

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 467 673**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2009 E 09786665 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2014 EP 2321661**

54 Título: **Procedimiento y sistema de supervisión de descargas parciales**

30 Prioridad:

**06.08.2008 ZA 200806804**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.06.2014**

73 Titular/es:

**ESKOM HOLDINGS LIMITED (100.0%)  
Megawatt Park Maxwell Drive Sunninghill  
Sandton  
2196 Johannesburg, ZA**

72 Inventor/es:

**HIGGINS, SIMON**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 467 673 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y sistema de supervisión de descargas parciales

**Antecedentes de la invención**

5 Esta invención se refiere a un procedimiento y sistema de supervisión de descargas parciales que se producen en un sistema eléctrico, y a un procedimiento de medición o análisis de descargas parciales que se producen en un sistema eléctrico.

10 El aislamiento de sistemas de alimentación o eléctricos de alta tensión, normalmente trifásicos, es normalmente susceptible a los impulsos que se producen en los mismos. Estos impulsos se deben normalmente a descargas a través de límites no homogéneos dentro del sistema de alimentación o eléctrico de alta tensión, tales como huecos en el aislamiento de cables o similares. Debe apreciarse que estas descargas son generalmente descargas parciales dentro de los sistemas de alimentación o eléctricos de alta tensión.

15 El documento US-A-5.982.181 da a conocer un sistema de diagnóstico de dispositivo aislado que puede determinar el deterioro, la vida útil y los defectos de un dispositivo. La intensidad en cada ángulo de fase de tensión se mide en una pluralidad de frecuencias específicas, tomando ángulos de fase de alta tensión como abscisas. El deterioro, la vida útil y el tipo y alcance de la anomalía del dispositivo se determinan a partir del patrón y la intensidad de la distribución espectral, que se obtiene manteniendo el pico de la intensidad medida durante un periodo de tiempo definido.

20 El documento US-A-2004/0246000 da a conocer un procedimiento de detección de descargas parciales en un aparato eléctrico aislado en un receptáculo y un sistema de diagnóstico del estado del aparato que usa este procedimiento. Con la ayuda de una antena UHF situada en el receptáculo del aparato, el procedimiento consiste en analizar el espectro de la señal electromagnética captada por la antena y en identificar dentro del espectro una o más frecuencias de interés, para cada una de las cuales la señal tiene una amplitud mayor que un valor umbral predeterminado. Para identificar la(s) frecuencia(s) de interés, el espectro de la señal recibida por la antena se compara con un espectro de referencia.

25 En el procedimiento dado a conocer en el documento JP-A-07 159477 es posible distinguir automáticamente, usando un procesador, si una señal medida en un estado en línea es una señal de descarga parcial o ruido. El procesador almacena de antemano la característica de frecuencia de la señal de descarga parcial que se usará como modelo. La señal detectada por un detector de descargas parciales se analiza con un analizador de espectro, y el procesador distingue automáticamente si la señal detectada es una señal de descarga parcial o ruido comparando la señal detectada con un valor fijado llevando a cabo un cálculo predefinido en función de la característica de frecuencia de la señal detectada y la señal de descarga parcial usada como modelo.

30

35 En el documento JP-A-0712880, una señal de descarga parcial simulada, inyectada en un electrodo integrado, se introduce en una máquina aislada contra los gases a través de un divisor de tensión con capacidades de dispersión. Se transmite a la misma velocidad que una señal de descarga parcial real y después se superpone con la tensión portadora de un condensador a través de un divisor de tensión que comprende un electrodo integrado antes de que se detecte como una forma de onda de descarga parcial. Después se extraen propiedades de sus características de frecuencia y se normalizan para producir un patrón de distribución de frecuencia que se almacena en una red neuronal. El patrón de distribución de frecuencia de la forma de onda de ruido también se almacena de manera similar. Tras producirse una descarga parcial o ruido en una máquina aislada contra los gases, las características de frecuencia de los mismos se comparan con características de frecuencia almacenadas de descargas parciales simuladas y ruido, determinándose si la forma de onda detectada es una forma de onda de descarga parcial o una forma de onda de ruido.

40

45 En el documento JP-A-08 105928, con el fin de mejorar la sensibilidad de la medición de descargas parciales y mejorar la precisión de la medición eliminando componentes de ruido de fondo en la medida de lo posible, se proporciona un dispositivo con un sensor de detección de descargas parciales, un convertidor A/D para convertir una señal de entrada del sensor de detección de descargas parciales en una señal digital, un convertidor FFT para aplicar una transformada de Fourier a la señal digital obtenida a partir del convertidor A/D para determinar una distribución de frecuencia, un diferenciador para diferenciar la distribución de frecuencia obtenida por el convertidor FFT con una distribución de frecuencia almacenada, y un integrador para determinar un área de una zona de frecuencia deseada en una distribución de frecuencia diferenciada.

50

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es al menos proporcionar un procedimiento y un sistema para supervisar o detectar descargas parciales que se producen en sistemas de alimentación o eléctricos trifásicos de alta tensión.

### Resumen de la invención

Según un primer aspecto de la invención se proporciona un procedimiento de supervisión de descargas parciales que se producen en un sistema eléctrico, comprendiendo el procedimiento:

- recibir un pulso del sistema eléctrico;
- 5 identificar si el pulso es ruido o un pulso duplicado;  
si el pulso no es ruido o un pulso duplicado, entonces convertir el pulso de una señal analógica a una señal digital;
- dividir el pulso en dos o más componentes de frecuencia;
- normalizar estas dos o más componentes de frecuencia a un nivel máximo;
- 10 comparar las dos o más componentes de frecuencia normalizadas asociadas al pulso recibido con otras pluralidades de componentes de frecuencia predefinidas normalizadas almacenadas, asociadas a otros pulsos para identificar pulsos similares que indican una condición de fallo conocida;
- si el pulso se identifica como un pulso que indica una condición de fallo conocida, entonces almacenar datos en una base de datos asociando el pulso a las dos o más componentes de frecuencia normalizadas y a la condición de fallo conocida;
- 15 agrupar pulsos con componentes de frecuencia normalizadas similares en un diagrama de dispersión almacenado en la base de datos;
- si las componentes de frecuencia normalizadas del pulso no son similares a las componentes de frecuencia normalizadas de una agrupación actual, entonces crear una nueva agrupación de pulsos almacenada en la base de datos;
- 20 si el pulso se identifica como un pulso que indica una condición de fallo conocida, entonces notificar a un usuario que existe una condición de fallo.

El procedimiento puede comprender generar una memoria temporal para almacenar un número predefinido de espectros normalizados para diferentes señales o impulsos junto con valores de pico asociados a los pulsos.

- 25 El procedimiento puede comprender además fijar un indicador adecuado si un espectro de frecuencia del impulso detectado se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes.

Activar el indicador puede comprender generar un descriptor de fallo. Adicional o alternativamente, el indicador puede ser un descriptor de fallo.

- 30 El procedimiento puede comprender, además de fijar un indicador, almacenar datos o el espectro de frecuencia asociados a la señal o impulso recibido en la base de datos si el espectro de frecuencia del impulso detectado no se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes.

El procedimiento puede comprender generar diagramas de dispersión a partir de un subconjunto de los espectros de fallo de la señal o impulso recibido.

El procedimiento puede comprender llevar a cabo un procesamiento de señal en la señal o impulso recibido.

- 35 La comparación del espectro de frecuencia asociado a la señal o impulso detectado o recibido con los espectros de fallo existentes almacenados en la base de datos puede realizarse mediante un algoritmo de correspondencia de fallos.

El procedimiento puede comprender de manera ventajosa:

- validar la señal o impulso recibido;
- 40 determinar el valor de pico de la señal o impulso recibido; y
- normalizar los valores de pico de cada una de las componentes de frecuencia predefinidas del impulso detectado a un nivel máximo.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema de supervisión de descargas parciales que se producen en un sistema eléctrico, comprendiendo el sistema:

una base de datos para almacenar una pluralidad de espectros de fallo;

un módulo de supervisión para supervisar el sistema eléctrico para recibir pulsos que se producen en el sistema eléctrico;

un convertidor de analógico a digital para convertir el pulso de una señal analógica a una señal digital;

5 un módulo de validación dispuesto para validar el pulso recibido identificando si el pulso es ruido o un pulso duplicado;

un detector de picos para determinar el valor de pico del pulso recibido;

10 un módulo de generación de espectros de frecuencia que puede hacerse funcionar para generar un espectro de frecuencia del pulso recibido por el módulo de supervisión dividiendo el pulso en dos o más componentes de frecuencia;

un módulo de normalización dispuesto para normalizar los valores de pico de cada una de las dos o más componentes de frecuencia predefinidas del pulso recibido a un nivel máximo;

un comparador que puede hacerse funcionar, una vez que se haya recibido un pulso, para:

15 comparar las dos o más componentes de frecuencia normalizadas asociadas al pulso recibido con otras pluralidades de componentes de frecuencia predefinidas, normalizadas almacenadas, asociadas a otros pulsos para identificar pulsos similares que indican una condición de fallo conocida;

20 si el pulso se identifica como un pulso que indica una condición de fallo conocida, entonces almacenar datos en una base de datos asociando el pulso a las dos o más componentes de frecuencia normalizadas y a la condición de fallo conocida;

agrupar pulsos similares en un diagrama de dispersión almacenado en la base de datos; y

si las componentes de frecuencia normalizadas del pulso no son similares a las componentes de frecuencia normalizadas de una agrupación actual, entonces crear una nueva agrupación de pulsos en la base de datos;

25 y

un dispositivo de visualización para visualizar un punto en un diagrama de dispersión que representa el pico digitalizado del pulso recibido junto con puntos que representan otros picos de pulso similares identificados.

El sistema puede estar dispuesto para fijar un indicador si un espectro de frecuencia de la señal o impulso recibido se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes.

30 El sistema puede estar dispuesto para almacenar datos o el espectro de frecuencia asociado a la señal o impulso recibido en la base de datos.

El sistema puede comprender un módulo de generación de datos que puede hacerse funcionar para generar datos asociados a la señal o impulso recibido.

35 El módulo de generación de datos puede configurarse para generar diagramas de dispersión a partir de un subconjunto de espectros de fallo de la señal o impulso recibido.

El módulo de supervisión puede estar en comunicación con una pluralidad de sensores, estando dispuestos los sensores para supervisar cada fase del sistema de alimentación o sistema eléctrico.

40 El comparador puede estar dispuesto para aplicar un algoritmo de correspondencia de fallos para comparar el espectro de frecuencia asociado a la señal o impulso recibido con los espectros de fallo existentes almacenados en la base de datos.

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra un diagrama de interfaz esquemático de un sistema de supervisión de descargas parciales (PDM), según una realización de ejemplo, que interactúa con un sistema de alimentación o eléctrico trifásico de alta tensión.

45 La Figura 2 muestra un diagrama de bloques funcionales del sistema PDM de la Figura 1 en mayor detalle.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques funcionales de un procesador del sistema PDM de la Figura 2 en mayor detalle.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento según una realización de ejemplo.

La Figura 5 muestra otro diagrama de flujo de un procedimiento según una realización de ejemplo.

5 La Figura 6 muestra una representación gráfica de pulsos que se producen dentro de un intervalo de tiempo, normalmente para ilustrar características de identificación de ruido del sistema PDM descrito anteriormente.

La Figura 7 muestra una representación gráfica de pulsos que se producen dentro de un intervalo de tiempo, normalmente para ilustrar un ejemplo de acoplamiento cruzado.

10 La Figura 8 muestra otra representación gráfica de pulsos que se producen dentro de un intervalo de tiempo, normalmente para ilustrar un ejemplo de acoplamiento cruzado.

La Figura 9 muestra otra representación gráfica de pulsos que se producen dentro de un intervalo de tiempo, normalmente para ilustrar un ejemplo de acoplamiento cruzado.

La Figura 10 muestra otra representación gráfica de pulsos que se producen dentro de un intervalo de tiempo, normalmente para ilustrar un ejemplo de acoplamiento cruzado.

15 La Figura 11 muestra una ilustración de ejemplo de un diagrama de dispersión generado por el sistema PDM de la Figura 2.

La Figura 12 muestra un diagrama de bloques funcionales para la identificación de pulsos de un impulso de entrada.

20 La Figura 13 muestra una representación gráfica de pulsos que se producen dentro de un intervalo de tiempo, normalmente para ilustrar un pulso o impulso de ruido detectado en las tres fases.

La Figura 14 muestra una representación gráfica de tiempos asociados a pulsos de cualquiera de las fases 1a y 1b ilustradas en la Figura 1.

La Figura 15 muestra una representación gráfica de una posible respuesta de frecuencia en cada banda.

La Figura 16 muestra una ilustración de una tabla de consulta según una realización de ejemplo.

25 La Figura 17 muestra una ilustración de un diagrama de dispersión para una pluralidad de pulsos con un espectro conocido que está almacenado en la base de datos con un procedimiento para hallar el promedio de los valores de pico para cada una de las componentes de frecuencia para cada impulso similar subsiguiente.

30 La Figura 18 muestra una ilustración de un diagrama de dispersión para un pulso con un espectro no conocido (uno que no está almacenado en la base de datos de la Figura 2) con un procedimiento para hallar el promedio de los valores de pico para cada una de las componentes de frecuencia para cada impulso similar subsiguiente.

La Figura 19 muestra un diagrama de bloques de alto nivel acerca de la manera en que se procesa un pulso.

La Figura 20 muestra una ilustración de ejemplo del número total posible de diagramas de dispersión.

La Figura 21 muestra una ilustración de ejemplo de los diagramas de dispersión para los espectros de la tabla de consulta.

35 La Figura 22 muestra una ilustración de ejemplo de diagramas de dispersión para nuevos espectros.

### **Descripción de realizaciones preferidas**

En la siguiente descripción se exponen numerosos detalles específicos, con fines explicativos, para proporcionar un entendimiento minucioso de una realización de la presente divulgación. Sin embargo, a un experto en la técnica le resultará evidente que la presente divulgación puede llevarse a la práctica sin estos detalles específicos.

