

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 012**

21 Número de solicitud: 201830574

51 Int. Cl.:

**H01M** (2006.01)

**G01R 31/396** (2009.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**13.06.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**23.12.2019**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**28.07.2020**

Fecha de concesión:

**15.09.2020**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**22.09.2020**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A  
DISTANCIA (UNED) (100.0%)  
C/ Bravo Murillo 38 3º Planta  
28015 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**RUBIO GONZÁLEZ, Miguel Ángel y  
URQUÍA MORALEDA, Alfonso**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **DISPOSITIVO DE CONTROL PARA UN SISTEMA ELECTROQUÍMICO**

57 Resumen:

Un dispositivo de control (10) para un sistema electroquímico (20). El dispositivo incluye medios de medición de parámetros eléctricos de una celda electroquímica (7) empleando la señal de ruido electroquímico asociada; también incluye medios de procesamiento para comparar la señal de ruido electroquímico obtenida con una pluralidad de patrones de ruido. Cada patrón de ruido caracteriza un fenómeno que afecta al funcionamiento de la celda electroquímica (7). Los medios de procesamiento pueden determinar, en tiempo real, si sucede un fenómeno que afecta a la celda electroquímica (7) de acuerdo con comparaciones realizadas con patrones de ruido.

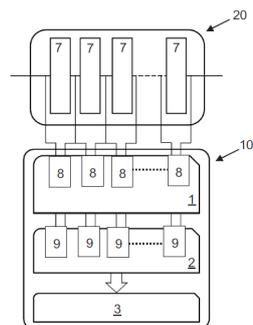


Fig. 4

ES 2 736 012 B2

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

**DESCRIPCIÓN**

**DISPOSITIVO DE CONTROL PARA UN SISTEMA ELECTROQUÍMICO**

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención pertenece al campo de los sistemas electroquímicos. En particular, se refiere a un dispositivo que permite monitorizar el funcionamiento de dichos sistemas.

10

**Antecedentes de la invención**

Los sistemas de análisis de celdas electroquímicas activas (baterías galvánicas, pilas de combustible, baterías de flujo y electrolizadores entre otros) desarrollados hasta la actualidad consisten en sistemas de laboratorio, pesados, caros y con limitación en el conjunto de fenómenos que detectan. Su uso precisa que la celda electroquímica detenga su funcionamiento para realizar las mediciones necesarias. En muchos de los sistemas, los fenómenos detectados se caracterizan por una caída significativa del rendimiento, cuando el deterioro producido en la celda es irreversible.

15

Los sistemas desarrollados conocidos tienen déficits en flexibilidad de operación, debido a la limitación en el conjunto de fenómenos identificables.

20

El más común y versátil de los sistemas empleados para la identificación es el analizador de Espectroscopía de Impedancia Eléctrica (EIE). Mediante este sistema es posible identificar fenómenos asociados a la variación en la impedancia eléctrica de la celda. El sistema de análisis de EIE inyecta a la celda señales eléctricas de una sola frecuencia cada vez y barriendo todo el rango que se desea analizar. Este proceso puede ser especialmente largo si se desea estudiar la impedancia en bajas frecuencias.

25

Otro dispositivo comúnmente empleado para el estudio de las celdas electroquímicas son los equipos de voltametría cíclica (VC). Al igual que los equipos EIE, los dispositivos VC son pesados, caros y obligan a tener que parar la operación de las celdas.

30

Por tanto, sería deseable disponer de un dispositivo que permita analizar el funcionamiento de un sistema electroquímico en tiempo real sin detenerlo.

35

**Breve descripción de la invención**

La presente invención se refiere a un dispositivo basado en el análisis del ruido electroquímico (ARE) como define la reivindicación 1. El dispositivo propuesto permite  
5 identificar fenómenos que afectan a la celda electroquímica a través de la variación en la amplitud del ruido electroquímico en diferentes bandas de frecuencia. Es posible determinar incluso, si sucede un fenómeno perjudicial para la celda, mientras está en funcionamiento.

En el presente documento, un sistema electroquímico es cualquier sistema en el que  
10 intervenga una o más celdas electroquímicas. Por celda electroquímica se entiende cualquier dispositivo que produzca una conversión entre energía química y energía eléctrica.

Es un objeto de la invención, identificar tempranamente fenómenos que pueden afectar al funcionamiento del sistema electroquímico antes de que se produzcan daños  
15 irreversibles o al menos minimizando su efecto.

Es también un objeto de la invención identificar puntos de operación del sistema sin necesidad de instrumentación adicional.

Es otro objeto de la invención implementar la invención en un dispositivo portátil y de bajo coste.

20 El ruido electroquímico se caracteriza por ser una señal de muy pequeña amplitud (del orden de  $\mu\text{V}$ ) superpuesta al voltaje de operación de la celda electroquímica (si la celda funciona en modo galvanostático, corriente constante). De forma análoga, el ruido electroquímico se manifiesta con una señal de pequeña amplitud de corriente (si la celda funciona en modo potencioestático, voltaje constante).

25 En ambos casos, se ha comprobado que el ruido electroquímico es sensible al estado de la celda y muestra características particulares en función de diferentes fenómenos que afectan a la operación de la celda electroquímica.

De esta forma, la invención plantea que es posible identificar diversos fenómenos que afectan a la celda electroquímica analizando las distintas componentes de frecuencia  
30 del ruido electroquímico.

Fenómenos no operacionales:

- Envenenamiento de catalizador y del electrolito por la exposición a agentes externos o internos de la celda.

- Pérdida de conductividad debido a deformaciones de los componentes mecánicos, la  
35 rotura parcial o total del electrolito o la corrosión de partes metálicas conductoras.

- Cambio de las propiedades físico-químicas de los componentes por presión y flujo elevados, y temperatura extremas (alta o muy baja).

- Degradación de elementos de la celda debido a su uso, como conductividad de polímeros o pérdida de masa de catalizador por arrastre.
- Traspaso de especies entre ánodo y cátodo, sin mediar la reacción electroquímica.

