

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 764**

51 Int. Cl.:

**G01D 4/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.08.2014 PCT/IB2014/063734**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15019299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2014 E 14777828 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 3030863**

54 Título: **Procedimiento de medición de la dinámica de un flujo de energía y dispositivo y sistema correspondientes**

30 Prioridad:

**07.08.2013 IT TO20130678**

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

**01.04.2019**

73 Titular/es:

**FONDAZIONE LINKS - LEADING INNOVATION & KNOWLEDGE FOR SOCIETY (100.0%)**

**Via Pier Carlo Boggio, 61  
10138 Torino, IT**

72 Inventor/es:

**SIMONOV, MIKHAIL**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

**ES 2 706 764 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 de medición de la dinámica de un flujo de energía y dispositivo y sistema correspondientes

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de medición de la dinámica de un flujo de energía, además del dispositivo y sistema asociados. En particular, el procedimiento se refiere a la observación y medición analítica de un flujo de energía y/o fluidos en movimiento, tal como, por ejemplo, gas, agua u otra forma o sustancia.
- 10 **[0002]** Sistemas ciberfísicos, o CPS, por sus siglas en inglés, son conocidos en la técnica, que comprenden las entidades físicas que llevan a cabo una función dada y elementos computacionales que controlan dichas entidades físicas (véase Edward A. Lee "Cyber Physical Systems: Design Challenges" en ISORC, páginas 363-369, 2008). Un ejemplo de tales sistemas CPS es la red de distribución inteligente de energía eléctrica, gas, agua o cualquier otro flujo físico o recurso. El sistema CPS comprende una red de distribución para la distribución del flujo de recursos y una red informática para el control de la distribución en tiempo real. Las entidades físicas obedecen 15 las leyes físicas (para la energía eléctrica, la ley de Ohm y la ley de Kirchhoff), y pueden monitorizarse por medio de procedimientos de medición debido a determinadas propiedades fundamentales que requieren la monitorización y el control a fin de mantener con el tiempo el funcionamiento y estabilidad correctos del sistema/red constituido por dichas entidades.
- 20 **[0003]** También se sabe que la intensidad de los flujos incompresibles que entran en una red de distribución ha de permanecer estable a lo largo de todo su recorrido. Por esta razón, un dispositivo controlador de medición ha de ser capaz de monitorizar en tiempo real la intensidad del flujo, mediante la comparación de los valores en varios puntos de dicha red, especialmente en los puntos de entrada y salida de los mismos. Se da un ejemplo por una red de distribución de alimentación de corriente alterna utilizando dispositivos conocidos como unidades de medición de 25 fasores (PMU, por sus siglas en inglés) y concentradores de datos de fasores (PDC, por sus siglas en inglés), la tarea principal de los cuales es asegurar que el procedimiento de toma de decisiones llevado a cabo por un sistema de supervisión y control ("Supervisory Control And Data Acquisition", o SCADA).
- 30 **[0004]** Los dispositivos informáticos que se utilizan con mayor frecuencia en los sistemas de adquisición de datos para el control de la red son las PMUs y RTUs, o "Remote Terminal Units, por sus siglas en inglés". Tales dispositivos funcionan en tiempo real, pero generan una gran cantidad de datos, enviando un máximo de treinta paquetes por segundo y con lo que el tráfico de datos a un nivel alto, o incluso excesivo.
- 35 **[0005]** Por esta razón, dichos dispositivos PMU/PDC y RTU, aunque precisos en sus mediciones, no pueden ser empleados en todos los nodos de la red (del orden de millones) debido a que el tráfico de datos llegaría de otro modo a ser tan alto como para ser imposible de manejar. Por lo tanto, solo un número limitado de nodos, situados en las principales redes, están actualmente equipados con dispositivos de PMU, cuyo uso es el que está previsto según los límites impuestos por la red de comunicación, mientras que todos los demás nodos terminales de la red de 40 distribución de flujo de recursos están equipados con un simple indicador que solo lleva a cabo operaciones contables infrecuentes que no incluyen posibles actividades de control de la red.
- [0006]** Este límite tecnológico explica por qué las terminaciones de las redes de distribución de recursos no implementan por completo la monitorización y detección de las entidades físicas del flujo de recursos.
- 45 **[0007]** Normalmente, el centro de control de red de distribución realiza una exploración periódica (por lo general cada 2-4 segundos) de los nodos equipados con dispositivos de medición en tiempo real con el fin de adquirir los valores de parámetros de control (niveles energéticos del flujo). El problema técnico radica en el hecho de que las circunstancias que sean relevantes a efectos de control (eventos) se producen durante un periodo que es mucho más corto que el ciclo de exploración, por lo que no es visible al centro de control. La monitorización de la 50 calidad de energía proporciona un modo especial (llamado "registro de la secuencia de eventos") para el registro de los eventos que se producen, que almacena en la memoria local del dispositivo de medición todo el historial de lo que ocurrió en el pasado reciente. Incluso en presencia de este modo especial, los conjuntos de datos todavía pueden no estar inmediatamente a disposición del controlador central, a menudo llegan tarde.
- 55 **[0008]** La disponibilidad de la monitorización completa de todos los nodos remotos es de vital importancia para las redes inteligentes para el control oportuno de la producción de energía a partir de fuentes renovables en modo distribuido. A diferencia de la generación centralizada, que es históricamente controlable a través de mecanismos conocidos en la técnica, un flujo de energía que entra en la red a través de un nodo remoto que solo está equipado con un indicador, es decir, sin una RTU o una PMU, no se puede monitorizar en la actualidad.
- 60 **[0009]** Algunos modelos matemáticos también son conocidos por la observación de los efectos de las causas que pueden poner en peligro la funcionalidad y/o la estabilidad de la red de distribución. Por ejemplo, en una red de distribución de alimentación de corriente alterna, es posible medir la velocidad de revolución (frecuencia) de los generadores de energía, que se reduce cuando aumenta el consumo de energía y se incrementa cuando el 65 consumo disminuye. Sin embargo, en la actualidad, no existe solución técnica que permita la monitorización de los

segmentos finales (la denominada "última milla") de la red de baja tensión. Existen varios dispositivos electrónicos para medición de energía que se puede comunicar las lecturas del medidor, pero ninguno de tales dispositivos puede funcionar en un modo impulsado por un evento mediante el uso de las arquitecturas de sistemas EDA ("Event-Driven Architecture, por sus siglas en inglés") y/o SOA ("Service-Oriented Architecture, por sus siglas en inglés"). En la mayoría de las soluciones actuales, el límite mínimo es la toma de muestras por segundo, y están disponibles los datos "a petición" a través de una operación de exploración.

**[0010]** Los procedimientos de control de red indirecta se basan en una estrategia simple: allí donde la red es estable no se realizan ajustes, mientras que la estimación de forma continua del estado de la red es posible intervenir si algunas mediciones reales son diferentes de los valores estimados. En la práctica, el problema es atribuible a la gran cantidad de puntos a ser monitorizados y sus respectivas posiciones.

**[0011]** El objetivo es hallar una solución tecnológica con baja complejidad computacional que permita a la topología de red monitorizar de forma directa y completamente.

**[0012]** También se sabe que existen dispositivos electrónicos para la medición de los flujos de energía (sensores para energía eléctrica, gas, agua, etc.) que muestra el flujo con una resolución temporal alta para obtener valores instantáneos de entidades físicas, almacenarlos y transmitirlos a la red a intervalos de tiempo regulares (procedimiento "impulsado por el tiempo"). De esta manera, un gran volumen de datos se intercambia entre dichos dispositivos y un ordenador central situado en la misma red. La cantidad medida de la energía  $E(t)$  se puede expresar como la suma aritmética de los valores de energía única  $E_i$ , es decir:

$$E(t) \approx \sum_{i=0}^t E_i$$

**[0013]** Por ejemplo, los valores de energía instantáneos multiplicados por un tiempo de observación corto proporcionan valores de energía que se pueden definir como "instantáneos". A medida que el índice  $i$  cambia, la exactitud del procedimiento y la adherencia de la serie  $E(t_k)$  a la serie  $E(t)$  puede variar significativamente, introduciendo un error de medición  $\varepsilon(t) = |E(t) - \Sigma E(t_k)|$ . Dispositivos electrónicos digitales para mediciones de energía utilizan la fórmula discreta para el cálculo de sus valores de salida.

**[0014]** La precisión del cálculo numérico en el espacio discreto es preservada por una frecuencia muy alta de muestreo en el dispositivo (algunos MHz). Teniendo en cuenta la cantidad limitada de memoria interna del dispositivo, solo unos pocos valores medios agregados durante periodos de tiempo bastante largos son almacenados y puestos a disposición externamente. Tales valores se denominan también como "pseudomediciones". Una serie numérica infinita de valores crecientes cada vez mayores  $\{E^{TDM}_1, E^{TDM}_2, E^{TDM}_3, \dots, E^{TDM}_i\}$  se obtiene así, donde cada  $E^{TDM}_i < E^{TDM}_{i+1}$ , representa el resultado del procedimiento de medición conocido como procedimiento "impulsado por el tiempo". Con el fin de saber exactamente la cantidad de energía intercambiada durante un cierto periodo de tiempo  $[t_1, t_2]$ , dos mediciones de  $E(t_2)$  y  $E(t_1)$  y el procedimiento de cálculo  $\Delta E_{12} = E(t_2) - E(t_1)$  son necesarias y suficientes; esta última se utiliza normalmente para la facturación.

**[0015]** Dado el gran número de medidores en una red de distribución (decenas de millones o más) y la muy alta frecuencia de muestreo requerida para asegurar la precisión de la medición, el procedimiento "impulsado por el tiempo" conocido en la técnica no puede ser utilizado por la red en tiempo real, debido al excesivo volumen de datos que se creó. Con el fin de reducir el tráfico de datos, el medidor acumula las sumas integrales de la energía en su propia memoria interna, cuya tarea requiere un poco de tiempo  $\Delta t = [t_i - t_{i-1}]$  que provoca un retraso natural en la comunicación con la red. Para la consolidación y la comunicación de las mediciones de energía en la red, se elige por tanto, un intervalo de tiempo bastante largo, por ejemplo quince minutos. Dependiendo de la implementación, que puede variar según el tamaño de la red, estas "pseudomediciones" pueden ser (ya que son promedios) transmitidas inmediatamente al ordenador de control o acumuladas en la memoria local del dispositivo de medición y luego transmitidas al modo diferido, por ejemplo, al final del día, semana o mes. Por ende, algunas mediciones significativas se pueden perder, es decir, aquellas que indican la distribución actual de energía en la red; por lo tanto, los cambios en el flujo de energía no son trazados, mientras que el nodo de red equipada con dicho medidor permanece sin monitorizar durante todo el periodo de tiempo  $\Delta t$ . Debido a esto resulta imposible conocer la tendencia actual del flujo de energía, al prevenir un control oportuno de la red entera o una parte de la misma.

