en una superficie plana, puede ser proyectada sobre un plano en el sistema de coordenadas cartesianas. De esta manera, se observa que la rejilla de datos en el sistema de coordenadas cilíndricas puede no transformarse en una rejilla regular en el sistema de coordenadas cartesianas. Sin embargo, la rejilla transformada puede hacerse regular de nuevo por métodos de interpolación que son bien conocidos para el experto en la técnica. Para los datos

obtenidos, se puede aplicar la ecuación 17, con el fin de obtener el campo magnético en otra distancia en la dirección Z. Las coordenadas de los datos obtenidos se transforman de nuevo al sistema de coordenadas cilíndricas. De este modo, de acuerdo con realizaciones preferidas, se realiza otro paso de interpolación con el fin de obtener los valores de los datos en los puntos de la rejilla original en el sistema de coordenadas cilíndricas.

5 Con el fin de obtener condiciones de límite adecuadas en la periferia exterior de la superficie transformada del disco en coordenadas cartesianas; se prefiere aplicar métodos de extrapolación de acuerdo con los métodos descritos en la presente descripción.

10 El experto en la técnica reconocerá que el método anterior se aplica igualmente a una superficie de anillo, en donde sólo se considera el área entre un radio interior y un radio exterior. De este modo, la superficie interior del disco, en la que no hay puntos de datos presentes, puede ser extrapolada de acuerdo con los métodos descritos en la presente invención.

15 El principio de la ecuación 17 se puede usar también para los datos en una superficie curvada de cilindro, con el fin de calcular los campos magnéticos en distancias radiales diferentes de esta superficie. Esto ya es evidente a partir de la ecuación 3, que dice que el campo magnético en una región cerrada se puede deducir del campo en el límite de esa región. Para el caso en el que el área predeterminada es una superficie curvada cilíndrica con un radio R_0 , considérese la región limitada por dos cilindros, uno con radio R_0 y otro con radio R_1 , siendo $R_0 < R_1$, y ambos extendiéndose desde $-z_0$ a $+z_0$ en la dirección Z. En analogía a la derivación dada para el sistema de coordenadas cartesianas, es evidente que el integrando de la ecuación se desvanece en el cilindro exterior y en las superficies planas de anillo en el límite en el que $R_1, z_0 \rightarrow \infty$, lo que significa que el campo en cualquier punto en la región $R > R_0$ se puede derivar a partir del campo R_0 usando una expresión similar a la ecuación 17, expresada en coordenadas cilíndricas.

25 Además, será evidente para el experto en la técnica que este método es igualmente aplicable para determinar el campo a un radio $R < R_0$, asumiendo que no hay fuentes de campo magnético presentes en la región entre R y R_0 .

30 Cuando la distribución de la componente de campo magnético medida en los límites del área predeterminada no se acerca a cero, porque, por ejemplo, el objeto magnético es mayor que el área de medición de la cámara de campo magnético, puede ser necesario extender el área predeterminada de medición, con el fin de asegurarse de que la distribución medida se aproxima suficientemente a cero en sus límites, de modo que los métodos de la presente invención se puedan aplicar. Para tal caso, puede ser necesario medir un área mayor mediante la intensificación del área de medición en las direcciones primera y/ o segunda, y en cada nuevo emplazamiento medir la distribución en una nueva área predeterminada que es adyacente al área predeterminada anterior, tras de lo cual todas las distribuciones determinadas son 'cosidas' juntas para dar como resultado una gran área predeterminada, en cuyos bordes el campo magnético ha evolucionado lo suficiente hacia cero como para aplicar los métodos de extrapolación descritos en la presente descripción, con el objeto de determinar los segundos datos de distribución que comprenden los segundos valores de la componente del campo magnético para una segunda área predeterminada, definida a lo largo de una segunda superficie predeterminada, en donde las superficies predeterminadas primera y segunda son paralelas. Métodos y dispositivos para lograr esto están, por ejemplo, descritos en la solicitud de patente europea EP12188521.4 registrada el 15 de octubre de 2012 por el solicitante de la presente solicitud. Tal dispositivo puede ser descrito como un dispositivo para determinar la distribución de campo magnético de un imán a lo largo de la superficie principal del imán, comprendiendo el dispositivo:

45 a. una disposición de al menos dos módulos independientes de cámara de campo magnético estando dispuestos en una posición relativa fija uno con respecto al otro, estando cada módulo de la cámara de campo magnético adaptado para medir la distribución del campo magnético, a la que se expone por medio de una superficie respectiva de detección;

50 b. unos medios para proporcionar un movimiento predeterminado relativo entre la superficie principal y la disposición, para escanear por ello la distribución del campo magnético del imán a lo largo de la superficie principal.

55 El método asociado es un método para determinar la distribución de campo magnético de un imán a lo largo de la superficie principal del imán, comprendiendo el dispositivo:

- proporcionar el imán;

60 - proporcionar una disposición de al menos dos módulos independientes de cámara de campo magnético estando dispuestos en una posición relativa fija uno con respecto al otro, estando cada módulo de la cámara de campo magnético adaptado para medir la distribución del campo magnético, a la que se expone por medio de una superficie respectiva de detección;

65 - proporcionar un movimiento predeterminado relativo entre la superficie principal y la disposición, para escanear por ello la distribución del campo magnético del imán a lo largo de la superficie principal.

