

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 182**

21 Número de solicitud: 202131161

51 Int. Cl.:

G06Q 50/06 (2014.01)

G06Q 50/26 (2014.01)

G08B 21/04 (2006.01)

G08B 25/10 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

15.12.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

19.06.2023

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

22.01.2026

Fecha de concesión:

21.04.2026

45 Fecha de publicación de la concesión:

28.04.2026

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE SALAMANCA
(100,00%)**

C/ Compañía 5

37002 Salamanca (Salamanca) ES

72 Inventor/es:

HERNÁNDEZ DE LA IGLESIA, Daniel;

CHAMORRO SÁNCHEZ, Jorge;

IGLESIAS CRUZ, Ana Zulima;

LÓPEZ RIVERO, Alfonso José;

LOBATO ALEJANO, Fernando;

ALONSO SECADES, Vidal;

VALLEJO GARCÍA, Marcelo y

LÓPEZ GARCÍA, Sergio

74 Agente/Representante:

GARCIA DOMINGUEZ, Jorge

54 Título: **Procedimiento y sistema para la detección de patrones de consumo eléctrico de una vivienda indicativos de problemas de salud**

57 Resumen:

La invención describe un procedimiento para la detección de patrones de consumo eléctrico de una vivienda indicativos de problemas de salud de una persona que habita en dicha vivienda que comprende: obtener una señal representativa del consumo eléctrico en la vivienda; analizar la señal para extraer parámetros característicos representativos del consumo eléctrico correspondiente a electrodomésticos individuales; analizar los parámetros característicos para identificar qué parte del consumo eléctrico de la vivienda corresponde a cada uno de dichos electrodomésticos individuales y determinar los momentos de activación y desactivación de cada uno de dichos electrodomésticos; y analizar los momentos de activación y desactivación de los electrodomésticos para identificar situaciones anómalas compatibles con un desvanecimiento de la persona que habita en la vivienda. La invención también describe un sistema diseñado para llevar a cabo dicho procedimiento.

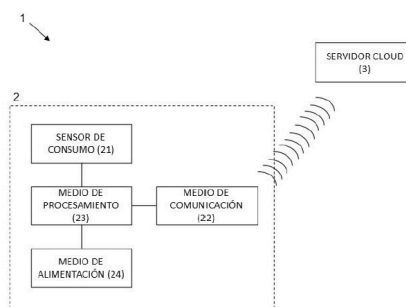


FIG. 1

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

ES 2 944 182 B2

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para la detección de patrones de consumo eléctrico de una vivienda indicativos de problemas de salud

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece en general al campo de la electricidad, y más particularmente al análisis de los patrones de consumo eléctricos.

Un primer objeto de la presente invención es un procedimiento de análisis del consumo eléctrico de una vivienda unipersonal diseñado para detectar patrones indicativos de un problema de salud del habitante de la vivienda.

Un segundo objeto de la presente invención es un sistema particularmente diseñado para llevar a cabo el procedimiento descrito.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La crisis sanitaria global, provocada por la COVID-19 (SARS-CoV-2), ha supuesto la mayor emergencia sanitaria de las últimas décadas. La rápida propagación del virus, unido a un desconocimiento total de la enfermedad ha dejado a gobiernos e instituciones sanitarias sin capacidad de reacción. Por este motivo, y debido a una falta de previsión en la mayoría de los países afectados, los sistemas sanitarios se han visto colapsados en todo el mundo.

Una de las primeras medidas de emergencia tomadas por los gobiernos de numerosos países fue confinar a la población en sus hogares. Además, como se ha demostrado en estos meses, la población más vulnerable ante el virus es la gente de mayor edad. El número de muertes producidas por la pandemia en personas de más de 60 años en España es muy superior al resto de franjas de edad.

Son por tanto estas personas mayores las que precisan de una mayor protección. En muchos casos, se encuentran recluidas y aisladas en sus hogares o residencias de forma preventiva, sin apenas salir a la calle en muchos meses. Este miedo a salir a la calle y exponerse a un contagio potencialmente letal ha llevado a muchas personas mayores a no querer salir ni siquiera a realizar controles médicos necesarios o a ser internados cuando se

han encontrado mal de salud. Esto ha provocado un aumento en las muertes desatendidas durante estos meses de pandemia. En algunos casos, se han encontrado personas fallecidas en sus hogares con indicios de haber padecido esta enfermedad sin que nadie hubiera sido consciente de ello. También en países como el Reino Unido, donde la
5 incidencia de COVID-19 ha sido alta, se han encontrado casos de muertes en soledad donde los fallecidos presentaban indicios de haber muerto a causa o con síntomas de coronavirus.

10 En cualquier caso, independientemente de sus causas, muchas de estas muertes en soledad se podrían haber evitado si las autoridades sanitarias o los familiares directos hubieran tenido conocimiento de la falta de actividad o de una actividad anómala en el
15 domicilio del fallecido.

Actualmente existen sistemas de tele-monitorización formados por sensores y/o cámaras
20 que se instalan en el domicilio de la persona en cuestión y que, posteriormente, llevan a cabo un análisis continuo de la actividad de la persona. Sin embargo, estos sistemas tienen un coste económico muy elevado y, además, son muy intrusivos al vigilar constantemente a las personas en su propio domicilio.

25 En definitiva, existe aún una necesidad en este campo de sistemas capaces de predecir el estado de salud de una persona en su domicilio sin necesidad de obtener datos de una
30 manera intrusiva.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

35 La denominada monitorización no intrusiva de la carga (también conocida como NILM, Non-Intrusive Load Monitoring) permite estimar el consumo de energía de los aparatos eléctricos individuales a partir de las mediciones de energía eléctrica realizadas en un número limitado
40 de lugares de la distribución eléctrica de un edificio. En base a este enfoque, es posible determinar la presencia o ausencia de la persona o personas que habitan una vivienda. En la presente invención se ha demostrado que también es posible determinar una tercera
45 cuestión, y es aquella en la que la persona o personas han sufrido cualquier tipo de problema que pueda derivar en una muerte en soledad. Gracias al análisis del consumo o consumos interrumpidos y prolongados, es posible determinar si ha ocurrido un incidente
50 potencialmente relevante que pueda llevar asociado un desvanecimiento o indisposición de las personas que operan los aparatos eléctricos de la vivienda.