40 Con referencia a las Figuras 1 a 3 de los dibujos, un sistema de supervisión de descargas parciales (PDM) según una realización de ejemplo se indica de manera genérica mediante el número de referencia 10. El sistema PDM 10 está acoplado de manera comunicativa a un sistema de distribución de energía o sistema eléctrico de alta tensión 12, por ejemplo un sistema de distribución de energía trifásico, a través de sensores 20. Cada sensor 20 adopta normalmente la forma de un condensador y una resistencia conectada a tierra o, dicho de otro modo, un filtro paso alto de un solo polo. En una realización de ejemplo, un par de sensores 20 está previsto para cada fase 14, 16 y 18

del sistema de alimentación trifásico 12, de manera que hay seis canales de entrada al sistema PDM 10. El par de sensores 20 en una única fase 14, 16 ó 18 puede usarse para determinar la dirección de desplazamiento de un evento en esa fase 14, 16 ó 18, como se describirá posteriormente en mayor detalle.

5 El sistema PDM 10 también está enlazado a un ordenador central 22, donde la capa física del enlace usa opcionalmente USB2. A este respecto, el sistema PDM 22 puede funcionar en modo autónomo, es decir, sin ningún ordenador 22 conectado; sin embargo, cuando un ordenador 22 se conecta posteriormente al sistema PDM 10, pueden transferirse datos entre el ordenador 22 y el sistema PDM 10, según se desee. En una realización de ejemplo, el sistema PDM 10 se conecta al ordenador central 22 cuando se enciende, con el fin de configurar registros si los valores por defecto deben cambiarse y también para permitir que el ordenador central 22 inicie la adquisición de datos. Sin embargo, debe observarse que una vez que el sistema PDM 10 esté funcionando, seguirá funcionando como si el ordenador central 22 estuviera apagado. Posteriormente, cuando el ordenador central 22 vuelva a conectarse, entonces un módulo de control (no mostrado) previsto en el ordenador central 22 se refrescará con cualquier dato necesario procedente del sistema PDM 10.

15 Debe observarse que el sistema PDM 10 se sincroniza normalmente con el cruce por cero de la red de distribución eléctrica.

En una realización de ejemplo, el sistema PDM 10 comprende una pluralidad de componentes o módulos que corresponden a las tareas funcionales que llevará a cabo el sistema PDM 10. A este respecto, se entenderá que “módulo”, en el contexto de la especificación, incluye una parte de código identificable, instrucciones computacionales o ejecutables, datos o un objeto computacional para conseguir una función, operación, procesamiento o procedimiento particular.

20 Por consiguiente, un módulo no necesita implementarse en software; un módulo puede implementarse en software, hardware o en una combinación de software y hardware. Además, no es necesario que los módulos estén integrados en un dispositivo, sino que pueden estar distribuidos en una pluralidad de dispositivos.

25 En particular, el sistema PDM 10 incluye un módulo de protección de entrada 24 para proteger a cada canal contra las sobretensiones y las sobrecorrientes. En una realización de ejemplo, el sistema PDM 10 incluye una memoria intermedia de entrada 26. La memoria intermedia de entrada 26 adopta normalmente la forma de una memoria intermedia analógica de alta impedancia con una impedancia superior a 1 MΩ.

30 Un amplificador de ganancia 28, normalmente un amplificador de ganancia programable, también está previsto en el sistema PDM 10. El amplificador de ganancia programable 28 tiene generalmente un ancho de banda de 270 MHz. Debe apreciarse que una vez que se enciende el sistema PDM 10, las ganancias para todos los sensores 20 se fijarán a una sensibilidad mínima.

El sistema PDM 10 incluye además un filtro antisolapamiento 30 con una frecuencia de corte de 270 MHz aproximadamente, una ondulación de banda de paso de 0,5 dB y una atenuación de banda de bloqueo de 54 dB.

35 En una realización de ejemplo, el sistema PDM 10 incluye un convertidor de analógico a digital (ADC) de 8 bits con una frecuencia de muestreo de 800 MHz.

Haciendo referencia además a la Figura 16 de los dibujos, el sistema PDM 10 incluye una base de datos 36, en la cual puede almacenarse al menos una pluralidad de espectros de fallo. En una realización de ejemplo, la base de datos 36 incluye una tabla de consulta de espectros de fallo o una tabla de espectros de fallo 38 (Figura 16) cuya información acerca de una pluralidad de espectros de fallo puede almacenarse en la misma. La tabla de consulta 38 puede ampliarse tanto con espectros de fallo predefinidos como con espectros de fallo que el sistema 10 adquiera. En una realización de ejemplo, cada componente espectral almacenada en la tabla de fallos 38 puede comprender diez bits, en particular un bit de signo, un único bit para permitir almacenar el valor 1,0 y una mantisa de 8 bits: esto permitirá el almacenamiento de números comprendidos en el intervalo entre 0,99549375 y 1,00000000. Puede proporcionarse una entrada “Sin Fallos” y limitarse a un máximo de  $2^{16} - 1$ , es decir, 2 octetos. Por tanto, cada fila de la tabla de fallos 38 consistirá en 100 bits. Debe apreciarse que la tabla de fallos 38 puede disponerse de manera que puedan realizarse accesos de lectura y escritura simultáneamente. Sin embargo, cuando se produce un acceso de lectura y escritura en la misma posición, el acceso de lectura tendrá más prioridad.

50 El sistema PDM 10 incluye además un procesador 34 (mostrado en mayor detalle en la Figura 3) para llevar a cabo una funcionalidad adicional, en particular tareas de procesamiento de señales, que será realizada por el sistema PDM 10. A este respecto, debe apreciarse que el procesador 34 puede incluir además una pluralidad de módulos funcionales correspondientes a las funciones que el procesador 34 va a realizar. A partir del análisis anterior acerca de los módulos, se deduce que no es necesario que los módulos o, en particular, la funcionalidad de los módulos del procesador 34, se proporcionen únicamente dentro del procesador 34, sino que pueden

proporcionarse opcionalmente dentro del sistema PDM 10. En una realización de ejemplo, el procesador 34 adopta la forma de una matriz de puertas de campo programable (FPGA).

5 Debe apreciarse que el procesador 34 trata los datos conforme a intervalos de tiempo, en particular tres intervalos de tiempo, a saber, una fracción de tiempo, un pequeño intervalo de tiempo y un gran intervalo de tiempo. Una fracción de tiempo es normalmente un intervalo de tiempo de 80  $\mu$ s. La fracción de tiempo es la resolución para el eje de tiempo en matrices multidimensionales usadas para almacenar datos recopilados. El pequeño intervalo de tiempo es de normalmente 20 ms (equivalente a un ciclo a 50 Hz). Por consiguiente, un pequeño intervalo de tiempo consiste en 250 fracciones de tiempo. El gran intervalo de tiempo es un periodo durante el cual se agregan datos y normalmente está compuesto por un número programable o definido por el usuario de pequeños intervalos de tiempo. Por ejemplo, un gran intervalo de tiempo puede comprender como mínimo un pequeño intervalo de tiempo y puede comprender como máximo 500 pequeños intervalos de tiempo.

15 Haciendo de nuevo referencia a la Figura 3, el procesador 34 incluye un módulo de validación 40. En otras realizaciones de ejemplo, el módulo de validación 40 está separado del procesador 34. El módulo de validación 40 puede hacerse funcionar para llevar a cabo la validación de pulsos de una señal de entrada. Por lo tanto, el módulo de validación 40 puede hacerse funcionar para comparar las fases 14, 16 y 18 indicadas en la Figura 12. En particular, el módulo de validación 40 puede hacerse funcionar para llevar a cabo tres procesos necesarios para validar un impulso o pulso de entrada como parte de un proceso de validación. Normalmente, estos procesos determinarán la dirección de desplazamiento de un impulso de entrada recibido, la identificación de ruido y la validación de acoplamiento cruzado. Los dos últimos procesos se llevan a cabo después de determinarse la dirección de desplazamiento de la entrada, usándose en los dos últimos procesos la entrada que llegue primero. Además, en los dos últimos procesos, el módulo de validación 40 está dispuesto para comparar las fases 1a, 2a y 3a (y asimismo las fases 1b, 2b y 3b), ilustradas en la Figura 12. El sistema PDM 10 incluye opcionalmente un módulo de identificación de ruido (no mostrado) para llevar a cabo o ayudar a que el módulo de validación 40 lleve a cabo la identificación de ruido descrita en este documento. Por consiguiente, para detectar o determinar la dirección de desplazamiento de un pulso, el módulo de validación 40 está dispuesto para comparar la fase 1a con la 1b, la 2a con la 2b y la 3a con la 3b.

25 Para determinar la dirección de desplazamiento, debe entenderse que el módulo de validación 40 está dispuesto para medir el tiempo de llegada de una señal de impulso de entrada en ambos sensores 20 para cada fase 14, 16 y 18. Si el tiempo de desplazamiento es menor que un tiempo de tránsito programado,  $T_{tr}$ , entonces el módulo de validación 40 ignora el impulso. Sin embargo, si el tiempo de desplazamiento es mayor que el tiempo de tránsito programado  $T_{tr}$ , entonces el módulo de validación 40 determina a qué sensor 20 llegó primero el impulso y se fijará o restablecerá un indicador para indicar la dirección desde la cual llegó el impulso. Por ejemplo:

Indicador 0: desde el sensor a;

Indicador 1: desde el sensor b (como se ilustra en la Figura 14, donde  $T_{tr} = T1$ ).

35 El indicador puede usarse para determinar qué grupo de dieciséis diagramas (generador o línea) va a actualizarse. A este respecto, el procesador 34 incluye un módulo de generación de datos 50 dispuesto para actualizar o generar los diagramas que, en una realización de ejemplo, pueden ser diagramas de dispersión o similares. Debe observarse que el módulo de generación de datos 50 puede hacerse funcionar para generar datos asociados al impulso recibido o detectado, los datos pueden usarse para crear diagramas de dispersión, a partir de un subconjunto de los espectros de fallo del impulso recibido o detectado (lo que se describirá posteriormente). Una ilustración de ejemplo de un diagrama de dispersión generado por el módulo de generación de datos 50 (para todos los pulsos registrados) se ilustra en la Figura 11.

45 El módulo de generación de datos 50 está dispuesto para generar un único diagrama de dispersión que ilustra todos los pulsos detectados en su fracción de tiempo asociada. Los diagramas de dispersión generados se almacenan en la base de datos 36 y diagramas de dispersión correspondientes a fallos se asocian a los fallos correspondientes en la base de datos 36.

Por consiguiente, el tiempo de tránsito puede seleccionarse dentro de determinados límites; en particular, un tiempo de tránsito mínimo,  $T_{trmin}$ , puede ser de 10 ns, mientras que un tiempo de tránsito máximo,  $T_{trmax}$ , puede ser de 250 ns.

50 Con respecto a la determinación de la dirección de desplazamiento, debe observarse que un sensor 20 está previsto en cada fase secundaria 1a y 1b, fase 2a y 2b y fase 3a y 3b de las fases 14, 16 y 18, respectivamente. La Figura 14 ilustra la fase 14 con sus fases secundarias 1a y 1b respectivas; si un impulso de contenido espectral similar y dentro de un periodo fijado  $T1$  es detectado por el sensor 20 en la fase 1a en primer lugar, el impulso proviene de la fase secundaria 1a. El impulso procedente de la fase secundaria 1a se almacena o se guarda, y el impulso procedente de la fase 1b se descarta. Sin embargo, si un impulso de contenido espectral similar y dentro

de un periodo fijado  $T_1$  es detectado en la fase 1b en primer lugar, el impulso proviene de la fase secundaria 1b y el impulso de la fase 1b se almacena o se guarda, mientras que el impulso de la fase 1a se descarta. Como se ha descrito anteriormente, si los impulsos se producen en un tiempo inferior al periodo fijado  $T_1$ , entonces provienen de zonas situadas entre los puntos de detección y, por consiguiente, se descartan; el periodo  $T_1$  es por tanto el periodo  $T_{tr}$  descrito anteriormente.

Con respecto a la identificación de ruido, el módulo de validación 40 puede determinar si un impulso o pulso de entrada se produce en dos o más fases 14, 16 ó 18, mostradas en la Figura 6 (en este caso, las fases 1a, 2a y 3a se denominan X, Y y Z, respectivamente), con la misma polaridad dentro de un intervalo de tiempo definido,  $T_{nd}$ . Si este es el caso, entonces el módulo de validación 40 trata el impulso de entrada como ruido y, por consiguiente, lo ignora. A partir de la Figura 12 se deduce que el módulo de validación 40 está dispuesto para comparar fases, por ejemplo la 1a, 2a y 3a entre sí, con el fin de tomar la determinación. Haciendo también referencia a la Figura 13 de los dibujos, se deduce que para la identificación de ruido, el módulo de validación 40 está dispuesto para determinar si los pulsos en las fases 1a, 2a y 3a tienen amplitudes máximas similares, un contenido espectral similar o la misma polaridad. El procesador 34 incluye un detector de picos 47 para determinar valores de pico de los impulsos. En una realización de ejemplo, el módulo de validación 40 usa el detector de picos 47 para determinar si los pulsos tienen amplitudes máximas similares. Además, el módulo de validación 40 está dispuesto para determinar si todos los pulsos se producen en límites de tiempo solapados y, además, si el tiempo de llegada es muy próximo (dentro de un número actual de ciclos de reloj). Por consiguiente, si se detecta o determina este tipo de actividad de pulso, puede considerarse que los pulsos son ruido externo y, por consiguiente, se descartan.

El acoplamiento cruzado puede producirse solamente entre dos fases 14, 16 ó 18 o entre las tres fases 14, 16 y 18 del sistema de alimentación 12. El módulo de validación 40 determina o detecta que un pulso se produce en una fase, por ejemplo 1a, y que un pulso de polaridad opuesta se produce en cualquiera de las otras dos fases, 2a o 3a, dentro de un intervalo de tiempo definido, como se muestra en la Figura 7 (en este caso, las fases 1a, 2a y 3a se ilustran como X, Y y Z, respectivamente); el módulo de validación 40 puede hacerse funcionar para ignorar el segundo pulso ya que está acoplado de manera cruzada con respecto a la otra fase (2a ó 3a). A este respecto, el intervalo de tiempo puede definirse o programarse por el usuario dentro de determinados límites; por ejemplo el intervalo de tiempo de acoplamiento cruzado mínimo  $T_{cc}$  puede ser de 250 ns, mientras que el intervalo de tiempo de acoplamiento cruzado máximo  $T_{cc}$  puede ser de 2000 ns. Para tomar la determinación descrita, el módulo de validación 40 está dispuesto para determinar si los pulsos tienen diferentes amplitudes máximas, contenido espectral similar, si dos pulsos detectados tienen polaridad opuesta y si ambos pulsos se producen en límites de tiempo solapados.