Con el fin de determinar la segunda distribución de datos que comprende los segundos valores de la componente del campo magnético para esta distribución cosida, los métodos descritos en la presente invención se pueden aplicar al área predeterminada resultante (cosida).

5 Otro método, sin embargo, es el de aplicar los métodos denominados 'suma por solapamiento' y 'grabación por solapamiento', que son conocidos para el experto en la técnica de procesamiento de señales, por lo que la transformada de Fourier, la manipulación de datos basada en propiedades físicas intrínseca de un campo magnético vectorial, y la transformada inversa se realizan en sub áreas de las respectivas áreas predeterminadas o en una combinación del área predeterminada y el área de extensión.

10 Los métodos de 'suma por solapamiento' y 'grabación por solapamiento' también se pueden aplicar en los otros casos descritos en la presente descripción de la siguiente manera: En lugar de determinar primero los datos de distribución adicionales en el área ampliada, y después de eso aplicar la manipulación de datos en base a las propiedades físicas intrínsecas del campo magnético vectorial (que comprende, por ejemplo, la aplicación de una transformada de Fourier, la manipulación de los datos transformados de Fourier y la realización de una transformada inversa de Fourier) con el fin de obtener los segundos datos de distribución de la componente, la transformada de Fourier, las manipulaciones de datos y la transformada inversa de Fourier se aplican por separado al área predeterminada y a (las sub regiones de) el área extendida por bloques. Por ello, cada uno de los bloques puede ser relleno de ceros en cierta medida con el fin de crear regiones de solapamiento entre los bloques re transformados. 15 Los bloques re transformados resultantes se combinan después en la matriz mayor final, con lo cual se suman juntas las regiones de solapamiento. Adicionalmente, el área predeterminada puede en sí misma ser tratada también por bloques, por ejemplo, en el caso de un imán grande en el que el área predeterminada es relativamente grande y es medida por bloques. Este método corresponde al método de suma por solapamiento. El experto en la técnica reconocerá fácilmente la posibilidad análoga de aplicar el método de grabación por solapamiento a los mismos 20 datos.

Alternativamente, las áreas predeterminadas y extendidas pueden ser tratadas por bloques o por secciones, en donde las manipulaciones se realizan en cada bloque/sección por separado, y los resultados de ellas se suman o se guardan juntos de acuerdo con los métodos de suma por solapamiento y grabación por solapamiento, 25 respectivamente.

Como una mejora adicional del método anterior, los métodos de suma por solapamiento y grabación por solapamiento también se pueden usar en un área de extensión infinita, en donde la extrapolación se expresa como una función analítica, en la que la transformada de Fourier y otras operaciones pueden ser analíticamente 30 determinadas en el intervalo que va desde el infinito hasta el borde del área predeterminada.

Los datos de distribución de la componente del campo magnético vectorial en el área de extensión se pueden determinar de muchas maneras, algunas de las cuales se explican a continuación.

40 Las figuras 3-8 ilustran ejemplos de cómo se pueden generar datos de distribución adicionales para la componente del campo magnético vectorial, de acuerdo con realizaciones de la presente descripción. Los patrones representados ilustran la evolución de los valores de la componente, la componente z del campo magnético, a lo largo de una sección transversal S como se representa en la figura 1. La sección transversal puede comprender una porción exterior del área predeterminada solamente, pero se puede extender hasta el centro del área 45 predeterminada.

De acuerdo con una primera realización, ilustrada en la figura 3, la componente del campo magnético vectorial se ajusta al valor cero (0) en el área completa de extensión. Cuando los valores medidos de la componente del campo magnético vectorial en el límite exterior del área predeterminada difieren de cero, el método puede sin embargo 50 introducir una discontinuidad en los valores en el límite exterior del área predeterminada, que todavía puede introducir errores en un cálculo posterior de los segundos datos de distribución de la componente del vector de campo magnético.

De acuerdo con una realización alternativa, ilustrada en la figura 8, de la presente descripción, los datos adicionales de distribución que comprenden la componente del campo magnético vectorial se simulan o modelan para el área 55 predeterminada y los resultados de la simulación o el modelo se extrapolan o extrapola en el área de extensión.

