

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 728**

51 Int. Cl.:

G07D 5/08 (2006.01)

G07D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2009 PCT/US2009/059354**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.04.2010 WO2010040037**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2009 E 09748562 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016 EP 2350986**

54 Título: **Discriminación y evaluación de monedas**

30 Prioridad:

03.10.2008 US 102685 P

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

26.06.2017

73 Titular/es:

**CRANE PAYMENT INNOVATIONS, INC. (100.0%)
3222 Phoenixville Pike, Suite 200
Malvern, PA 19355 , US**

72 Inventor/es:

BAUDAT, GASTON

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 619 728 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

Discriminación y evaluación de monedas

CAMPO DE LA DESCRIPCIÓN

5 La descripción se refiere a un método para modelar la estructura de un artículo monetario. En particular, la descripción se refiere a un método para predecir el comportamiento de un sistema de detección de moneda en relación con la estructura de un artículo monetario probado. La descripción también se refiere a un aparato de detección utilizado para detectar características de un artículo monetario.

ANTECEDENTES

10 Las máquinas para transacciones automatizadas (por ejemplo, máquinas expendedoras, máquinas de juego, cajeros automáticos, etc.) aceptan típicamente artículos monetarios a cambio de bienes y/o servicios. Los artículos monetarios se insertan típicamente en una máquina para transacciones automatizada, y se evalúan por una unidad de autenticación para determinar si son auténticos o no auténticos. En algunas formas monetarias (por ejemplo, billetes) puede haber tintas utilizadas para imprimir imágenes y otras características consideradas necesarias para una autoridad bancaria respectiva. Se sabe que algunas tintas utilizadas para imprimir pueden exhibir propiedades electromagnéticas de tal manera que se puede utilizar un sistema de detección para verificar su presencia o características. Los billetes a veces se fabrican utilizando múltiples capas de diferentes materiales para formar un sustrato. En algunos casos una o más de estas capas exhiben propiedades electromagnéticas de tal manera que se puede utilizar un sistema de detección para verificar su presencia o características.

20 Se pueden fabricar otros artículos monetarios (por ejemplo, monedas o fichas) utilizando al menos un componente o material que exhibe propiedades electromagnéticas. Algunas monedas que circulan actualmente han sido fabricadas utilizando más de un material (por ejemplo, monedas revestidas, monedas plateadas, o monedas bicolors), y en algunos casos al menos uno de los materiales utilizados exhibe propiedades electromagnéticas. En las máquinas para transacciones automatizadas, se puede proporcionar una unidad de detección que es capaz de verificar la presencia o características de un material dado en un artículo monetario. Para los propósitos de la exposición el término "artículo monetario" incluye, pero no está limitado a, billetes de banco, billetes, cupones, papeles de seguridad, cheques, documentos valiosos, monedas, fichas, y fichas de juego.

25 La autenticación de artículos monetarios también puede tener lugar en el equipo de procesamiento utilizado por las instituciones de banca central para su clasificación o evaluación. Este equipo puede incluir una unidad de autenticación configurada para detectar al menos una propiedad electromagnética de un artículo monetario para el propósito de reconocimiento y/o autenticación.

30 El documento GB 2 287 341 A describe un aparato para validar artículos de valor que comprende un circuito de medición que incluye un inductor, cuya impedancia compleja varía de acuerdo con la interacción entre un artículo de valor de prueba y un campo magnético dentro del cual está ubicado el inductor; medios para extraer la primera y segunda señales periódicas del circuito; medios de temporización para temporizar el intervalo entre partes correspondientes de la primera y segunda señales periódicas; y medios de procesamiento para determinar el valor de un parámetro relacionado con al menos una de las partes real e imaginaria, de dicha impedancia compleja, como una medida de la validez de dicho artículo de prueba, a partir de las salidas de los medios de temporización.

RESUMEN

40 La presente invención se refiere a un aparato para evaluar artículos monetarios como se ha definido en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes. Además se ha descrito un método, que no es parte de la invención, el método para predecir la respuesta de un artículo monetario cuando se utiliza un sistema de detección de moneda especificado. Se puede proporcionar un modelo matemático de un artículo monetario y un modelo matemático de un sistema de detección dado de tal manera que para un conjunto especificado de parámetros de un artículo monetario, se puede predecir la respuesta del sistema de detección de moneda especificado.

45 También se describe un método, que no es parte de la invención, el método para determinar una construcción particular de un artículo monetario basándose en respuestas teóricas de tal artículo monetario que es probado con un sistema de detección teórica. En algunas implementaciones, se puede proporcionar un método y sistema para determinar la estructura de un artículo monetario basándose en respuestas teóricas de tal artículo monetario que es evaluado por un sistema de detección teórica y además basándose en un conjunto de artículos monetarios conocidos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

50 La fig. 1 ilustra una máquina de manipulación de monedas que incluye diferentes aspectos de la invención.

La fig. 2 ilustra un sensor 60 y una estructura de artículo monetario 50 que tiene una pluralidad de capas de material de acuerdo con diferentes implementaciones de la descripción.

La fig. 3 ilustra una gráfica de la inductancia diferencial de diferentes artículos monetarios como una función de la frecuencia.

La fig. 4 ilustra una gráfica de la resistencia diferencial de diferentes artículos monetarios como una función de la frecuencia.

5 La fig. 5 es una gráfica de la inductancia diferencial con relación a la frecuencia para variar las condiciones de partida.

La fig. 6 es una gráfica de la inductancia diferencial con relación a la frecuencia que ha sido corregida para diferentes condiciones de partida.

La fig. 7 es un diagrama de flujo de proceso que muestra diferentes operaciones de la descripción.

La fig. 8 es un diagrama de flujo de proceso que muestra diferentes operaciones de la descripción.

10 La fig. 9 es un flujo de proceso que muestra diferentes operaciones de una implementación de la descripción.

La fig. 10 es un flujo de proceso que muestra diferentes operaciones de una implementación de la descripción.

La fig. 11 ilustra una medición de la técnica de clasificación de Análisis de Discriminación Lineal (LDA).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA EXPOSICIÓN

15 En algunas implementaciones se puede proporcionar un método para predecir la respuesta de un sistema de detección de moneda especificado para un conjunto introducido dado de parámetros de un artículo monetario. Más particularmente, se puede construir un artículo monetario utilizando al menos un componente (por ejemplo, capa de material) que exhiba propiedades electromagnéticas. En algunas implementaciones, puede haber un modelo matemático de un artículo monetario tal que se pueda describir al menos un componente de un artículo monetario con relación a sus propiedades electromagnéticas respectivas. Es posible que para un artículo específico monetario pueda haber una pluralidad de componentes (por ejemplo 3 capas) que exhiban propiedades electromagnéticas. Con un artículo monetario que tiene una pluralidad de capas, cada capa puede ser inspeccionada para determinar el grosor y el tipo de material. En algunas implementaciones, la inductancia con relación a la frecuencia se puede utilizar para caracterizar al menos un componente electromagnético presente en un artículo monetario. En algunas implementaciones, un artículo monetario se puede caracterizar por una medición de impedancia compleja (o estimación) con relación a la frecuencia cuando está siendo evaluada (es decir, detectada) por un sistema de detección de Corriente de Impulsos de Eddy (PEC).

20 La fig. 1 muestra una máquina 10 de manipulación de monedas (es decir, máquina para transacciones automatizadas) que incluye un dispositivo de autenticación 20. Se puede insertar un artículo monetario 50 a la máquina 10 de manipulación de monedas y transportarlo al dispositivo de autenticación 20 como es comúnmente conocido en la técnica. El dispositivo de autenticación 20 inspecciona (o detecta) el artículo monetario 50 insertado utilizando un sistema de detección 25. El sistema de detección 25 puede emplear una variedad de técnicas de detección conocidas en la técnica (por ejemplo, utilizar un detector PEC) para obtener información de respuesta (es decir, datos) acerca del artículo monetario 50. En algunas implementaciones, la información de respuesta obtenida por el dispositivo de autenticación 20 se utiliza para caracterizar al menos un componente electromagnético del artículo monetario 50.

30 En algunas implementaciones, la máquina 10 de manipulación de monedas incluye un dispositivo de detección 25 que incluye un sensor PEC 60. El sensor PEC 60 puede estar previsto para incluir una entrada, una bobina 63, un núcleo 65, y una salida como es comúnmente conocido en la técnica. En algunas implementaciones la entrada puede estar configurada para utilizar técnicas de banda ancha para accionar el sensor PEC 60. En otras implementaciones, la entrada puede estar configurada para utilizar otras técnicas (por ejemplo, espectro ensanchado, salto de frecuencia) para accionar el sensor PEC 60.