Más específicamente, la presente invención proporciona un sistema económico, sencillo de instalar y nada intrusivo para el usuario que permite obtener el consumo energético de una vivienda en tiempo real. La presente invención también describe un procedimiento que identifica patrones de consumo energético de una persona en su día a día para, una vez conocidos los hábitos de consumo de dicha persona, detectar anomalías que puedan significar un desvanecimiento de la persona. Esto permite identificar aquellas viviendas cuyos patrones de consumo energético indican que la persona o personas que la habitan han sufrido una indisposición o desvanecimiento, reduciendo la probabilidad de que se produzcan muertes en soledad.

A continuación, se describen con mayor detalle respectivamente el procedimiento y el dispositivo de la presente invención.

Procedimiento de detección de patrones de consumo anómalos

Un primer aspecto de la presente invención está dirigido a un procedimiento para la detección de patrones de consumo eléctrico de una vivienda indicativos de problemas de salud de una persona que habita en dicha vivienda. En este contexto, se entiende que la vivienda comprende un conjunto de electrodomésticos conectados a la red eléctrica. También se supone que toda la energía consumida por los electrodomésticos es alimentada a la vivienda a través de una única línea de entrada ubicada en un cuadro eléctrico de la vivienda.

El procedimiento de la invención comprende fundamentalmente los siguientes pasos:

1. Obtener una señal representativa del consumo eléctrico en la vivienda.

Esta señal puede ser, por ejemplo, la intensidad o la potencia consumidas por la vivienda, es decir, por el conjunto de todos los electrodomésticos de la vivienda. Por ejemplo, como se describirá más adelante en este documento, se puede utilizar una pinza amperimétrica dispuesta alrededor del cable de alimentación de la vivienda ubicado en el cuadro eléctrico para obtener la intensidad consumida en cada momento. Alternativamente, podrían utilizarse otro tipo de sensores, como por ejemplo vatímetros o similares, para obtener directamente la potencia consumida en la vivienda.

2. Analizar la señal para extraer parámetros característicos representativos del consumo eléctrico correspondiente a electrodomésticos individuales.

La señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda está formada por un agregado de consumos individuales causados por el uso de cada uno de los electrodomésticos de la vivienda. En este paso, se analiza dicha señal con el propósito de individualizar qué parte de dicho consumo eléctrico corresponde a cada uno de los electrodomésticos individuales de la vivienda.

De acuerdo con una realización particularmente preferida de la invención, este paso comprende aplicar un algoritmo de segregación de tres etapas basado en una red LSTM profunda. Aún más preferentemente, el algoritmo de segregación basado en la red LSTM profunda a su vez comprende los siguientes sub-pasos:

2.1 Una primera etapa de preprocesamiento que comprende seleccionar un conjunto de cinco características para crear datos de entrada de múltiples características para la red LSTM profunda.

Las cinco características utilizadas son la potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, corriente y factor de potencia. El objetivo de usar estas características es agregar un mayor número de dimensiones que al ser combinadas forman un espacio de entrada con múltiples variables. Gracias a esto, se puede esperar una mejor precisión de desagregación para todos los aparatos desagregados en comparación con los datos de entrada basados en una o dos características.

2.2 Una segunda etapa de entrenamiento que comprende utilizar los datos de entrada de múltiples características para entrenar modelos LSTM profundos bidireccionales de cuatro capas para cada electrodoméstico objetivo, realizando una optimización de hiperparámetros para ajustar los parámetros que conducen al menor error de entrenamiento y al menor tiempo de convergencia para cada modelo LSTM profundo.

El entrenamiento se lleva a cabo utilizando un conjunto grande de datos

de consumo de electrodomésticos comunes obtenidos de internet. Estos datos de consumo correspondientes a los electrodomésticos más habituales, como por ejemplo nevera, horno eléctrico, microondas, termo eléctrico, etc.) se introducen en el modelo para generar un clasificador capaz de diferenciar, por ejemplo, el patrón de consumo de un horno del patrón de consumo de un frigorífico.

2.3 Una tercera etapa de desagregación que comprende eliminar activaciones irrelevantes de los electrodomésticos para mejorar el rendimiento de la desagregación.

Durante su uso, la red LSTM profunda así entrenada es capaz de clasificar qué parte del consumo de la vivienda corresponde a cada uno de los electrodomésticos. Para ello, cuando se instala el dispositivo que lleva a cabo el procedimiento descrito, se realiza una configuración inicial donde se indica cuáles son los principales electrodomésticos de la casa. A partir de este único dato específico de cada vivienda donde se instala el dispositivo de la invención, el procedimiento analiza los consumos y estima qué electrodomésticos se encienden y apagan en cada momento.

El resultado final de este paso del procedimiento de la invención es un conjunto de señales de consumo desagregadas que corresponden respectivamente a cada uno de los electrodomésticos individuales de la vivienda.

3. Analizar los parámetros característicos para identificar qué parte del consumo eléctrico de la vivienda corresponde a cada uno de dichos electrodomésticos individuales y determinar los momentos de activación y desactivación de cada uno de dichos electrodomésticos.

En este paso se analizan los datos proporcionados por la red LSTM profunda mencionada anteriormente para identificar los momentos de activación y desactivación de los electrodomésticos individuales. Puesto que los datos proporcionados por el paso anterior consisten fundamentalmente en señales de consumo eléctrico desagregadas para cada electrodoméstico considerado, se analizan aquí dichas señales para identificar en qué momento se enciende y se apaga cada electrodoméstico.

Este proceso se puede llevar a cabo de diversas formas, aunque preferentemente se utiliza un detector de eventos heurístico que utiliza ventanas de análisis flotantes para localizar zonas de estabilidad en las señales de consumo eléctrico cuando se produce en dicho consumo eléctrico un cambio en la señal representativa del consumo eléctrico por encima de un valor predeterminado. Más preferentemente, se utiliza un algoritmo de Fireworks para su aplicación a un clasificador Random Forest.

Como resultado, al final de este paso se obtienen los momentos en que cada uno de los electrodomésticos considerados se encienden y se apagan. Es decir, se obtienen los momentos en los que hay una transición entre encendido (evento inicial del consumo) y apagado (evento final del consumo) para cada uno de los electrodomésticos.

4. Analizar los momentos de activación y desactivación de los electrodomésticos para identificar situaciones anómalas compatibles con un desvanecimiento de la persona que habita en la vivienda.