De acuerdo con realizaciones preferidas, ilustradas en la figura 2, la componente del campo magnético en posiciones situadas en el área de extensión se puede establecer en el mismo valor que el punto más cercano en el 60 área predeterminada. Para un área predeterminada rectangular, esto significaría que los valores de límite del área predeterminada y, de este modo, el área medida se establecen como un valor fijado, constante, en toda el área de extensión a lo largo de una dirección que es ortogonal en el límite exterior del área predeterminada (porciones 20). En las áreas de esquina que después restantes (21), el valor de la esquina correspondiente del área predeterminada se establece como un valor constante. Subsiguientemente, se aplica una función de ventana sobre el área 65 predeterminada y el área de extensión, que tiene un valor "1" en el área predeterminada o medida y que evoluciona continuamente hasta (cerca de) un valor cero en el límite exterior del área predeterminada. Por ejemplo, la función

de ventana puede ser una ventana de Tukey (ilustrada en la figura 5) o una ventana de Planck-Taper. Alternativamente, se puede usar las denominadas "función de salto" ("bump-function") y "función de comprobación" (test-function), que tienen la propiedad de que evolucionan a partir de un valor 1 a un valor cero dentro de un área limitada, por lo que pueden ser infinitamente diferenciadas, y por lo cual, de este modo, no introducen discontinuidades en la función o en cualquiera de sus derivadas primera o de orden superior, lo que las hace adecuadas para ser usadas como una función de ventana en este contexto.

De acuerdo con una realización adicional, ilustrada en la figura 4, los valores de la componente del campo magnético vectorial en el límite exterior del área predeterminada se fijan para que evolucionen exponencialmente hacia un valor cero en el área de extensión. Preferiblemente, el factor exponencial está predeterminado, de tal modo que su valor suficientemente pequeño o su valor cero se consiga en el límite exterior del área de extensión. En la práctica, es suficiente que la distribución del campo magnético en el límite exterior del área de extensión tenga un valor que esté por debajo del ruido de medición. Este método garantiza la continuidad de los valores en el borde exterior del área predeterminada, pero no garantiza la continuidad de la primera de sus derivadas.

En una realización preferida adicional, la componente del campo magnético vectorial en el (área límite del) área predeterminada está representada por una representación polinómica. El orden de la función polinómica extrapolado se puede reducir, por ejemplo, al orden dos ("polinomio cuadrático"), o al orden uno ("polinomio lineal"), a fin de no obtener valores de extrapolación inestables. Este método garantiza que la continuidad de los valores de medición y de las derivadas se determine en la misma medida que el orden de la función polinómica usada. En la práctica, se prefiere adicionalmente aplicar adicionalmente una función de ventana en estos valores extrapolados, de tal manera que se pueda garantizar que la distribución de la componente del vector de campo magnético alcance un valor que es suficientemente pequeño o cero en el límite exterior del área de extensión.

En una realización preferida adicional, la componente del campo magnético vectorial en el (área límite del) área predeterminada está representada por una representación de función racional. El orden de la función racional extrapolado se puede elegir, por ejemplo, para orden -1 (" $1/x$ "), orden -2 (" $1/x^2$ ") u orden -3 (" $1/x^3$ "). El último caso es particularmente útil ya que corresponde a la tasa de disminución del campo magnético de un dipolo magnético, que es una aproximación de un imán a grandes distancias de la fuente de campo magnético, por ejemplo, un imán. Este método garantiza que el campo magnético se aproxime a cero cuando se mueve adicionalmente en el área de extensión. En la práctica, se prefiere adicionalmente aplicar adicionalmente una función de ventana en estos valores extrapolados, de tal manera que se pueda garantizar que la distribución de la componente del vector de campo magnético alcance un valor que es suficientemente pequeño o cero en el límite exterior del área de extensión.

En una realización preferida adicional, la componente del campo magnético vectorial en el (área límite del) área predeterminada está representada por una representación por una representación "de nervadura" ("spline"), que se ilustra en la figura 6. El orden de la función de nervadura extrapolada puede ser reducido, por ejemplo, a un orden dos ("de nervadura cuadrática"), o uno ("de nervadura lineal"), a fin de no obtener valores de extrapolación inestables. Este método garantiza que la continuidad de los valores de medición y de las derivadas se determine en la misma medida que el orden de la función de nervadura usada. En la práctica, se prefiere además aplicar además una función de ventana en estos valores extrapolados, de tal manera que se pueda garantizar que la distribución de la componente del vector del campo magnético alcance un valor que es suficientemente pequeño o cero en el límite exterior del área de extensión. Esto se ilustra en la figura 7.

De acuerdo con una realización adicional más de la presente descripción, los valores de la componente del campo magnético en el límite del área predeterminada se pueden extrapolar en base a una distribución de campo magnético simulada para el objeto magnético del que se midió la distribución del campo magnético. Se pueden usar algoritmos de simulación para calcular la distribución del campo magnético sobre la base, por ejemplo, de una o más propiedades del objeto magnético tal como, por ejemplo, la forma, el material, el vector de magnetización, la posición, y así sucesivamente. También aquí, se puede hacer uso de cualquiera de los métodos descritos por ejemplo en EP2508906.

De acuerdo con otra realización de la presente descripción, la determinación de los segundos datos de distribución de la componente de la distribución del campo magnético de un área predeterminada de 'cosido' se realiza de la siguiente manera, usando el método de 'suma por solapamiento' o el de 'grabación por solapamiento'. Por ello, la transformada de Fourier, las operaciones de manipulación y la transformada inversa de Fourier se realizan en cada área predeterminada individual, que puede o no estar rellena de ceros, sin aplicar los métodos de extrapolación descritos en la descripción actual. Al combinar las distribuciones determinadas segundas de datos de la componente en la distribución mayor, se pueden aplicar los métodos de suma por solapamiento o de grabación por solapamiento.