40 En algunas implementaciones, se puede utilizar la entrada y la salida de la bobina 63 como entrada a un modelo (por ejemplo, Ecuación (A)) para obtener propiedades electromagnéticas de al menos un material (es decir, componente) del artículo monetario 50. Las propiedades del material obtenidas a partir del modelo pueden ser luego utilizadas como entradas a una técnica de clasificación (por ejemplo, Distancia de Mahalanobis, Análisis de Discriminación Lineal, Selección de Vector Característico) para obtener información estadística del artículo monetario 50 relativa al menos a otro artículo monetario (por ejemplo, otras clases, falsificaciones, otras denominaciones). En otras implementaciones, el sistema de detección 25 está previsto de tal manera que se requiere una solución numérica de las ecuaciones de Maxwell con el fin de obtener las propiedades del material del artículo monetario 50. En tales implementaciones, se pueden utilizar las propiedades del material como entradas a una técnica de clasificación o algoritmo (por ejemplo Distancia de Mahalanobis, Análisis de Discriminación Lineal, Selección de Vector Característico).

50 En algunas implementaciones se puede proporcionar un sistema de detección 25 configurado para discriminar y/o clasificar un artículo monetario 50. Un sistema de detección 25 puede estar previsto para incluir una unidad de procesamiento para accionar la entrada y recibir señales en la salida. En algunas implementaciones, el sistema de detección 25 incluye una unidad de memoria acoplada eléctricamente a la unidad de procesamiento. En algunas

implementaciones, la unidad de procesamiento está prevista como un componente del dispositivo de autenticación 20 y acoplada eléctricamente al sistema de detección 25. En otras implementaciones, la unidad de procesamiento está integrada como un componente del sistema de detección 25. Cualquier disposición no pretende ser una limitación del marco de la descripción.

5 La unidad de procesamiento utiliza señales de la entrada y la salida y un modelo especificado (por ejemplo, Ecuación (A)) para calcular las propiedades del material del artículo monetario 50. La unidad de procesamiento puede estar configurada además para utilizar las propiedades del material calculadas del artículo monetario 50 como entradas a un algoritmo de clasificación con el fin de discriminar o clasificar el artículo monetario 50 a partir de al menos otro artículo monetario conocido. Por ejemplo, el dispositivo de autenticación 20, puede estar previsto para aceptar billetes de banco de los E.E.U.U. de 1\$, 5\$, 10\$, y 20\$. En tal implementación, se evalúa el artículo monetario 50 por el dispositivo de autenticación 20 y la unidad de procesamiento puede estar prevista para determinar si el artículo monetario 50 pertenece a una de las denominaciones (es decir, clases) de los E.E.U.U. antes mencionadas. En algunas implementaciones, se pueden utilizar otras clases que incluyen, pero no están limitadas a, genuino, no genuino, adecuado para la circulación, no adecuado para la circulación o cualquier otra clase requerida para la aplicación dada por la unidad de autenticación 20.

Utilizando el ejemplo de un dispositivo de detección 25 configurado para emplear un sensor PEC 60, se puede estimar la estructura de un artículo monetario. La fig. 2 muestra un sensor 60 y un artículo monetario 50 que tiene una pluralidad de capas electromagnéticas. Si el tamaño del sensor 60 es pequeño en comparación al tamaño de un artículo monetario 50, se puede asumir que cada capa es un plano infinito de material, y así se pueden despreciar los efectos de borde de cada capa.

Resolviendo las ecuaciones de Maxwell, se puede crear un modelo particular para un sistema de detección especificado. Por ejemplo, se puede utilizar la impedancia compleja $Z(\omega)$, representada por la ecuación (A).

Ecuación (A):
$$Z(\omega) = j\omega K \int_0^{+\infty} \frac{P^2(r_1, r_2)}{\alpha^5} \left(2L + \frac{1}{\alpha} \left[2e^{-\alpha L} - 2 + A(\alpha) \frac{U_{12}}{U_{22}} \right] \right) d\alpha$$

25 dónde:

1)
$$K = \frac{\pi \mu_0 N^2}{L^2 (r_2 - r_1)^2}$$

2)
$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H/m}$$

3)
$$P(r_1, r_2) = \int_{\alpha_{r_1}}^{\alpha_{r_2}} x J_1(x) dx$$

30 4)
$$A(\alpha) = (e^{-\alpha L} - 1)^2 e^{-2\alpha l}$$

5)
$$\omega = 2\pi f$$

6)
$$H_n = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (1 + \beta_n) e^{(\alpha_{n+1} - \alpha_n) z_n} & (1 - \beta_n) e^{(\alpha_{n+1} + \alpha_n) z_n} \\ (1 - \beta_n) e^{-(\alpha_{n+1} + \alpha_n) z_n} & (1 + \beta_n) e^{-(\alpha_{n+1} - \alpha_n) z_n} \end{bmatrix}$$

7)
$$\beta_n = \frac{\mu_{n+1} \alpha_n}{\mu_n \alpha_{n+1}} \quad \alpha_n = \sqrt{\alpha^2 + j\omega \mu_n \sigma_n}$$

8)
$$U = H_{M-1} H_{M-2} \cdots H_n \cdots H_2 H_1$$

35 Debe comprenderse que para otros tipos de sistema de detección (es decir, configuraciones de sensor), se puede establecer un modelo diferente para resolver las ecuaciones de Maxwell (como se conoce comúnmente en la técnica) dadas las limitaciones particulares de tal sistema de detección (por ejemplo, diferentes geometrías de bobina). Alternativamente, cuando un modelo para resolver las ecuaciones de Maxwell no es práctico, las mismas ecuaciones de Maxwell se pueden resolver numéricamente. En la ecuación (A) $J_1(x)$ es la función de Bessel del primer tipo, primer orden. U_{12} es la primera línea, segunda columna de la matriz U , y U_{22} es su segunda línea, segunda columna y f es la frecuencia. Además, μ_n es la permeabilidad de capa de material $n^{\text{ésimo}}$ [H/m], y σ_n su conductividad asociada [S/m].

Finalmente N es la cantidad de vueltas para el alambre de la bobina.

Si se asume que la primera capa de la ecuación (A) tiene un grosor infinito, se puede pensar que actúa como un espacio medio. Eligiendo $\mu_1 = 1$ y $\sigma_1 = 0$, la primera capa del artículo monetario 50 resulta como el aire. La ecuación (A) es una solución matemática exacta para una bobina de núcleo al aire para el sensor 60. Si la bobina está dentro de un recipiente de ferrita, la ecuación (A) se puede utilizar aún como una buena aproximación, asumiendo que μ_0 y las dimensiones geométricas de la bobina 65 se cambian en consecuencia para adaptarse a la impedancia real de la bobina. Por ejemplo, esto se puede conseguir por prueba y error en una situación conocida hasta que se alcance un buen ajuste.

Utilizando un sistema de detección 25 ejemplar que tiene un sensor 60 (como se ha mostrado en la fig. 2), la aplicación de altas frecuencias al sensor 60 puede dar como resultado que el efecto piel de la bobina 65 resulte significativo y así se puede calcular una corrección de la resistencia del cable de CC para corregir tal efecto como se conoce comúnmente en la técnica. Se pueden aplicar técnicas similares a la capacitancia parásita. Por ejemplo, la capacitancia parásita puede ser modelada como un condensador parasitario paralelo como se conoce comúnmente en la técnicas.

En algunas implementaciones, se puede utilizar la impedancia diferencial $\Delta Z(\omega)$, en lugar de la $Z(\omega)$ absoluta. Tal aproximación se puede utilizar para eliminar el efecto de la resistencia sira y otros factores comunes (por ejemplo, deriva de temperatura). La impedancia diferencial puede estar representada por la ecuación (B).

$$\text{Ecuación (B): } \Delta Z(\omega) = Z_{moneda}(\omega) - Z_{aire}(\omega)$$

En un ejemplo de una implementación, el artículo monetario 50 es una moneda multicapas. En la ecuación (B), $Z_{aire}(\omega)$ corresponde a la situación en la que no hay moneda 50 cerca del sensor 60, mientras $Z_{aire}(\omega)$ corresponde a la situación que tiene una moneda 50 presente. Se calcula $Z_{aire}(\omega)$ justo antes de procesar la moneda 50, por ejemplo como una tarea de procesador de fondo inactivo del sistema de detección 25. En tal ejemplo, $Z_{aire}(\omega)$ es una estimación a la temperatura actual del sistema y de configuración del sistema de detección 25.

Para ilustrar la técnica de la descripción, se describirá ahora un ejemplo. Debe comprenderse sin embargo, que el siguiente ejemplo es una implementación ejemplar, y de ninguna manera pretende limitar el marco de la descripción o las reivindicaciones.