En este paso, se realiza un análisis del uso de cada uno de los electrodomésticos para identificar patrones anómalos no correspondientes con un uso normal del electrodoméstico. En este contexto, se tiene en cuenta la existencia fundamentalmente de tres tipos de electrodomésticos: aquellos que necesitan un encendido y un apagado (por ejemplo, el televisor); aquellos que están programados para apagarse de manera automática (por ejemplo, la lavadora); y aquellos que tienen un ciclo regular de encendido/apagado a lo largo del día (por ejemplo, el compresor de la nevera). Así, en función de cada tipo de electrodoméstico en particular, es posible determinar cuál sería un patrón normal. Por ejemplo, una secadora o un televisor que está encendido durante dos días seguidos claramente no sería correspondiente a un patrón de uso normal.

Por tanto, para llevar a cabo esta parte del procedimiento preferentemente se llevan a cabo dos sub-pasos diferenciados:

- Determinar patrones de uso de los electrodomésticos correspondientes a situaciones normales.

- Detectar situaciones anómalas que se alejan de los patrones de uso determinados en el paso anterior. Preferentemente, para la detección de situaciones anómalas se aplica una Red Lógica de Markov (MLN, MarkovLogic Network).

5 Este procedimiento permite determinar si se producen anomalías con relación al uso normal de los electrodomésticos. Naturalmente, en caso de detección de una anomalía que puede
10 ser compatible con un desvanecimiento de la persona que habita la vivienda, se genera una alarma. Esta alarma puede consistir en un aviso a un familiar o persona responsable. Alternativamente, o bien si el aviso a un familiar o persona responsable no tiene éxito, por ejemplo porque no se localiza al familiar o persona responsable, puede enviarse un aviso a
15 los sistemas de emergencia locales.

El procedimiento descrito puede llevarse a cabo por medio de cualquier medio de procesamiento que tenga capacidad de cálculo y comunicaciones suficiente. Por ejemplo, en
20 este documento se describirá un sistema que comprende un dispositivo que toma los datos de consumo eléctrico y los envía a un servidor cloud, el cual es el encargado de llevar a cabo el procedimiento descrito. En cualquier caso, en vista de ello el alcance de la presente invención se extiende no solo al procedimiento propiamente dicho, sino también a los
25 programas de ordenador, particularmente los programas de ordenador dispuestos sobre o dentro de una portadora, adaptados para llevar a la práctica el procedimiento de operación del dispositivo y/o el procedimiento de operación del teléfono inteligente. En este sentido, el término “*programa de ordenador*” debe interpretarse de manera amplia como cualquier
30 secuencia de operaciones adaptada para hacer que un medio de procesamiento (por ejemplo, el servidor cloud o incluso un medio de procesamiento del propio dispositivo) lleve a cabo alguno de los procedimientos descritos en este documento. El programa puede tener la forma de código fuente, código objeto, una fuente intermedia de código y código objeto, por ejemplo, como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada
35 para uso en la puesta en práctica de los procesos según la invención. La portadora puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de soportar el programa.

45 Por ejemplo, la portadora podría incluir un medio de almacenamiento, por ejemplo, una memoria ROM, una memoria CD ROM o una memoria ROM de semiconductor, o un soporte de grabación magnética, por ejemplo, un disco flexible o un disco duro. Además, la portadora puede ser una portadora transmisible, por ejemplo, una señal eléctrica u óptica
50

que podría transportarse a través de cable eléctrico u óptico, por radio o por cualesquiera otros medios.

Cuando el programa va incorporado en una señal que puede ser transportada directamente por un cable u otro dispositivo o medio, la portadora puede estar constituida por dicho cable u otro dispositivo o medio. Como variante, la portadora podría ser un circuito integrado en el que va incluido el programa, estando el circuito integrado adaptado para ejecutar, o para ser utilizado en la ejecución de, los procesos correspondientes.

Sistema de detección de patrones de consumo anómalos

Un segundo aspecto de la presente invención está dirigido a un sistema configurado para obtener los datos anteriores y analizarlos de acuerdo con el procedimiento descrito en los párrafos anteriores. En particular, el sistema para la detección de patrones de consumo eléctrico de una vivienda indicativos de problemas de salud de una persona que habita en dicha vivienda comprende fundamentalmente los siguientes elementos:

a. Dispositivo

Un dispositivo configurado para obtener una señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda y para transmitir dicha señal. En principio, este dispositivo puede tener cualquier configuración siempre que sea capaz de llevar a cabo las funciones descritas. Por ejemplo, de acuerdo con una realización particularmente preferida de la invención, el dispositivo comprende al menos los siguientes elementos:

- Un sensor de consumo eléctrico acoplable a un cuadro eléctrico de la vivienda configurado para obtener la señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda. Este sensor puede ser, por ejemplo, una pinza amperimétrica.

- Un medio de comunicación configurado para transmitir de manera inalámbrica dicha señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda al servidor. El medio de comunicación puede en principio ser de cualquier tipo, como por ejemplo Bluetooth, Wifi, Zigbee, GSM, UMTS, GPRS, 3G, 4G, 5G, etc., aunque según una realización particularmente

preferida de la invención el medio de comunicación comprende medios para la comunicación inalámbrica a través de tecnología LoRa.

- Un medio de procesamiento configurado para controlar el funcionamiento del sensor de consumo eléctrico y el medio de comunicación. El medio de procesamiento puede ser en principio de cualquier tipo siempre que tenga la capacidad de procesamiento y entradas/salidas suficientes para llevar a cabo las funciones descritas. Por ejemplo, el medio de procesamiento puede comprender un microcontrolador, un microprocesador, un DSP, un ASIC, una FPGA, un SoC, o cualquier otro adecuado. Naturalmente, puede estar constituido por un único elemento, o bien por varios de dichos elementos interconectados entre sí.

b. Servidor

Un servidor en comunicación con dicho dispositivo para recibir la señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda, donde dicho servidor está además configurado para llevar a cabo el procedimiento descrito en los párrafos anteriores. Por ejemplo, el servidor puede ser un servidor cloud en comunicación con el dispositivo de la invención a través de internet.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 muestra un esquema de una vivienda dotada del sistema de la presente invención.

La Fig. 2 muestra un diagrama esquemático del sistema de la presente invención.

La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo esquemático del procedimiento de la presente invención.

La Fig. 4 muestra un diagrama de flujo esquemático del paso de extracción de características del procedimiento de la presente invención.