**[0016]** Según la técnica anterior, los valores medidos localmente pueden ser transmitidos a la red en dos modos:

- por un modo "impulsado por el tiempo" con la serie de mediciones ("pseudomediciones")  $\{E^{TDM}_1, E^{TDM}_2, E^{TDM}_3, \dots, E^{TDM}_i\}$ , mediante el uso de muestreo de tiempo poco frecuentes;
  - por un modo "impulsado por un evento" con la serie de mediciones  $\{E^{EDM}_1, E^{EDM}_2, E^{EDM}_3, \dots, E^{EDM}_i\}$  en tiempo real.
- En este caso, estas son mediciones reales que se envían de forma comprimida sobre cada cambio significativo en el

flujo, observando y eliminando los duplicados adyacentes.

5 **[0017]** Esta estrategia ofrece la ventaja de reducir la cantidad de datos transmitidos a la red, por lo que es posible el uso de medidores para los mismos fines que los ofrecidos por los sistemas SCADA asistidos por dispositivos de tipo PMU. Sin embargo, ya que solo proporciona valores diferenciales, hay un riesgo de que algunos paquetes de datos se pierdan, de modo que el periodo siguiente a aquel en que se ha producido la pérdida no se puede observar.

10 **[0018]** El documento WO 2012/090169 A1 describe un procedimiento de gestión del consumo y/o dinámicas de producción de energía eléctrica. Es por tanto objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento, un dispositivo y un sistema para medir la dinámica de un flujo de energía, que está adaptado para transmitir a un receptor, por ejemplo, una compañía eléctrica, una cantidad reducida de datos relacionados con dicho flujo de energía asociado con un dispositivo de medición.

15 **[0019]** Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar un procedimiento, un dispositivo y un sistema para medir la dinámica de un flujo de energía que asegura un cálculo más rápido de dicha dinámica y presenta menos complejidad computacional, de modo que la topología de una red de distribución se puede monitorizar directa y completamente.

20 **[0020]** Es aún otro objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento, un dispositivo y un sistema para medir la dinámica de un flujo de energía que permite el seguimiento analítico de todos los cambios significativos en el flujo de energía.

25 **[0021]** Estos y otros objetos de la invención se consiguen mediante un procedimiento, un dispositivo y un sistema para medir la dinámica de un flujo de energía como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas, que tienen por objeto ser una parte integral de la presente descripción.

30 **[0022]** En resumen, la presente invención describe un procedimiento, un dispositivo y un sistema para medir la dinámica de un flujo de energía, en el que el dispositivo de medición de energía está configurado para obtener una funcionalidad para la monitorización y la gestión de la dinámica de flujo, es decir, cambios en términos de parámetros y calidad del flujo (por ejemplo, energía, potencia o similares). En particular, el procedimiento según la presente invención utiliza dos componentes de medición, un primer componente calculado utilizando el modo "impulsado por el tiempo" o TDM (que proporciona valores absolutos), y un segundo componente calculado utilizando el modo "impulsado por un evento" o EDM (que proporciona valores/variaciones incrementales). El procedimiento proporciona combinar el primer y segundo componentes en un mensaje compuesto, y transmitir dicho mensaje compuesto a dicha red por medio de dicho dispositivo de medición en forma de un único paquete de datos, para permitir que un dispositivo reciba una secuencia de dichos mensajes a observar y cuantificar las entidades físicas de dicho flujo en dicha red de distribución, por medio de una cantidad muy pequeña de datos (por ejemplo, datos de medición y metainformación a enviar a la red).

40 **[0023]** Esto reduce al mínimo el error de medición y reduce el riesgo de perder la capacidad de monitorización de la topología de la red debido a una posible congestión de la misma. El procedimiento también proporciona la compresión de los datos transmitidos a la red y la reconstrucción de la secuencia temporal numérica original de las mediciones, que se interpreta geoméricamente como una "forma de la carga" que asegura la operabilidad de gestión de red en tiempo real. Para aproximar en el mejor de los casos esta serie numérica (curva) por medio de los puntos de variación del flujo de energía, se reduce al mínimo el periodo de tiempo entre la ocurrencia de cambios en el flujo en nodos remotos y el conocimiento de estas ocurrencias, que se comunica inmediatamente a un agente de red encargado de controlar dicha red, y la posibilidad del agente a tomar rápidamente las acciones de control necesarias con el fin de mitigar cualquier posible consecuencia (por ejemplo, en términos de estabilidad de redes saturadas).

**[0024]** Otras características de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas, que tienen por objeto ser una parte integral de la presente descripción.

55 **[0025]** Los objetos anteriores resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de un procedimiento, un dispositivo y un sistema para medir la dinámica de un flujo de energía, con particular referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 60 - La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo para medir la dinámica de un flujo de energía según la invención;
- La Figura 2 muestra un ejemplo de un sistema para medir la dinámica de un flujo de energía según la invención;
- La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de un procedimiento de medición de la dinámica de un flujo de energía según la invención;
- La Figura 4 muestra un ejemplo de una secuencia de datos de medición según la presente invención;
- 65 - La Figura 5 muestra un ejemplo adicional de una secuencia de datos de medición según la presente invención;

- La Figura 6 muestra un diagrama de bloques de un procedimiento de medición de la dinámica de un flujo de energía según la invención;
- La Figura 7 ilustra un ejemplo de un mensaje digital transmitido a una red de distribución de energía.

5 **[0026]** Con referencia a la Fig. 1, se muestra un dispositivo 1 para la medición de un flujo de energía según la presente invención, que comprende: una fuente 3 de una señal de energía a medir; un circuito de medición digital 5 que comprende un microchip integrado con un microprocesador de a bordo; una unidad de comunicación bidireccional 7 para la transmisión de mensajes que comprende datos de medición a una red 15 y la recepción de mensajes de control, que utiliza un protocolo adecuado que asegura que los mensajes llegarán inmediatamente al receptor; medios 9 para la detección de un valor de energía del flujo; medios de memoria 11; medios de suministro eléctrico 19 para suministrar potencia al dispositivo 1; medios de accionamiento de control remoto 21 (por ejemplo, un relé de control AMM o "Automatic Meter Management, por sus siglas en inglés"); y una interfaz de usuario (no mostrada), por ejemplo, una pantalla LCD, un indicador acústico y/u óptico, un accionador para desconectar el suministro de flujo de energía, en caso necesario, o una interfaz de usuario distribuida accesible por medio de dispositivos de red fijos o móviles, tal como un teléfono inteligente o una tableta.

**[0027]** Los medios 9 para la detección de un valor de energía del flujo comprenden un sensor analógico o módulo u otro sensor adecuado para detectar parámetros físicos característicos del flujo de energía. Por ejemplo, cuando se mide un flujo de energía eléctrica, los medios 9 están adaptados para detectar un voltaje eléctrico y una corriente eléctrica, y comprenden un sensor físico específico (por ejemplo, una bobina de Rogowski, un transformador de corriente, una derivación resistiva, o similares).

**[0028]** El dispositivo 1 también puede comprender medios de señalización 17, en particular un zumbador, o un indicador óptico, o una pantalla (por ejemplo, LED, LCD o de otros tipos).

25 **[0029]** El dispositivo 1 según la invención es similar a un medidor electrónico tradicional, y por lo tanto tiene las mismas entradas analógicas (medios 9) y el mismo algoritmo de medición de energía, pero, además, proporciona la red 15 con una corriente de mensajes digitales que describen el flujo de energía a través del tiempo y la dinámica de los mismos.

30 **[0030]** El dispositivo 1 implementa funcionalidades de lectura automática (AMR o "Automatic Meter Reading", por sus siglas en inglés) y la gestión (AMM o "Automatic Meter Management"). El dispositivo 1 envía los eventos en modo "arrastre" mediante el uso de cualquier protocolo de comunicación de red que puede soportar eficientemente tal modo. Sin embargo, puede almacenar los datos de medición en los medios de memoria 11 durante un cierto periodo de tiempo, ya que los datos pueden ser presentados a través de la interfaz de usuario.

40 **[0031]** La unidad de comunicación 7 del dispositivo 1 funciona preferentemente en dos canales de comunicación, un primer de tipo "empuje" y un segundo de tipo "arrastre". Para asegurar la compatibilidad con la técnica anterior, la secuencia de datos detectada en el modo TDM opera en el primer canal en el modo "empuje", con o sin la aplicación de los comandos de control remoto. Para asegurar el control en tiempo real, el flujo del evento EDM opera sobre el segundo canal en modo "arrastre". En ambos casos, se obtiene esta comunicación, por ejemplo, a partir de una combinación alámbrica/PLC e inalámbrica/GSM/GPRS/EDGE/UMTS/LTE/Wi-Fi/5G o similares.

45 **[0032]** El dispositivo 1 según la invención, por lo tanto, transmite los eventos (valores de los parámetros físicos del flujo de energía) a la red 15 a intervalos de tiempo predeterminados (por ejemplo, cada 15 minutos o menos), y también cuando la dinámica o cambios significativos, se producen en el flujo de energía, es decir, cuando uno o más de los parámetros detectados superan un umbral predeterminado (modo EDM). En otras palabras, se produce un evento al final de la hora programada  $\Delta t_1$  (TDM) y también cada vez que se registra un cambio significativo en el flujo de energía AE(t).

**[0033]** En otras palabras, el dispositivo 1 según la presente invención está adaptado para:

- medir/calcular el primer TDM o componente de medición "impulsado por el tiempo" a intervalos predeterminados, dicho primer componente de medición TDM que comprende datos relacionados con parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;
- medir/calcular al menos un segundo EDM, o componente de medición "impulsado por un evento", tras la ocurrencia de un cambio significativo en al menos un parámetro físico de dicho flujo de energía, dicho al menos un segundo componente de medición EDM que comprende datos de medición relacionados con dichos parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;
- transmitir, por medio de la unidad de comunicación 7, dicho primer componente de medición TDM y dicho al menos un segundo componente de medición EDM con el fin de combinarlos en una secuencia temporal y controlar y gestionar una tendencia energía de dicho flujo de energía en dicha red de distribución 15.