El módulo de validación 40 también está dispuesto para determinar o detectar si se produce un pulso en una fase 1a, por ejemplo, y también si se produce un pulso de polaridad opuesta en las otras dos fases 2a y 3a, por ejemplo, en un intervalo de tiempo solapado definido, como se muestra en la Figura 8 (en este caso, las fases 1a, 2a y 3a se denominan X, Y y Z, respectivamente). En estas circunstancias, el módulo de validación 40 está dispuesto para ignorar los dos pulsos de polaridad opuesta y solo permite procesar el primer pulso.

El módulo de validación 40 está dispuesto para determinar si impulsos de entrada están acoplados de manera cruzada en dos fases determinando si los impulsos tienen amplitudes máximas diferentes, contenido espectral similar, si un impulso tiene polaridad opuesta con respecto a los otros dos y si todos los pulsos se producen dentro de límites de tiempo solapados. Por consiguiente, si el impulso de polaridad opuesta se produce en primer lugar, puede considerarse que los impulsos están acoplados de manera cruzada. Si éste es el caso, este impulso particular se conserva, mientras que los otros dos se descartan; en caso contrario, todos los impulsos se conservan. Adicional o alternativamente, los tres impulsos se almacenan opcionalmente.

El módulo de validación 40 está dispuesto además para determinar o detectar si se produce un pulso en una fase, por ejemplo 1a, y para determinar o detectar si se produce un impulso con la misma polaridad en cualquiera de las otras dos fases, 2a ó 3a, dentro de un intervalo de tiempo definido. El módulo de validación también puede hacerse funcionar para detectar o determinar si se produce un pulso de polaridad opuesta en la tercera fase 3a, por ejemplo 18, dentro del intervalo de tiempo solapado definido, como se muestra en la Figura 9 (en este caso, las fases 1a, 2a y 3a se ilustran como X, Y y Z, respectivamente). En este escenario, el módulo de validación 40 está dispuesto para ignorar el pulso de polaridad opuesta, es decir, el tercer pulso que llega a la fase 3a (o Z) y el módulo de validación 40 solo permite que se procesen los otros dos pulsos en 1a y 2a (X e Y). Los dos pulsos se procesan normalmente como eventos individuales.

De manera similar, el módulo de validación 40 está dispuesto para determinar o detectar si se produce un pulso en una fase, por ejemplo 1a, y si se produce un pulso de polaridad opuesta en cualquiera de las otras dos fases, 2a ó 3a, dentro de un intervalo de tiempo definido. Si un pulso con la misma polaridad que el primer pulso se produce en la tercera fase, por ejemplo 3a, dentro del intervalo de tiempo solapado definido, como se muestra en la Figura 10, el módulo de validación 40 está dispuesto para ignorar el pulso de polaridad opuesta, es decir, el segundo

pulso que llega, y el módulo de validación 40 está dispuesto además para permitir que los otros dos pulsos se procesen como eventos individuales.

5 En este punto es necesario considerar velocidades de datos entre procesos y, a este respecto, si se usa un canal de filtro de banda completa para la validación, debe mencionarse que la información que va a transferirse desde los procesos de fase hasta los procesos de validación de acoplamiento cruzado y de identificación de ruido será la magnitud y polaridad de cada banda del banco de filtros, un indicador que indica el sensor 20 en la fase 14, 16 ó 18 desde el cual se han capturado los datos, y el tiempo desde el último cruzamiento por cero hasta una resolución de 5 ns. Normalmente habrá 10 bits de datos por banda de filtro y una marca de tiempo será de 22 bits. Por tanto, en total se usarán 113 bits. Además, la separación mínima de eventos será de 100 ns. Por lo tanto, la máxima velocidad de datos requerida será, a lo sumo, de 1,13 Gbits/s, (113 bits en 100 ns).

10 En una realización de ejemplo, el procesador 34 incluye un módulo de generación de espectros de frecuencia 42 que puede hacerse funcionar para generar un espectro de frecuencia de un impulso o pulso de entrada validado. Debe apreciarse que el impulso de entrada validado es el impulso de entrada que el módulo de validación 40 permite procesar. El módulo de generación de espectros de frecuencia 42 incluye o usa normalmente bancos de filtros para generar un espectro de frecuencia del impulso de entrada validado. Haciendo referencia también a la Figura 15 de los dibujos, cada banco de filtros comprende normalmente un banco con cualquier número de filtros a partir de uno. Para el ejemplo proporcionado en este caso y con fines explicativos, se ilustran ocho filtros para cada canal; sin embargo, puede usarse cualquier número de bancos de filtros a partir de uno. Normalmente, los filtros son filtros paso banda con anchos de banda fijos. En una realización de ejemplo, ninguna banda de paso de filtro se solapa con otra banda de paso de filtro. Cada punto de corte de -3 dB de alta frecuencia se corresponde con el punto de corte de -3 dB de baja frecuencia de las siguientes bandas. Normalmente, el punto de corte de menor frecuencia del filtro de menor frecuencia no es inferior a 100 kHz.

15 Puesto que los filtros se implementan como filtros de respuesta finita al impulso (FIR), los expertos en la técnica entenderán que el ancho de banda de los filtros se define como la gama de frecuencias dentro de la cual la respuesta cumple el requisito de ondulación. A este respecto, la ondulación de la banda de paso de los filtros es normalmente de 0,5 dB y la atenuación de la banda de bloqueo de los filtros es preferentemente de 55 dB. Las bandas de los filtros descritos anteriormente se muestran a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1: Bandas de filtro típicas para banco de filtros (ejemplo de 8 bandas)

N.º de filtro	Corte inferior (MHz)	Corte superior (MHz)	Ancho de banda (MHz)
1	0,13162925	1,04024575	0,9086165
2	1,04024575	3,158973	2,11872725
3	3,158973	7,387902	4,228929
4	7,387902	16,830848	9,442946
5	16,830848	33,169152	16,338304
6	33,169152	66,830848	33,661696
7	66,830848	133,169152	66,338304
8	133,169152	266,830848	133,661696
9	0,15	160	159,85

30 Cada banco de filtros comprende además un mezclador complejo para convertir de manera descendente el impulso de entrada, un filtro paso bajo (implementado como un filtro FIR) y un bloque de diezmado para reducir una velocidad de muestreo de datos a una velocidad de procesamiento adecuada. Debe apreciarse que puede proporcionarse opcionalmente un noveno canal de frecuencia de banda ancha.

35 En una realización de ejemplo, un valor de pico de cada una de las ocho bandas se almacena para un procesamiento adicional. Después, los ocho valores de pico se normalizan (como se describirá posteriormente) al valor de pico más alto y el valor de pico más alto se almacena con los ocho valores normalizados, para un procesamiento adicional.

A este respecto, el procesador 34 incluye además un módulo de normalización 44 dispuesto para normalizar el espectro de frecuencia o los valores de pico obtenidos del módulo de generación de espectros de frecuencia 42 a un nivel máximo en el espectro, proporcionando de este modo un espectro normalizado. En una realización de

ejemplo, los valores de pico normalizados se almacenan en la tabla de consulta 38 para fallos conocidos, etc.

Por consiguiente, el procesador 34 incluye además un módulo de supervisión 46. El módulo de supervisión 46 puede hacerse funcionar para supervisar el sistema de alimentación 12 a través de los sensores 20 para detectar impulsos de interés que se produzcan en el mismo. El módulo de supervisión 46 puede hacerse funcionar para implementar un algoritmo de determinación de picos, descrito posteriormente. Sin embargo, debe apreciarse que el módulo de supervisión 46 también puede ocuparse de controlar el procesamiento de un impulso una vez que se reciba o detecte.

En una realización preferida, el procesador 34 incluye un comparador 48 que puede hacerse funcionar para comparar el espectro de frecuencia generado para el impulso de entrada validado con los espectros de fallo existentes almacenados en la base de datos 36, en particular la tabla de fallos 38, al menos para determinar si el espectro de frecuencia generado del impulso validado se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes. Por tanto, el comparador 48 usa el contenido de frecuencia normalizado de un pulso para la comparación con los contenidos de la tabla de consulta 38. El comparador 48 puede usar una medición de equivalencia definida por el usuario para llevar a cabo esta función. En una realización de ejemplo, el comparador 48 está dispuesto para aplicar un algoritmo de correspondencia de fallos para comparar el espectro de frecuencia generado para el impulso validado con los espectros de fallo existentes almacenados en la tabla de fallos 38. El algoritmo de correspondencia de fallos es normalmente la suma de diferencias elevadas al cuadrado, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Suma de diferencias elevadas al cuadrado}, \alpha_k = \sum_{n=1}^8 (x_{k,n} - y_n)^2$$

donde:  $x_{k,n}$  es la componente n en la fila k,  
 $y_n$  es la enésima componente espectral de espectro normalizado

Debe apreciarse que si un espectro de frecuencia generado se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes, el procesador 34 está dispuesto para fijar un indicador a tal efecto. Además de fijar el indicador, el procesador 34 está dispuesto para recuperar de la base de datos 36 un diagrama de dispersión correspondiente al fallo (lo que se describirá posteriormente en mayor detalle). En una realización de ejemplo, el indicador es un descriptor de fallo. En otras realizaciones de ejemplo, el indicador puede permitir que el sistema PDM 10 genere un descriptor de fallo. Sin embargo, si el espectro de frecuencia generado no se corresponde sustancialmente con ninguno de los espectros de fallo existentes, el procesador 34 está dispuesto para almacenar datos o el espectro de frecuencia generado del impulso validado en la tabla de fallos 38 de la base de datos 36, además de activar el indicador a tal efecto. Por claridad, el descriptor de fallo es normalmente un descriptor que contiene información que incluye al menos un número de fallo, que es un número de 8 bits, una amplitud de impulso, que es un número de 8 bits obtenido de la información de fase y magnitud de la novena banda mencionada anteriormente, una marca de tiempo, que es un número de 8 bits que contiene la fracción de tiempo del pequeño intervalo de tiempo en la que se produjo el impulso, información que indica la fase, que es un número de 2 bits que indica la fase 14, 16 ó 18 en la que se produjo el evento de fallo, información indicativa del sensor 20, que es un número de 1 bit que indica el sensor 20 en la fase 14, 16 ó 18 en el que se capturó el evento, y un indicador que es un indicador de 1 bit, que cambia de estado después de cada gran intervalo de tiempo.

En una realización de ejemplo, si el espectro se corresponde con un espectro conocido en la tabla de consulta 38, el valor de pico asociado a ese espectro o bien se añade a un diagrama de dispersión asociado a ese espectro o bien, si no existe ningún diagrama de dispersión, el módulo de generación de datos 50 genera un nuevo diagrama de dispersión. Si el diagrama de dispersión contiene información de señal, los espectros normalizados de este pulso se añaden a los espectros de fallo, y si contiene ruido se añaden a los espectros de ruido. Esto facilita el aspecto de aprendizaje del sistema PDM 10.

Haciendo referencia además a la Figura 17 de los dibujos, si un impulso de entrada o, dicho de otro modo, un espectro de frecuencia generado del impulso se corresponde con un espectro de fallo conocido y no hay ningún diagrama de dispersión para este espectro particular, el módulo de generación de datos 50 está dispuesto para generar un nuevo diagrama de dispersión para el fallo. Por consiguiente, un espectro de frecuencia normalizado almacenado para el fallo se asocia al diagrama de dispersión generado y se almacena en la base de datos 36 junto con el diagrama de dispersión. El valor de pico para los espectros de impulso se sitúa en su fracción de tiempo correcta en el diagrama de dispersión. Además, el espectro de frecuencia generado también se promedia con el espectro de fallo conocido; esto se realiza manteniendo un registro del número de impulsos (cómputo de pulsos) en el diagrama de dispersión particular. Nuevos impulsos con espectros de frecuencia similares se añaden al

diagrama de dispersión a medida que se producen. A medida que se añaden nuevos impulsos, los espectros de frecuencia normalizados globales asociados al diagrama de dispersión se promedian según la ecuación:

$$(\text{espectros de fallo normalizados} + \text{total de todos los demás espectros similares}) / (\text{cómputo de impulsos} + 1)$$

5 Haciendo referencia además a la Figura 18, si un espectro de frecuencia generado de un impulso no se corresponde sustancialmente con ningún espectro de fallo conocido y no hay ningún diagrama de dispersión para el espectro generado, el módulo de generación de datos 50 genera por tanto un nuevo diagrama de dispersión. El valor de pico para los espectros de impulso se sitúa en su fracción de tiempo correcta en el diagrama de dispersión. Debe observarse que para hacer esto se mantiene un registro del número de impulsos en el diagrama de dispersión (cómputo de pulsos). Nuevos impulsos con espectros de frecuencia similares se añaden al diagrama de dispersión a medida que se producen. Debe apreciarse que para hacer esto, los espectros normalizados de nuevos pulsos se comparan tanto con la tabla de fallos 38 como con los espectros generados de impulsos no almacenados todavía en la tabla de fallos 38. A medida que se añaden nuevos impulsos, se calcula el promedio de los espectros de frecuencia normalizados globales asociados al diagrama de dispersión. El proceso de cálculo del promedio se representa mediante la siguiente ecuación:

$$15 \quad (\text{número total de todos los espectros similares}) / (\text{cómputo de impulsos})$$

En una realización de ejemplo, si se mide de manera constante un cómputo de impulsos por ciclo superior a 10, por ejemplo dentro de un periodo de 10 segundos, el impulso puede considerarse ruido. Los impulsos pico se llevan al diagrama de dispersión para todos los impulsos registrados. Los espectros normalizados se almacenan en la tabla de fallos 38 como ruido. Una vez que se ha realizado esto, se descarta el diagrama de dispersión.

20 Debe apreciarse que si se mide de manera constante un cómputo de pulsos por ciclo inferior a 10 dentro de un periodo de 10 segundos, por ejemplo, el impulso puede considerarse un fallo conocido. Los espectros normalizados se almacenan en la tabla de fallos 38 como fallos. Por lo tanto, debe apreciarse que el diagrama de dispersión se almacena en la base de datos 36 y se asocia a un fallo conocido.

25 Si un pulso se identifica, mediante una comparación con los espectros de ruido de la tabla de consulta 38, como un pulso de ruido, el valor de pico de los espectros de pulso se sitúa en su fracción de tiempo correcta en el diagrama de dispersión para todos los pulsos registrados.