La Fig. 5 muestra un diagrama esquemático de la señal representativa del consumo eléctrico de una vivienda donde se han marcado eventos relacionados con encendido y

apagado de electrodomésticos.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 Sistema de la invención

10 Como se muestra de manera esquemática en la Fig. 1, el sistema (1) de la invención está formado por un dispositivo (2) que está en comunicación con un servidor cloud (3) configurado para llevar a cabo el procedimiento de detección de anomalías. En particular, el dispositivo (2) tiene un medio de procesamiento (23) conectado a un sensor de consumo (21), un medio de comunicación (22) y un medio de alimentación (24).
15

20 Como se aprecia en la Fig. 2, el dispositivo (2) de acuerdo con la presente invención se instala en el cuadro eléctrico (10) de la vivienda, de manera que se obtiene una señal eléctrica representativa del consumo eléctrico en el interior de la vivienda. Para ello, el sensor de consumo (21) puede ser una pinza amperimétrica que se dispone en el cuadro (10) de la vivienda para realizar las mediciones sobre la línea de corriente. El consumo
25 eléctrico de la vivienda es el agregado de todos los consumos de los electrodomésticos (20) que hay en el interior de la vivienda. El dispositivo (2) de la invención obtiene dicha señal de consumo eléctrico y la envía en tiempo real a un servidor cloud (3) externo para que éste lleve a cabo un análisis de dicha señal con el propósito de determinar si la persona que vive
30 en la vivienda tiene algún problema de salud, tal como un desvanecimiento o similar.

35 En un ejemplo particular de dispositivo (2) según la invención, el medio de procesamiento (23) está basado en la placa SoC (System on Chip) ESP8266, diseñada por la empresa Espressif. Se trata de un dispositivo que cuenta con capacidad de conexión WiFi integrado. En concreto la versión montada en la placa resultante es el ESP-12F y cuenta con las
40 siguientes características:

- Tensión de alimentación: 3.3V
- 45 • Protocolos soportados: 802.11 b/g/n
- Soporte de red: 2,4 GHz
- Banda: 2400 (MHz)
- Wi-Fi Direct (P2p), Soft Access Point
- 50 • Stack TCP/IP integrado.
- PLL, reguladores y unidades de manejo de energía integrados

- Potencia de salida: 0,15 (W); +19.5dBm en modo 802.11b
- Consumo en modo de baja energía: <10 uA
- Procesador integrado de 32 bits
- Soporta WPA/WPA2
- Soporta Lua, AT
- Soporta tres modos de funcionamiento: AP, STA, STA + AP
- Comunicación tipo de interfaz: SPI, Serial, UART (115200 bps)
- Tamaño: 24 mm x 16mm

El dispositivo (2) dispone además como medio de comunicación (22) de un SoC para la comunicación inalámbrica mediante LPWAN, concretamente el RFM95W, cuyas características técnicas más relevantes se muestran a continuación:

- Frecuencia de trabajo: 868/915 MHz (en España la frecuencia legal es del 868 MHz)
- Modo de modulación: FSK/GFSK/GMSK/MSK/OOK
- Potencia máxima de salida: + 13dBm
- Sensibilidad de recepción:-148dBm
- Interfaz de datos: Interfaz SPI
- Voltaje: 3,3 V
- Tamaño: 16*16*1,8mm
- Temperatura de operación:-20 ~ 70 °C
- Capacidad potencia +5 A +20 dBm hasta 100 mW.
- Gama de aprox. 2 kilómetros, dependiendo de obstrucciones.
- Módulo de radio de 869/915MHz.

El dispositivo (2) cuenta además con un medio de alimentación (24) en forma de circuito integrado AMS1117 encargado de regular la corriente a los 3,3 voltios de operación de los dos SoC. El dispositivo (2) se alimenta con una tensión de entrada de 5 voltios y cuenta además con una serie de resistencias, diodos y condensadores para su correcto funcionamiento. Incorpora una entrada de programación a través de un puerto serie FTDI. Por último, el dispositivo (2) cuenta con un conector de entrada para Jack estéreo de 3,5 mm que será el puerto de entrada para la pinza amperimétrica.

Procedimiento de la invención

La Fig. 3 muestra de manera esquemática los principales pasos del procedimiento de la presente invención. En primer lugar, se utiliza la pinza amperimétrica del dispositivo de la invención para obtener la señal representativa del consumo eléctrico de una vivienda. A continuación, utilizando el medio de comunicación en forma de tarjeta de red LoRa, los datos obtenidos se envían a un hub de comunicación LoRa, el cual está a su vez conectado a internet a través de un módulo 5G o bien a través de Wifi. Los datos se envían entonces a través de internet al servidor cloud (3), donde tiene lugar el procedimiento de la invención.

1. Extracción características

Este paso del procedimiento se muestra con mayor detalle en la Fig. 4. Como se puede apreciar, para lograr una alta precisión en la estimación y un menor error de generalización con una cantidad limitada de datos, se aplica un algoritmo de desagregación en tres etapas basado en una red LSTM profunda (long short-termmemory). En la etapa de preprocesamiento de datos (primera etapa), se prepararon datos de entrada de múltiples características basados en mediciones eléctricas de baja frecuencia, con el fin de extraer más información útil de los limitados datos de entrenamiento. Para preparar los datos de entrada con múltiples características, primero se utiliza un principio de información mutua para seleccionar las características más relevantes y eficaces. Se utiliza un conjunto de cinco características para crear datos de entrada de múltiples características para una red LSTM profunda.

En la etapa de entrenamiento (segunda etapa), se utilizaron los datos de entrada de múltiples características para entrenar modelos LSTM bidireccionales de cuatro capas para cada aparato objetivo. El entrenamiento se lleva a cabo dividiendo los datos de entrada en tres grupos: datos de entrenamiento; datos de validación; y datos de prueba. Una vez preprocesamos los datos, se entrena la arquitectura propuesta usando datos de entrenamiento basados en múltiples características utilizando la biblioteca Keras. Se realizó una optimización de hiperparámetros para ajustar los parámetros que conducen al menor error de entrenamiento y al menor tiempo de convergencia para cada modelo LSTM profundo. En la tercera etapa (etapa de desagregación), se empleó una técnica de posprocesamiento para eliminar las activaciones irrelevantes de los aparatos para mejorar el rendimiento de la desagregación. La siguiente figura muestra la arquitectura detallada del algoritmo de desagregación de energía aplicado. Las regiones sombreadas en color gris señalan las tres etapas del algoritmo de desagregación.