La fig. 3 muestra la salida del sistema de detección 25 que incluye un sensor PEC 60 para cuatro monedas de prueba 50a-d como la impedancia diferencial en relación con la frecuencia. En el ejemplo de moneda, el sensor 60 incluye un núcleo 65 hecho de acero. Las cuatro monedas de prueba son 50a (moneda de una capa de acero), 50b (moneda de una capa de cobre), 50c (20 μm de cobre sobre un núcleo de acero), y 50d (5 μm de cobre sobre un núcleo de acero). La inspección de la fig. 3 muestra que cada moneda 50a-d respectivamente, exhibe impedancias diferenciales similares a frecuencias menores e impedancias marcadamente diferentes para frecuencias superiores.

La impedancia diferencial de la ecuación (B) es una función compleja y por lo tanto se puede dividir en dos términos. En una implementación de la descripción, se puede investigar la impedancia diferencial utilizando una parte inductiva $\Delta L(\omega)$ y una parte resistiva $\Delta R(\omega)$. Cada una puede estar representada por las ecuaciones (C) y (D) respectivamente.

$$\text{Ecuación (C): } \Delta L(\omega) = \frac{\Im\{\Delta Z(\omega)\}}{\omega}$$

$$\text{Ecuación (D): } \Delta R(\omega) = \Re\{\Delta Z(\omega)\}$$

Por ejemplo, cuando no hay artículo monetario 50 (por ejemplo, una moneda de dos capas) en la presencia del sistema de detección 25, $\Delta L(\omega) = \Delta R(\omega) = 0 \quad \forall(\omega) \geq 0$. Cuando un artículo monetario 50 está en la presencia del sistema de detección 25, el sistema resulta no lineal en el que $\Delta L(\omega)$ y $\Delta R(\omega)$ evolucionan con la pulsación de ω . Tal situación es un resultado de las corriente de eddy que se desarrolla dentro de cada material del artículo monetario 50. Por ejemplo, en la fig. 3 que muestra los artículos monetarios 50a-d, puede verse a baja frecuencia una moneda de acero plateada 50a. De manera similar a alta frecuencia monedas de acero plateadas 50c, 50d exhiben una respuesta similar a la moneda sólo de cobre 50b. Otra inspección muestra que existe una región de transición suave, en relación a la frecuencia, de acero a cobre. En la implementación ejemplar anterior, la fig. 3 y la fig. 4 muestran que la transición de una moneda de acero plateada 50c de 20 μm tiene lugar a una frecuencia inferior que la de una moneda de acero plateada de cobre 50d de 5 μm .

En algunas implementaciones, puede ser necesario tener en cuenta la distancia entre el sensor 60 y un artículo monetario 50. Por ejemplo, en el ejemplo descrito y mostrado en la fig. 2, la distancia l_1 es la distancia entre el sensor 60 y un artículo monetario 50 y puede ser denominada como partida como se conoce comúnmente en la técnica. La fig. 5 muestra la inductancia diferencial en relación a la frecuencia para un artículo monetario (por ejemplo, moneda de acero plateada de cobre 50d de 5 μm) con partida variable entre 1 mm y 2 mm. Se puede ver que hay claramente una frecuencia f_0 para la que todas las curvas cruzan cerca del mismo valor de cero. La frecuencia f_0 es una función de un material dado y el grosor de una capa específica. Asumiendo que las inductancias diferenciales $\Delta L(\omega)$ pertenecen a la

misma familia de funciones, y que sólo pueden diferir por un factor, se puede utilizar la Ecuación (E) para corregir la partida.

$$\text{Ecuación (E): } \Delta L_{\text{corregido}}(\omega) = \frac{\Delta L(\omega) - \Delta L(2\pi f_{\theta})}{\Delta L_{\theta}}$$

dónde: dónde ΔL_{θ} podría ser elegido entre diferentes definiciones, tales como:

5 E(a) $\Delta L_{\theta} = \Delta L(\omega_0) - \Delta L(2\pi f_{\theta}) \quad \omega_0 \neq 2\pi f_{\theta}$

E(b) $\Delta L_{\theta} = \frac{1}{\omega_2 - \omega_1} \int_{\omega=\omega_1}^{\omega=\omega_2} [\Delta L(\omega) - \Delta L(2\pi f_{\theta})] d\omega \quad \omega_2 \neq \omega_1$

O la simplificación, para θ pequeña:

E(c) $\Delta L_{\theta} = \frac{1}{\omega_2 - \omega_1} \int_{\omega=\omega_1}^{\omega=\omega_2} \Delta L(\omega) d\omega \quad \omega_2 \neq \omega_1$

10 A partir del conjunto anterior de ecuaciones y definiciones, una versión simplificada de la Ecuación (E) puede ser representada por la ecuación (F).

$$\text{Ecuación (F): } \Delta L_{\text{corregido}}(\omega) = \frac{\Delta L(\omega)(\omega_2 - \omega_1)}{\int_{\omega=\omega_1}^{\omega=\omega_2} \Delta L(\omega) d\omega} \quad \omega_2 \neq \omega_1$$

La fig. 6 muestra los resultados para compensar el factor de partida utilizando la ecuación (E) y la definición E(b).

15 En algunas implementaciones, la estructura de un artículo monetario 50 puede estimarse adicionalmente utilizando técnicas de inversión de Modelo como se conoce comúnmente en la técnica. Aplicar tales técnicas a la ecuación (A) y/o a la ecuación (B) permite la estimación de la estructura de un artículo monetario 50 a partir de datos experimentales. Como un ejemplo, se describirá la inversión de $Z(\omega)$, aunque no se pretende que sea una limitación de la descripción. Por ejemplo, se puede utilizar un proceso similar para $\Delta Z(\omega)$ sin variar el marco de la presente descripción.

20 En el presente ejemplo, se reúnen los datos experimentales de un artículo monetario 50 (por ejemplo, una moneda o un billete de banco) utilizando técnicas de frecuencia de barrido, espectro de dispersión de señal directa, o cualesquiera señales adecuadas. Además, en el ejemplo actual el dominio de frecuencia se focalizará, sin embargo se puede utilizar el mismo procedimiento para el dominio de tiempo que utiliza la Transformada de Fourier inversa. Una vez que se obtienen los datos experimentales para un artículo monetario 50, se puede obtener una estimación de la impedancia de la bobina $\hat{Z}(\omega)$. Esto se puede conseguir utilizando una aproximación no paramétrica tal Transformada de Fourier Rápida (FFT) o por una aproximación paramétrica tal como ARMAX. En el presente ejemplo, la inversión puede ser vista como
25 una regresión no lineal. Con el fin de conseguir esto, se necesita minimizar el riesgo empírico (ecuación (F)) asociado con la función de pérdida puntual (ecuación (G)).

$$\text{Ecuación (F): } L(\vec{\theta}, Z(\omega)) = \left\| \hat{Z}(\omega) - Z(\omega) \right\|^2$$

$$\text{Ecuación (G): } R_{\text{emp}}(\vec{\theta}) = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M L(\hat{Z}(\omega_k), \omega_k, Z(\omega_k), \vec{\theta})$$

30 En las ecuaciones (F) y (G) anteriores, M es la cantidad de muestras y $\vec{\theta}$ es el vector de parámetro, dónde $\vec{\theta}$ reagrupa los valores desconocidos, que pueden ser cada uno características de capa μ_n, σ_n, z_n , así como la partida y geometría de la bobina 65 si no hay disponible conocimiento anterior. Por lo tanto la solución de inversión puede estar representada por la ecuación (H).

$$\text{Ecuación (H): } \min_{\vec{\theta}} R_{\text{emp}}(\vec{\theta})$$

La ecuación (H) es una optimización clásica de (LMS) mínima media cuadrática sin restricciones, sin embargo se pueden utilizar otras técnicas de optimización conocidas en la técnica. Por ejemplo, las técnicas de inversión pueden incluir limitaciones y regularización ya que los problemas de inversión están a menudo mal planteados, especialmente en una condición ruidosa.