Fenómenos operacionales:

- 5 - Presión, flujo, humedad de entrada, temperatura, corriente (o voltaje), entre otros:
- Falta de combustible, humidificación inadecuada o cualquier operación con una configuración de funcionamiento que provoque un comportamiento de la celda alejado de su operación óptima (provocando el elevado sobrepotencial).
- Parámetros de operación de la celda que modifican el funcionamiento de la celda,  
10 pero produce un comportamiento de la celda cercano al rango de operación óptima (provocando el pequeño sobrepotencial), no produciendo daños irreversibles en sus componentes.

La invención, para lograr identificar aquellos fenómenos que puedan afectar a la celda electroquímica, asocia cada fenómeno con un patrón específico que lo hace  
15 diferenciable de otras causas.

La técnica preferiblemente empleada para clasificar estos patrones son las redes neuronales artificiales, no obstante, la tarea de clasificación debe ser realizada por otros algoritmos de clasificación supervisada, como pueden ser las máquinas de vectores de soporte, clasificador ingenuo de Bayes y el análisis discriminante lineal,  
20 entre otros. Las ventajas de las redes neuronales son una elevada flexibilidad y robustez, y su capacidad para encontrar soluciones a problemas no lineales. También, la sencilla implementación de la red entrenada en un sistema de toma de decisiones y su ejecución con pequeño coste computacional.

Como se mencionó anteriormente, la invención puede ser implementada  
25 ventajosamente en un dispositivo portátil, ya que no requiere el uso de electrónica de potencia ni cargas eléctricas. Se consigue también que la invención pueda emplearse en funcionamiento de la celda, dado que el ruido electroquímico está superpuesto al voltaje de la celda, a diferencia de otras propuestas del estado de la técnica.

Ventajosamente, realizaciones del dispositivo objeto de la invención pueden ser  
30 fabricadas con menores costes económicos.

### **Breve descripción de las figuras**

FIG. 1 muestra varios componentes de una realización del dispositivo de control.

35 FIG. 2 muestra un ejemplo de etapa de entrenamiento para la identificación de fenómenos que afectan al funcionamiento de la celda.

FIG. 3 muestra un ejemplo de etapa de operación para la identificación de fenómenos que afectan al funcionamiento de la celda.

FIG. 4 es un esquema de una realización del dispositivo de control multicanal.

FIG. 5 muestra la señal adquirida por la tarjeta de adquisición de datos para tres  
5 fenómenos distintos.

FIG. 6 muestra la descomposición en frecuencias mediante FFT, realizado por el analizador de señales de un experimento de cada uno de los fenómenos analizados.

FIG. 7 muestra la señal adquirida por la tarjeta de adquisición cuando se produce el fenómeno 2 y el instante de tiempo cuando es identificado.

10 FIG. 8 es un ejemplo de red neuronal.

### **Descripción detallada de la invención**

Con referencia a las figuras anteriores, se describen varias realizaciones del dispositivo objeto de la invención.

15

En la FIG. 1, se ilustran esquemáticamente varios componentes de una realización. En concreto, se muestra una tarjeta de adquisición de datos **1** de alta precisión (para medir la amplitud del ruido). El elemento fundamental de la tarjeta de adquisición de datos **1** es el conversor analógico-digital, que permite convertir la señal analógica en una señal digital. Se incluye un analizador digital de señales **2** para calcular la  
20 componente frecuencial de ruido, por ejemplo, mediante análisis de Fourier o Wavelets a tiempo real. Un procesador de datos **3** para clasificar el fenómeno producido (por ejemplo, clasificación mediante red neuronal ya entrenada), monitorizar y mandar las señales de control y alerta.

25

Preferiblemente, la tarjeta de adquisición de datos **1** debe convertir la señal analógica del voltaje de la celda en una señal digital con una resolución de  $<10\mu\text{V}$  sobre señal de 2.5V de amplitud máxima (este voltaje podría ser superior si la celda electroquímica **7** a estudiar tiene un voltaje de operación superior). Esto implica el empleo de una resolución igual o superior a 18 bits.

30

Es posible, con el objetivo de abaratar costes, emplear tarjetas de adquisición con menor número de bits, empleando la técnica de sobremuestreo o *sobresampleo* (oversampling). El coste de las tarjetas se incrementa con el número de bits de resolución de la señal. La frecuencia de muestreo necesaria para analizar el ruido electroquímico es muy baja comparado con la frecuencia de muestreo que puede ser  
35 empleada en tarjetas de adquisición de bajo coste (habitualmente del orden 100KHz).

Para realizar sobremuestreo es preciso emplear una frecuencia de muestreo superior a

la frecuencia más alta que se desea analizar. De esta manera, es posible obtener bits adicionales de resolución según la siguiente expresión:

$$N f_s = 2^{2n}$$

Es decir,  $N$  veces la frecuencia de muestreo es igual a 2 elevado a 2 veces el número  $n$  de bits adicionales.

Por ejemplo, en el caso de emplear una frecuencia de muestreo original de 10KHz y 16 bits de resolución, para obtener 3 bits adicionales de resolución, se puede emplear una frecuencia de muestreo de  $2^{2 \cdot 3} = 32$  veces la frecuencia de muestreo original, esto es 320KHz. Posteriormente la frecuencia de la señal se reduce, promediando los valores intermedios. En el caso del ejemplo, la señal del ruido electroquímico se reduce en tamaño de nuevo, reduciendo su frecuencia a 10 KHz, donde cada punto de la señal se promedia con los 32 puntos adyacentes de la señal muestreada a 320KHz. En el caso de realizar sobremuestreo, esta tarea será realizada por el analizador de señales **2** de forma previa a la descomposición de la señal en frecuencias.

La frecuencia de adquisición de la tarjeta de adquisición de datos **1** puede ser inferior a 10KHz, ya que los fenómenos de interés en las celdas **7** se manifiestan en frecuencias inferiores a 5KHz (la mitad de 10KHz, frecuencia de muestreo de Nyquist). La gran cantidad de información adquirida por la tarjeta de adquisición **1** debe procesarse a tiempo real por un procesador **3**. El procesador ejecuta una serie de pasos entre los que se incluye un algoritmo para calcular FFT (Fast Fourier Transform) con ventana temporal o de wavelets a tiempo real. El analizador de señales digitales **2** procesa la señal y puede ser implementado en particular mediante un DSP (Digital Signal Processor) o una FPGA (Field Programmable Gate Array), ya que son dispositivos dedicados, adecuados para el procesamiento de señales en tiempo real. El uso de procesadores ARM (Advanced RISC Machine) está limitada a la capacidad de proceso de estos dispositivos.