2. Clasificación de electrodomésticos

Es fundamental conocer los electrodomésticos que están siendo utilizados en cada instante con el objetivo de clasificar el tipo de actividad humana que hay en la vivienda. Como se muestra en la Fig. 5, el sistema detecta eventos como la activación y desactivación de un televisor, o un horno eléctrico, etc.y, a partir de esa información, determina si en la vivienda hay actividad humana y si esta es normal. Así, si se detecta que hay una activación de una televisión, pero no se registra el evento de apagado de la misma durante varias horas o días, es posible determinar una situación anómala en la vivienda.

Para la obtención de esta clasificación se ha diseñado un detector de eventos de tipo heurístico que utiliza ventanas de análisis flotantes para localizar zonas de estabilidad en las señales de potencia de consumo tras indicar un cambio de potencia por encima de un valor predeterminado. Para ello, se han realizado pruebas de la mejor disposición de los datos para el identificador de eventos que permita identificar qué carga se ha añadido o eliminado del circuito monitorizado. El enfoque híbrido aplicado optimiza los procesos utilizando el Algoritmo de Fireworks (FWA) para aplicarse en el clasificador Random Forest y poder mejorar así el rendimiento de la clasificación.

La metodología propuesta incluye varios pasos: (a) la selección del conjunto de datos, (b) el cálculo de las potencias eléctricas, (c) la identificación de los eventos mediante herramientas estadísticas desarrolladas y optimizadas, (d) la selección de los intervalos de eventos ocurridos en el conjunto de datos para extraer las variaciones de las características eléctricas, (e) la selección de los eventos que se utilizarán en el entrenamiento del clasificador, (f) el entrenamiento del clasificador RF mediante el algoritmo FWO, y (g) la construcción de la matriz de confusión para la validación final de los datos.

3. Detección de anomalías

Uno de los puntos fundamentales del procedimiento es la detección de anomalías en los datos analizados y clasificados del consumo eléctrico de un usuario. Si una persona sufre un desvanecimiento mientras tiene el horno eléctrico conectado o deja la televisión encendida durante más horas de las habituales o incluso durante varios días completos, se entiende que puede responder a un comportamiento anómalo si es la primera vez que se identifica ese patrón. Este tipo de comportamientos anómalos es más sencillo de identificar si los electrodomésticos utilizados durante un desvanecimiento son del tipo de aparato que

necesita sin encendido y apagado de forma manual. En esta categoría se encuentran electrodomésticos como el televisor, el secador de pelo, la carga de un smartphone, el horno eléctrico no programable o un calefactor no programable. Se entiende por tanto que el usuario ha activado un dispositivo de esta categoría, pero está tardado más del tiempo habitual en apagar dicho aparato, es posible que una situación anómala esté ocurriendo.

El segundo tipo de aparatos que podemos encontrar en un hogar son los dispositivos que requieren una acción de encendido, pero no una acción para apagar dichos dispositivos. En esta categoría podemos clasificar por ejemplo una lavadora, una secadora, una cafetera, un microondas, o cualquier dispositivo programable. Del uso de estos dispositivos se pueden extraer patrones de uso en función de ciertos parámetros como la frecuencia de uso, el día de la semana o cruzando datos externos como la temperatura exterior. De esta forma se puede determinar que, si un usuario activa una cafetera todos los días entre las 7 y las 8 de la mañana, y durante varios días no hay registrada esta actividad, podemos inferir que el usuario no está en el hogar o a sufrido un desvanecimiento que le impide realizar estas actividades. Igualmente se puede inferir una anomalía si la temperatura exterior en verano es muy alta pero no se registra la activación del sistema de climatización o ventiladores eléctricos. Por ello es fundamental elaborar un perfil histórico de consumo para la obtención de patrones normales que puedan ser comparados con los patrones en tiempo real para la búsqueda de anomalías.

Por último, tenemos el tercer tipo de electrodomésticos que tienen un ciclo regular de encendido/apagado a lo largo del día. En esta categoría podemos encontrar el frigorífico, el sistema de calefacción programable o sistemas de automatización como pueden ser robots aspiradora automáticos. De este tipo de electrodomésticos se pueden analizar pocos eventos para la detección de presencia o ausencia de actividad, pero si hay algunos casos en los que es posible inferir anomalías en su uso. Por ejemplo, si se ha dejado la puerta de la nevera o congelador abierta, el tiempo de activación del compresor de la nevera será cada vez mayor para compensar la falta de estanqueidad necesaria en su correcto funcionamiento. De este evento se puede inferir una acción interrumpida de forma abrupta mientras se abría la nevera.

El proceso de reconocimiento de la actividad desplegado se compone de dos capas: la capa basada en el conocimiento y la capa dirigida por los datos. La capa basada en el conocimiento representa semánticamente los datos entrantes del sensor de corriente junto con sus valores de incertidumbre. Después, infiere acciones y eventos a partir de los datos

de los electrodomésticos clasificados y calcula sus valores de incertidumbre. Las acciones obtenidas y los valores de incertidumbre calculados se envían a la capa basada en datos. Esta capa es responsable de: (1) La extracción de características, y (2) La clasificación de las acciones en actividades.

5

Las actividades que se producen en la etapa anterior, así como los datos contextuales adicionales que se detectan del entorno, se dan como entrada para el proceso de detección de situaciones anómalas. A partir de esta entrada, las situaciones se construyen según una ventana de tiempo. Por lo tanto, una situación es un conjunto de datos contextuales y una actividad ocurrida durante esta ventana. A continuación, se activa MarkovLogic Network (MLN) para clasificar las situaciones en clases de situaciones anómalas.

10

15

El MLN es un método de aprendizaje automático que permite manejar la incertidumbre, la imperfección y el conocimiento contradictorio. Técnicamente, un MLN es un conjunto finito de pares (F_i, w_i) , $1 \leq i \leq n$, donde cada F_i es una fórmula en lógica de primer orden y $w_i \in \mathbb{R}$ es su peso. Aplicado a un conjunto finito de constantes $C = c_1 \dots c_n$ define el MLN de referencia, es decir, el MLN en el que las reglas lógicas no contienen ninguna variable libre. Por lo tanto, un MLN define una distribución de probabilidad logarítmica lineal sobre las interpretaciones de Herbrand (mundos posibles):

20

25

30

$$P(x) = \frac{1}{Z} \exp \left(\sum_i^F w_i n_i(x) \right)$$

35

Donde F es el conjunto de reglas de la MLN, $n_i(x)$ es el número de fundamentos verdaderos de F_i en el mundo posible x , w_i es el peso de F_i , y Z es la constante de normalización.