30 En una realización de ejemplo preferida, el procesador 34 incluye una memoria temporal o área de memoria temporal 41. El área de memoria temporal 41 se usa para almacenar el número de veces que se produce un espectro de fallo particular en un pequeño intervalo de tiempo y un total acumulativo para cada banda de los niveles en esa banda a partir del espectro normalizado. En una realización de ejemplo, el área de memoria temporal 41 mantiene el cómputo de pulsos descrito anteriormente. Por consiguiente, fijar el indicador cuando el comparador 48 determina una correspondencia sustancial puede incrementar la aparición de un fallo particular en el área de memoria temporal 41. En una realización de ejemplo, el área de memoria temporal 41 puede proporcionar de manera conveniente una plataforma para la manipulación de diagramas de dispersión descrita anteriormente.

35 Debe apreciarse que la tabla de fallos 38 se actualiza normalmente con nueva información espectral asociada a un impulso cuando no hay ninguna correspondencia sustancial entre el espectro de frecuencia generado de ese impulso y los espectros de la tabla de fallos 38. Por lo tanto, si el ordenador central 22 está conectado al sistema PDM 10, la tabla de fallos 38 se transfiere al ordenador central 22. A este respecto, si solo hay un máximo de veinte fallos por pequeño intervalo de tiempo, pueden transferirse hasta veinte descriptores de fallo (28 bits) en un pequeño intervalo de tiempo; por tanto, la máxima velocidad de datos para los descriptores de fallo será de 28 kbits/s. Si todos los descriptores de fallo se refieren a diferentes fallos, entonces se transfieren hasta veinte actualizaciones de tabla de fallos (104 bits) en un pequeño intervalo de tiempo; por tanto, la máxima velocidad de datos para las actualizaciones de tabla de fallos será de 104 kbits/s. Con las velocidades de datos anteriores, la máxima velocidad de transferencia de datos en el enlace USB desde el sistema PDM 10 hasta el ordenador central 22 será normalmente de 132 kbits/s.

40 A modo de resumen, se hace referencia a la Figura 19 de los dibujos. El procesador 34 recibe un pulso o señal de entrada. El procesador 34 divide la señal entre ocho bandas de frecuencia. Cada banda de frecuencia tiene un pico asociado a la misma. Las ocho bandas de frecuencia constituyen un espectro de frecuencia. Este espectro de frecuencia se normaliza y el valor de pico más alto se almacena, con los ocho valores normalizados del espectro de frecuencia. Se usan ocho bandas de frecuencia a modo de ejemplo, pero puede haber cualquier número de bandas de frecuencia a partir de uno.

50 El espectro de frecuencia normalizado se compara con una pluralidad de espectros de frecuencia predefinidos que están almacenados en una tabla de consulta 38. Si el espectro se corresponde con espectros conocidos en la tabla

de consulta 38, el valor de pico se muestra en un diagrama de dispersión que está asociado al espectro de frecuencia identificado. Si no hay ninguna correspondencia, se genera un nuevo diagrama de dispersión.

5 En relación con los diagramas de dispersión y haciendo referencia ahora a las Figuras 20 a 22 de los dibujos, un número total de diagramas de dispersión requeridos para cada tipo de diagrama de dispersión se muestra en la Figura 20. En particular, la Figura 20 muestra diez diagramas de dispersión de la tabla de consulta 38 (este número puede ser cualquier número a partir de uno), cinco diagramas de dispersión a partir de nuevos espectros (este número puede ser cualquier número a partir de uno), y un diagrama de dispersión para todos los pulsos.

La Figura 21 muestra diagramas de dispersión de ejemplo para los espectros de la tabla de consulta 38, mientras que la Figura 22 muestra diagramas de dispersión para los nuevos espectros.

10 A continuación se describirán en detalle realizaciones de ejemplo en funcionamiento con referencia a las Figuras 4 a 7. Los procedimientos de ejemplo mostrados en las Figuras 4 y 5 se describen con referencia a las Figuras 1 a 3, aunque debe apreciarse que los procedimientos de ejemplo también pueden aplicarse a otros sistemas (no ilustrados).

15 Haciendo referencia a la Figura 4 de los dibujos, un diagrama de flujo de un procedimiento según una realización de ejemplo se indica de manera genérica mediante el número de referencia 60. El procedimiento 60 incluye almacenar, en el bloque 62, una pluralidad de espectros de fallo en la base de datos 36, en particular en la tabla de fallos 38 de la base de datos 36. Esto puede ser normalmente una etapa anterior en la que los espectros de fallo o las componentes espectrales de o datos asociados a espectros de fallo conocidos se almacenan en la tabla de fallos 38.

20 El procedimiento 60 incluye además supervisar, en el bloque 64, el sistema de alimentación 12 para recibir o detectar señales o impulsos que se producen en el mismo. Por brevedad, puede considerarse que recibir la señal o impulso, o información asociada a los mismos, incluye detectar la señal o impulso. Esto puede realizarse por el módulo de supervisión 46. En particular, debe apreciarse que los impulsos de entrada se detectan inicialmente usando un algoritmo de detección de picos implementado por el módulo de supervisión 46. Normalmente habrá dos parámetros asociados a la detección de picos, los cuales pueden ser definidos por el usuario. La detección de picos implementada por el módulo de supervisión 46 será análoga a un rastreo y retención analógicos con un reajuste, es decir, la salida de un detector de picos seguirá la entrada siempre que la entrada presente sea mayor que la entrada anterior; en caso contrario mantendrá el valor máximo que alcanzó anteriormente. Se producirá un reajuste para permitir que el detector de picos vuelva al modo de rastreo. Los dos parámetros que pueden ser definidos por el usuario son un umbral absoluto que una señal de entrada tiene que superar antes de que pueda declararse como un posible pico, y se declara una ventana de detección de picos que definirá el tiempo que durará el valor retenido sin que sea superado antes de un pico. Cuando se declara un pico, el módulo de supervisión 46 volverá al modo de rastreo y retención.

35 El valor de ventana de detección de picos determinará la velocidad máxima absoluta a la que se declararán picos válidos. En una realización de ejemplo, la ventana de detección de picos es normalmente de 1,5  $\mu$ s. Esto significa que la máxima velocidad absoluta de pico válida será normalmente de 13333 en 20 ms, siendo ruido la mayoría de los picos. Por consiguiente, si se fija un umbral para el detector de picos, por encima del umbral mínimo de ruido, el número de picos válidos se reducirá considerablemente.

40 Una vez que se detecte un impulso, el procedimiento 60 puede incluir comparar, en el bloque 66, mediante el comparador 48, un espectro de frecuencia generado del impulso detectado con los espectros de fallo existentes almacenados en la tabla de fallos 38 para al menos determinar si el espectro de frecuencia generado del impulso detectado coincide sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes (lo que se describe posteriormente). Los expertos en la técnica entenderán que para que el comparador 48 realice una comparación de la manera contemplada, el impulso de entrada detectado es procesado inicialmente por el módulo de validación 40 para validar el impulso, como se ha descrito anteriormente. Después, el impulso validado se normaliza mediante el módulo de normalización 44. Finalmente, antes de la comparación en el bloque 66, el espectro de frecuencia del impulso validado se genera mediante el módulo de generación de espectros de frecuencia 42 para facilitar la comparación contemplada en el bloque 66.

50 A continuación se hace referencia a la Figura 5 de los dibujos, en la que un diagrama de flujo de otro procedimiento según una realización de ejemplo se indica de manera genérica mediante el número de referencia 70. Las tres primeras etapas del procedimiento 70 son similares a las tres etapas descritas anteriormente con referencia a la Figura 4 y, por lo tanto, se usan los mismos números de referencia para indicarlas de manera respectiva.

55 El procedimiento 70 muestra en mayor detalle los resultados de la etapa de comparación, es decir, el bloque 66. En particular, el procedimiento 70 incluye determinar, en el bloque de decisión 72, si el espectro de frecuencia

generado del impulso detectado se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes almacenados en la tabla de fallos 38. Debe observarse que el comparador 48 implementa un algoritmo de correspondencia de fallos, como el descrito anteriormente, para hacer esta comparación. Si un espectro de frecuencia del impulso detectado se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes, el procedimiento puede incluir fijar un indicador a tal efecto (como se explicará posteriormente). En particular, si hay una correspondencia, el procedimiento 70 determina, en el bloque de decisión 74, si el área de memoria temporal 41 contiene fallos de ese tipo particular. Si el área de memoria temporal contiene fallos de ese tipo particular, el procedimiento 70 incluye acumular, en el bloque 78, ese espectro particular en el área de memoria temporal 41 e incrementar el número de veces que se produce ese espectro particular. Sin embargo, si el espectro no existe en el área de memoria temporal 41, el procedimiento 70 incluye crear, en el bloque 76, una nueva entrada para ese espectro particular en el área de memoria temporal 41.

Sin embargo, si no hay una correspondencia sustancial entre el espectro de frecuencia del impulso detectado y alguno de los espectros de fallo existentes, el procedimiento 70 incluye fijar un indicador a tal efecto (como se explicará posteriormente). En particular, si no hay ninguna correspondencia sustancial y el espectro particular del impulso detectado no está en el área de memoria temporal 41, bloque 74, el procedimiento 70 incluye generar, en el bloque 82, una nueva entrada en el área de memoria temporal 41 y etiquetar el espectro del impulso detectado como un nuevo espectro de fallo. Debe apreciarse que el bloque 82 incluye generar una nueva entrada en la base de datos 36 para el nuevo fallo detectado.

Como un inciso, debe observarse que para cualquier fallo identificado en un pequeño intervalo de tiempo, se determina el promedio de los puntos espectrales recopilados durante ese intervalo de tiempo. Además, si el fallo ya está en la tabla de fallos 38, entonces se calcula el promedio global de los puntos espectrales. Por consiguiente, la tabla de fallos 38 se actualiza periódicamente con estos nuevos promedios. Cuando un fallo se actualiza, entonces la nueva entrada se envía opcionalmente al ordenador central 22 para poder mantener un duplicado de la tabla de fallos 38 en el ordenador central 22. Los datos asociados a un fallo incluyen normalmente un número de fallo (8 bits), valores de los ocho componentes espectrales (80 bits en total) y un número de valor de acumulaciones (16 bits).

Después, el procedimiento 70 incluye fijar o generar, en el bloque 80, un indicador en forma de descriptor de fallo, como el descrito anteriormente, para los resultados respectivos. Debe apreciarse que en esta realización de ejemplo particular, fijar un indicador incluye generar un descriptor de fallo como el descrito anteriormente. En otras realizaciones de ejemplo, fijar un indicador puede incluir avisar al personal acerca de una correspondencia o no mediante una señal de alarma o similar.

Debe apreciarse que de esta manera, los impulsos detectados en un sistema de alimentación se supervisan y analizan para determinar de manera apropiada sus características de fallo.

La invención descrita en este documento proporciona una manera adecuada de supervisar descargas parciales que se producen en sistemas de alimentación trifásicos. Usando un análisis espectral para identificar descargas parciales, resultados no deseados asociados a las descargas parciales pueden al menos mitigarse o incluso solventarse.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (60, 70) de supervisión de descargas parciales que se producen en un sistema eléctrico (12), comprendiendo el procedimiento:
  - recibir un pulso del sistema eléctrico (12);
  - 5 identificar si el pulso es ruido o un pulso duplicado;
    - si el pulso no es ruido o un pulso duplicado, entonces convertir el pulso de una señal analógica a una señal digital;
    - dividir el pulso en dos o más componentes de frecuencia;
    - normalizar estas dos o más componentes de frecuencia a un nivel máximo;
  - 10 comparar las dos o más componentes de frecuencia normalizadas asociadas al pulso recibido con otras pluralidades de componentes de frecuencia predefinidas normalizadas almacenadas, asociadas a otros pulsos para identificar pulsos similares que indican una condición de fallo conocida;
    - si el pulso se identifica como un pulso que indica una condición de fallo conocida, entonces almacenar datos en una base de datos (36) asociando el pulso a las dos o más componentes de frecuencia normalizadas y a la condición de fallo conocida;
    - 15 agrupar pulsos con componentes de frecuencia normalizadas similares en un diagrama de dispersión almacenado en la base de datos (36);
      - si las componentes de frecuencia normalizadas del pulso no son similares a las componentes de frecuencia normalizadas de una agrupación actual, entonces crear una nueva agrupación de pulsos almacenada en la base de datos (36); y
      - 20 si el pulso se identifica como un pulso que indica una condición de fallo conocida, entonces notificar a un usuario que existe una condición de fallo.
  - 2. El procedimiento (60, 70) según la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento (60, 70) generar una memoria temporal (41) para almacenar un número predefinido de espectros normalizados para diferentes pulsos junto con valores de pico asociados a los pulsos.
  - 25 3. El procedimiento (60, 70) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, comprendiendo el procedimiento (60, 70) generar diagramas de dispersión a partir de un subconjunto de los espectros de fallo del pulso recibido.
  - 4. El procedimiento (60, 70) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el procedimiento (60, 70) llevar a cabo un procesamiento de señal en el pulso recibido.
  - 30 5. El procedimiento (60, 70) según cualquier reivindicación anterior, en el que comparar el espectro de frecuencia asociado al pulso detectado o recibido con los espectros de fallo existentes almacenados en la base de datos se realiza mediante un algoritmo de correspondencia de fallos.
  - 6. Un sistema (10) para supervisar descargas parciales que se producen en un sistema eléctrico (12), comprendiendo el sistema (10):
    - 35 una base de datos (36) para almacenar una pluralidad de espectros de fallo;
    - un módulo de supervisión (46) para supervisar el sistema eléctrico (12) para recibir pulsos que se producen en el sistema eléctrico (12);
    - un convertidor de analógico a digital (32) para convertir el pulso de una señal analógica a una señal digital;
    - 40 un módulo de validación (40) dispuesto para validar el pulso recibido identificando si el pulso es ruido o un pulso duplicado;
    - un detector de picos (47) para determinar el valor de pico del pulso recibido;
    - un módulo de generación de espectros de frecuencia (42) que puede hacerse funcionar para generar un espectro de frecuencia del pulso recibido por el módulo de supervisión (46) dividiendo el pulso en dos o más componentes de frecuencia;
    - 45

un módulo de normalización (44) dispuesto para normalizar los valores de pico de cada una de las dos o más componentes de frecuencia predefinidas del pulso recibido a un nivel máximo;

un comparador (48) que puede hacerse funcionar, una vez que se haya recibido un pulso, para:

- 5           comparar las dos o más componentes de frecuencia normalizadas asociadas al pulso recibido con otras pluralidades de componentes de frecuencia predefinidas normalizadas almacenadas, asociadas a otros pulsos para identificar pulsos similares que indican una condición de fallo conocida;
- si el pulso se identifica como un pulso que indica una condición de fallo conocida, entonces almacenar datos en una base de datos (36) asociando el pulso a las dos o más componentes de frecuencia normalizadas y a la condición de fallo conocida;
- 10          agrupar pulsos similares en un diagrama de dispersión almacenado en la base de datos (36); y
- si las componentes de frecuencia normalizadas del pulso no son similares a las componentes de frecuencia normalizadas de una agrupación actual, entonces crear una nueva agrupación de pulsos en la base de datos (36);
- y
- 15          un visualizador para visualizar un punto en un diagrama de dispersión que representa el pico digitalizado del pulso recibido junto con puntos que representan otros picos de pulso similares identificados.
7.       El sistema (10) según la reivindicación 6, estando dispuesto el sistema (10) para fijar un indicador si un espectro de frecuencia del pulso recibido se corresponde sustancialmente con alguno de los espectros de fallo existentes.
- 20       8.       El sistema (10) según la reivindicación 7, en el que el sistema (10) está dispuesto para almacenar datos o el espectro de frecuencia asociado al pulso recibido en la base de datos (36).
9.       El sistema (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que el sistema (10) comprende un módulo de generación de datos (50) que puede hacerse funcionar para generar datos asociados al pulso recibido.
- 25       10.       El sistema (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que el módulo de supervisión (46) está en comunicación con una pluralidad de sensores (20), estando dispuestos los sensores (20) para supervisar cada fase (14, 16, 18) del sistema eléctrico o de alimentación (12).