65 **[0034]** Este modo inmediato de transmisión de los componentes EDM se puede definir como híbrido ("Hybrid

Metering Method, por sus siglas en inglés" o HMM). Como alternativa, cuando el dispositivo 1 registra eventos EDM en los medios de memoria 11, se envía el mensaje de TDM y una lista acumulada de mensajes EDM prepara, por ejemplo, en un solo bloque de datos, la espera para el intervalo de tiempo predeterminado siguiente; esta variante de comunicación se basa en intervalos temporales, con la entrega retardada de los eventos que se han producido, se conoce como "Time-Driven Method with Delayed delivery of Events, por sus siglas" o TDMDE. Para la compatibilidad con los modos de gestión anteriores, un atributo llamado "MsgType" se añade a cada mensaje digital (paquete de datos de medición) para discriminar entre paquetes de datos TDM y EDM, con opciones adicionales reservadas para posibles extensiones ("MsgType"={TDM, EDM,...}).

10 **[0035]** Con referencia a la Fig. 2, se muestra un sistema 10 según la presente invención. El sistema 10 comprende al menos un dispositivo de medición 1 y un ordenador 30, ambos dispuestos en la red 15. El dispositivo 1 y el ordenador 30 están configurados para cooperar entre sí mediante un intercambio de mensajes digitales, para el fin de tomar las acciones de control y de gestión. El ordenador 30 también puede representar una red informática, y el intercambio de dichos mensajes digitales pueden tener lugar entre dichos ordenadores o en cualquier caso dentro de dicha red 15.

**[0036]** A continuación se describirán las funcionalidades peculiares del dispositivo de medición 1 y del ordenador 30.

20 **[0037]** El procedimiento según la presente invención, por lo tanto, utiliza dos componentes de medición, un primer componente calculado en el modo de "impulsado por el tiempo" o TDM, y un segundo elemento calculado en un modo "impulsado por un evento" o EDM. El procedimiento proporciona combinar el primer y segundo componentes en una secuencia temporal para el fin de observar, medir y cuantificar en tiempo real las entidades físicas del flujo (que son generalmente no estacionarias) y las características de las mismas, por medio de una cantidad muy pequeña de datos (por ejemplo, datos de medición y metainformación a ser enviados a la red).

**[0038]** En otras palabras, el procedimiento comprende las siguientes etapas que consisten en:

- medir, por medio de un dispositivo de medición 1 que pertenece a una red de distribución 15, un primer componente de medición TDM, o "impulsado por el tiempo" a intervalos predeterminados, dicho primer componente de medición TDM comprende datos relacionados con los parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;

- medir, por medio de dicho dispositivo 1, un segundo componente de medición EDM, o "impulsado por un evento" tras la ocurrencia de un cambio significativo en al menos un parámetro físico de dicho flujo de energía, comprendiendo dicho segundo componente de medición EDM datos relacionados con dichos parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;

- combinar dicho primer componente de medición TDM y dicho segundo componente de medición EDM en una secuencia temporal con el fin de controlar y gestionar la tendencia de la energía de dicho flujo de energía en dicha red de distribución 15.

40 **[0039]** En vista de lo anterior, el procedimiento combinado (TDM+EDM) se define como híbrido ("Hybrid Metering Method", HMM).

**[0040]** Con referencia a la Fig. 3, el procedimiento según la invención comprende, con más en detalle, las siguientes etapas:

45 - la etapa 102 proporciona el muestreo de un flujo de energía medible por medio de un dispositivo de medición 1 que pertenece a una red de distribución 15 de una compañía eléctrica;

- la etapa 104 proporciona el cálculo, en primeros intervalos de tiempo regulares  $\Delta t_1$ , sumas integrales  $E_i^{TDM}$  de cantidades de energía, es decir, un primer componente de medición TDM;

50 - la etapa 106 proporciona la transmisión de un mensaje TDM digital en dicha red 15 por medio de dicho dispositivo de medición 1;

- la etapa 108 proporciona el cálculo en tiempo real de un cambio de energía  $\Delta E_i = (E_i - E_{i-1}) / \Delta t_2$ , en el que  $E_i$  y  $E_{i-1}$  son dos valores de sumas integrales de cantidades de energía consolidadas en una determinado número de ciclos, y en el que  $\Delta t_2$  es un segundo intervalo temporal entre los respectivos instantes de tiempo cuando se obtienen dichos dos

55 valores de sumas integrales  $E_i$  y  $E_{i-1}$ , y en el que  $\Delta t_2 \ll \Delta t_1$ ;

- la etapa 110 proporciona la adición de dicho cambio de energía  $\Delta E_i$  a cambios similares calculados en instantes de tiempo anteriores a fin de obtener una suma acumulada de dichos cambios;

- la etapa 112 proporciona la transmisión de un segundo componente de medición EDM de dicha red 15 por medio de dicho dispositivo de medición 1 en caso de que dicho cambio de energía  $\Delta E_i$  y/o dicha suma acumulada sean

60 superiores a un umbral de valor predeterminado  $\delta E_i$ ;

- la etapa 114 proporciona la iteración de dichas etapas anteriores del procedimiento de medición para cada índice  $i$  y  $j$  con el fin de obtener una serie de valores híbridos que contienen tanto dichos primer y segundo componentes de medición  $\{E_i^{TDM}, E_i^{EDM}, E_{i+1}^{TDM}, E_{i+1}^{EDM}, \dots, E_j^{TDM}, E_j^{EDM}\}$ .

65 **[0041]** El procedimiento según la invención es compatible con el modo "impulsado por el tiempo" de la

técnica anterior, ya que es suficiente para interponer la serie numérica "contralado por eventos"  $\{E^{EDM_{i1}}, E^{EDM_{i2}}, \dots, E^{EDM_{ij}}\}$  entre los pares valores de energía  $E^{TDM_i}$  y  $E^{TDM_{i+1}}$ ; también, el procedimiento proporciona los cambios que ocurren en el flujo (no estacionario) de la energía y el instante de tiempo exacto de ocurrencia de los mismos.

5 **[0042]** Además, el procedimiento especifica cuándo los mensajes digitales deben ser comunicados en la red 15, establece un protocolo para los datos y para el intercambio de ellos, e indica qué operaciones han de llevarse a cabo en el dispositivo 1 y cuáles han de llevarse a cabo por el ordenador 30 para controlar el flujo no estacionario en tiempo real.

10 **[0043]** Los medios 9 para la detección de un valor de energía del flujo proporcionan valores de energía instantáneos a una frecuencia de muestreo, en particular, muy alto. Esto produce una matriz de números  $M_{inst}(t_k)$  que contiene los valores de los parámetros del flujo de energía monitoreados, cuyos parámetros la caracterizan tanto cualitativa como cuantitativamente. Como resultado, el dispositivo de medición 1 posee todos los elementos necesarios para la observación de lo que está sucediendo en su nodo de red (cada dispositivo de medición 1 representa un nodo de red 15). Teniendo en cuenta, por ejemplo, un flujo de energía eléctrica, los medios 9 serán uno o más sensores de detección de electricidad. Los datos detectados por los sensores de detección de electricidad, es decir, la serie de la energía  $E(t)$ , se incluyen en la matriz  $M_{inst}(t_k)$ ; por ejemplo, los parámetros monitoreados pueden ser una potencia  $P(t)$ , una tensión  $V(t)$ , una corriente  $I(t)$ , una frecuencia  $f(t)$ , y otros parámetros que caracterizan el flujo de energía y la calidad del mismo. Otro ejemplo puede ser un flujo de gas; en este caso, los medios 9 serán uno o más sensores de gases que proporcionan una serie de valores relacionados con parámetros como el volumen de gas  $V(t)$ , la presión del gas  $P(t)$ , la temperatura del gas  $T(t)$ , etc.

**[0044]** En cualquier caso, la matriz  $M_{inst}(t_k)$  resulta ser demasiado grande para ser intercambiada con otros nodos o agentes de la red, y por lo tanto se procesa dentro del dispositivo de medición 1 por medio de algoritmos adecuados (también conocidos como microcódigo). El resultado del procesamiento de la matriz  $M_{inst}(t_k)$  se emite como una serie de indicadores que resumen y describen la tendencia en el tiempo del flujo de energía bajo observación.

**[0045]** Dicho procesamiento se reduce el volumen de datos de la matriz  $M_{inst}(t_k)$  mediante la eliminación de 30 datos redundantes (la teoría de la información establece que, si un mismo valor persiste durante un tiempo determinado, entonces el receptor previsto de la comunicación no necesitará los duplicados de datos repetidos varias veces). La arquitectura adecuada para este fin es conocida como EDA/SOA ("Event-Driven Service-Oriented Architecture"), con la adición de algunas peculiaridades. En la presente invención, el dispositivo de medición 1 desempeña un papel activo mediante el envío de mensajes digitales a través del canal de comunicación, mientras 35 que un agente entra en el estado de canal de escucha y recibe todos los mensajes asociados con los eventos que han ocurrido. Además de lo que es proporcionado por la técnica anterior, el dispositivo de medición 1 establece un primer intervalo de tiempo bastante corto  $\Delta t_1$ , también referido como "ranura de observación", durante el cual procesa los datos instantáneos y obtiene mediciones específicas  $M_{rif}(t_k)$ .

40 **[0046]** En el espacio discreto de tiempo  $T|\Delta t_1$  el dispositivo 1 mantiene todas las características de los dispositivos similares de la técnica anterior, porque adopta el modo "impulsado por el tiempo". Con el fin de preservar la compatibilidad con las aplicaciones del estado de la técnica existentes, se establece un segundo intervalo de tiempo  $\Delta t_2$  (1 segundo, 1 minuto, un cuarto de hora, una hora, 24 horas, etc.), durante el cual las mediciones son integradas con el fin de obtener pseudomediciones (valores medios) para ser emitidas a través del 45 canal de comunicación. De esta manera, la serie numérica contenida en una matriz  $M_{Legado}(t_k)$  corresponde a la partición del espacio discreto de tiempo  $T|\Delta t_2$  y puede ser enviado a diversos agentes externos. Por ejemplo, en el sistema de ENEL Telegestore, con  $\Delta t_2=900$  segundos, la matriz  $M_{Legado}(t_k)$  contendría vectores que contienen 96 elementos cada uno, entre los que la serie cada vez creciente  $E(t_k)$  de las mediciones de energía eléctrica son conocidos como "forma de la carga".

50 **[0047]** El objetivo de la presente invención es capturar todos los instantes en que el flujo de energía pierde su característica estacionaria (es decir, cuando se somete a un cambio significativo).

**[0048]** Como se ha mencionado anteriormente, eventos de cambio de flujo de energía, o "ocurrencias", se 55 crean en el instante en que surge una condición relacionada con un cambio en la cantidad de energía  $|\Delta E| > \delta E$ ,  $\delta E$  es un umbral de energía predeterminado, o una enumeración finita de umbrales  $\delta E_k$ . Dicha ocurrencia se caracteriza por una etiqueta semántica (cambio = sí) y por el instante de tiempo  $t_j$  en el que se produce el evento. Al recopilar eventos, se obtiene un mapa de eventos que complementa las mediciones.