- 5 En algunas implementaciones, la clasificación de un artículo monetario se puede hacer utilizando una aproximación más simple de $Z(\omega)$ (o $\Delta Z(\omega)$) que evita la inversión de la ecuación (A). Por ejemplo, se puede utilizar un error de ARMAX o de OE o de cualquier otro modelo conocido para recuperar $\hat{Z}(\omega)$. Aunque los modelos mencionados anteriormente son lineales, aumentando sus órdenes (es decir polos y ceros) pueden adaptarse a funciones más complejas y por lo tanto dan una aproximación razonable de $Z(\omega)$.
- 10 En algunas implementaciones, se pueden utilizar los coeficientes del modelo como entradas para reconocimiento y/o clasificación. En otras implementaciones, se puede utilizar una versión espectral de $\hat{Z}(\omega)$, cualquiera de los modelos anteriores o una FFT. En tales implementaciones, puede ser importante seleccionar las frecuencias más relevantes, para reducir la cantidad de cálculo basándose en los requisitos de rendimiento del dispositivo de autenticación 20 (por ejemplo, tiempo de procesamiento o tasas de aceptación/rechazo).
- 15 En algunas implementaciones de la descripción, se ha proporcionado un método para utilizar técnicas de modelado de un artículo monetario 50 como se ha descrito antes en combinación con el modelado de un sistema de detección 25 electromagnético para predecir la impedancia compleja $Z(\omega)$ y/o la impedancia diferencial $\Delta Z(\omega)$. En tales implementaciones, especificando (o proponiendo) una estructura para un artículo monetario 50 dado (o teórico), se puede estimar una impedancia diferencial teórica $\Delta Z(\omega)$. Utilizando técnicas de modelado de Elemento Finito conocidas,
- 20 se puede estimar la impedancia diferencial $\Delta Z(\omega)$ (o $Z(\omega)$) para cualquier artículo monetario hipotético. En otras implementaciones en las que el sistema de detección 25 está previsto de tal manera que la inversión de modelo no es práctica, se pueden obtener las propiedades del material estimadas a partir de dirigir la resolución de las ecuaciones de Maxwell dadas las limitaciones del sistema de detección 25.

- 25 En algunas implementaciones se puede proporcionar un método de estimar (es decir, predecir) cómo una estructura propuesta o nueva del artículo monetario 50 sería detectada por un sistema de detección 25 específico. Más particularmente, se ha contemplado que utilizando los métodos de la descripción uno podría estimar si una estructura propuesta (por ejemplo, moneda de 5 capas de materiales variables) sería detectada, y por lo tanto clasificada) como un artículo monetario ya conocido (y posiblemente en circulación) o cualquier otra clase de artículo relevante para la aplicación específica de un dispositivo de autenticación 20. Tal análisis puede proporcionar una herramienta útil para
- 30 desarrollar artículos monetarios nuevos de tal manera que se minimiza la probabilidad de que un artículo monetario diseñado recientemente sea clasificado como otro artículo monetario (o como una falsificación conocida).

- La fig. 7 muestra un flujo de proceso para una implementación de la descripción. En la operación 100 se puede seleccionar el número de capas para el artículo monetario 500. Una vez que se selecciona el número de capas 300 del artículo monetario 500, se selecciona el tipo de material 310 para cada capa 300 (es decir, 300a, 300b, ...)
- 35 en la operación 110. Se ha contemplado que se puede proporcionar una lista de referencia de búsqueda (por ejemplo, base de datos) que se puede utilizar o acceder a ella con el fin de identificar propiedades del material relevantes (por ejemplo, μ_n , σ_n , z_n) vistas a partir de la operación 115, aunque esta información se puede identificar manualmente en la operación 110. En algunas implementaciones, la lista de referencia se almacena en la memoria del dispositivo de autenticación 20. El proceso continúa a la operación 120 en la que se selecciona el grosor 320 de cada capa 300 (es decir, 300a, 300b, ...).
- 40 Una vez que se ha establecido la estructura del artículo monetario 500 en las operaciones 110 a 120, se establece una identificación del tipo de sistema de detección 250 en la operación 130. En algunas implementaciones de la descripción, se ha utilizado un único sistema de detección 250 (por ejemplo PEC), sin embargo puede ser una lista de búsqueda, o accesible (por ejemplo, base de datos) de diferentes tipos de sistema de detección electromagnética que se pueden seleccionar en la operación 130.

- 45 Teniendo los parámetros (μ_n , σ_n , z_n) de un artículo monetario 500 hipotético identificados, junto con un sistema de detección 250 específico, se puede calcular una aproximación de una impedancia diferencial $\Delta Z(\omega)$ (o cualquier otro modelo relevante de la descripción) en la operación 140. En algunas implementaciones, el resultado del método de la descripción da como resultado una comparación del artículo monetario 500 hipotético con artículos monetarios conocidos en circulación (o cualquier subconjunto de los mismos) en la operación 150. En algunas implementaciones los resultados
- 50 de salida en un conjunto de coeficientes del modelo utilizado que se puede utilizar con una técnica de clasificación para determinar cómo de bien se puede discriminar el artículo monetario 500 hipotético a partir de artículos monetarios conocidos en la operación opcional 160. En algunas implementaciones, se puede utilizar el conjunto de coeficientes del modelo asociado con un algoritmo de clasificación o función de aptitud (por ejemplo Distancia de Mahalanobis, Selección de Vector Característico, Análisis de Discriminación Lineal, Máquina de Vector de Soporte).

- 55 En otras implementaciones, se ha proporcionado un método para determinar la estructura de un artículo monetario 5000 nuevo basándose en una impedancia diferencial $\Delta Z(\omega)$ (o cualquier otro modelo relevante de la descripción) con un sistema de detección 1250 dado. La fig. 8 muestra un flujo de proceso para tal implementación. En la operación 1000 se puede seleccionar el número de capas para el artículo monetario 5000. En la operación 1100, se puede especificar un rango de grosor 3200 para cada capa del material seleccionado en la operación 1000. Una vez que se selecciona el

número de capas 3000 del artículo monetario 5000, y el rango de grosor 3200 para cada capa 3000 seleccionada en la operación 1100, el proceso continua en la operación 1200. Se ha contemplado que se puede proporcionar una lista de referencia de búsqueda (por ejemplo, base de datos) que se puede utilizar o acceder a ellas con el fin de identificar propiedades del material relevante (por ejemplo, μ_n , σ_n , z_n) vistas a partir de la operación 1150. En la operación 1200, después de la cual se han seleccionado los rangos de grosor 3200 de cada capa 3000 (es decir, 3000a, 3000b, ...), se hace una identificación del tipo de sistema de detección 2500. En algunas implementaciones de la descripción, hay un único sistema de detección 2500 (por ejemplo, PEC) utilizado, sin embargo puede ser una lista de búsqueda, o accesible (por ejemplo, base de datos) de diferentes tipos de sistemas de detección electromagnéticos que pueden ser seleccionados en la operación 1200.

Teniendo los parámetros (μ_n , σ_n , z_n) de un artículo monetario 5000 hipotético identificado, junto con un sistema de detección 2500 específico, se puede calcular al menos una impedancia compleja para las configuraciones posibles del artículo monetario 5000 variando cada parámetro. Se puede emitir una solución propuesta para cada capa de material 3000 basándose en una comparación de al menos una impedancia compleja del artículo monetario 5000 hipotético y de artículos monetarios conocidos en circulación (o cualquier subconjunto de los mismos) en la operación 1400. En otras implementaciones de la descripción el resultado del método de la descripción da como resultado una sugerencia (o guiado) de otros parámetros de artículo monetario que incluyen, pero no están limitados al número de capas de material, tipo de material, y grosor del material. Tal emisión se basa en las limitaciones dadas utilizadas (por ejemplo, sólo 3 capas, o sólo cobre y acero, o cualquier combinación de características estructurales).

En otras implementaciones, las propiedades del material teóricas del artículo monetario (por ejemplo, el artículo monetario 5000) obtenidas a partir de una inversión de modelo se utilizan como entrada a un método o algoritmo de clasificación. Por ejemplo, cuando las propiedades del material se utilizan como entradas a una técnica de clasificación tal como Análisis de Discriminación Lineal, (LDA), se obtiene una separación estadística a partir de al menos otra clase de artículos monetarios. Se pueden utilizar otras técnicas de clasificación que incluyen, pero no están limitadas a, Distancia de Mahalanobis, Máquina de Vector de Soporte, Selección de Vector Característico. Con el fin de determinar la estructura óptima para un artículo monetario, se puede utilizar una técnica de optimización (distancia de gradiente, o un algoritmo genético) para encontrar la separación estadística óptima del artículo monetario 5000 a partir de todos los otros artículos monetarios conocidos (o cualquier subconjunto de los mismos). Por ejemplo, si se utiliza el LDA un eje de discriminación y la distancia entre un artículo monetario 5000 y al menos un artículo monetario conocido (clases), se puede variar al menos una propiedad del material (por ejemplo, grosor del material) del artículo monetario 5000 para determinar que valor de la propiedad del material maximiza la separación estadística del artículo monetario 5000 a partir de los artículos monetarios conocidos respectivos. En tal implementación, se puede obtener una solución para el establecimiento de un artículo monetario 5000 nuevo que tiene al menos una propiedad del material (por ejemplo, grosor de la capa de material) que ha sido optimizada e identificada basándose en encontrar la separación estadística máxima del artículo monetario 5000 a partir de la clase conocida utilizada. Se han mostrado en la fig. 9 implementaciones de un flujo de proceso de la descripción.