La descomposición en frecuencias de la señal de ruido realizada por el analizador de señales **2** debe ser procesada por un procesador de datos **3** que realice una clasificación de los fenómenos producidos y que realice tareas de control del proceso completo. El proceso de clasificación y generación de señal de control no tiene un elevado coste computacional. Por esta razón, es suficiente emplear un dispositivo ARM de bajo coste.

En la FIG. 2 se muestran el *modo entrenamiento* en el dispositivo, este modo que incluye dos etapas diferenciadas. Una primera etapa de adquisición **31** y otra etapa de entrenamiento **32**.

En la primera etapa de adquisición **31** se reproduce aquel fenómeno **9** (e.g. fallo) que se desea clasificar, para ello se lleva a cabo la obtención de la señal de ruido electroquímico con una tarjeta de adquisición de datos **1**, la posterior descomposición en componentes frecuenciales (frecuencias y amplitudes) con el analizador de señal **2**  
5 y su almacenamiento en un registro **3** que contiene la información generada tras reproducir dicho fenómeno **9**. Estos pasos se deben repetir para cada uno de los fenómenos que se desea identificar.

Una etapa de entrenamiento **32** de una red neuronal **5** implementada con un procesador **2**. En esta etapa se agrupan todos los registros **3** en una memoria **4** con  
10 los datos previamente almacenados de los diversos fenómenos **9** reproducidos durante la etapa de adquisición de datos **31**. La segunda etapa de entrenamiento **32** se realiza por tanto con la red neuronal **5** y con los datos almacenados en la memoria **4** obtenidos en la fase anterior **31**. De aquí se obtiene finalmente una red neuronal **5** ya entrenada que permite clasificar adecuadamente distintos tipos de fenómenos **9**  
15 que suceden en la celda electroquímica **7**.

Opcionalmente, se pueden incorporar otras señales como el voltaje y la corriente de la celda a los datos almacenados en la memoria **4**, para mejorar el entrenamiento de la red neuronal **5**.

En la FIG. 3 se muestra el dispositivo en *modo operación* para el diagnóstico de fallos. Una vez que la red neuronal **5** está debidamente entrenada, se adquiere la señal de la celda **7**, la descompone en frecuencias y realiza la clasificación del fenómeno producido. El resultado de la clasificación se puede emplear en un sistema de toma de decisión que realiza las operaciones oportunas dependiendo del fenómeno **9**  
20 identificado. Por ejemplo, el sistema de toma de decisión puede ordenar el apagado del sistema electroquímico si encuentra un fallo peligroso o notificar con un aviso que alguno de los componentes del sistema electroquímico requiere mantenimiento.  
25

En la FIG. 4 se muestra un esquema multicanal. Dado que muchos sistemas electroquímicos comerciales están formados por varias celdas electroquímicas **7** en serie para aumentar el voltaje de operación, algunas realizaciones del dispositivo objeto de esta invención pueden incluir varios canales **8** iguales como número de celdas **7** haya en el sistema electroquímico a controlar. El dispositivo de control trabaja con las señales en paralelo a través de unos primeros canales **8** de la tarjeta de adquisición de datos **1** y en unos segundos canales **9** del analizador de señales **2**. El procesador de datos **3** dado que la señal ya está comprimida al realizar una  
30  
35

descomposición en frecuencias, no precisa un ancho banda de señal tan grande y puede emplear comunicación en serie.

Opcionalmente, con el objetivo de abaratar costes, es posible emplear la técnica de multiplexado por división del tiempo, TDM (Time Division Multiplexing), utilizando una  
5 única tarjeta de adquisición de datos **1** de un solo canal **8**, para varias celdas de electroquímicas **7**.

### Ejemplo de funcionamiento

10 Para ejemplificar el uso del dispositivo se muestra el procedimiento completo para realizar la identificación de tres fenómenos distintos, empleando el algoritmo FFT para realizar la descomposición frecuencial.

#### *Modo entrenamiento*

15

En la celda se provoca el primer fenómeno **9** a estudiar. La tarjeta de adquisición de datos **1** obtiene la señal de voltaje. Esta tarea se realiza para cada uno de los fenómenos **9** (fenómenos A, B, C), así se obtienen las señales de ruido correspondientes, tal y como se muestran en la FIG. 5. Las señales de ruido de  
20 entrenamiento en este ejemplo de una duración de 300 segundos, obtenida por la tarjeta de adquisición **1**, de cada uno de los fenómenos, es troceado en ventanas de 3 segundos, llamados en este documento experimentos, obteniendo un total de 100 experimentos por cada fenómeno distinto. Todas estas señales de ruido son enviadas al analizador de señales **2**.

25

En la FIG. 5 se muestra el experimento 51 del primer fenómeno. El analizador de señales **2** descompone las señales de ruido de cada experimento en sus componentes frecuenciales.

30 En la FIG. 6 se muestra la descomposición en frecuencias de una señal de ruido de un experimento para cada tipo de fenómeno. En este ejemplo, se emplea FFT para realizar la descomposición frecuencial de la señal.

En la FIG. 8 se muestran las entradas **11** a la capa oculta **12** de la red neuronal **5**, que  
35 en este caso son las amplitudes de la FFT de la señal de ruido en las frecuencias 0.33, 0.5, 0.83, 1.42, 2, 3.33, 5, 10, 25, 33.33, 50, 66.66, 125 Hz de cada experimento **9**. Las salidas **13** de la red neuronal **5**, tal y como se muestra en esta FIG. 8, corresponden

en este caso a la salida binaria de los tres estados a clasificar. El valor "1" en una de las salidas **13** de la red neuronal **5**, indica que las entradas **11** corresponden con el patrón de frecuencias del ruido cuando se ha producido dicho fenómeno. El valor "0" en la salida de un fenómeno **9** indica que las entradas de la red no corresponden a la señal de ruido asociada a dicho el fenómeno **9**. Opcionalmente, se pueden emplear como entradas **11** a la red neuronal **5** valores promedios de la amplitud de la FFT en bandas de frecuencia.