De acuerdo con otra realización de la presente descripción, los métodos de de suma por solapamiento o de grabación por solapamiento se usan en un área de extensión finita o infinita.

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar los valores de la componente de campo magnético de un campo magnético vectorial, que comprende:
- 5 - determinar unos primeros datos de distribución que comprenden valores de dicha componente de campo magnético, para una primera área predeterminada definida a lo largo de una primera superficie predeterminada,
- 10 - determinar unos segundos datos de distribución de comprenden unos segundos valores de dicha componente de dicho campo magnético para una segunda área predeterminada definida a lo largo de una segunda superficie predeterminada, en el que dicha primera y dicha segunda superficies predeterminadas son paralelas;
- 15 caracterizado porque determinar los segundos datos de distribución comprende la manipulación de dichos primeros datos de distribución, en base a hacer uso de las propiedades físicas intrínsecas de dicho campo magnético, y en el que determinar los segundos datos de distribución de dicha componente comprende realizar una transformación de Fourier de dichos primeros datos de distribución, dando como resultado datos transformados de Fourier, seguido de realizar la manipulación de datos sobre dichos datos transformados de Fourier, dando como resultado en datos transformados manipulados de Fourier, seguido por una transformación inversa de Fourier de dichos datos transformados manipulados de Fourier.
- 20 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha componente de campo magnético comprende la magnitud de la proyección de dicho vector de campo magnético sobre un eje o una superficie, o la magnitud del vector de campo magnético.
- 25 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la manipulación de dichos datos transformados de Fourier comprende multiplicar dichos datos transformados de Fourier por un factor que está en función de las frecuencias espaciales correspondientes a unas direcciones primera y segunda, siendo dichas direcciones primera y segunda ortogonales y definiendo dicha primera superficie predeterminada.
- 30 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho factor está en función de la magnitud de un vector de frecuencia espacial determinado por dichas direcciones primera y segunda.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que dicho factor comprende una función exponencial.
- 35 6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, por el que dicho factor está en función de la distancia a lo largo de una tercera dirección, siendo dicha tercera dirección ortogonal sobre dichas direcciones primera y segunda, entre dicha primera superficie predeterminada y dicha segunda superficie predeterminada .
- 40 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 5 y la 6, en el que dicha función exponencial comprende dicha distancia lo largo de dicha tercera dirección en su exponente.
8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que dicha función exponencial comprende una magnitud del vector de frecuencia espacial determinado por dichas direcciones primera y segunda en su exponente.
- 45 9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que determinar los datos de distribución comprendiendo los valores de dicha componente de un campo magnético, para una primera área predeterminada definida a lo largo de una superficie predeterminada, comprende medir valores de medición de dicha componente por medio de una cámara de campo magnético.
- 50 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que determinar datos de distribución comprendiendo los valores de la componente de un campo magnético, para una primera área predeterminada definida a lo largo de dicha primera superficie predeterminada, comprende adicionalmente modelar dichos valores de medición de dicha componente en base a un modelo predeterminado y/o a parámetros de entrada predeterminados.
- 55 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos datos de distribución de dicha componente comprende valores distintos de cero para dicha componente de dicho campo magnético correspondiente a un emplazamiento en un borde exterior de dicha primera área predeterminada.
- 60 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:
- generar datos adicionales de distribución de dicha componente, comprendiendo dichos datos de distribución adicionales valores esperados para dicha componente de dicho campo magnético en un área de extensión, dicha área de extensión adyacente a dicha área predeterminada y a lo largo de dicha primera superficie; y
- 65 - determinar segundos datos de distribución para un conjunto extendido de datos de distribución, comprendiendo

dicho conjunto extendido de datos de distribución dichos primeros datos de distribución y dichos datos de distribución adicionales.

5 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichos valores de dicha componente comprendidos en dichos datos adicionales de distribución se establecen para ser monótonamente decrecientes a cero en dicha área de extensión cuando nos alejamos de un límite exterior de dicha área predeterminada, lejos de dicha área predeterminada, hacia un borde exterior de dicha área de extensión.

10 14. Un dispositivo para determinar valores de una componente de campo magnético de un campo magnético vectorial, que comprende:

- un medio para determinar unos primeros datos de distribución comprendiendo valores de dicha componente de campo magnético, para una primera área predeterminada definida a lo largo de una superficie predeterminada,

15 - un medio para determinar unos segundos datos de distribución comprendiendo unos segundos valores de dicha componente de dicho campo magnético para una segunda área predeterminada definida a lo largo de una segunda superficie predeterminada, en el que dichas superficies predeterminadas primera y segunda son paralelas;

20 en el que dichos medios para determinar unos segundos datos de distribución están adaptados para manipular dichos primeros datos de distribución en base a hacer uso de las propiedades físicas intrínsecas de dicho campo magnético, y están adaptados para realizar una transformación de Fourier de dichos primeros datos de distribución, dando como resultado unos datos transformados de Fourier, seguido de realizar una manipulación de datos en dichos datos transformados de Fourier, dando como resultado unos datos manipulados transformados de Fourier, seguido por una transformación inversa de Fourier de dichos datos manipulados transformados de Fourier.