40

4. Salida de datos

Una vez analizados todos los datos, el procedimiento genera una salida en aquellos casos donde se ha detectado, en la ventana de tiempos fijada previamente, una anomalía de los datos que puede estar propiciada por un desvanecimiento de la persona que habita la vivienda. Se da entonces paso al protocolo de emergencia, donde el primer nivel de alerta lleva asociada una acción de localización activa de la persona a través de una llamada telefónica y si esta no responde, localizando a un familiar cercano. Si no se consigue

45

50

localizar a la persona, se da paso entonces a los servicios de emergencia locales que son los encargados de ejecutar el protocolo de aplicación en cada municipio.

- 5 En el caso de que se tratase de una falsa alarma, el sistema permite la reconfiguración de los parámetros de entrenamiento para una redefinición constante de los modelos aplicados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección de patrones de consumo eléctrico de una vivienda indicativos de problemas de salud de una persona que habita en dicha vivienda, donde la vivienda comprende un conjunto de electrodomésticos conectados a una red eléctrica, caracterizado por que comprende los siguientes pasos:

5 - obtener una señal representativa del consumo eléctrico en la vivienda;

10 - analizar la señal para extraer parámetros característicos representativos del consumo eléctrico correspondiente a electrodomésticos individuales que comprende aplicar un algoritmo de segregación de tres etapas basado en una red LSTM profunda, que, a su vez, comprende los siguientes sub-pasos:

15 a) una primera etapa de preprocesamiento que comprende seleccionar un conjunto de cinco características (potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, corriente y factor de potencia), para crear datos de entrada de múltiples características para la red LSTM profunda;

20 b) una segunda etapa de entrenamiento que comprende utilizar los datos de entrada de múltiples características para entrenar modelos LSTM profundos bidireccionales de cuatro capas para cada electrodoméstico objetivo, realizando una optimización de hiperparámetros para ajustar los parámetros que conducen al menor error de entrenamiento y al menor tiempo de convergencia para cada modelo LSTM profundo, con el objetivo de generar un clasificador que diferencie el patrón de consumo de unos electrodomésticos de otros;

30 c) una tercera etapa de desagregación que comprende eliminar activaciones irrelevantes de los electrodomésticos para mejorar el rendimiento de la desagregación.

35 - analizar los parámetros característicos para identificar qué parte del consumo eléctrico de la vivienda corresponde a cada uno de dichos electrodomésticos individuales y determinar los momentos de activación y desactivación de cada uno de dichos electrodomésticos, que comprende aplicar un detector de eventos heurístico que utiliza ventanas de análisis flotantes para localizar zonas de estabilidad en las señales de consumo eléctrico cuando se produce un cambio en la señal representativa del consumo eléctrico por encima de un valor predeterminado; y que, a su vez, comprende los siguientes sub-pasos:

45 -determinar patrones de uso de los electrodomésticos correspondientes a situaciones normales; y

 - detectar situaciones anómalas que se alejan de los patrones de uso determinados en

el paso anterior aplicando una Red Lógica de Markov, como método de aprendizaje de las actividades de consumo habituales de la persona que habita la vivienda y de los datos contextuales adicionales que se detectan del entorno, según una ventana de tiempo determinado, con el fin de detectar una actividad inusual ocurrida durante esta ventana

5

- analizar los momentos de activación y desactivación de los electrodomésticos para identificar situaciones anómalas compatibles con un desvanecimiento de la persona que habita en la vivienda.

10

- utilizar un algoritmo de Fireworks para su aplicación a un clasificador Random Forest, para la optimización de los procesos citados y mejorar el rendimiento de la clasificación.

15

- activación de una alerta, en caso de detección de una anomalía.

20

2. Programa de ordenador que comprende instrucciones de programa para hacer que un ordenador lleve a la práctica el procedimiento según la reivindicación 1, incorporado en medios de almacenamiento y apto para estar soportado en una señal portadora.

25

3. Sistema (1) para la detección de patrones de consumo eléctrico de una vivienda indicativos de problemas de salud de una persona que habita en dicha vivienda, que comprende:

30

- un dispositivo (2) configurado para obtener una señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda y para transmitir dicha señal; y

35

- un servidor (3) en comunicación con dicho dispositivo (2) para recibir la señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda, donde dicho servidor (3) está además configurado para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 1.

40

4. Sistema de acuerdo con la reivindicación 3, donde el dispositivo (2) comprende:

- un sensor de consumo eléctrico (21) acoplable a un cuadro eléctrico de la vivienda configurado para obtener la señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda;

45

- un medio de comunicación (22) configurado para transmitir de manera inalámbrica

50

dicha señal representativa del consumo eléctrico de la vivienda al servidor (3); y
- un medio de procesamiento (23) configurado para controlar el funcionamiento del sensor de consumo eléctrico (21) y el medio de comunicación (22).

5 5. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 4 donde el sensor de consumo eléctrico (21) es una pinza amperimétrica.

10 6. Sistema (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4-5, donde el medio de comunicación (22) comprende medios para la comunicación inalámbrica a través de tecnología LoRa.