El entrenamiento de la red neuronal **5** emplea un conjunto de señales de ruido de todos los experimentos de todos los fenómenos **9** para realizar el ajuste de la red neuronal **5** y otro conjunto distinto, para realizar la validación del ajuste. En este caso, se selecciona el 50% de experimentos seleccionados al azar de los 300 totales para realizar el proceso de ajuste de la red neuronal **5** (150 experimentos) y el otro 50% para realizar el proceso de validación (150 experimentos).

Si la validación muestra un acierto de la clasificación que se considera adecuado, la red neuronal está correctamente entrenada. La red neuronal **5** en el modo de entrenamiento modifica los parámetros internos de la red en función de las entradas **11** y de las salidas **13**. Una vez entrenada la red neuronal **5**, los parámetros de la red **5** se mantienen fijos para ser empleados en el modo operación.

Mencionar que la red neuronal **5**, así como cualquier otro procedimiento de clasificación, mejora su capacidad de clasificación cuanto mayor sea el número de experimentos usados para su entrenamiento.

#### *Modo operación*

Una vez se ha realizado el entrenamiento de la red neuronal, la tarjeta de adquisición de datos obtiene datos durante 3 segundos que son enviadas al analizador de señales **2** para su descomposición en sus componentes frecuenciales. Las frecuencias analizadas obtenidas en el paso anterior deben ser las mismas que las componentes frecuenciales que han sido empleadas como entradas en el modo de entrenamiento de la red neuronal **5**.

Si cualquiera de los tres fenómenos ocurre, la salida de la red neuronal **5** entrenada en el modo entrenamiento indicará que el fenómeno **9** que indica la salida de la red se ha producido. La estructura de la red neuronal **5** en el modo entrenamiento y en el modo de operación es la misma, tal y como se puede ver en la FIG. 8.

Si por ejemplo, el fenómeno B ocurre en un instante de tiempo, como se puede observar en la FIG. 7, los datos adquiridos por la tarjeta de adquisición **1** del siguiente experimento después de haberse producido el fenómeno B, produce una variación en

las componentes frecuenciales de la señal (realizado por el analizador de señales **2**), que después de ser enviadas a la red neuronal **5**, indicará que el fenómeno B se ha producido.

5

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de control (10) para un sistema electroquímico (20) que comprende:
- medios de medición de parámetros eléctricos de una celda electroquímica (7) en tiempo real configurados para obtener una señal de ruido electroquímico asociada;
  - medios de procesamiento configurados para comparar la señal de ruido electroquímico con una pluralidad de patrones de ruido, con cada patrón representativo de un fenómeno (9) que afecta al funcionamiento de la celda electroquímica (7), estando los medios de procesamiento configurados para determinar, con la celda electroquímica en operación, la ocurrencia de un fenómeno (9) concreto, según el grado de correspondencia entre la señal de ruido electroquímico y cada patrón de ruido;
  - un sistema de toma de decisiones configurado para notificar con un aviso o para ordenar el apagado del sistema electroquímico (20) en función del fenómeno cuya ocurrencia ha sido determinada.
2. Dispositivo de control (10) según la reivindicación 1, donde los medios de medición comprenden:
- una tarjeta de adquisición de datos (1) configurada para convertir la señal de ruido electroquímico en una señal digital de ruido, y;
  - un analizador de señal (2) configurado para descomponer frecuencialmente la señal digital de ruido.
3. Dispositivo de control (10) según la reivindicación 2, donde el analizador de señal (2) está configurado para realizar una descomposición espectral de la señal de ruido para obtener una pluralidad de frecuencias y amplitudes asociadas.
4. Dispositivo de control (10) según la reivindicación 3, donde la descomposición espectral de la señal de ruido se realiza implementando la transformada de rápida de Fourier, FFT.
5. Dispositivo de control (10) según la reivindicación 3, donde la descomposición espectral de la señal de ruido se realiza implementando wavelets.

- 6.** Dispositivo de control (10) según la reivindicación 4 o 5, donde los medios de procesamiento comprenden un procesador (3) que implementa una red neuronal (5) para clasificar el fenómeno (9) asociado a la señal de ruido electroquímico.
- 5 **7.** Dispositivo de control (10) según la reivindicación 6, donde los medios de procesamiento comprenden además una memoria (4) que almacena una pluralidad de registros (3), cada registro (3) conteniendo datos procedentes de experimentos asociados a un fenómeno (9) concreto.
- 10 **8.** Dispositivo de control (10) según la reivindicación 7, donde la red neuronal (5) está entrenada con unas entradas (11) que comprenden valores de frecuencia y amplitud de la señal de ruido.
- 9.** Dispositivo de control (10) según la reivindicación 8, donde la red neuronal (5)  
15 recibe adicionalmente como entradas (11) para el entrenamiento, los promedios de la amplitud de la FFT de la señal de ruido en bandas de frecuencia.
- 10.** Dispositivo de control (10) según la reivindicación 8 o 9, donde la red neuronal (5)  
20 recibe adicionalmente como entradas (11) para el entrenamiento, la desviación estándar de los coeficientes wavelets asociados a cada frecuencia.
- 11.** Dispositivo de control (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, donde el procesador (3) está configurado adicionalmente para enviar una señal de control para modificar el funcionamiento de la celda electroquímica (7) de acuerdo con  
25 la clasificación del fenómeno (9) concreto.
- 12.** Dispositivo de control (10) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho dispositivo es portátil.
- 30 **13.** Dispositivo de control (10) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la tarjeta de adquisición de datos (1) implementa la técnica de multiplexación por división en tiempo, TDM, para adquirir datos de una pluralidad de celdas electroquímicas (7).