La fig. 9 muestra que limitaciones de diseño (por ejemplo, grosor de la capa de material, tipo de material, tamaño del artículo monetario) puede ser variadas con el fin de encontrar la estructura óptima de un artículo monetario 5000. Como un ejemplo de una implementación, se describirá un ciclo a través del proceso (es decir, método) mostrado en la fig. 9. Se establece un conjunto inicial de parámetros de diseño en la operación 800. Para los propósitos del ejemplo actual, los parámetros de diseño fijan el tamaño del artículo monetario (por ejemplo, una longitud y anchura fijas o un diámetro fijo), un rango del número de capas (por ejemplo, 3), un material especificado para cada capa (por ejemplo, acero, níquel, y cobre), y cada capa de material puede variar entre un rango de grosor especificado (por ejemplo, $5\mu\text{m}$ y $20\mu\text{m}$). Los parámetros de diseño seleccionados se utilizan para resolver un modelo de Maxwell 810 (por ejemplo, Ecuación (A)) para generar señales de sensor simuladas para un artículo monetario 5000, que tiene los parámetros de diseño variables como se ha descrito anteriormente. Las señales simuladas de la operación 810 son luego procesadas por una herramienta de extracción 820 característica (por ejemplo, por el procesador 80) para extraer las características predeterminadas (por ejemplo, máximos y/o mínimos). Las características extraídas de la operación 820 se utilizan como entradas a un proceso de reconocimiento 830 (es decir, una función clasificadora o de aptitud). La función de aptitud de la operación 830 puede ser, por ejemplo, un LDA en el que la separación estadística entre un artículo monetario 5000 y al menos un artículo monetario conocido (billete de 5\$) se maximiza (mostrado en la fig. 11). En algunas implementaciones, se puede proporcionar una lista de artículos monetarios conocidos almacenada en la memoria del dispositivo de autenticación 20 o una base de datos suplementaria como se ha mostrado en la fig. 11. Por ejemplo, el valor de aptitud cuando se utiliza un LDA puede ser la suma de los valores de Eigen (es decir, las distancias de LDA) para cada eje del LDA.

En algunas implementaciones la salida de la operación 830 se puede utilizar como una de las entradas a una operación de optimización 840 por ejemplo, empleando un algoritmo de distancia de gradiente. La operación de optimización 840 utiliza como entradas las limitaciones de diseño de la operación 800 y cómo pueden variar, utilizando el modelo de Maxwell en la operación 810, y el factor de aptitud de la operación 830. La operación de optimización 840 encuentra el parámetro de diseño óptimo que da como resultado el mejor factor de aptitud basándose en las limitaciones de todas las entradas a la operación 840. Por ejemplo, cuando se utiliza la distancia de gradiente, el algoritmo utiliza el gradiente para converger en una solución que optimiza el factor de aptitud de la operación 830. En algunas configuraciones puede

haber un máximo local encontrado utilizando la operación de optimización 840 y por lo tanto se pueden incluir otras técnicas de optimización para determinar si el máximo local encontrado es de hecho el máximo verdadero como es comúnmente conocido en la técnica.

5 Se ha contemplado que se puede fijar y/o variar cualquier combinación de parámetros de diseño para establecer un artículo monetario 5000 nuevo como se requiere para una aplicación dada. Por ejemplo, puede haber ciertas limitaciones de diseño que se conocen tales como tolerancias de fabricación, procesamiento de ciertos materiales, y/o costes de fabricación.

10 En otras implementaciones, se puede omitir la operación de optimización 840 de la fig. 11 y por lo tanto una técnica de simulación para un sistema de detección 25 especificado y se puede utilizar un artículo monetario 50 especificado para estimar el comportamiento de una unidad de autenticación 20. Este tipo de implementaciones puede ser útil en el diseño y desarrollo de cualesquiera artículos monetarios nuevos o dispositivos de autenticación 20 nuevos sin embargo esto no pretende limitar la descripción o las reivindicaciones de ninguna manera.

15 En algunas implementaciones, el modelo de Maxwell de la operación 810 requiere una solución numérica directa de las ecuaciones de Maxwell para determinar las señales del sensor 60 simuladas. Tal necesidad surge cuando el modelo deducido de las ecuaciones de Maxwell es de forma abierta y/o dependiendo de la disposición de sensor particular.

20 En algunas implementaciones, se puede proporcionar un método y aparato para clasificar artículos monetarios como se ha mostrado en la fig. 10. Un dispositivo de autenticación 20 incluye un sistema de detección 25 en el que se puede construir un modelo utilizando las ecuaciones de Maxwell mostradas en la operación 910. En algunas implementaciones el modelo para el sistema de detección 25 no tiene una solución de forma cerrada y por lo tanto la operación 910 se puede conseguir resolviendo las ecuaciones de Maxwell. El dispositivo de autenticación 20 incluye una unidad de procesamiento para realizar diferentes cálculos de las operaciones mostradas en la fig. 10.

25 En algunas implementaciones, se inserta un artículo monetario en la máquina 10 de manipulación de monedas y se transporta al dispositivo de autenticación 20. El sistema de detección 25 obtiene información de respuesta del artículo monetario 50 y se obtienen señales correspondientes del sensor 60. Una unidad de autenticación 20, que utiliza el procesador, selecciona un conjunto inicial de parámetros de diseño en la operación 900.

30 El conjunto inicial de parámetros se puede seleccionar aleatoriamente o de una manera predeterminada. Los parámetros de diseño de la operación 900 se utilizan en la operación 910 para producir señales simuladas para un artículo monetario que tiene tales parámetros de diseño. Las señales simuladas de la operación 910 y las señales reales del sensor 60 se proporcionan como entradas a la operación 915 para comparación. Por ejemplo, se puede calcular el error entre las dos señales. La salida de la operación 915 (por ejemplo, error calculado) se proporciona como una entrada a la operación 916 por la que se hace una optimización (por ejemplo, minimización a través de la distancia de gradiente) con el fin de seleccionar parámetros de diseño nuevos (o modificar los iniciales) para que sean entradas a la operación 910. Aunque en algunas implementaciones no hay una inversión matemática existente del modelo de Maxwell de la operación 910, se puede implementar una técnica de recocido para ciclar iterativamente de entre las operaciones 900, 910, 915, y 916 hasta que se alcance un error mínimo deseado (por ejemplo). Los parámetros de diseño de la operación 900 que son seleccionados (o identificados) por la técnica de optimización, son luego utilizados para producir señales simuladas que se han de proporcionar a la operación 920 como entradas. La operación 920 utiliza la extracción característica para seleccionar características predeterminadas a partir de las señales de la operación 910 y proporcionarlas como entradas a la operación 930. La operación 930 es una operación de clasificación a través de la cual se compara el artículo monetario 50 insertado con al menos un artículo monetario conocido para determinar si es un miembro de esa clase. En algunas implementaciones, la operación 930 emplea una técnica de clasificación que incluye, pero no está limitada a, Distancia de Mahalanobis, Análisis de Discriminación Lineal, Máquina de Vector de Soporte, y Selección de Vector Característico. En algunas implementaciones, la operación 930 es un filtro de aptitud. La salida de la operación 930 proporciona un valor de aptitud para utilizar en discriminar entre al menos un artículo monetario conocido y un artículo monetario 50 insertado. Por ejemplo, cuando se utiliza la distancia Mahalanobis, se puede evaluar el artículo monetario insertado por pertenecer a una cierta clase si el valor de aptitud obtenido de la operación 930 cae dentro de un umbral predeterminado.