25 15. Un programa de ordenador adaptado para realizar el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 cuando se ejecuta en un ordenador.

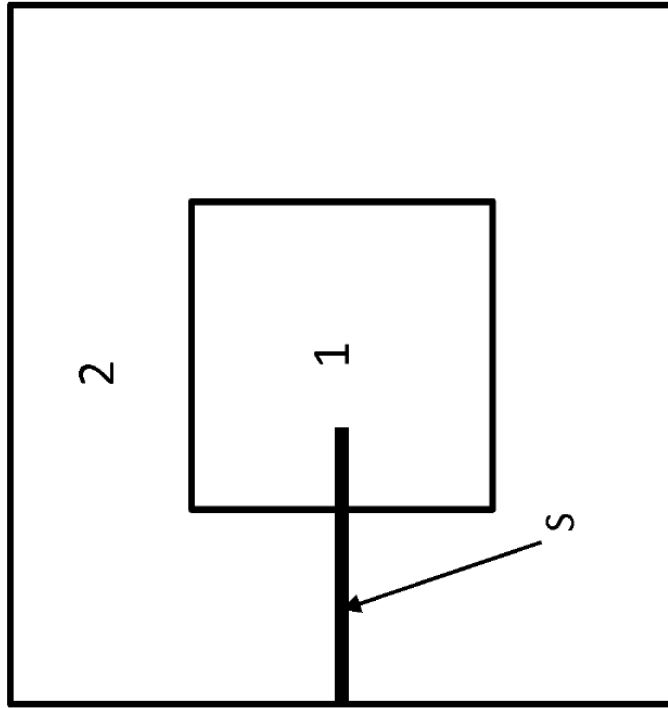


Fig. 1

21	20	21
20	1	20
21	20	21

Fig. 2

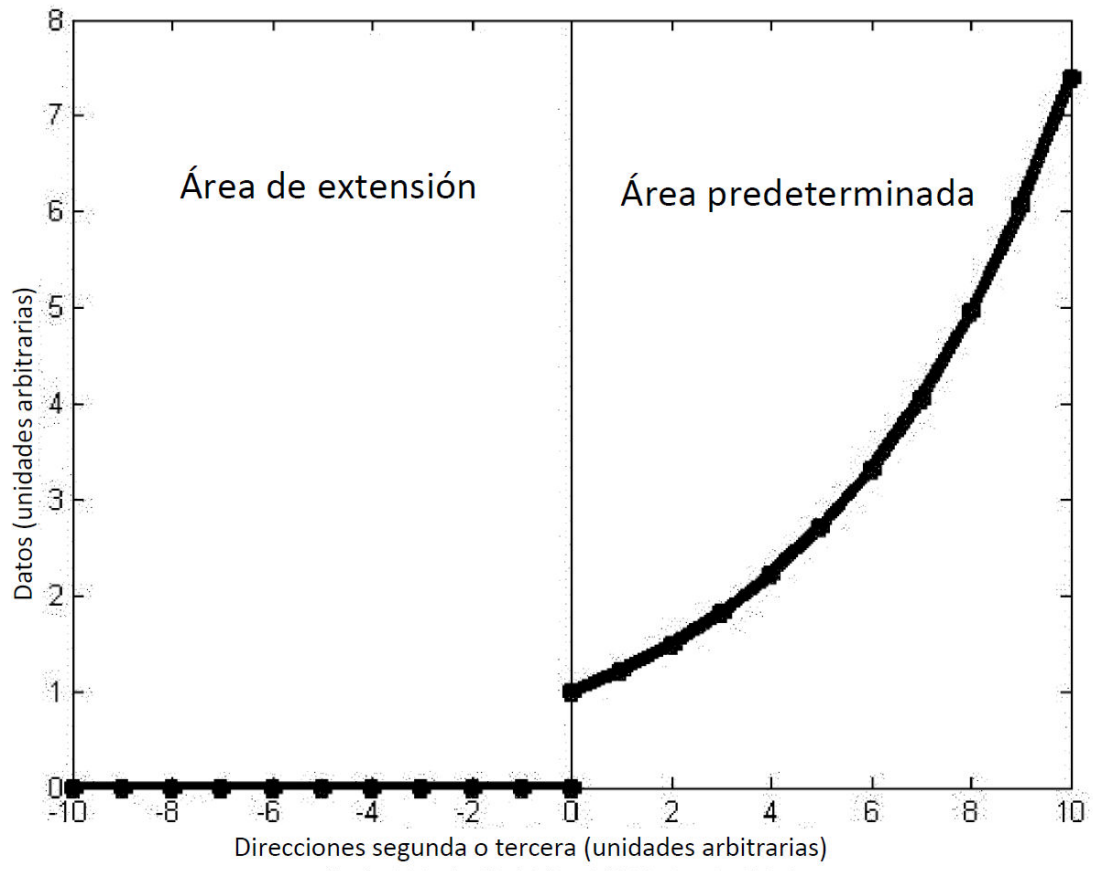