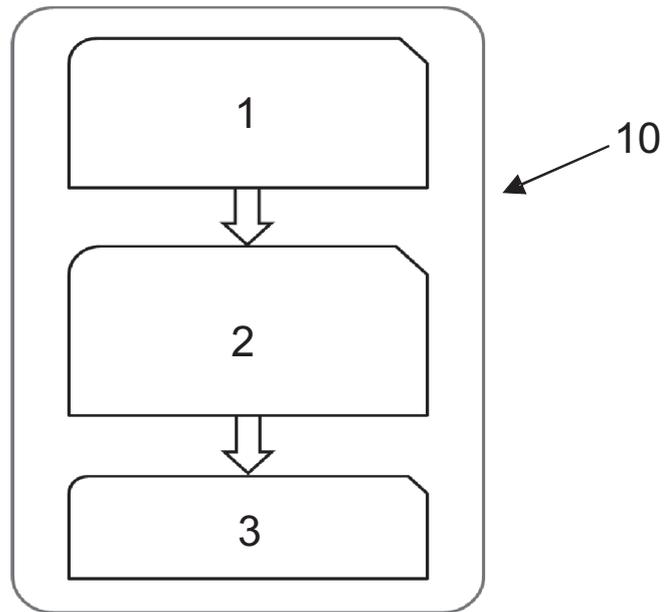


Fig. 1

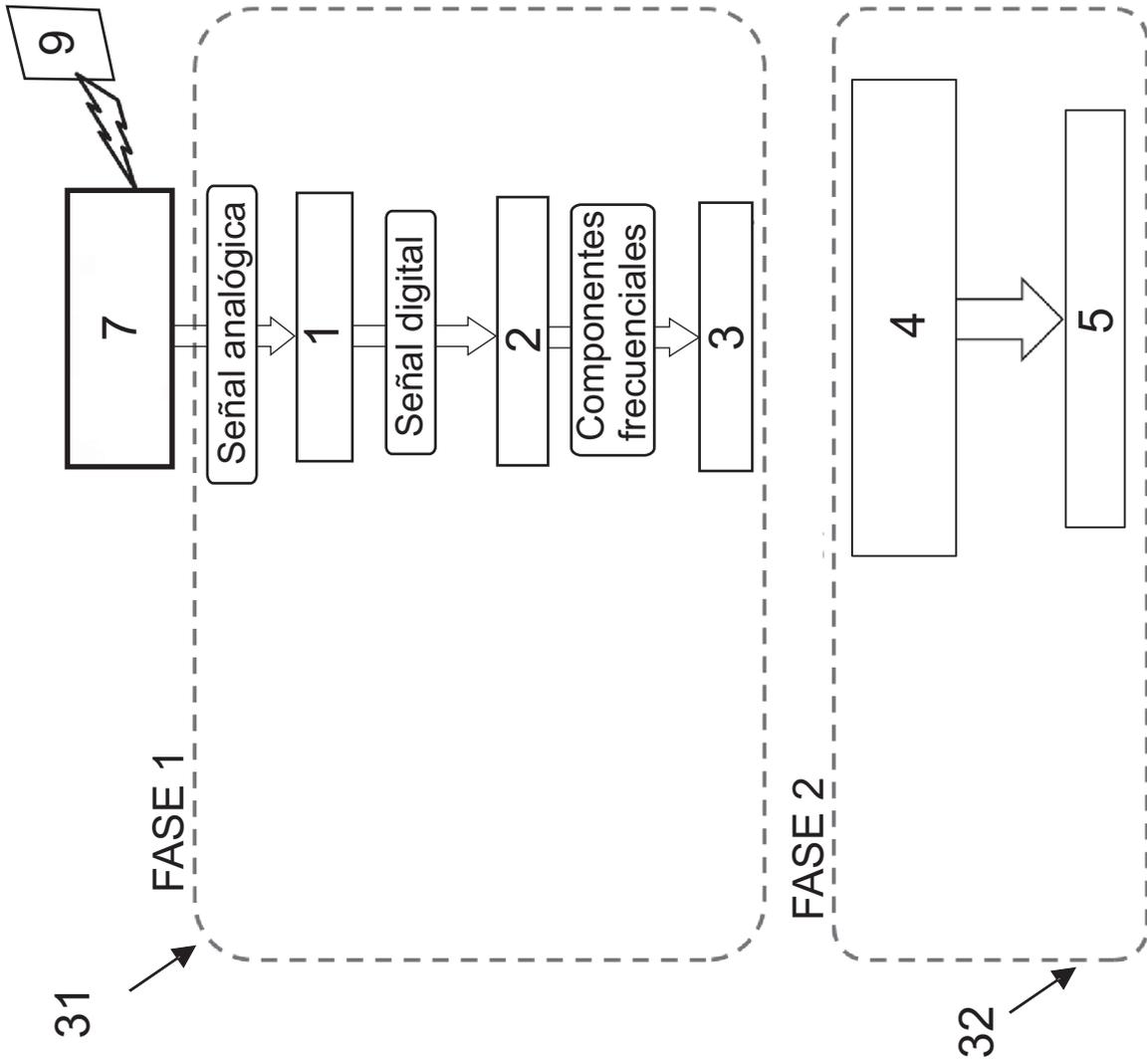


Fig. 2