60 **[0049]** La entidad U se define como una secuencia de segmentos de tiempo (también denominado como "cadena de partes") durante la cual el flujo de energía en observación permanece estacionario pero delimitado por instantes de tiempo  $t_k$  en los que el flujo de energía ha mostrado variaciones significativas, es decir, aquellos que son relevantes para el fin de controlar automáticamente la red 15.

65 **[0050]** El espacio de muestreo Q se define como un conjunto que contiene elementos U con los eventos que

han ocurrido en varios lugares en el espacio (nodos pertenecientes a la red 15) en diferentes instantes de tiempo  $t_k$ . El espacio de muestreo Q caracteriza tanto cualitativa como cuantitativamente todos esos lugares en la topología espacial en los que se han producido eventos durante los cual ha cambiado el flujo medido de la energía.

5 **[0051]** El espacio de muestreo Q indica todos los puntos del espacio-tiempo en los que se han producido transiciones (estado), que se han revelado como los cambios del flujo de recursos ( $|\Delta E_i| > \delta E$ ), o ( $|\Delta E_i| > \delta E_k$ ) para  $\forall k$  con k perteneciendo al conjunto de números enteros positivos  $Z^+$ .

**[0052]** El dispositivo de medición 1 da salida a una secuencia de datos de entidades U que describe los  
10 instantes en los cuales se han producido cambios en el flujo de energía.

**[0053]** Designemos como  $\Pi$  un procedimiento de intercambio de la energía medida en la ubicación L en el tiempo T.

15 **[0054]** El procedimiento según la presente invención transmite los elementos que pertenecen al espacio de muestreo que se han calculado sobre la base de la cantidad medida. En particular, los datos de la secuencia de segmentos de tiempo (cadena de partes) contienen en los primeros atributos de los componentes TDM que representan los valores absolutos de la energía medida, mientras que los segundos componentes EDM contienen los cambios relativos en las cantidades medidas. Todos los elementos U indican explícitamente los instantes de  
20 tiempo  $\{t_i, t_{i+1}, \dots, t_{i+k}, \dots\}$  en los que se producen cambios en el flujo de energía, y también indican la longitud de los periodos de tiempo cuando el flujo de energía permanece estacionario, es decir, sin variaciones  $\{\Delta t_i, \Delta t_{i+1}, \dots, \Delta t_{i+k}, \dots\}$ . Este procedimiento permite el recuento analítico de energía.

**[0055]** El procedimiento también proporciona la eliminación de la transmisión repetida de los valores  
25 absolutos de la energía medida (datos duplicados). En caso de una colisión o pérdida de uno o más paquetes de datos EDM durante la transmisión de datos, el siguiente paquete de datos TDM proporcionará una nueva referencia absoluta para continuar monitorizando los eventos y las consecuencias de los mismos. El procedimiento para la eliminación de duplicados proporciona compresión de datos de medición y produce un conjunto de datos que se caracteriza por la densidad variable en el tiempo.

30 **[0056]** Con referencia a la Fig. 4, se muestra un ejemplo de una secuencia de datos de medición según la presente invención.

**[0057]** En caso de que los datos de EDM se acumulen en los medios de memoria 11 del dispositivo de  
35 medición 1 y se transmitan acto seguido, en un solo instante, el procedimiento proporciona para introducir, además de un paquete de datos EDM, cierta metainformación relacionada con el tiempo necesario para la reconstrucción de la secuencia de tiempo correcta de los eventos que han ocurrido en la forma de la carga. Este modo de comunicación se conoce como TDMDE.

40 **[0058]** Al final de un intervalo de tiempo genérico  $\Delta t$ , el modo TDMDE proporciona el cálculo del mapa de eventos. En cada cambio que se produce en el flujo, un contador  $n_j$  se incrementa con el fin de calcular el número total de cambios ocurridos durante un periodo de tiempo. Al final de cada intervalo  $\Delta t$ , dicho contador  $n_j$  indica el número total de eventos que han ocurrido. El número resultante de  $n_j$  caracteriza la intensidad de los cambios que  
45 ocurren en el flujo de energía durante una unidad de tiempo  $\Delta t$ .

**[0059]** El modo TDMDE define entonces un parámetro  $n(t) = \{n_1, n_2, \dots, n_j, \dots\}$ , llamado "intensidad de cambio", que se suministra junto con los paquetes de datos  $E^{TDM}$  mediante la extensión de la estructura de datos de este último a través de la adición de nuevos atributos. La secuencia de valores  $n(t)$  en el tiempo indica cómo la intensidad de los eventos cambia a lo largo del eje temporal. Este parámetro se utiliza para la determinación de actividades  
50 repetitivas (causadas por dispositivos automatizados), actividades no repetitivas (causadas por el hombre), y ninguna actividad (estado estacionario).

**[0060]** El intervalo completo de cambios de flujo  $[E_0, E_{max}]$  se divide, en el límite máximo  $E_{max}$  definido por contrato, en "X" partes iguales. Por ejemplo, si se divide en diez partes iguales ( $x = 10$ ), el tamaño de cada parte se  
55 calcula como  $(E_{max} - E_{min})/x$ , es decir, la energía admisible máxima menos el mínimo de energía dividido por  $x = 10$ . De esta manera, se obtiene  $x =$  diez valores independientes  $\delta_i$  con el índice  $i = 1, 2, \dots, 10$ , que puede ser utilizado para los datos de EDM a fin de distinguir entre un cambio "relevante" y un cambio "no relevante". En lugar de utilizar un único umbral  $\delta E$ , los umbrales se vuelven  $\delta_i = E_{min} + (i-1) * (E_{max} - E_{min})/x$ , con  $i = 1, 2, \dots, x$ . En el ejemplo con  $x = 10$ , por lo tanto,  $\delta_i = E_{min} + (i-1) * (E_{max} - E_{min})/10$  con  $i = 1, 2, \dots, 10$ .

60 **[0061]** Esta estrategia impone que en la red 15 hay un ordenador 30 que escucha los mensajes digitales y los procesa. Dicho ordenador 30 muestrea el tiempo mediante la adopción de un procedimiento similar al de un concentrador ("concentrador de datos de fasores" o PDC, por sus siglas en inglés) que utiliza el procedimiento de fasores para dominar PMUs remotos. El tiempo se divide en terceros intervalos de tiempo  $\Delta t_3$ , que son más bien  
65 cortos pero regulares. El ordenador 30 escucha la red 15 durante dichos terceros intervalos de tiempo  $\Delta t_3$  y calcula,

para cada uno de ellos, las sumas de valores de los parámetros proporcionados por los nodos remotos. Se obtiene así una vista agregada de mensajes, lo que indica el impacto causado por una pluralidad de nodos remotos durante la unidad de tiempo.

- 5 **[0062]** Además, tanto el dispositivo de medición 1 y el ordenador 30 examinan la tendencia en el tiempo de los mensajes que comprenden valores relacionados con los parámetros físicos del flujo de energía, calculando una intensidad de la corriente de mensajes, que se define como un número de eventos producidos o recibidos durante un espacio de tiempo.
- 10 **[0063]** En sustancia, el ordenador 30 observa y cuenta en tiempo real la información de red que comprende los valores de cantidad de energía, sus cambios, las velocidades de los cambios en el flujo de energía con el tiempo, y la intensidad de tráfico de mensajes, además de los valores de los parámetros de flujo (por ejemplo, potencia, volumen, etc.). Esta información de la red, que también puede ser utilizada directamente para estimar el estado de la red 15 ("estimación de estado"), asegura la observabilidad y controlabilidad de la red 15 en sí.
- 15 **[0064]** Con referencia a la Fig. 5, el ordenador 30 puede, gracias a estos parámetros, reconstruir a posteriori la forma de la carga 20 con una buena aproximación. Dicha forma de la carga 20 comprende un número reducido de rectángulos que corresponden a las sumas de energía integrales parciales.
- 20 **[0065]** Además, el ordenador 30 produce la lista de nodos de la red en la que se producen cambios en el flujo; también calcula el número de nodos de la red; luego procesa un indicador general que es útil para la monitorización de la estabilidad de la red 15. Si el ordenador 30 está interconectado a un sistema externo para el control de la red 15, proporcionará dicho indicador a este último.
- 25 **[0066]** Ha de señalarse que una característica importante del procedimiento según la presente invención es la posibilidad de capturar también los cambios de energía que son aparentemente "nulos": ya que la energía integral comprende dos componentes, es decir, intensidad y tiempo del flujo de energía, una variación inversamente proporcional de ambos componentes podría resultar en dos  $E_j$  y  $E_{j+1}$  idénticos; la sincronización del cambio se notificó a través de una notificación de la existencia del evento  $\Delta E_j$ , incluso si  $\Delta E_j$  fuera igual a 0. Esto es debido a la
- 30 utilización de la densidad de tiempo variable. Debido a que  $dE_j$  se consolida durante el periodo  $[t_{j-1}, t_j]$ , mientras que  $dE_{j+1}$  se consolida durante el periodo  $[t_j, t_{j+1}]$ ,  $E'(t_j)$  y  $E'(t_{j+1})$  ha de ser evaluada teniendo en cuenta que, en general,  $|t_{j+1}, t_j| \neq |t_{j-1}, t_j|$ . Supongamos, por ejemplo, que  $E'_1 = 100$ ,  $t_1 = 10$ ,  $E'_2 = 200$ ,  $t_2 = 5$ , tendremos  $E_1 = 1000$ ,  $E_2 = 1,000$ ,  $dE = E_2 - E_1 = 0$ . Aunque el dispositivo 1 genera y transmite valores dirigidos por eventos  $E(t)$ , el ordenador 30 también analizará la tendencia de la densidad del tiempo, puesto que recibe dicha mensajes. Otra posibilidad viene dada por
- 35 la posible coincidencia temporal entre  $E^{TDM_i}$  y  $E^{EDM_j}$ , a pesar de que es mucho menos probable que ocurra.
- [0067]** Según el procedimiento de la presente invención, el dispositivo 1 y/o el ordenador 30 también proporciona el cálculo de los cambios entre diferencias de energía  $\Delta E(t_k)/(t_k - t_{k-1})$  y  $\Delta E(t_{k-1})/(t_{k-1} - t_{k-2})$  en los instantes temporales adyacentes  $t_k$ , el índice  $k$  varía de 1 a  $\infty$ .
- 40 **[0068]** El sistema de colaboración se basa en los componentes (1) y (30). Con referencia a la Fig. 6, el siguiente procedimiento tiene lugar en el lado de la computadora 30.
- [0069]** En la etapa 202 se inicializan los parámetros utilizados para el cálculo de las cantidades de energía, los cambios en el flujo de energía, la sincronización de los mismos, y la intensidad de la corriente de mensajes:
- 45 - " $\Delta t_3$ ": intervalo de tiempo utilizado como un espacio de tiempo en el lado del ordenador 30;  
 - " $E_i$ ": cantidad de energía intercambiada en el periodo actual;  
 - " $\Delta E_i$ ": los cambios de energía que se han producido en el periodo actual;  
 50 - " $N_i$ ": número de cambios que han ocurrido en el periodo actual en los nodos remotos.
- [0070]** El índice  $i$  indica el periodo actual.
- [0071]** En la etapa 204, el contador  $k$  se incrementa en una unidad.
- 55 **[0072]** En la etapa 206, se suman los valores absolutos de las cantidades de energía  $E_i$  recibidos por los nodos remotos  $E(t_k) = E(t_k) + E_i$ ; se producen a continuación los primeros componentes  $E^{TDM}$ .
- [0073]** En la etapa 208, se suman los cambios de energía recibidos por los nodos remotos  $\Delta E(t_k) = \Delta E(t_k) + \Delta E_i$ ; se producen a continuación los segundos componentes  $E^{EDM}$ .
- 60 **[0074]** En la etapa 210, también se calculan las variaciones entre diferencias de energía adyacentes  $\Delta E(t_k)/(t_k - t_{k-1})$  y  $\Delta E(t_{k-1})/(t_{k-1} - t_{k-2})$ .
- 65 **[0075]** En la etapa 212, se calcula el número de cambios en el flujo, si es más de 0, es decir, " $IF(|\Delta E_i| > 0)$ ,"