Fig. 3

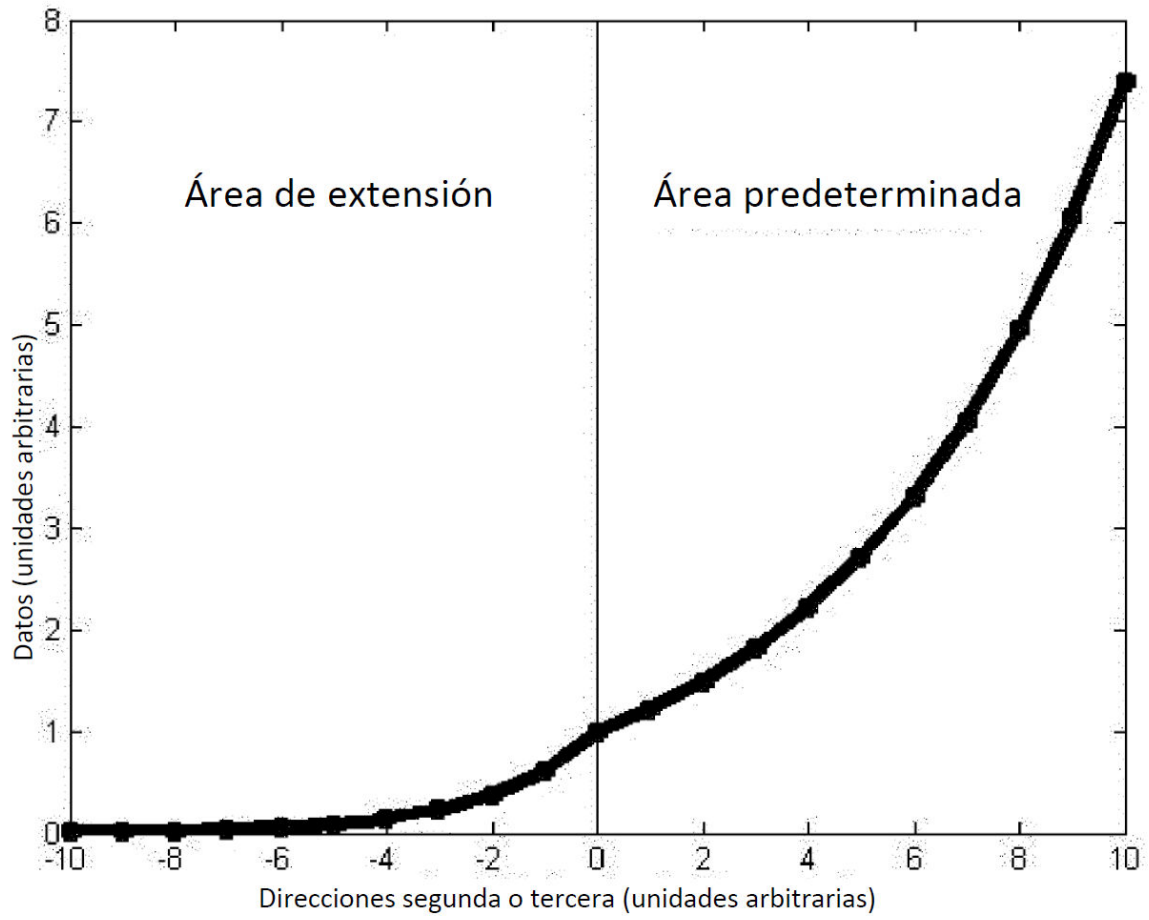


Fig. 4

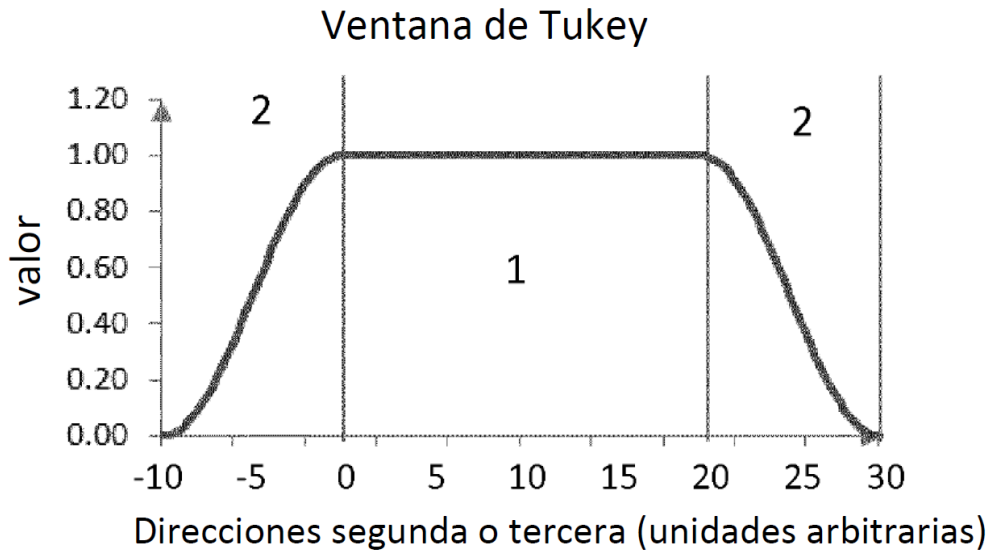


Fig. 5