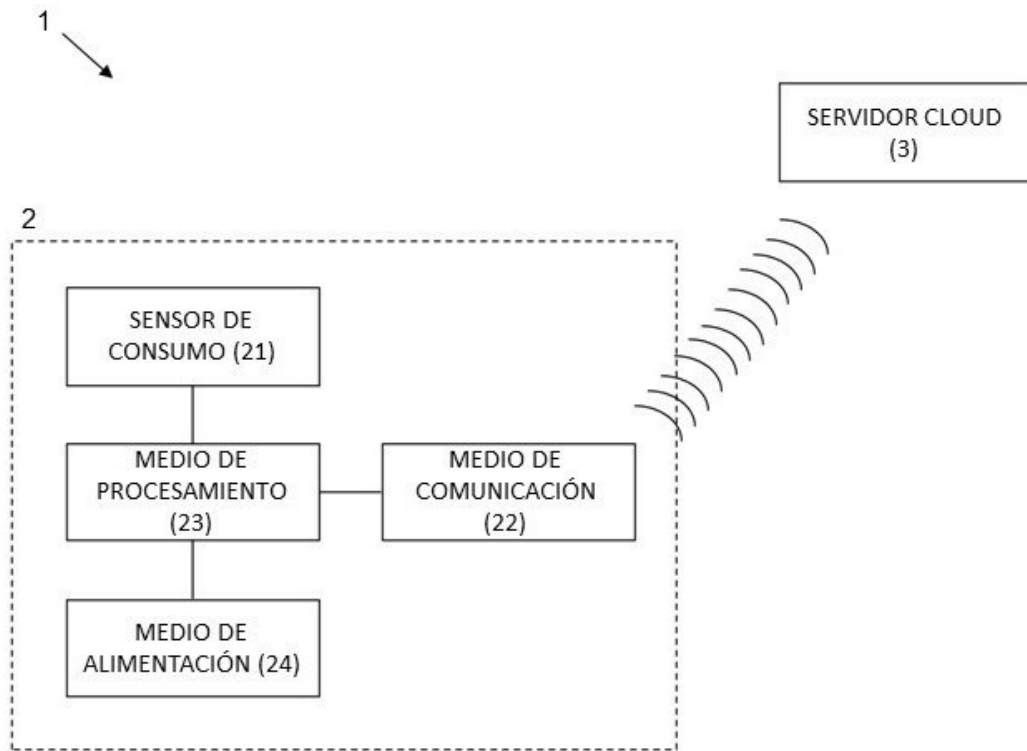


FIG. 1

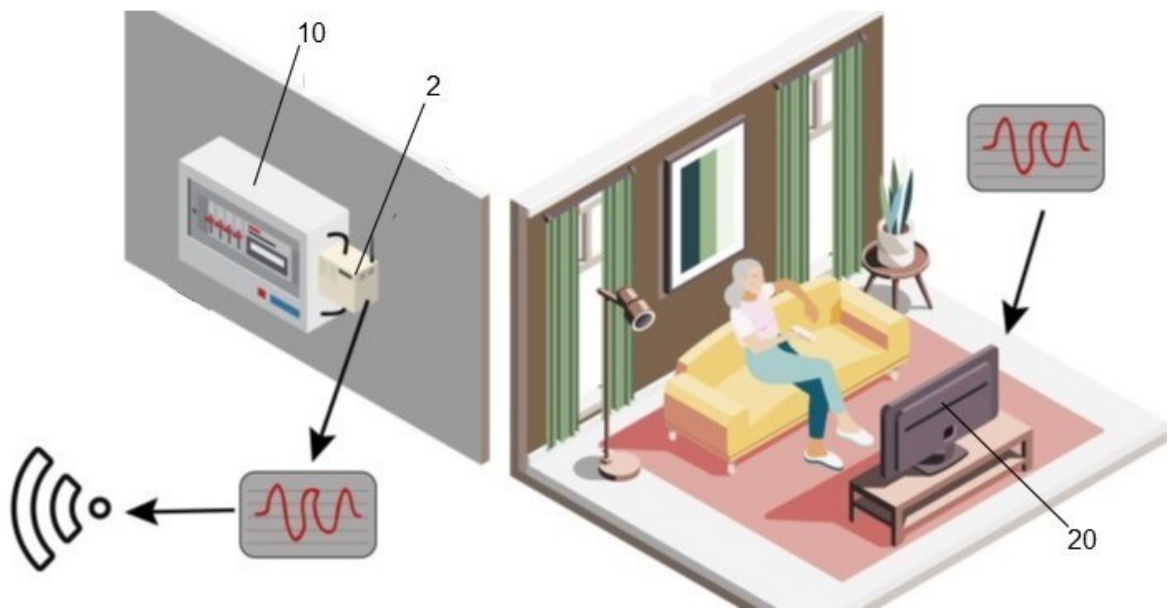


FIG. 2

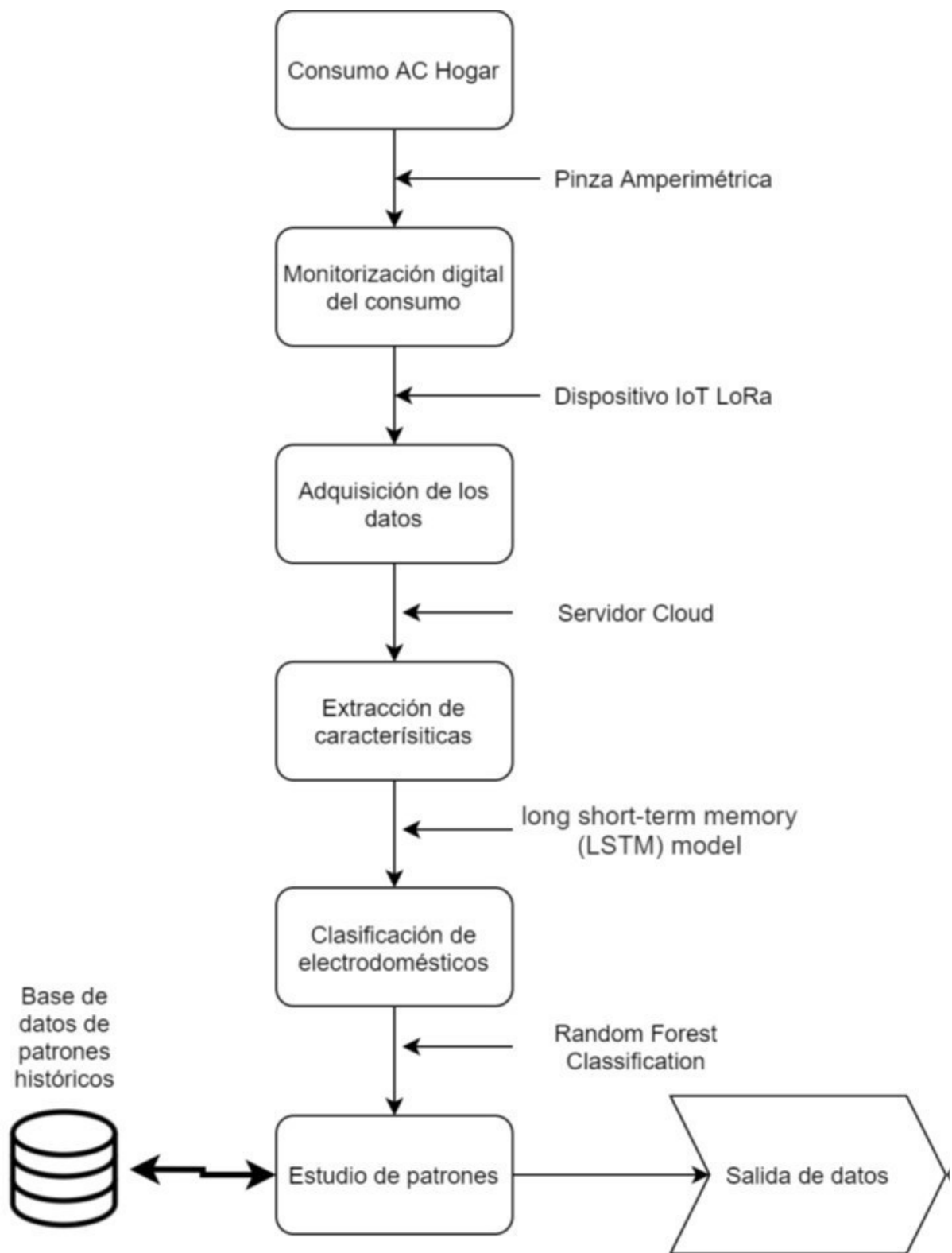