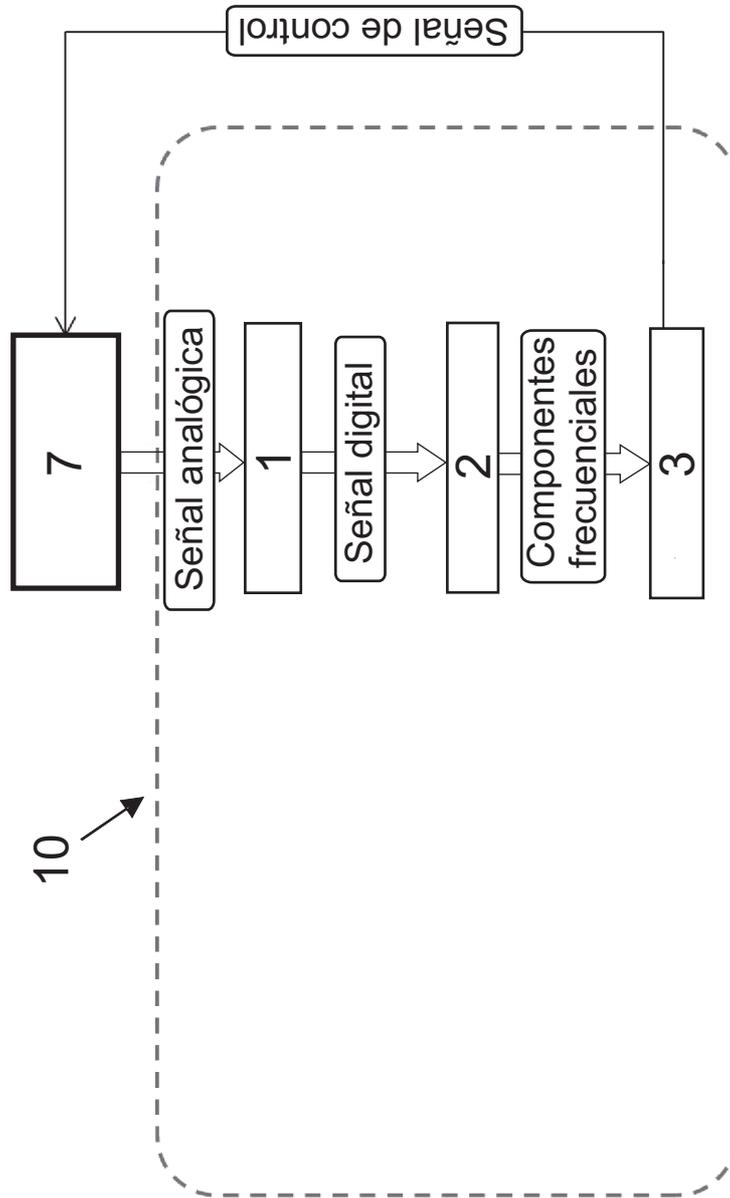


Fig. 3

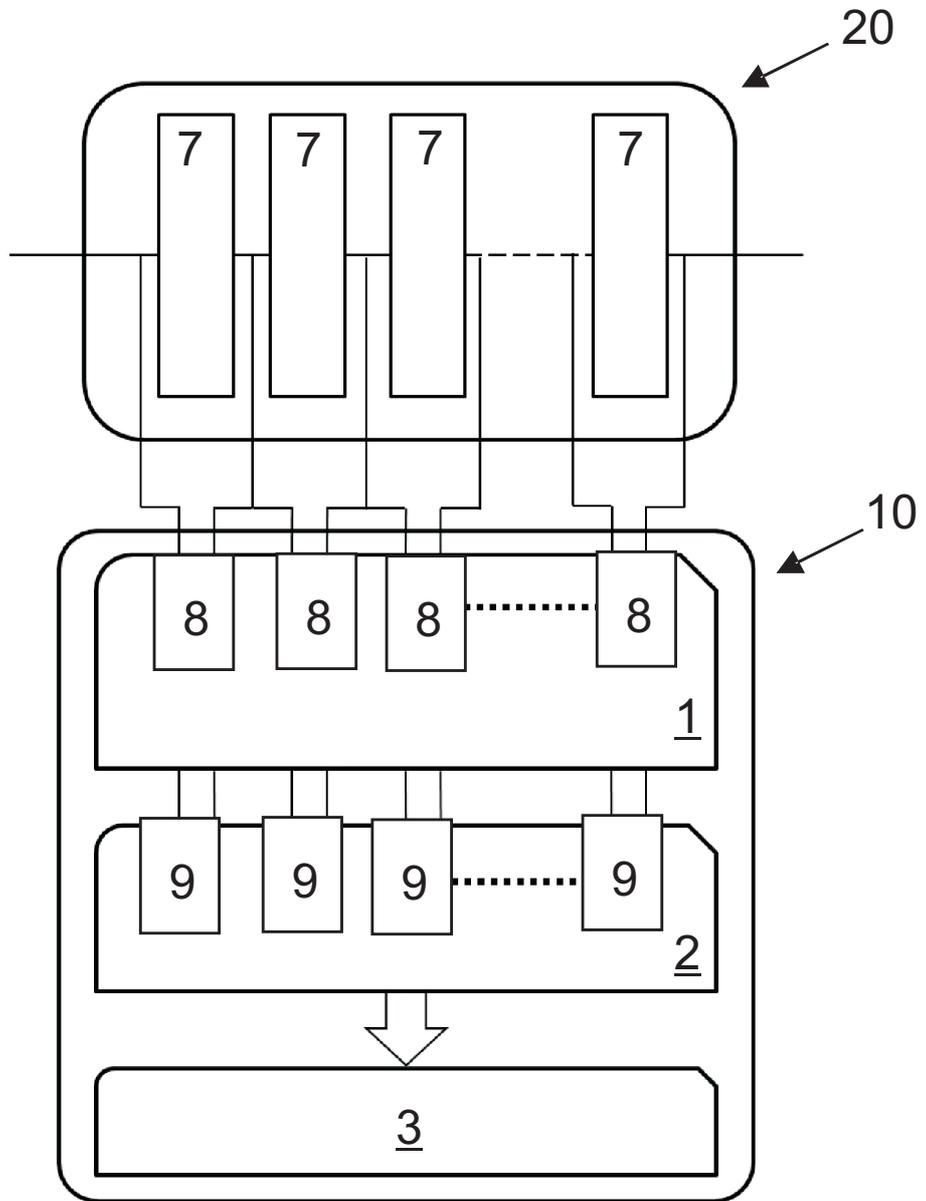


Fig. 4