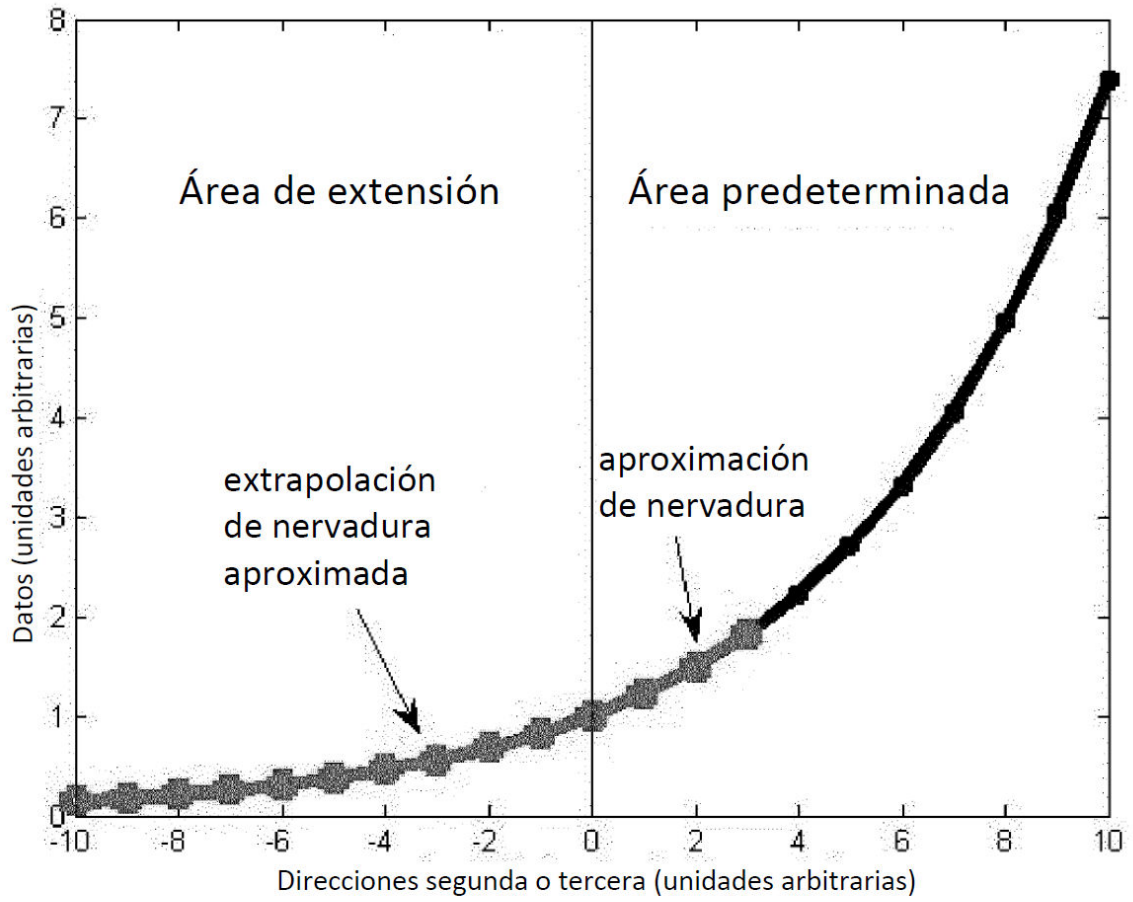


Fig. 6

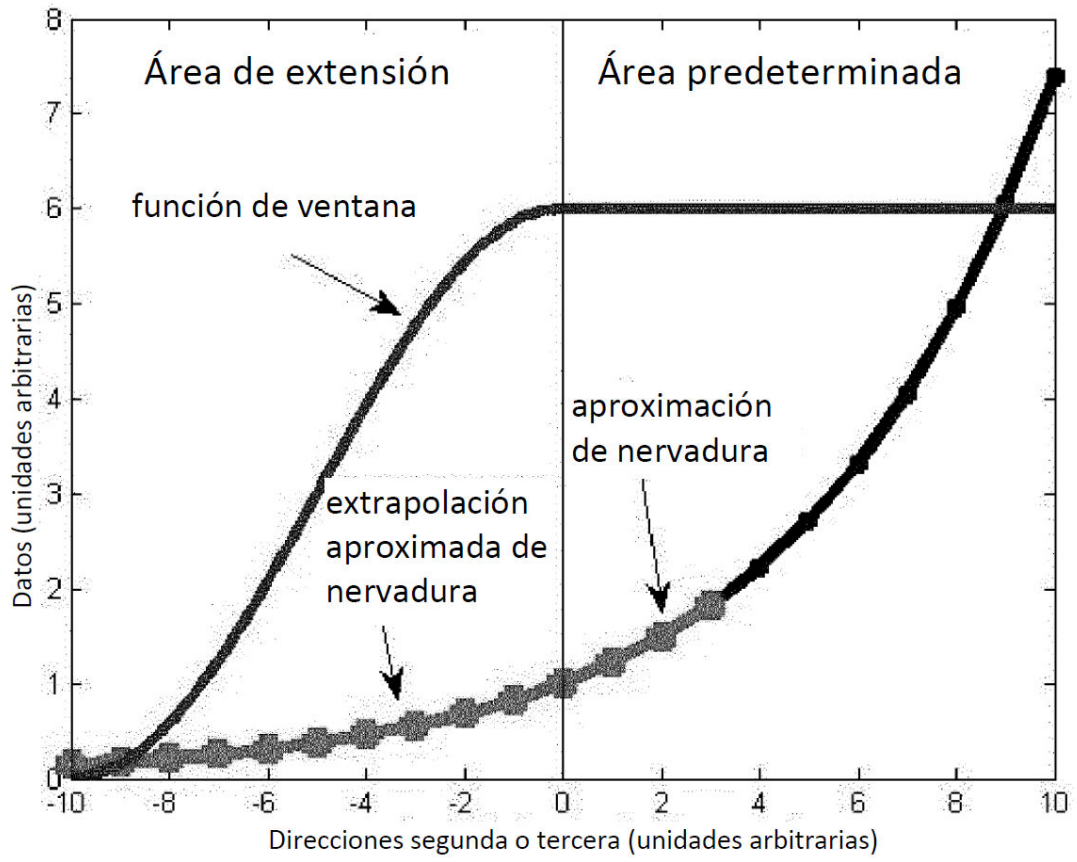


Fig. 7

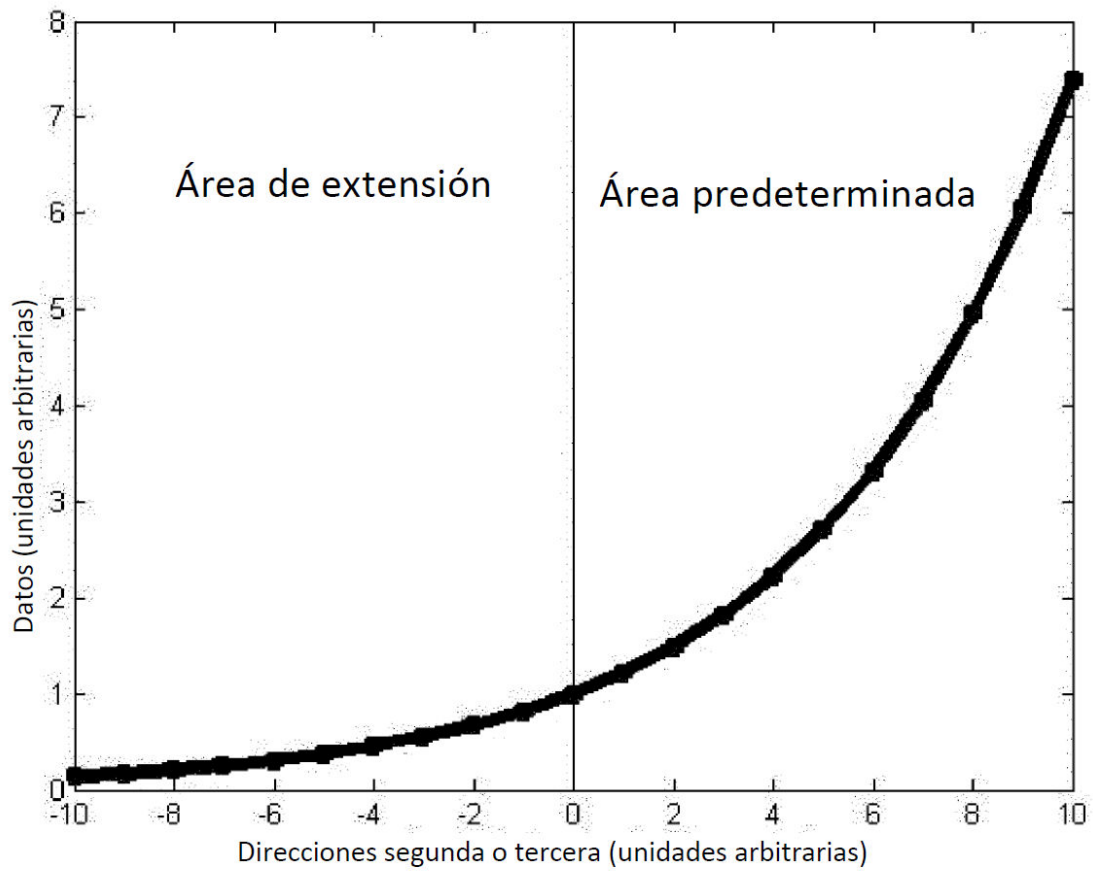


Fig. 8