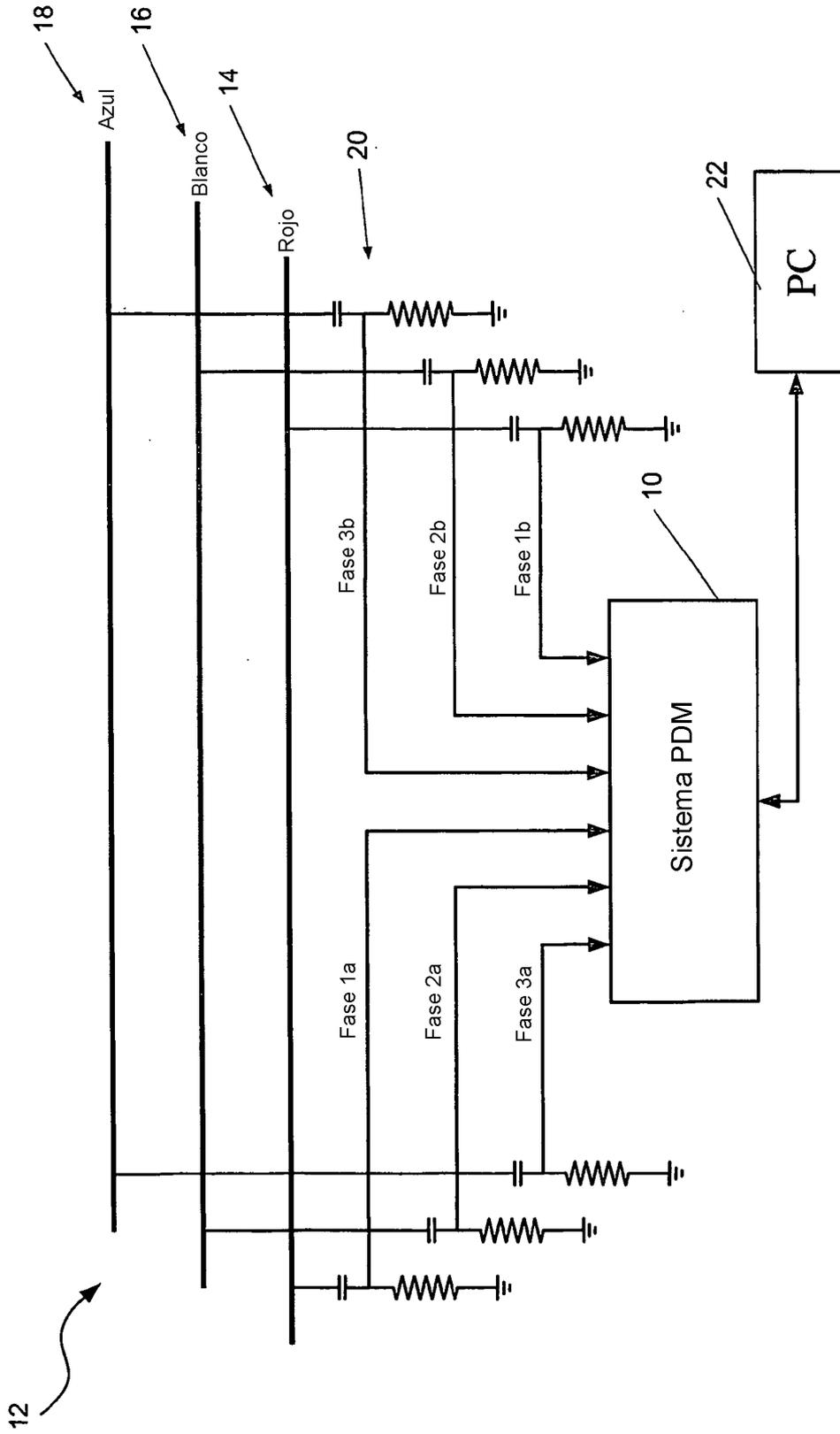


FIGURA 1

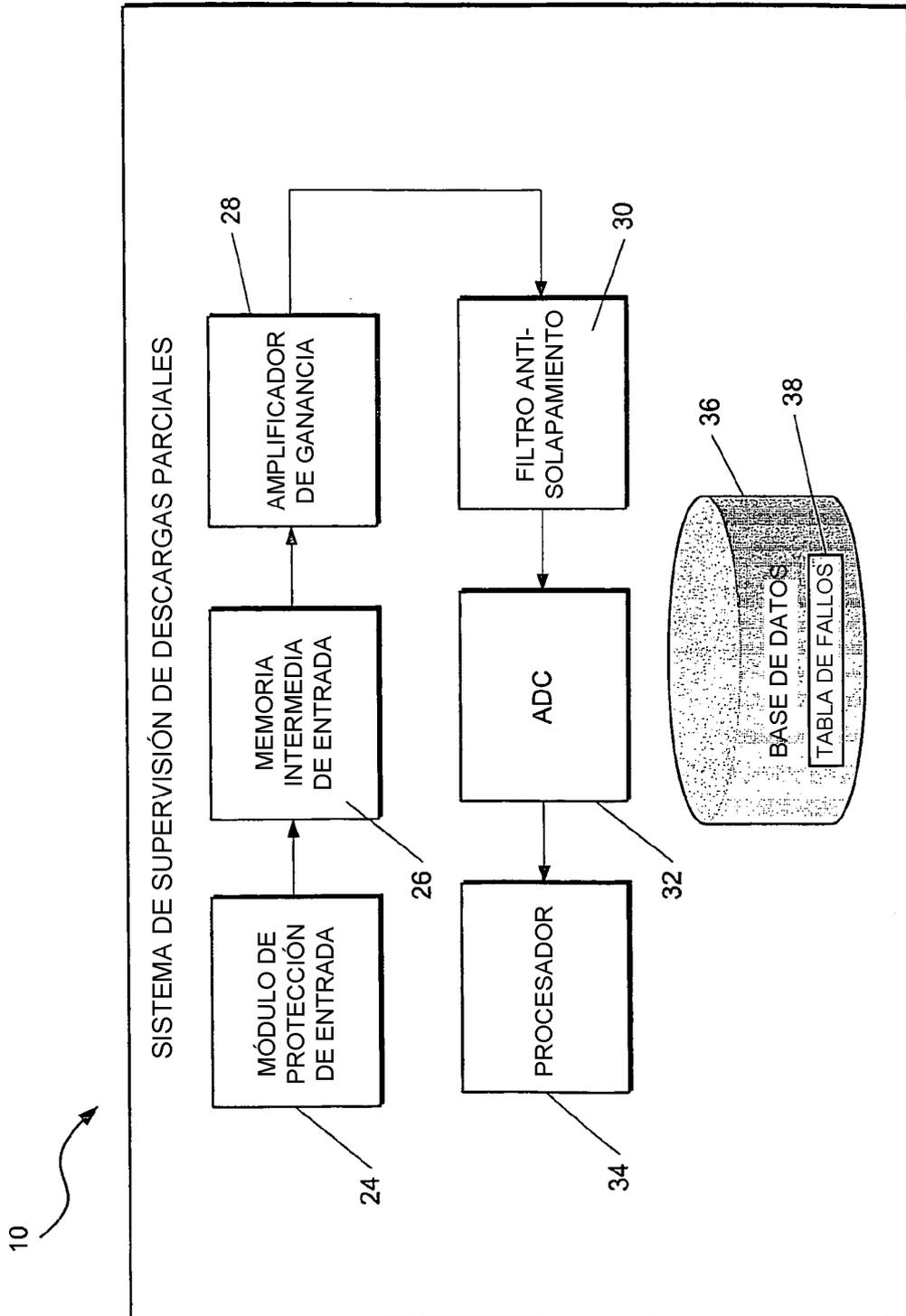


FIGURA 2

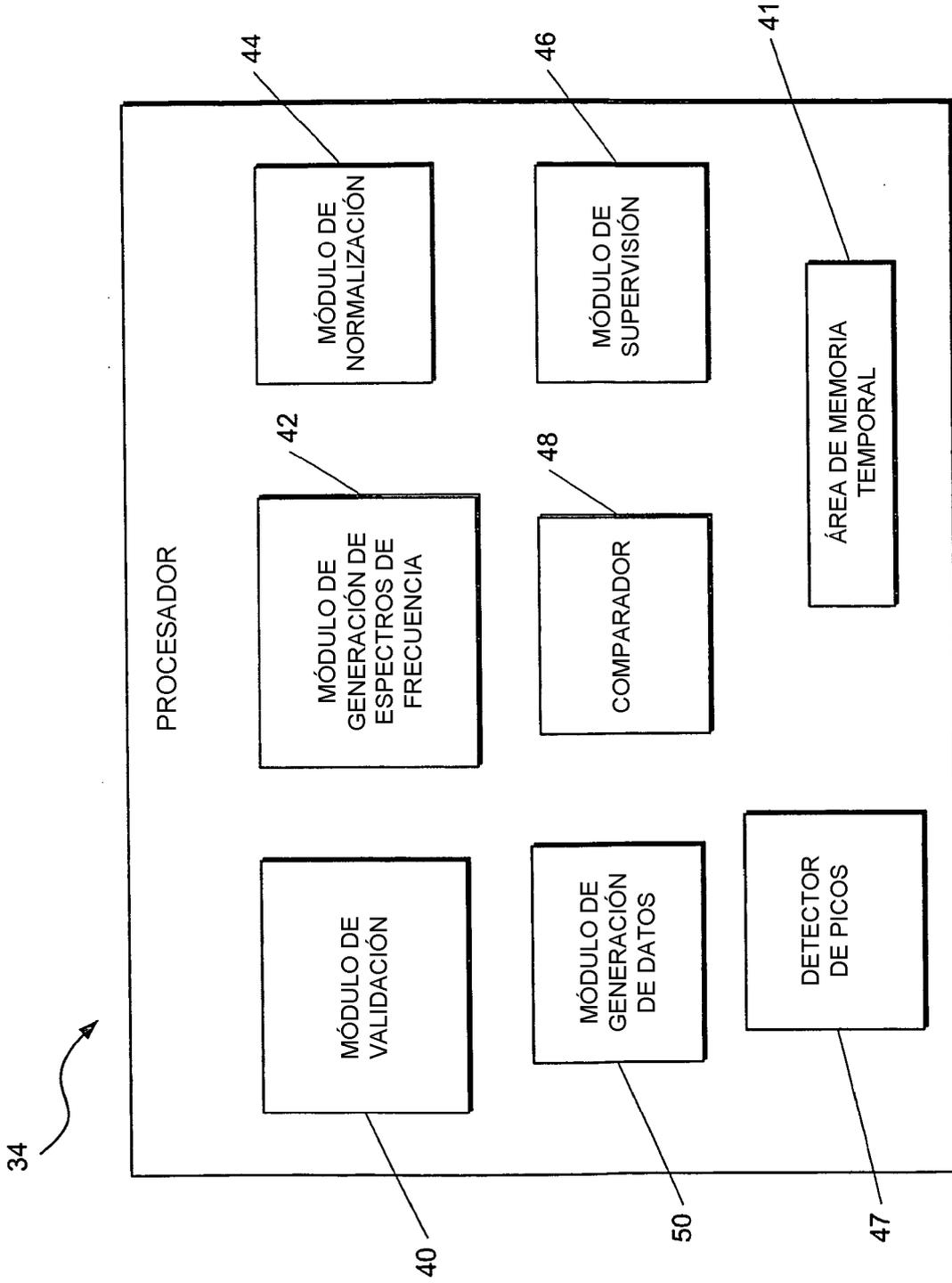


FIGURA 3

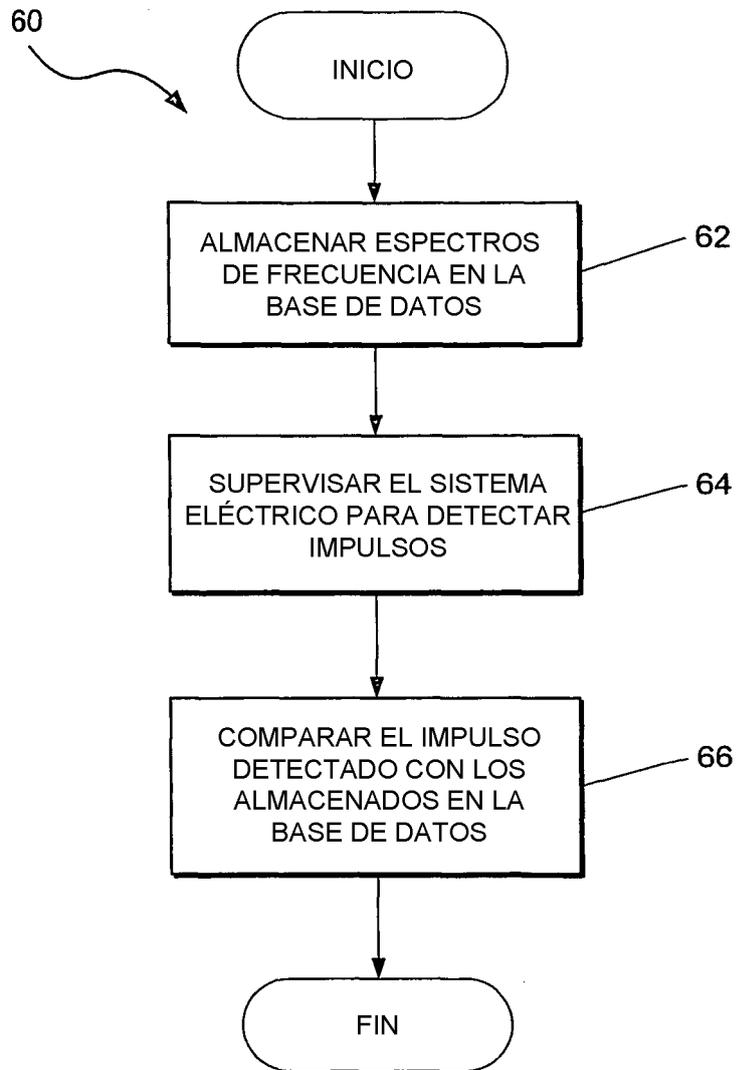


FIGURA 4

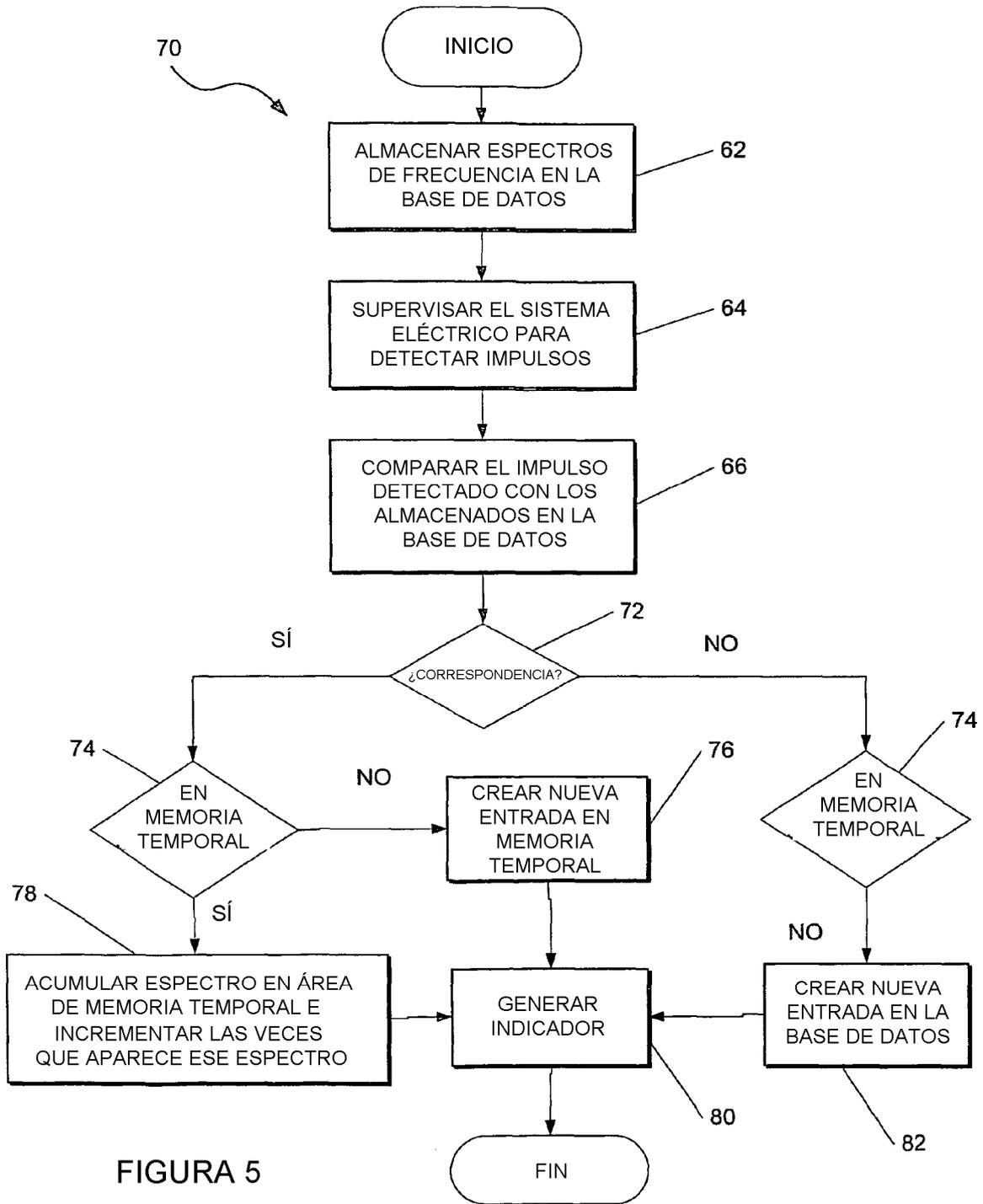


FIGURA 5

Intervalo de tiempo,  $T_{nd}: 225 \pm 25$  ns (tbc)