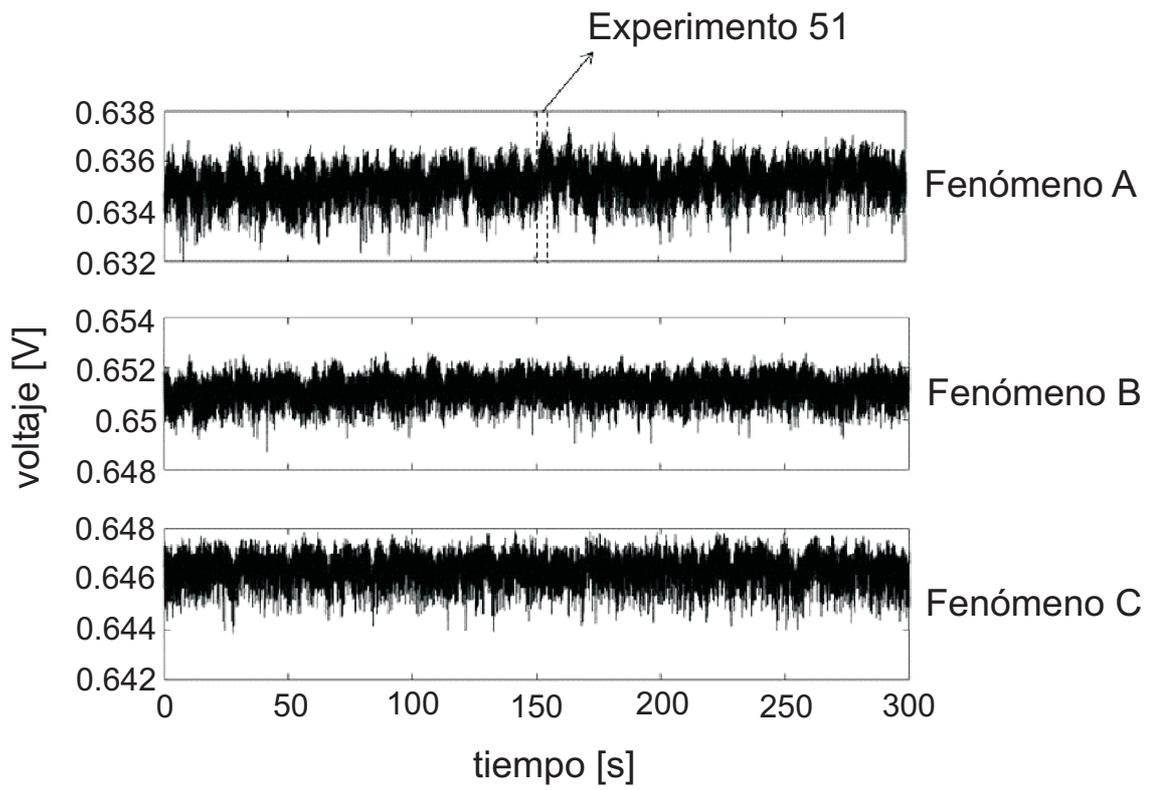


Fig. 5

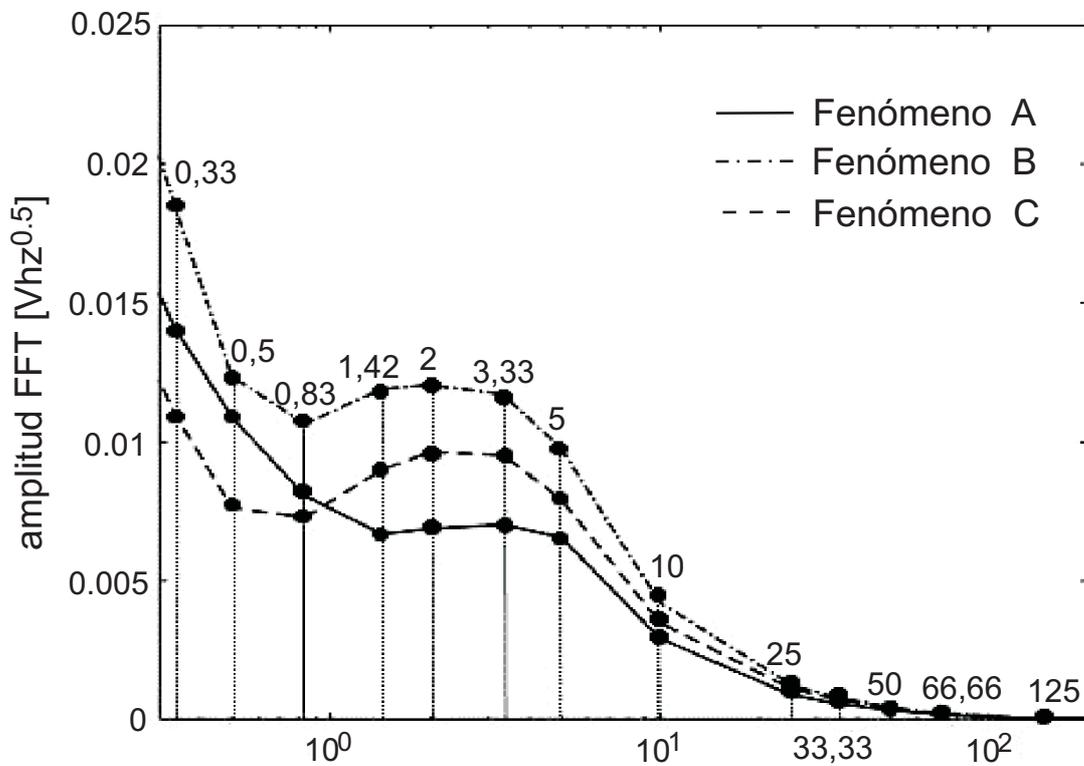


Fig. 6