ENTONCES  $N(t_k) = N(t_k)1^n$ ; dicho número N representa la intensidad de la corriente de mensajes digitales  $E^{EDM}$ .

**[0076]** En la etapa 214, el ordenador 30 cierra el tercer intervalo de tiempo  $\Delta t_3$ ; a continuación, procesa la serie obtenida  $\{E_i, \dots\}$ ,  $\{\Delta E_i, \dots\}$ ,  $\{N_i, \dots\}$  con el fin de controlar la red 15. Durante este etapa, el ordenador 30 activa una llamada a una aplicación de toma de decisiones externa (que no es objeto de la presente invención), que posiblemente tomará acciones de control después de comparar disponibilidad y la demanda de energía en uno o más segmentos de red.

**[0077]** Con referencia de nuevo a la Fig. 5, con el fin de calcular una energía  $\Delta E_i$  es posible realizar el primer derivado de la potencia del flujo. Las sumas parciales integrales  $\Sigma_i = \Delta E_i * \Delta t_i$  representan los rectángulos de la forma de la carga 20.

**[0078]** Cuando el dispositivo de medición 1 permanece en silencio, el ordenador 30 y la red 15 suponen que el flujo de energía del nodo remoto respectivo es estacionario. En ausencia de datos transmitidos, el ordenador 30 mantiene, por inferencia lógica, que los valores de energía idénticos  $E^{TDM}_i = E^{TDM}_{i+1} = \text{const}$  persisten en los nodos remotos. En tal caso, es posible minimizar la cantidad de datos mediante la eliminación de todos los duplicados repetidos innecesarios ( $E^{TDM}_i = E^{TDM}_{i+1} = E^{TDM}_{i+2} = \dots$ ).

**[0079]** En otras palabras, el ordenador 30 está adaptado para comunicarse con sistemas de control y/o con estimadores de estado de la red de distribución 15, proporcionándoles una cantidad reducida de información de la red útil para el control de cooperación de la red 15 en sí; dicha información de red, como se mencionó anteriormente, está por lo tanto basada en el conocimiento de los eventos producidos en al menos un nodo remoto que pertenece a la red de distribución 15.

**[0080]** Vale la pena especificar que esta etapa es de suma importancia, ya que, a diferencia de la técnica anterior, permite estimar el estado de la red 15. La fórmula de la técnica anterior  $z=h(x)+e$  [véase F.C. Schweppe, J. Wildes, "Power System Static-State Estimation", Transactions on PAAS, vol. PAS-89, n.1, enero de 1970, pp. 120-135] que contiene el vector x de la variable de estado, el vector de medición z, el vector de error e, y las ecuaciones no lineales del flujo de potencia h, ahora recibe una contribución debido a lo que se ha descrito anteriormente. Durante el espacio de tiempo anterior, el ordenador 30 en realidad ha estado operando con  $z(t-1)$ . La conmutación de  $z(t-1)$  a  $z(t)$ , consolidada al final del espacio de tiempo actual, se determina mediante el cálculo anterior. En ausencia de mensajes, el ordenador 30 puede asumir que  $z(t)=z(t-1)$ ; por ende, el ordenador 30 comprenderá, por inferencia lógica, que la red 15 es estable.

**[0081]** Si una serie de mensajes recibidos y procesados por el ordenador 30 contiene los datos de medición de flujo de energía que producen una suma cercana a cero (variaciones de flujo positivo producidas en algunos nodos han sido compensadas por variaciones de flujo negativas ocurridas en otros nodos), entonces el ordenador 30 puede asumir que  $z(t) \approx z(t-1)$ . En ambos casos, es posible evitar el cálculo costoso de la fórmula previa de la técnica anterior  $z=h(x)+e$  que utiliza las funciones no lineales h. Solo una variación general significativa en los parámetros de medición, tal como  $E(t) > \delta E$ , producirá la necesidad de una nueva estimación del estado de la red 15 mediante el uso de  $h(x)$ . Sin embargo, en este caso también, el vector  $x(t)$  es solo ligeramente diferente de  $x(t-1)$ , puesto que los respectivos cambios son los causados por solo unos pocos mensajes recibidos por algunos nodos en el último espacio de tiempo  $\Delta t$ .

**[0082]** La persistencia de valores constantes  $E^{TDM}_i = E^{TDM}_{i+1} = \dots$  al final de cada conjunto adecuado  $\Delta t$ , incluso si se omiten, determina geoméricamente una línea eléctrica horizontal de la forma de la carga 20 a lo largo del eje temporal; la altura del rectángulo corresponde a la potencia del flujo, y se calcula por medio de la fórmula  $P(t_i) = (E(t_i) - E(t_{i-1})) / (t_i - t_{i-1})$ . Cada rectángulo reconstruido tendrá un lado horizontal correspondiente al tiempo y un lado vertical correspondiente a la potencia. De hecho, la posición en el tiempo de los puntos en los que los cambios de energía tienen lugar (vértices de los rectángulos) está dada por  $(t_i)$ . El número total de instantes  $t_i$  determina el número de rectángulos. Cada duración  $\Delta t_i = (t_i - t_{i-1})$  determina la longitud horizontal de un rectángulo. Los cambios de energía  $\Delta E(t_i) = E(t_i) - E(t_{i-1})$  determinan las alturas de los rectángulos (de los cuales se obtiene la potencia).

**[0083]** El formato del mensaje digital que incluye los datos de medición comprende al menos los siguientes atributos:

- un primer atributo que distingue entre el primer componente TDM, el segundo componente EDM y posiblemente otros componentes;
- un segundo atributo que indica la identidad de un nodo remoto de la red 15, por ejemplo, el identificador del dispositivo de medición 1;
- una referencia de tiempo del instante de medición de tiempo, o "marca horaria";
- información sobre los valores de energía que han activado la transmisión del mensaje, tales como, por ejemplo, uno de los siguientes pares de atributos:  $(E_{i-1}, E_i)$ ;  $(E_{i-1}, \Delta E_i)$ ;  $(\Delta E_i, E_i)$ ;
- terceros atributos que permiten la transmisión de paquetes de longitud variable de los datos de medición relacionados con el primer componente TDM y/o el segundo componente EDM.

- [0084]** Opcionalmente, el mensaje digital incluye un tercer atributo para distinguir entre los modos de comunicación monodifusión o difusión en grupo o radiodifusión, y el número total de cambios que se han producido durante un periodo de tiempo.
- 5 **[0085]** Un formato de datos de medición utilizado en el procedimiento híbrido según la presente invención es  $E_j = \{\text{MsgType}, \text{MeterId}_j, [\text{Rcpt}_j], E_j(t_k), \Delta E_j(t_k) | E_j(t_{k-1}), t_k, \Delta t_k | t_{k-1}, [\text{Class}_j]\}$ .
- 10 **[0086]** El término MsgType distingue entre paquetes de datos  $E^{\text{TDM}}$  y  $E^{\text{EDM}}$ : "MsgType" = {TDM, EDM, ...}.
- [0087]** El término MeterId<sub>j</sub> identifica un nodo remoto que se origina de a partir de los datos: indica "cuándo" están teniendo lugar los cambios de energía. El término opcional Rcpt<sub>j</sub> identifica los receptores de comunicación monodifusión/difusión en grupo/radiodifusión. Es útil con el fin de tener pares de nodos remotos, grupos de los mismos, que coopere entre sí la colectividad de subred, o toda la red 15.
- 15 **[0088]** El término  $E^{\text{TDM}}_j(t_k)$  describe las cantidades de energía expresada en (k)Wh detectadas en un intervalo de tiempo [0, t<sub>k</sub>].
- [0089]** El término  $\Delta E^{\text{TDM}}_{i,j} = E(t_i) - E(t_j)$  cuantifica la cantidad de energía intercambiada durante un intervalo de tiempo [t<sub>i</sub>, t<sub>j</sub>].
- 20 **[0090]** Cuando MsgType asume el valor TDM, entonces el valor  $\Delta E_j$  puede ser cero o la diferencia entre dos valores de energía adyacentes  $E(t_k)$  y  $E(t_{k-1})$ . En este caso, una parte opcional [Class<sub>j</sub>] contiene al menos el número n<sub>j</sub> de intensidades de los cambios en los eventos EDM que se han producido durante el intervalo actual.
- 25 **[0091]** Con referencia a la Fig. 7, cuando MsgType asume el valor TDMDE, entonces el formato del mensaje compuesto TDMDE 35 inclusive, tanto del primer componente de medición TDM como del segundo componente de medición EDM variará aún más, ya que la parte opcional [Class<sub>j</sub>] contiene una estructura de longitud variable compleja adaptada para contener la lista de todos los eventos n<sub>j</sub> de EDM que se han producido durante el intervalo actual. Más precisamente, el mensaje compuesto TDMDE 35 (o paquete TDMDE 35) contiene un primer registro TDM como se mencionó anteriormente, un atributo N<sub>ev</sub> que indica el número de registros de EDM que siguen en la carga útil y, a continuación una secuencia entera de los registros EDM<sub>1</sub>, EDM<sub>2</sub>, ..., EDM<sub>N<sub>ev</sub></sub> que se han producido durante el intervalo; todo seguido de un código de comprobación de redundancia cíclica CRC<sub>k</sub> calculado por medio de una fórmula estándar conocida en la técnica.
- 30 **[0092]** Una vez que el mensaje compuesto TDMDE 35 se ha transmitido (en el lado de nodo remoto) y/o el tercer intervalo de tiempo  $\Delta t_3$  ha terminado, los parámetros utilizados (por el ordenador 30) en los ciclos se fijan a los valores iniciales.
- 35 **[0093]** Las características de la presente invención, así como las ventajas de la misma, resultan evidentes a partir de la descripción anterior.
- 40 **[0094]** Una primera ventaja del procedimiento, dispositivo y sistema según la presente invención es que un dispositivo de medición de energía y un operador de una red de distribución pueden utilizar un canal de comunicación de una manera extremadamente eficiente.
- 45 **[0095]** De hecho, mediante la explotación de tanto el primer componente de medición TDM como del segundo componente de medición EDM, no se necesita una alta frecuencia de muestreo a fin de obtener los valores  $E^{\text{TDM}}$ , y no se repite ningún valor duplicado.
- 50 **[0096]** Una segunda ventaja del procedimiento, dispositivo y sistema según la invención es que el dispositivo de medición indica con precisión los instantes de tiempo de los puntos en el gráfico de energía en el que se producen cambios en el nivel de energía.
- 55 **[0097]** Una tercera ventaja del procedimiento, dispositivo y sistema según la invención es que se obtiene una serie de cambios en el flujo N que representa la intensidad de la corriente de mensajes digitales  $E^{\text{EDM}}$ , que es útil para el fin de controlar la estabilidad de la red 15.
- 60 **[0098]** Una ventaja adicional del procedimiento, dispositivo y sistema según la invención es que se proporciona una herramienta de contabilidad analítica para evaluar la utilización de la energía en tiempo real. El uso de análisis de patrones y las técnicas de similitud de conjunto de sectores permite un cálculo preciso de un perfil energético para un usuario, que puede ser suministrado con energía a un precio personalizado.
- [0099]** El procedimiento, dispositivo y sistema de la presente invención son utilizables por un operador de una red de distribución de energía en cualquier nivel, los propietarios de los sitios de producción de energía renovable, y