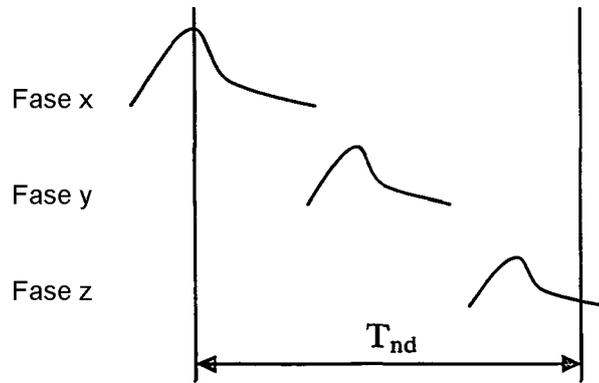


FIGURA 6

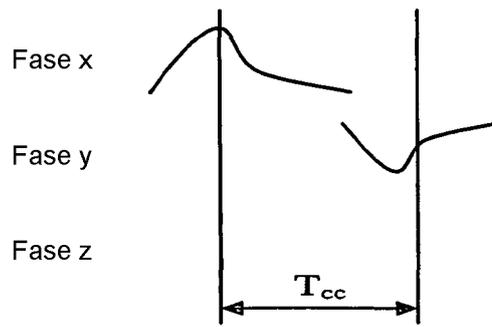


FIGURA 7

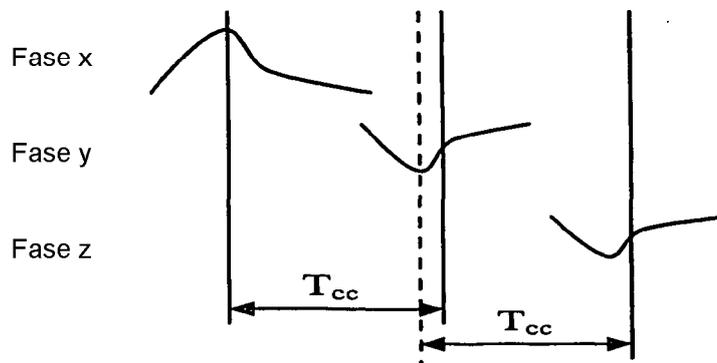


FIGURA 8

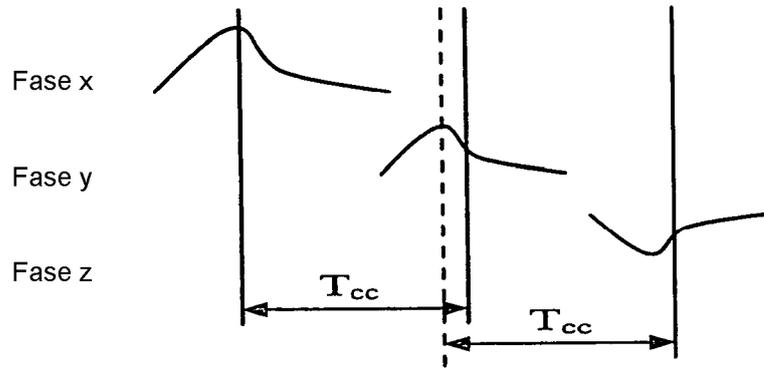


FIGURA 9

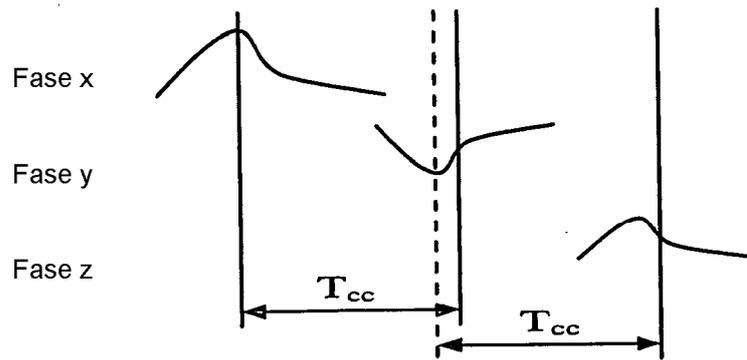


FIGURA 10

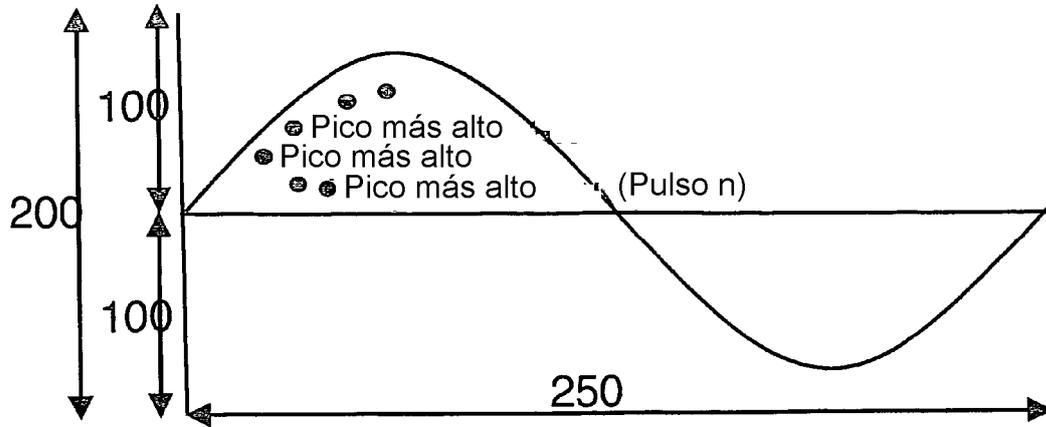