FIG. 3

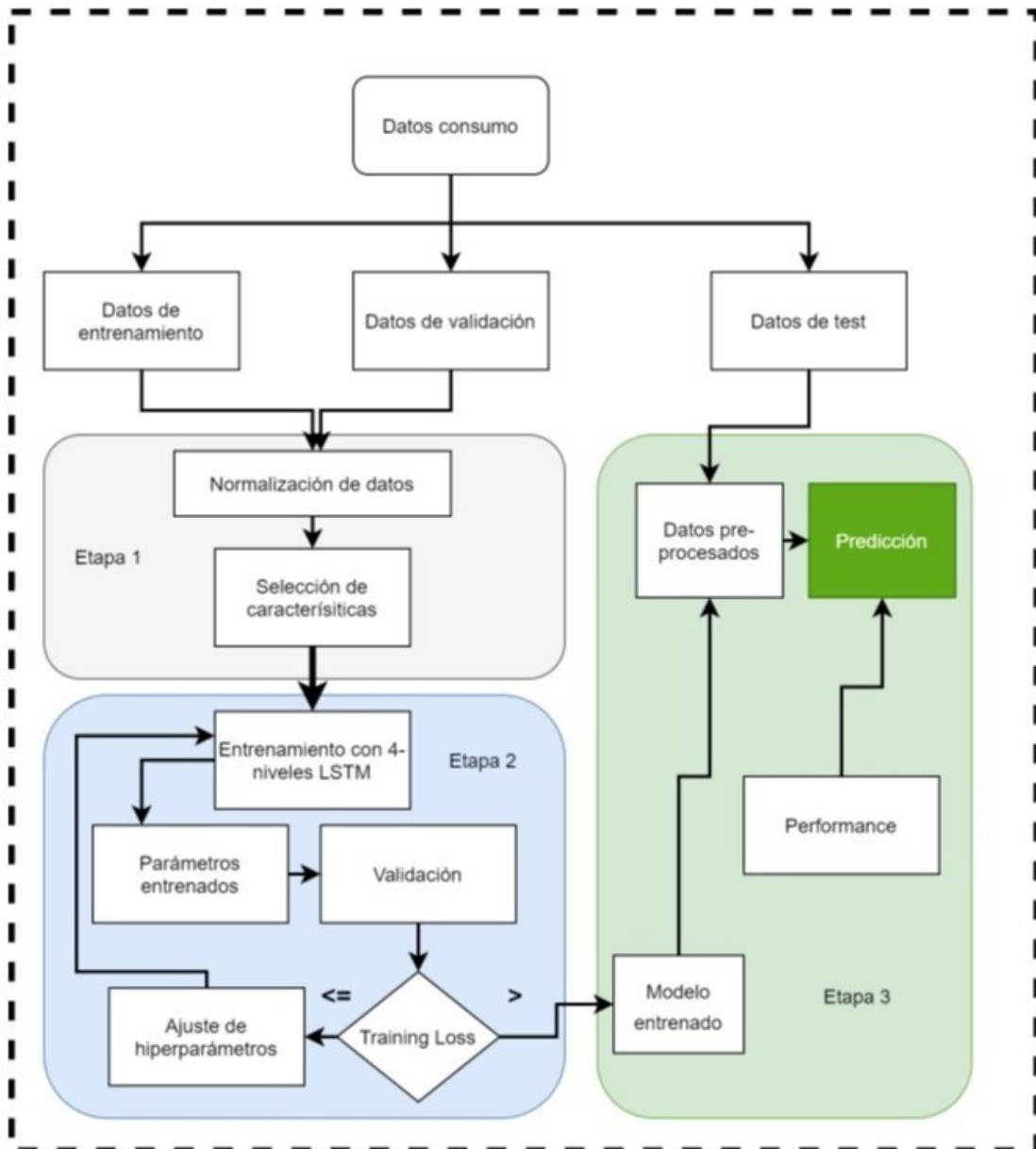


FIG. 4

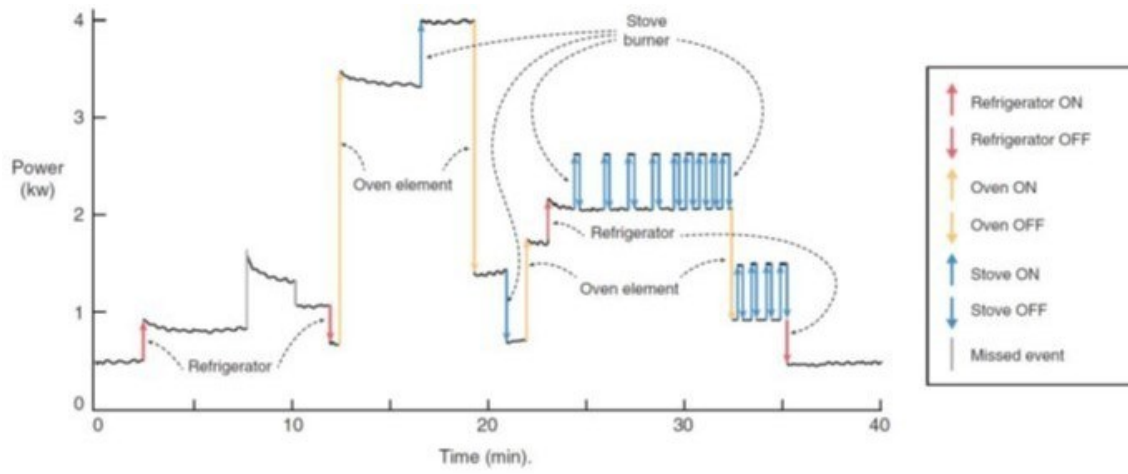


FIG. 5