diversos participantes en la cadena de valor en el dominio de la energía. Una posible aplicación particular puede consistir en asegurar una gestión eficiente de los procedimientos para la carga/recarga de vehículos eléctricos, mediante la captura y la identificación de conexión/desconexión y las operaciones de carga/inactividad/descarga.

- 5 **[0100]** El procedimiento, dispositivo y sistema para la medición de la dinámica de un flujo de energía pueden estar sujetos a muchas posibles variaciones; es asimismo evidente que en la aplicación práctica de la invención, los detalles ilustrados pueden tener diferentes formas o ser reemplazados con otros elementos técnicamente equivalentes.
- 10 **[0101]** Por lo tanto, queda entendido con facilidad que la presente invención puede estar sujeta a muchas modificaciones, mejoras o reemplazos de partes y elementos equivalentes. El alcance de la invención se define por medio de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medición de un flujo de energía medible, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:
- 5
- medir, por medio de un dispositivo de medición (1) que pertenece a una red de distribución (15), un primer componente de medición "impulsado por el tiempo", es decir, TDM, a intervalos predeterminados, comprendiendo dicho primer componente de medición TDM datos de medición relacionados con parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;
- 10
- medir, por medio de dicho dispositivo de medición (1), al menos un segundo componente de medición "impulsado por un evento", es decir, EDM, durante la ocurrencia de un cambio en al menos un parámetro físico de dicho flujo de energía, comprendiendo dicho al menos un segundo componente de medición EDM datos de medición relacionados con dichos parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;
- 15 **caracterizado porque** comprende las etapas que consisten en:
- combinar dicho primer componente de medición TDM y dicho al menos un segundo componente de medición EDM en un mensaje compuesto, y
  - transmitir dicho mensaje compuesto a dicha red (15) por medio de dicho dispositivo de medición (1) en forma de un
- 20 paquete de datos único (35) para permitir que un dispositivo que recibe una secuencia de dichos mensajes observe y cuantifique dicho flujo de energía en dicha red de distribución (15).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, comprendiendo dicho procedimiento las etapas que consisten en:
- 25
- muestrear dicho flujo de energía medible por medio de dicho dispositivo de medición (1);
  - calcular, en los primeros intervalos de tiempo regulares  $\Delta t_1$ , sumas integrales  $E^{TDM_i}$  de cantidades de energía, es decir, dicho primer componente de medición TDM, en el que  $\Delta t_1 = t_i - t_{i-1}$ ;
- 30
- calcular en tiempo real un cambio de energía  $\Delta E_j = (E_i - E_{i-1}) / \Delta t_2$ , en el que  $E_j$  y  $E_{j-1}$  son dos valores de sumas integrales de cantidades de energía consolidadas en un número de ciclos determinado, y en el que  $\Delta t_2$  representa un segundo intervalo de tiempo entre los respectivos instantes de tiempo  $t_j$  y  $t_{j-1}$  cuando se obtienen dichos dos valores de sumas integrales  $E_j$  y  $E_{j-1}$ , y en el que  $\Delta t_2 \ll \Delta t_1$ ;
  - añadir dicho cambio de energía  $\Delta E_j$  a cambios similares calculados en instantes de tiempo anteriores a fin de
- 35 obtener una suma acumulada de dichos cambios;
- generar dicho segundo componente de medición EDM por medio de dicho dispositivo de medición (1) en caso de que dicho cambio de energía  $\Delta E_j$  y/o dicha suma acumulada sean superiores a un valor de umbral predeterminado  $\delta E_j$ ;
  - iterar dichas etapas anteriores del procedimiento de medición para cada índice  $i$  y  $j$  con el fin de obtener un
- 40 conjunto de valores híbridos que contienen a la vez dicho primer componente de medición TDM y dicho segundo componente de medición EDM.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dicho conjunto de valores híbridos se obtiene en tiempo real.
- 45
4. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho dispositivo de medición (1) almacena dicho al menos un segundo componente de medición EDM en su propio medio de memoria (11) y lo transmite a posteriori, junto con dichos primeros componentes de medición TDM en dicho mensaje compuesto, a un ordenador (30) adaptado para reconstruir una forma de la carga (20) de dicho flujo de energía en
- 50 una secuencia temporal correcta.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que dicho al menos un segundo componente de medición EDM comprende metainformaciones relacionadas con el tiempo necesarias para la reconstrucción de la secuencia temporal correcta de los eventos producidos en dicha forma de la carga.
- 55
6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, en el que dicho procedimiento proporciona definir un parámetro de intensidad de dichos cambios de flujo, que se proporciona junto con el paquete de datos relacionado con el primer componente de medición TDM.
- 60
7. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que en cada cambio que se produce en dicho flujo de energía, se incrementa un contador para el cálculo de un número total de cambios ocurridos durante un periodo de tiempo.
8. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho dispositivo de
- 65 medición (1) y/o dicho ordenador (30) examinan la tendencia con el tiempo de los mensajes que comprenden dichos

valores relacionados con dichos parámetros físicos de dicho flujo de energía, calculando una intensidad de la corriente de mensajes, definidos como un número de eventos producidos o recibidos durante un espacio de tiempo.

9. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho procedimiento  
5 permite calcular, por medio de dicho dispositivo de medición (1), cambios entre diferencias de energía  $\Delta E(t_k)/(t_k-t_{k-1})$  y  $\Delta E(t_{k-1})/(t_{k-1}-t_{k-2})$  en instantes de tiempo adyacentes  $t_k$ , el índice  $k$  varía de 1 a  $\infty$ .
10. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho mensaje  
10 comprende:  
- un primer atributo que distingue entre dicho primer componente de TDM y dicho segundo componente EDM;  
- un segundo atributo que denota la identidad de un nodo remoto de dicha red (15), en particular un identificador de dicho dispositivo de medición (1);  
- una referencia temporal de un instante de medición de tiempo, o "marca horaria";  
15 - información sobre los valores de dichos parámetros físicos que han activado la transmisión de dicho mensaje;  
- terceros atributos que permiten la transmisión de paquetes de longitud variable de dichos datos de medición relacionados con dicho primer componente TDM y/o con dicho segundo componente EDM.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que dicho mensaje comprende además:  
20 - un tercer atributo para distinguir entre un modo de comunicación de monodifusión o difusión en grupo o radiodifusión;  
- dicho número total de cambios se produjeron durante un periodo de tiempo.
- 25 12. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho procedimiento permite la eliminación de la transmisión repetida de dichos datos relacionados con parámetros físicos de dicho flujo de energía medible, si hay duplicación.
13. Dispositivo (1) de medición de un flujo de energía, que comprende:  
30 - un medio (9) para detectar un valor de un parámetro físico de dicho flujo;  
- una unidad de comunicación (7) adaptada para transmitir mensajes;  
- un circuito de medición digital (5);
- 35 dicho dispositivo (1) está adaptado para:  
- medir un primer componente de medición "impulsado por el tiempo", es decir TDM, a intervalos predeterminados, comprendiendo dicho primer componente de medición TDM datos relacionados con parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;  
40 - medir al menos un segundo componente de medición "impulsado por un evento", es decir EDM, durante la ocurrencia de un cambio en al menos un parámetro físico de dicho flujo de energía, comprendiendo dicho al menos un segundo componente de medición EDM datos de medición relacionados con dichos parámetros físicos de dicho flujo de energía medible;
- 45 **caracterizado porque** dicho dispositivo está configurado para:  
- combinar dicho primer componente de medición TDM y dicho al menos un segundo componente de medición EDM en un mensaje compuesto, y  
- transmitir, por medio de dicha unidad de comunicación (7), dicho mensaje único en forma de un paquete de datos  
50 único (35)  
para permitir que un dispositivo que recibe una secuencia de dichos mensajes observe y cuantifique dicho flujo de energía en dicha red de distribución (15).
14. Sistema (10) para medir un flujo de energía, que comprende al menos un dispositivo de medición (1)  
55 según la reivindicación 13 y un ordenador (30) adaptado para reconstruir dicha secuencia temporal de eventos detectados por dicho dispositivo de medición (1), el ordenador está adaptado además para reconstruir una forma de carga (20) de dicho flujo de energía en una secuencia temporal correcta.
15. Sistema (10) según la reivindicación 14, en el que dicho ordenador (30) está adaptado para  
60 comunicarse con dichos sistemas de control y/o estimadores de estado de dicha red de distribución (15), proporcionándoles una cantidad reducida de informaciones de red útiles para un control cooperativo de dicha red (15), dichas informaciones de red se basan en el conocimiento de los eventos ocurridos en al menos un nodo remoto que pertenece a dicha red de distribución (15).