50

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (20) para evaluar artículos monetarios (50) que comprende:
una unidad de detección (25) configurada para detectar información de respuesta electromagnética a partir de un artículo monetario, incluyendo la unidad de detección un sensor (60) previsto para detectar respuestas electromagnéticas a partir del artículo monetario (50) insertado;
una unidad de procesamiento acoplada eléctricamente al sensor (60) y prevista para procesar información de respuesta recibida desde el sensor (60),
caracterizado por que la unidad de procesamiento está configurada para calcular una estimación de la impedancia compleja del artículo monetario (50) utilizando un modelo matemático del artículo monetario y la unidad de detección (25), y por que la unidad de procesamiento está configurada para caracterizar al menos un componente electromagnético del artículo monetario (50) basándose en la impedancia compleja calculada y clasificar el artículo monetario (50) basándose en parte en el componente electromagnético caracterizado.
2. El aparato de la reivindicación 1, en donde la impedancia compleja es una impedancia compleja como una función de la frecuencia.
3. El aparato de la reivindicación 1, en donde la unidad de detección (25) incluye un sensor (60) de corriente de Eddy pulsatoria.
4. El aparato (20) según la reivindicación 1, en donde el sensor (60) incluye una bobina (63).
5. El aparato (20) según la reivindicación 4 en donde el aparato (20) incluye además un dispositivo de memoria (90).
6. El aparato (20) según la reivindicación 5 en donde el dispositivo de memoria (90) está acoplado eléctricamente a la unidad de procesamiento.
7. El aparato (20) según la reivindicación 6 en donde el artículo monetario (50) está compuesto de al menos dos componentes electromagnéticos.
8. El aparato (20) según la reivindicación 1 en donde el artículo monetario (50) es una moneda.
9. El aparato (20) según la reivindicación 1 en donde el artículo monetario (50) es un documento valioso.
10. El aparato (20) según la reivindicación 1 en donde el modelo matemático del artículo monetario (50) y la unidad de detección (25) se obtienen resolviendo las Ecuaciones de Maxwell.
11. El aparato de la reivindicación 10, en donde las Ecuaciones de Maxwell se resuelven analíticamente.
12. El aparato (20) según la reivindicación 6 en donde la unidad de procesamiento está configurada para clasificar el artículo monetario (50) utilizando una técnica de clasificación seleccionada del grupo que se compone de: Distancia de Mahalanobis, Análisis de Discriminación Lineal, Máquina Vectorial de Soporte y Selección de Vector Característico.
13. El aparato (20) según la reivindicación 6 en donde la unidad de procesamiento calcula un valor de aptitud y calcula además la comparación del valor de aptitud y un umbral predeterminado.