FIGURA 11

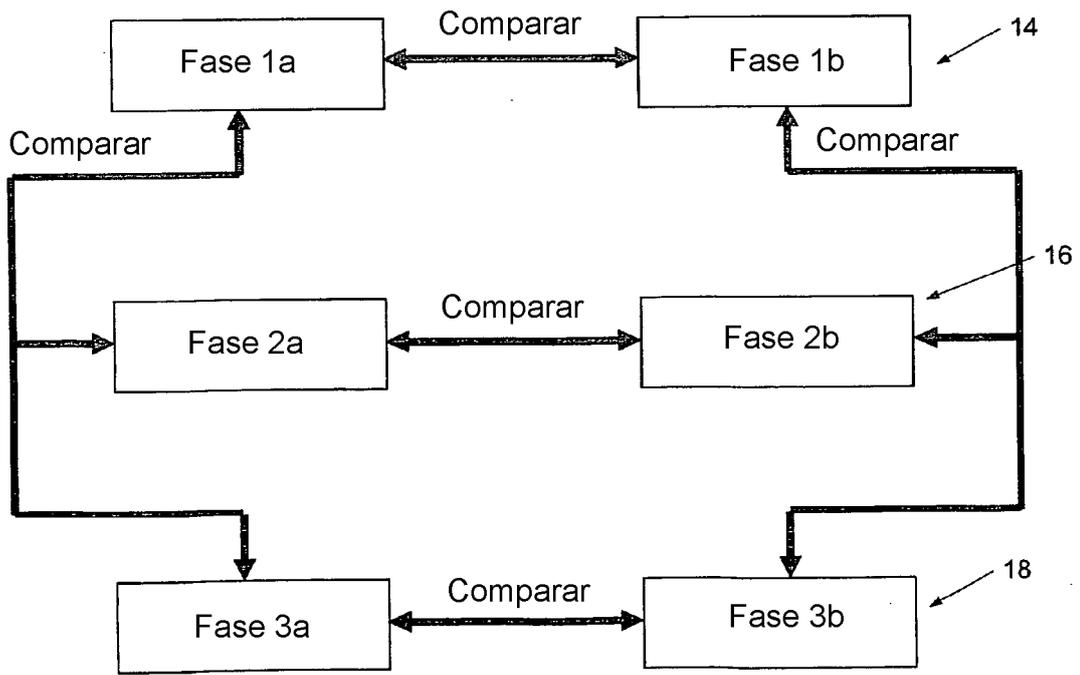


FIGURA 12

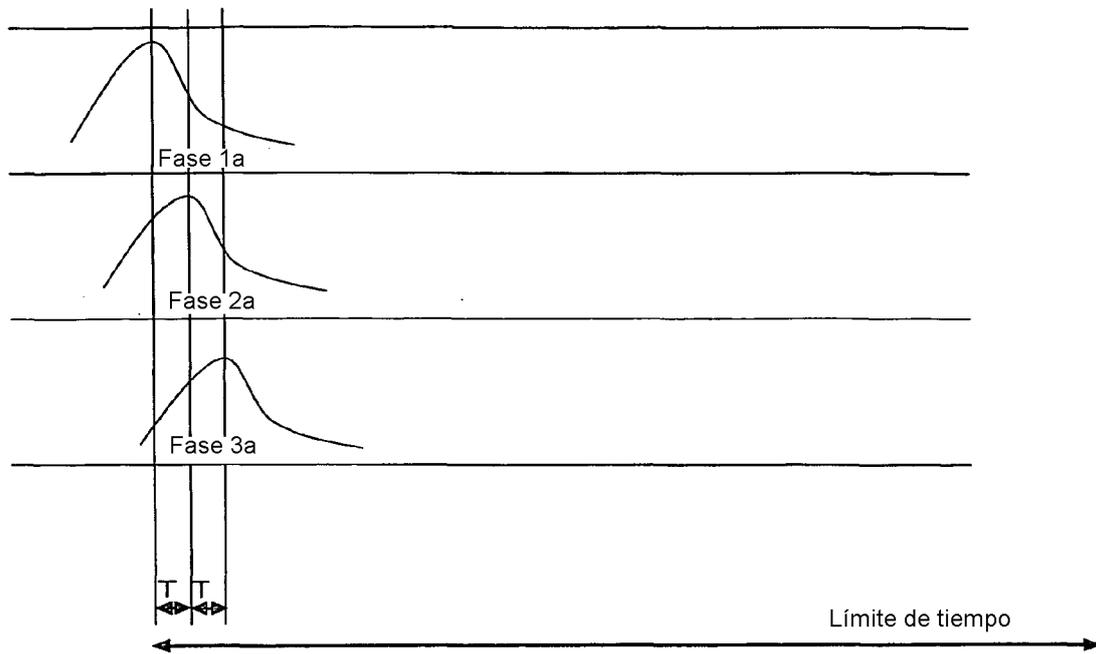


FIGURA 13

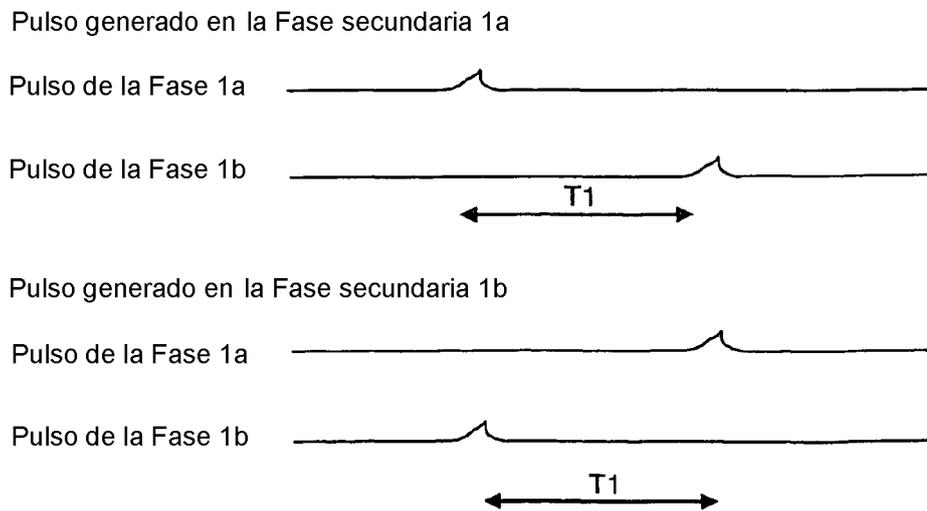


FIGURA 14

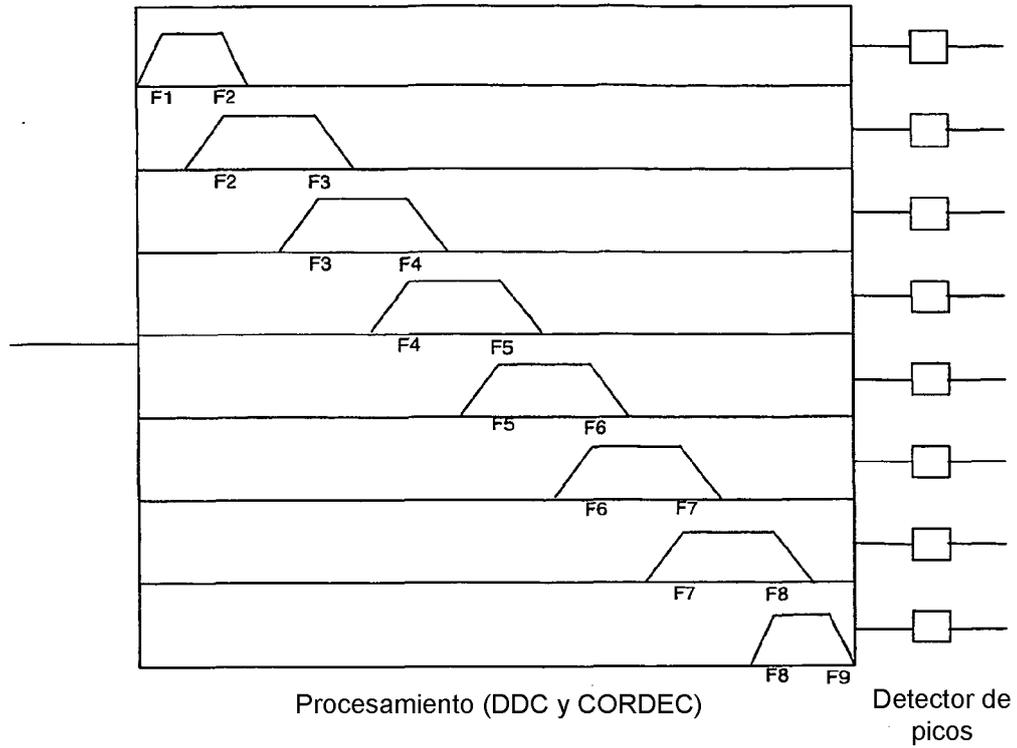


FIGURA 15

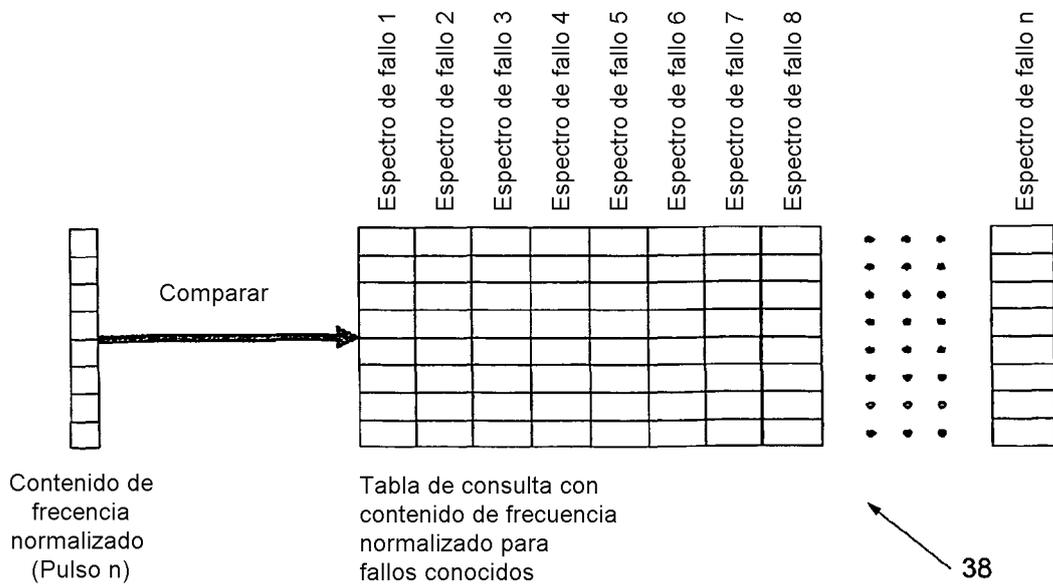


FIGURA 16