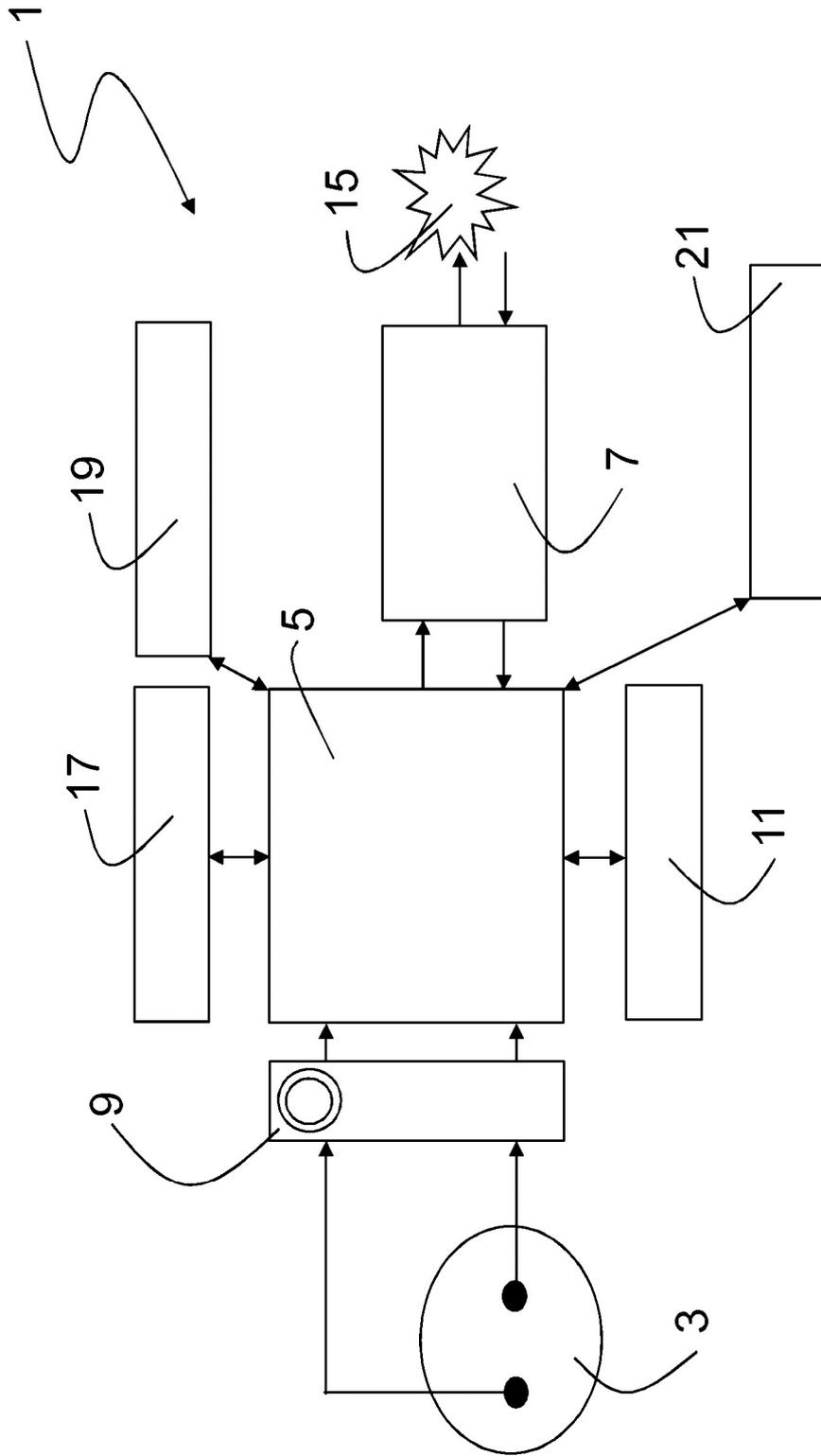


Fig. 1

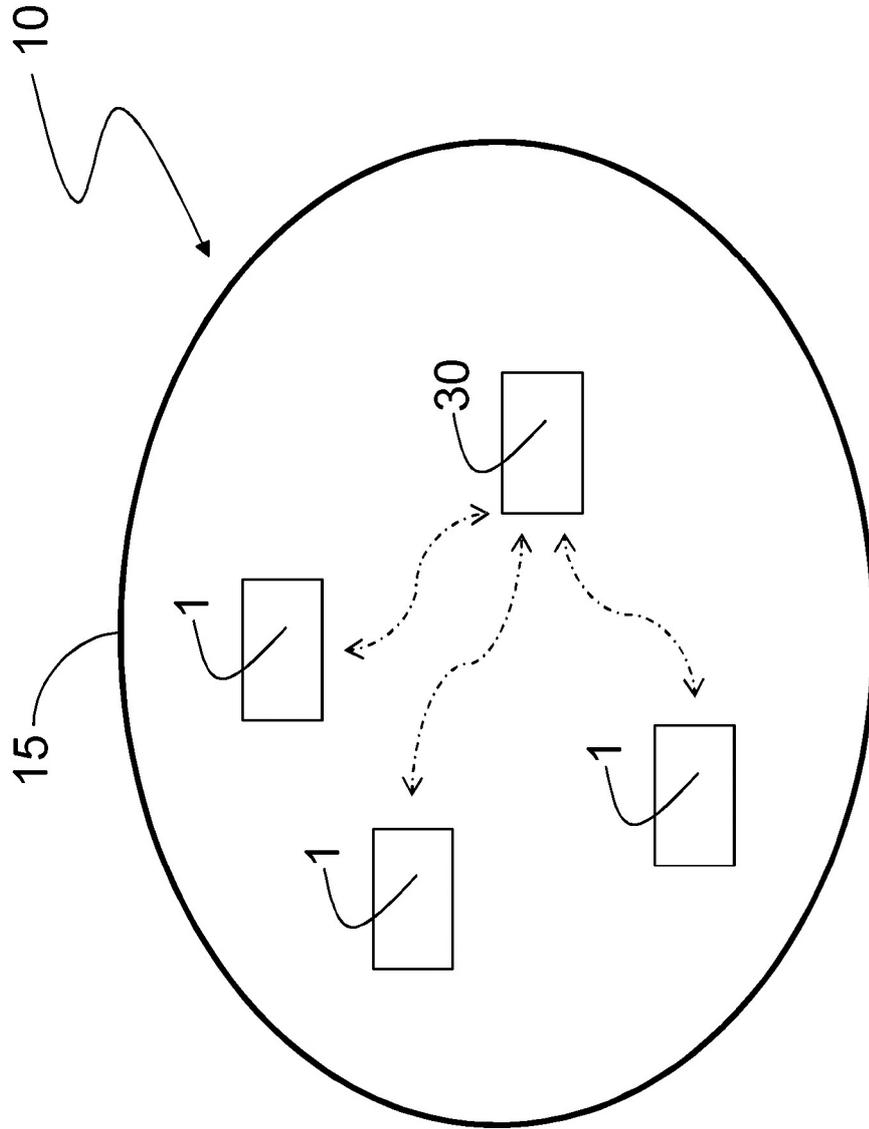


Fig. 2

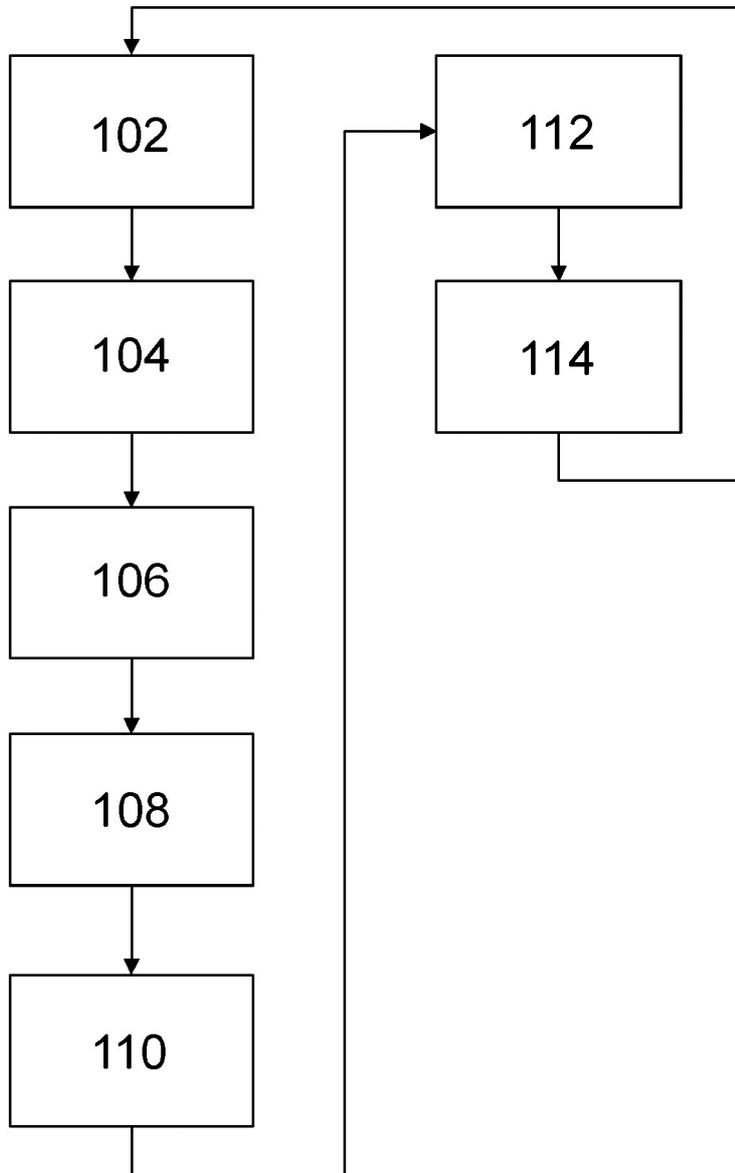


Fig. 3

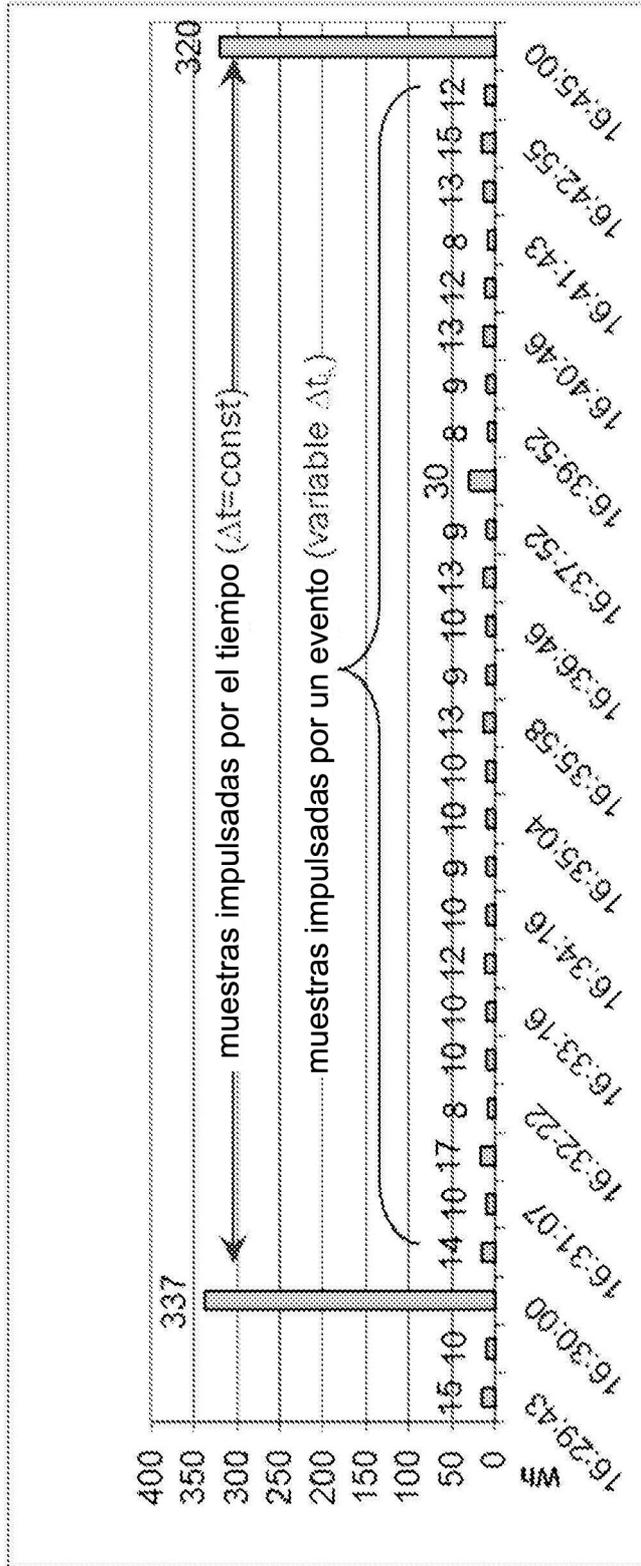