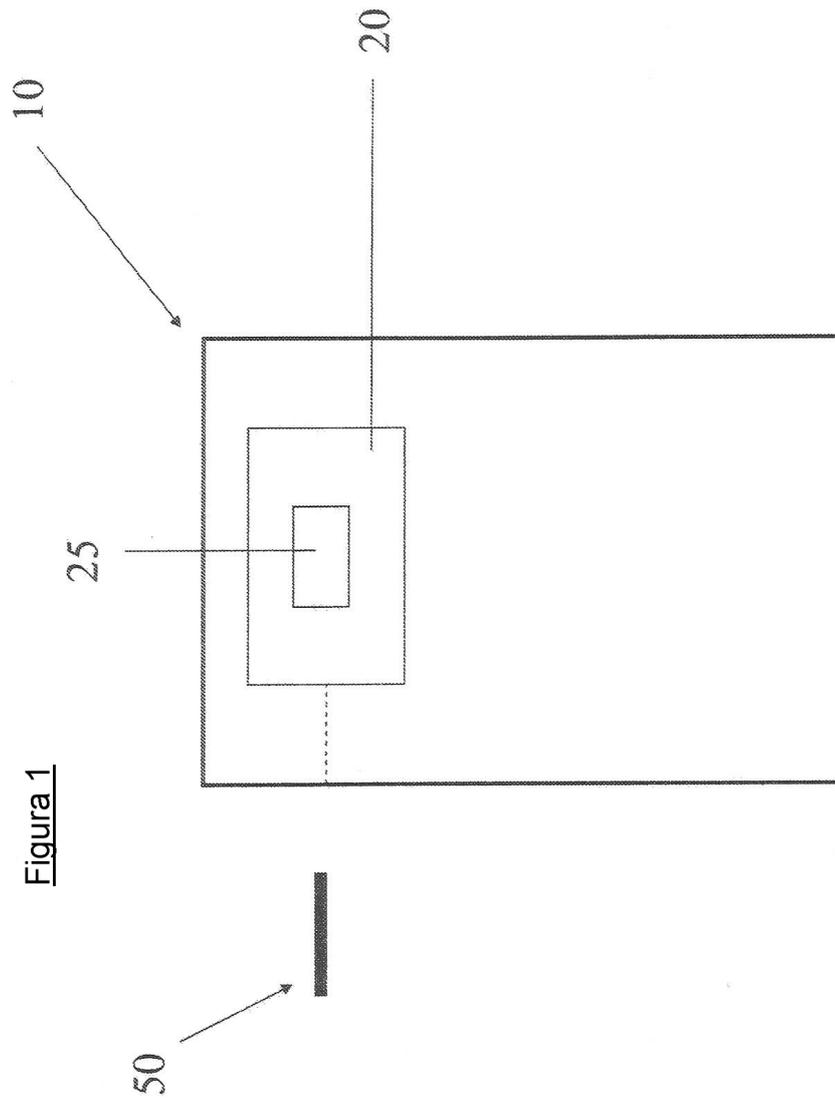


Figure 1

Figura 2

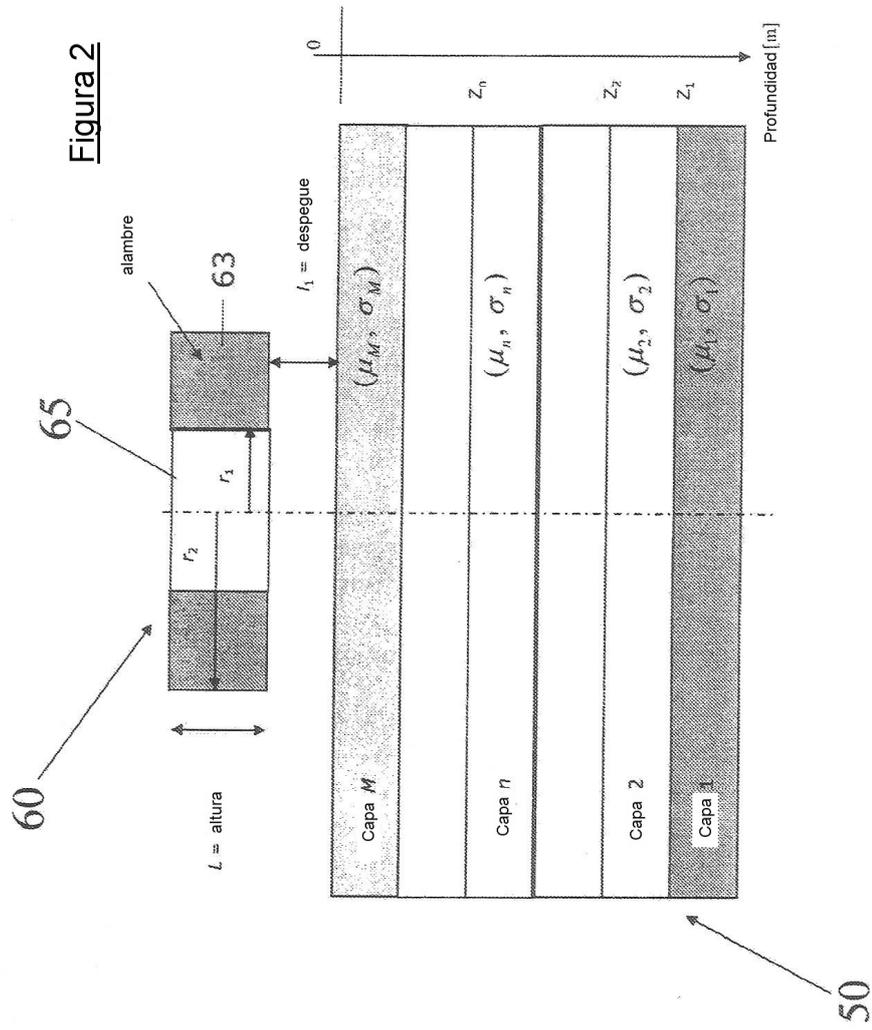


Figura 3

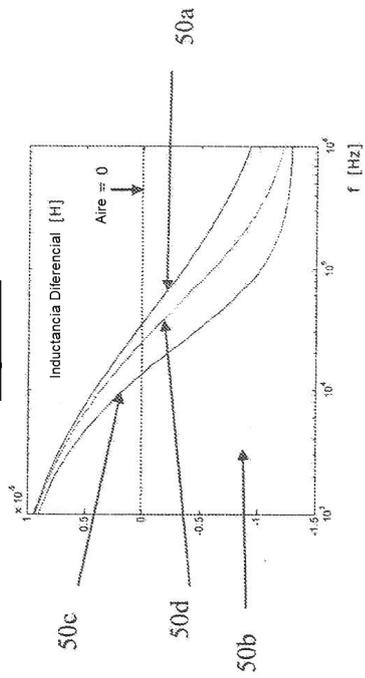


Figura 4

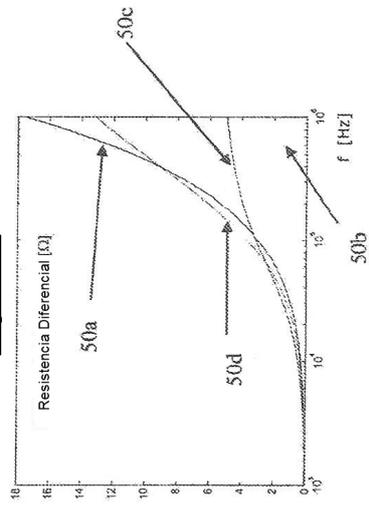


Figura 5

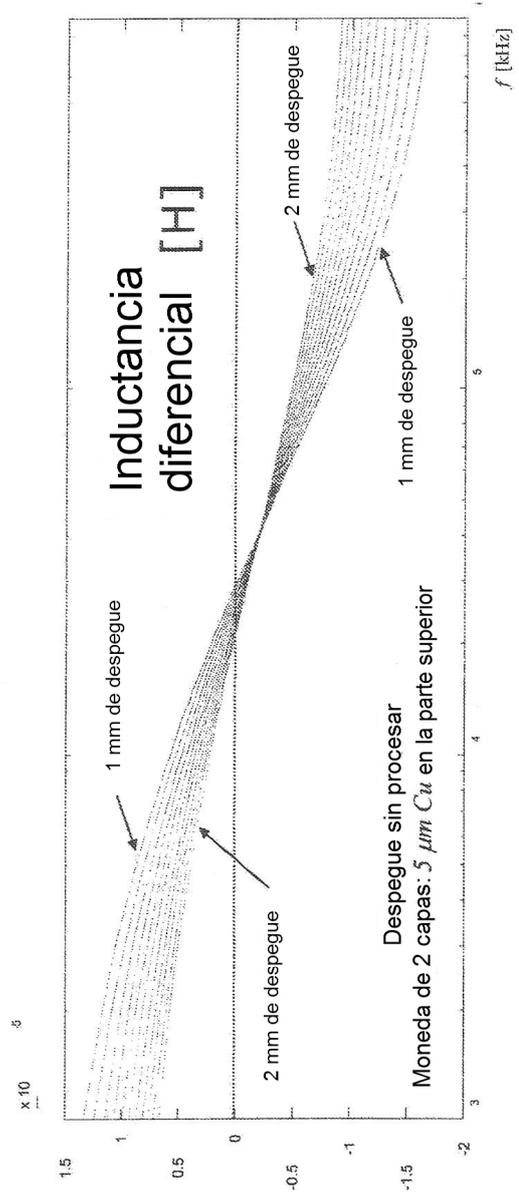
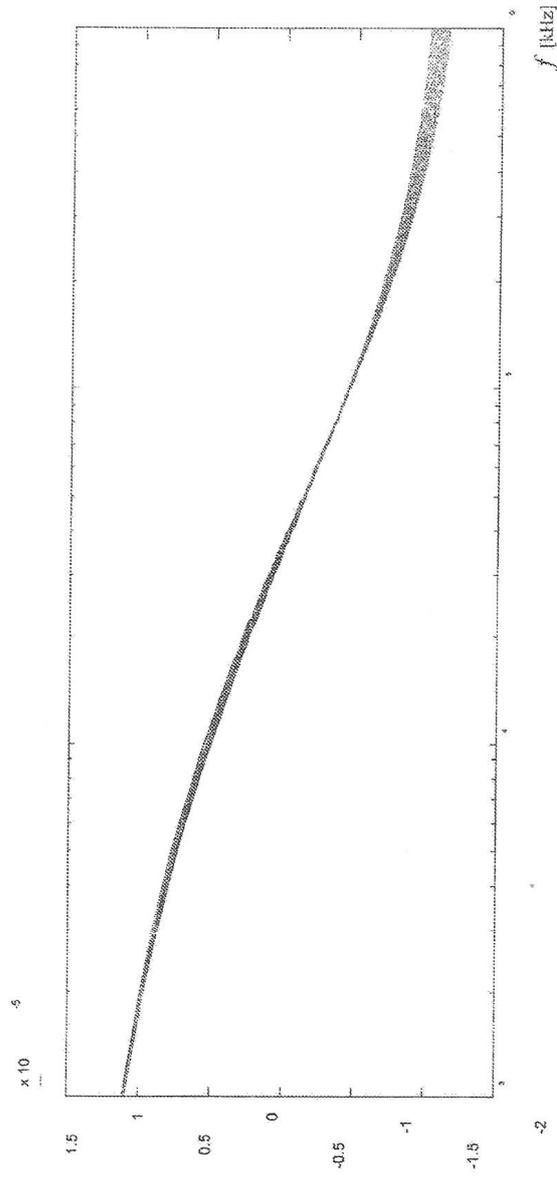
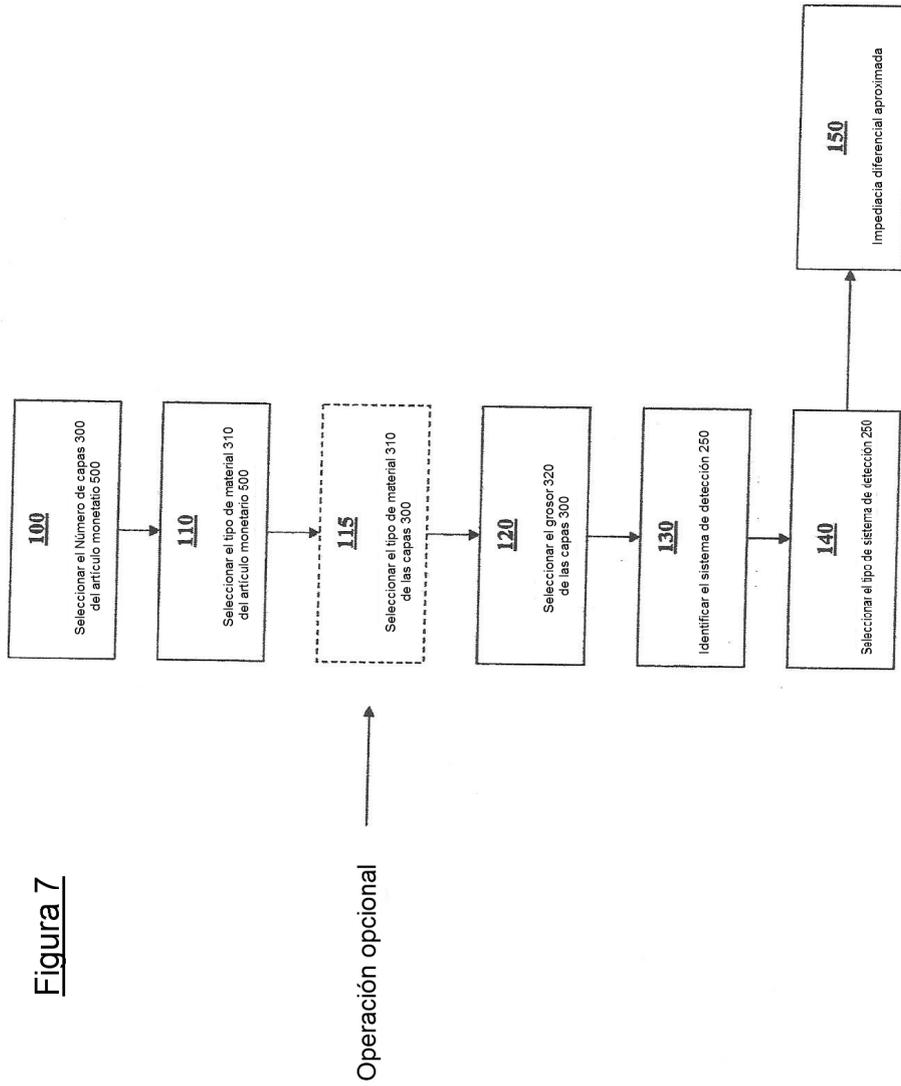