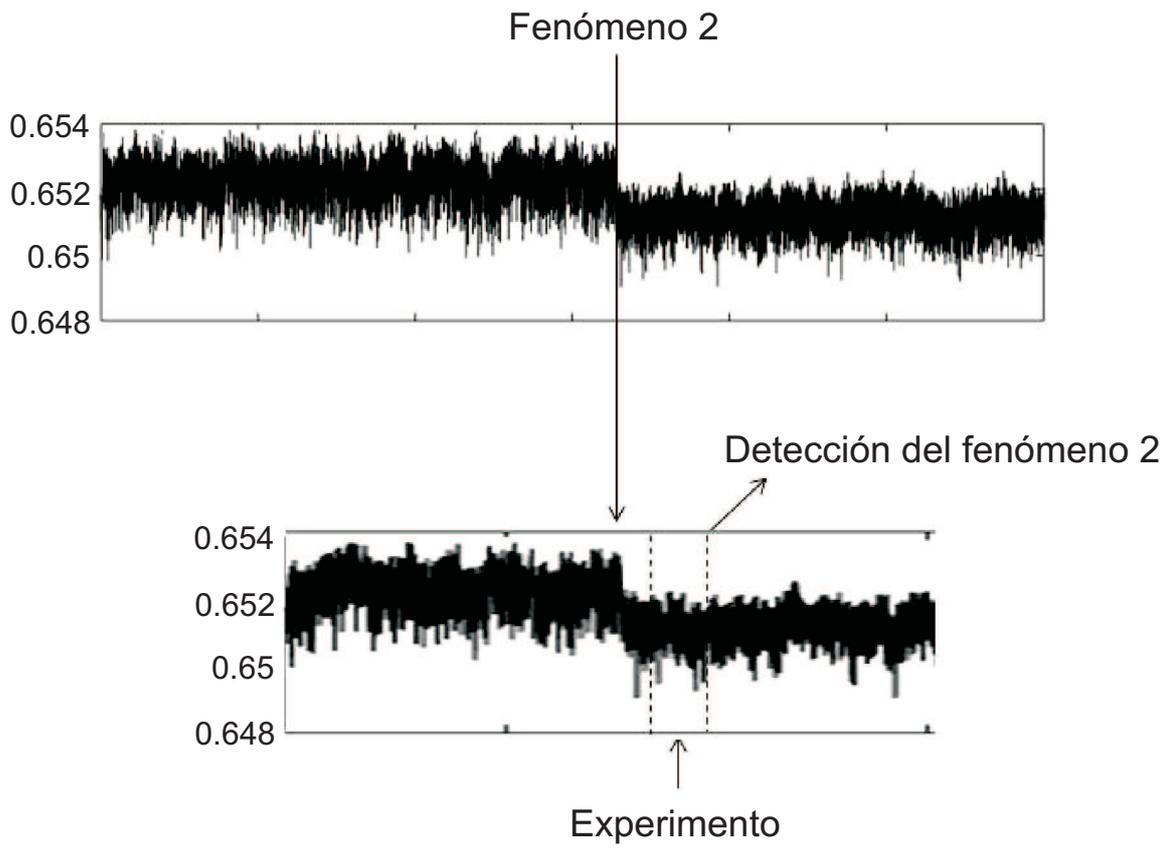


Fig. 7

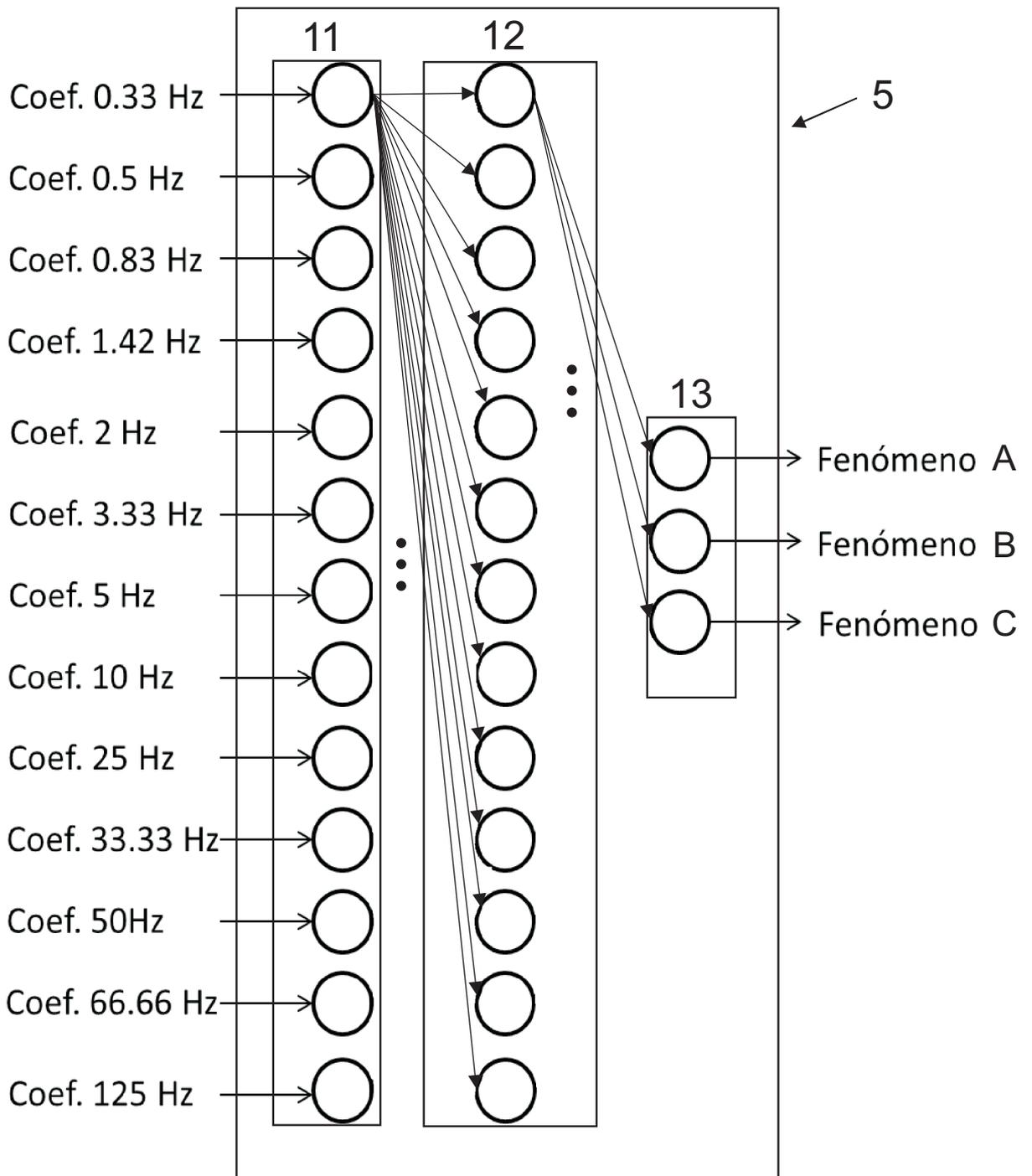


Fig. 8