Fig. 4

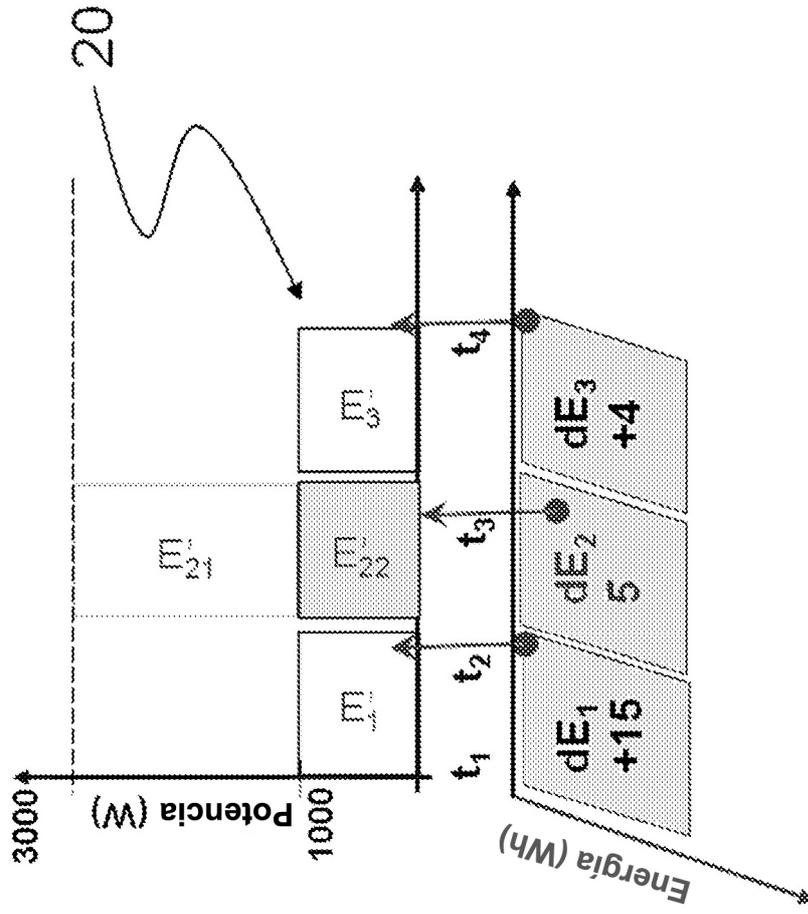


Fig. 5

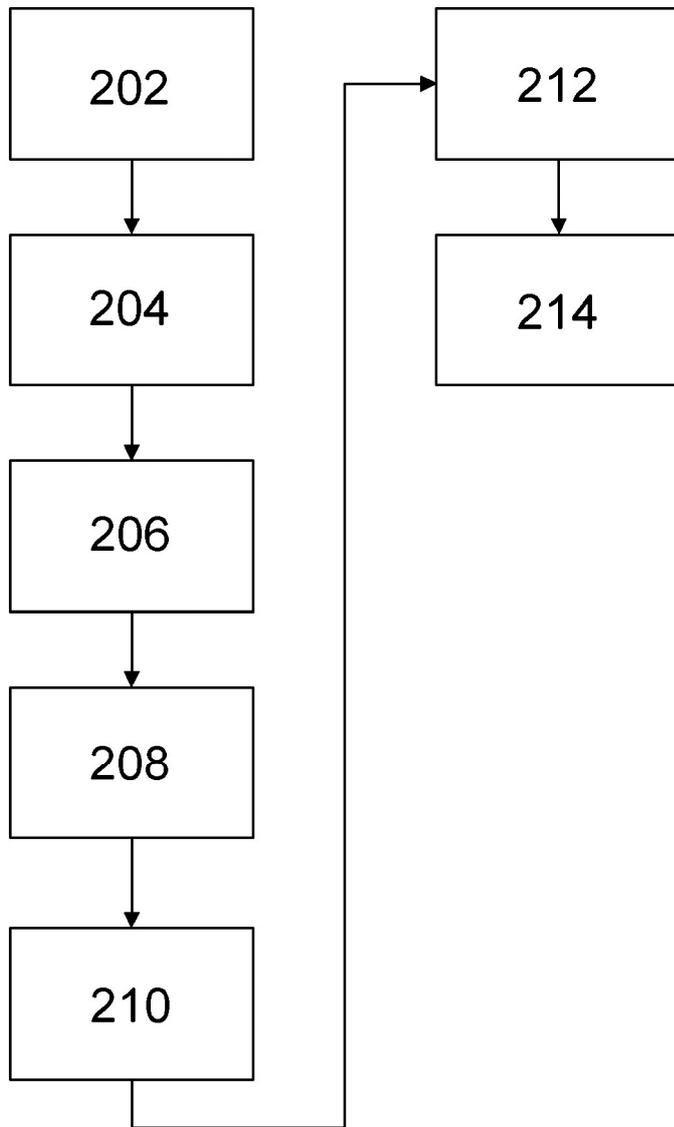


Fig. 6

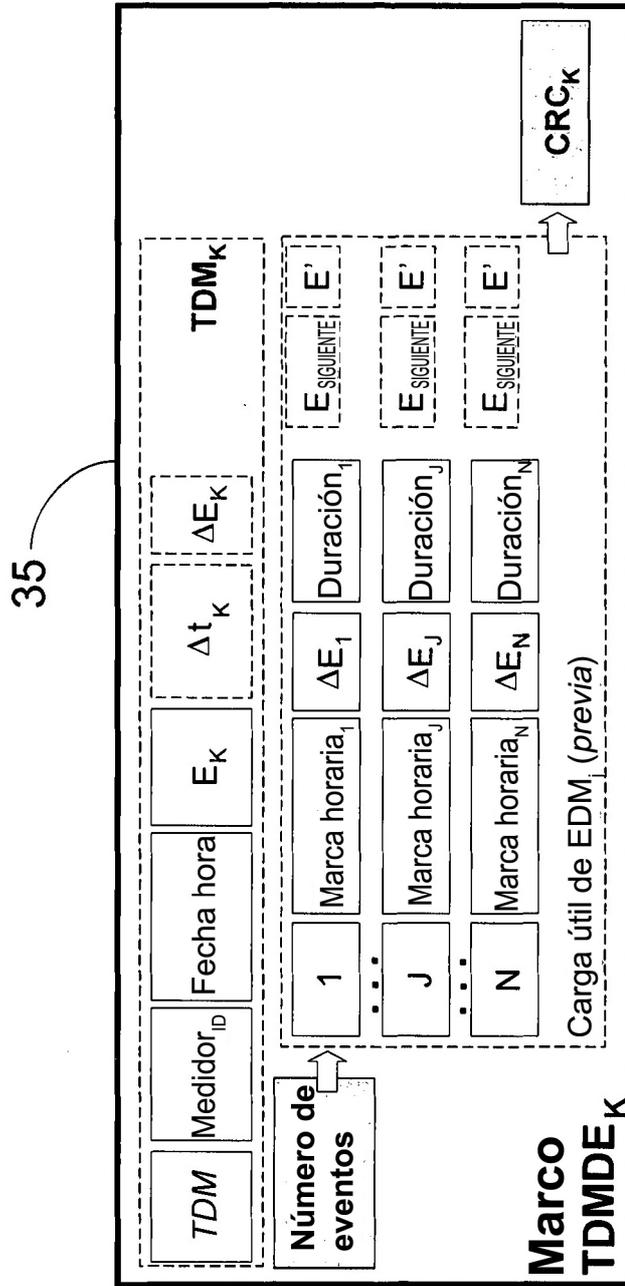


Fig. 7