Figura 6





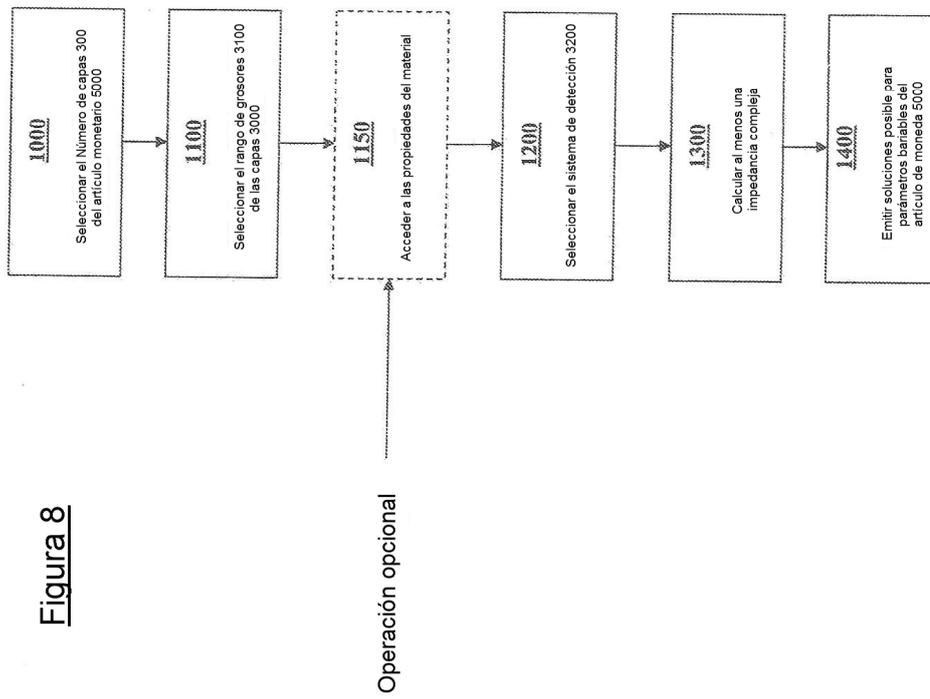


Figura 9

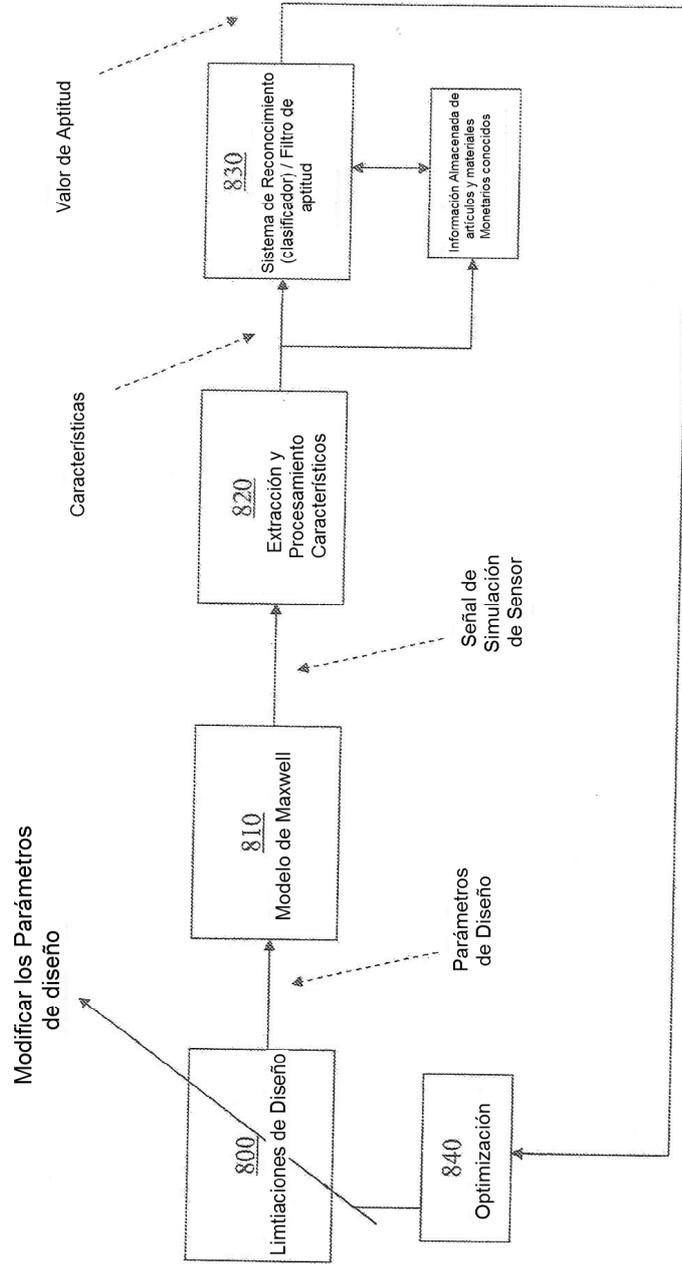
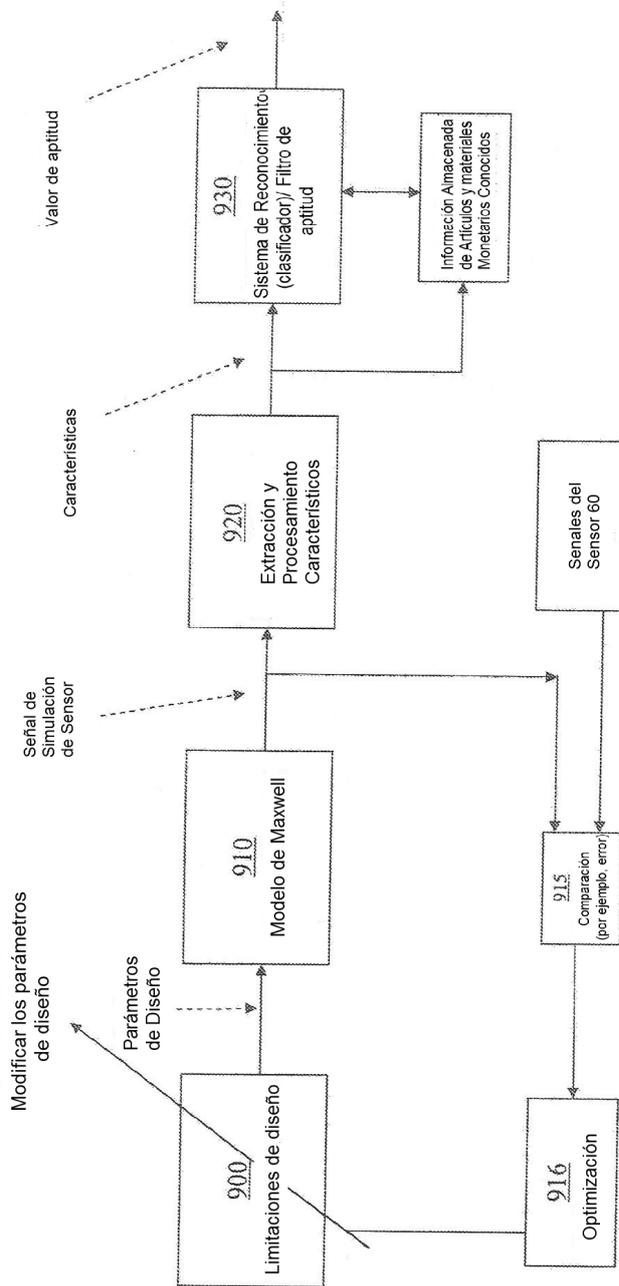


Figura 10



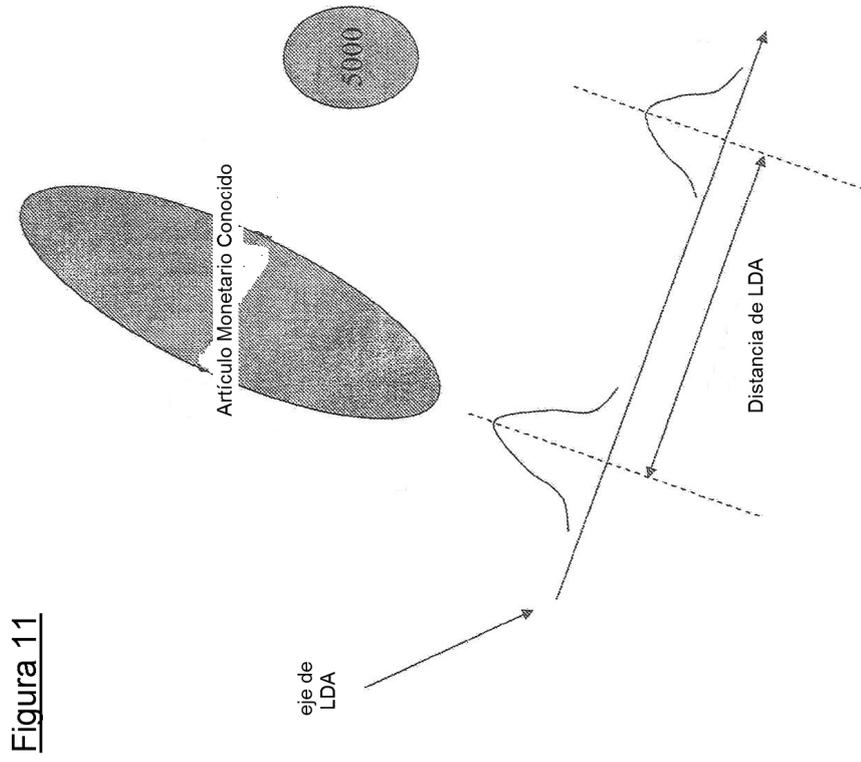


Figura 11