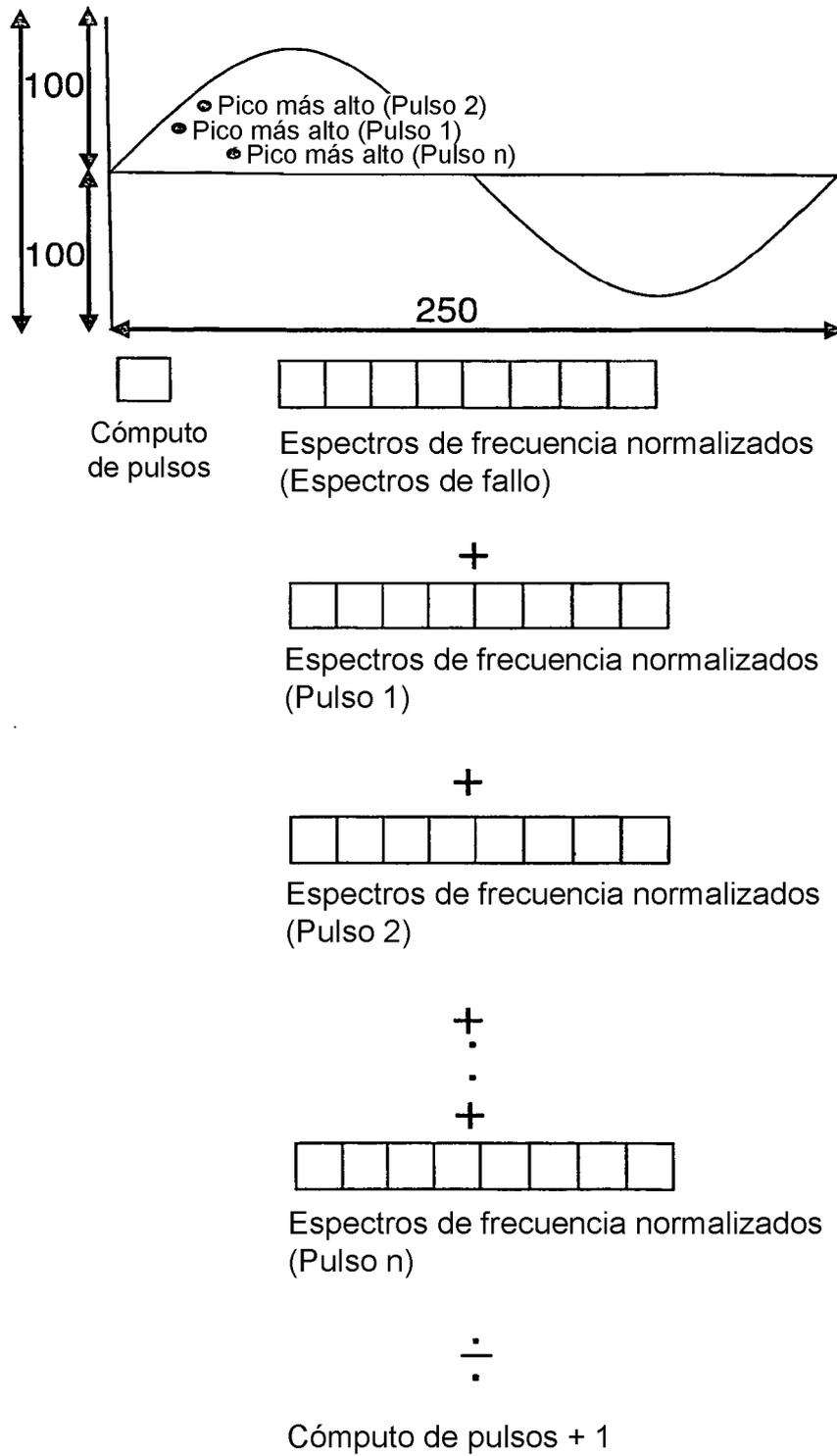


FIGURA 17

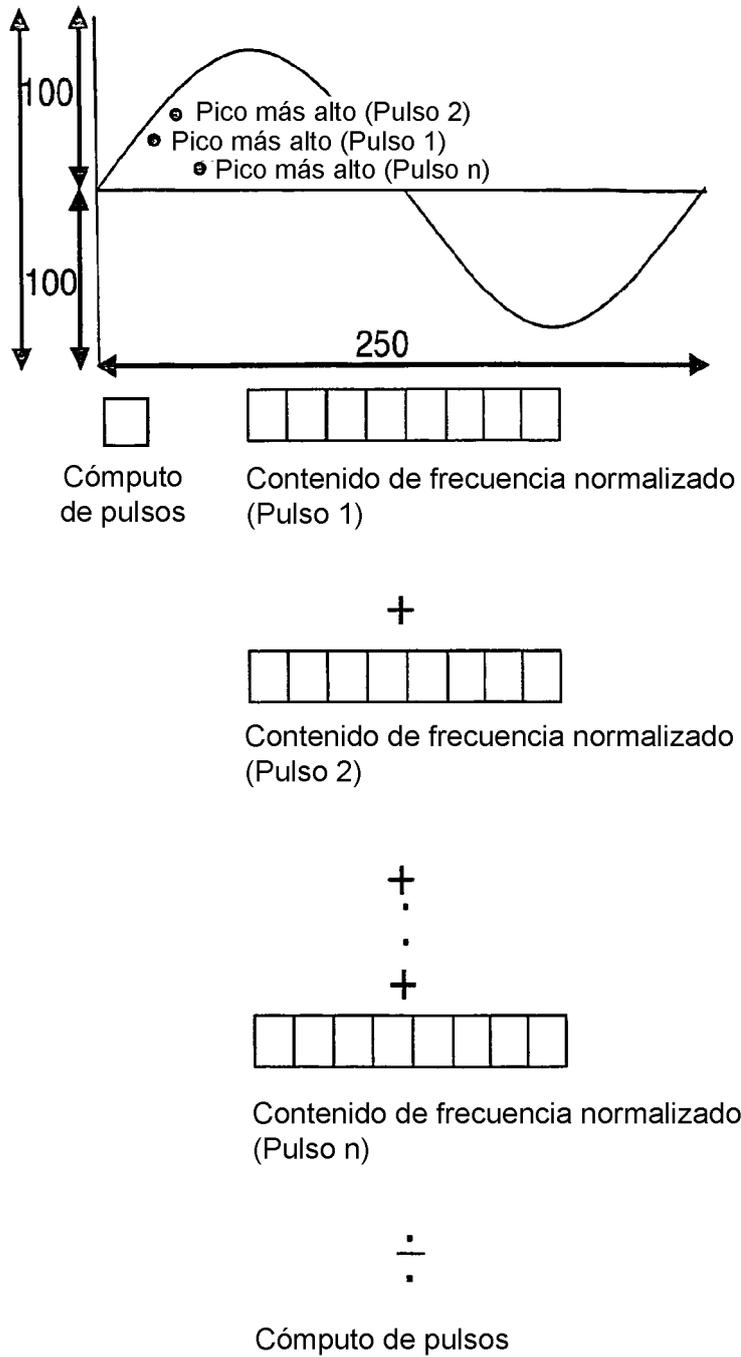


FIGURA 18

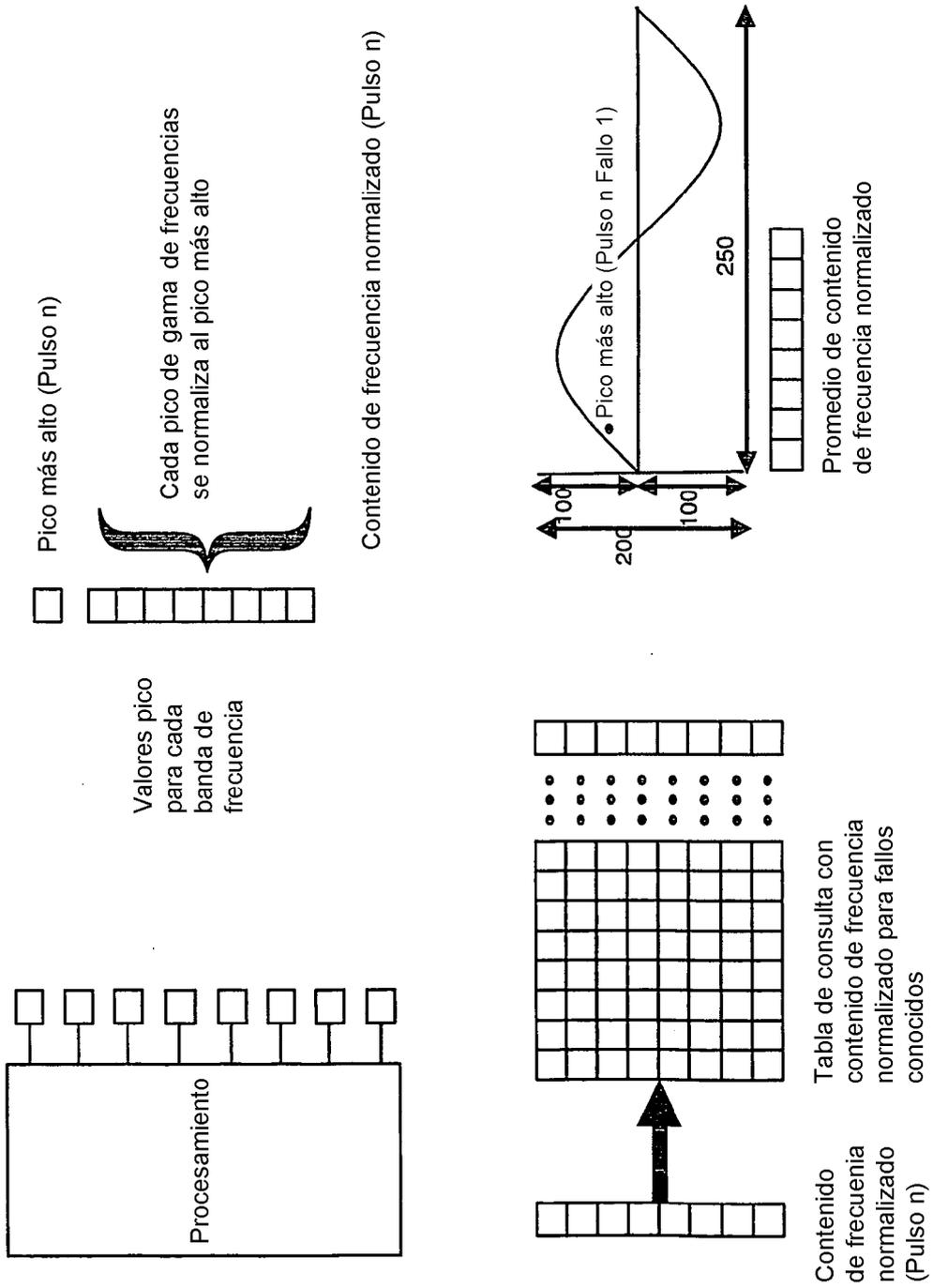


FIGURA 19

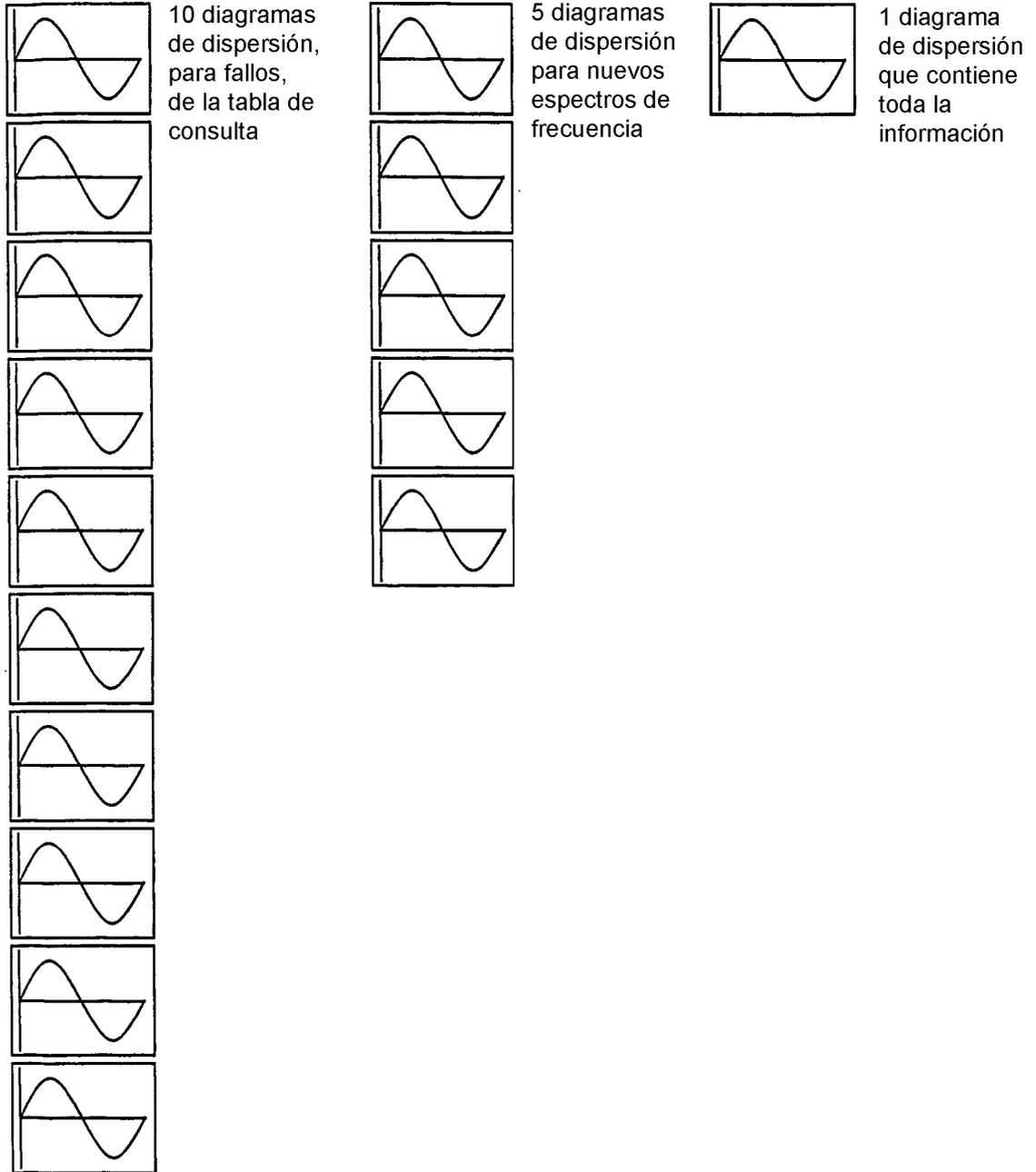


FIGURA 20

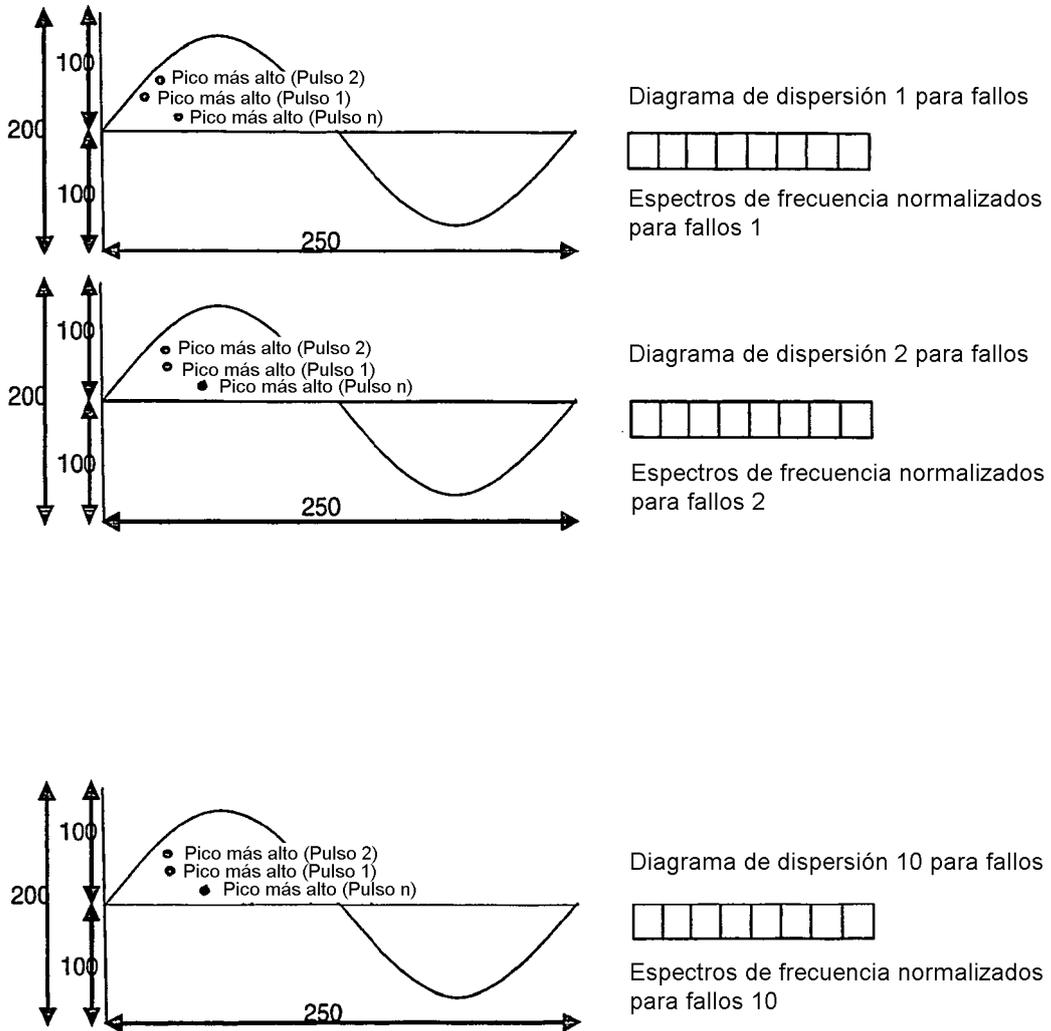


FIGURA 21

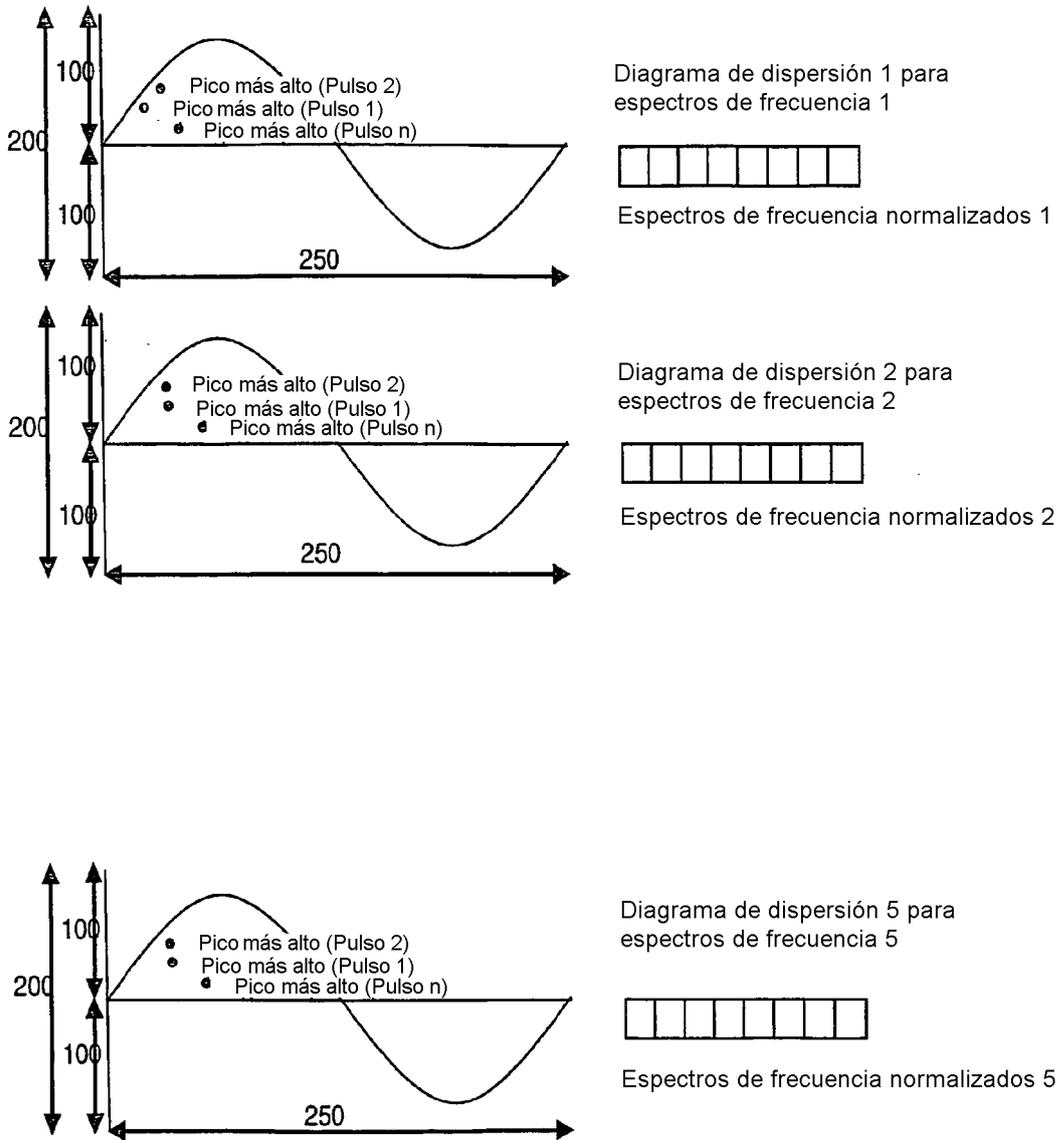


FIGURA 22