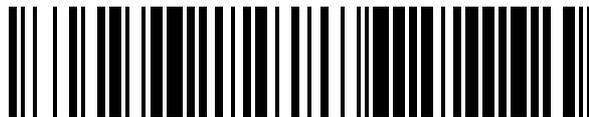


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 308 415**

21 Número de solicitud: 202332073

51 Int. Cl.:

G05B 23/02 (2006.01) **G01R 31/00** (2006.01)
G06Q 10/04 (2013.01)
G06Q 50/06 (2014.01)
H02J 13/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

30.01.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.06.2024

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (100.0%)
OTRI. Edificio Central. AP:456. C/Pedro Zerolo s/n
38200 San Cristóbal de La Laguna (Santa Cruz de
Tenerife) ES

72 Inventor/es:

RAMÍREZ DÍAZ, Alfredo Jesús;
MÉNDEZ PÉREZ, Juan Albino;
GONZÁLEZ DÍAZ, Benjamín y
PINTO MIRANDA, Mario Sebastián

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54 Título: **DISPOSITIVO Y SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DEL ENSUCIAMIENTO DE AISLADORES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS**

ES 1 308 415 U

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO Y SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DEL ENSUCIAMIENTO DE AISLADORES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

5

CAMPO DEL INVENTO

La presente invención consiste en un sistema con el que se consigue la monitorización del ensuciamiento de aisladores mediante la detección de los arcos eléctricos a través del análisis de imágenes, sonidos y radiofrecuencias en subestaciones eléctricas a la intemperie, entendiéndose como monitorización el diagnóstico, predicción y mantenimiento predictivo del citado ensuciamiento, donde el sistema comprende al menos un dispositivo de campo que permite obtener todas las variables requeridas para dicha monitorización.

10
15 Esta invención se encuadra dentro de los diferentes tipos de equipos, instalaciones y sistemas comprendidos dentro del sector eléctrico, y en concreto, en subestaciones eléctricas a la intemperie.

ESTADO DE LA TÉCNICA

20

Como es sabido dentro de este sector industrial, las subestaciones eléctricas son esenciales para el correcto funcionamiento de las redes que conforman un sistema eléctrico. Estas subestaciones eléctricas ofrecen diversas funciones y aplicaciones, como la elevación o reducción de tensión, regulación de frecuencia o número de fases o la recepción o punto de partida de las líneas eléctricas tanto de las centrales eléctricas, como de las redes de distribución cerca de núcleos urbanos.

Generalmente, existen dos tipos de subestaciones según su uso, como son las subestaciones de transformación, que pueden ser elevadoras o reductoras; y las subestaciones de maniobra, que conectan diversos circuitos de la red, pero no elevan ni reducen la tensión. Además, se pueden distinguir dos tipos de subestaciones según su arquitectura y construcción, las aisladas por aire o de intemperie (Air-Insulated-Substations, AIS) o las aisladas por gas (Gas-Insulated-Substations, GIS).

35 La presente invención va dirigida a las del tipo AIS, que se componen íntegramente de

componentes tales como disyuntores, seccionadores, pararrayos, transformadores de medida, transformadores de potencia, condensadores, barras colectoras u otros; y los componentes están conectados entre sí por conductores flexibles trenzados, tubos o conexión a tierra. Este tipo de subestaciones es el tipo más común, representando más del 70% de las subestaciones en todo el mundo.

En base a esto, es sabido que el mantenimiento de las subestaciones eléctricas es crítico para mantener la seguridad del suministro eléctrico. El fallo en una subestación puede causar una caída total del sistema eléctrico sobre todo en sistemas insulares o aislados. Pese a que algunos gestores de subestaciones alrededor del mundo funcionan aplicando un correctivo cuando es necesario (conocido dentro de este sector como “*run to failure*”), cada día se controla más las rutinas de mantenimiento volviéndose más sofisticadas. De forma general, se define una estrategia de mantenimiento que suele ser proactiva. En la gran mayoría de los casos se suele utilizar un mantenimiento preventivo, basado en un esquema de planificación de tareas de mantenimiento con ciclo anual. Por tanto, el mantenimiento de las subestaciones es uno de los puntos claves dentro del correcto funcionamiento de un sistema eléctrico. Las posibles causas de fallo de una subestación son las siguientes: acumulación de polvo y suciedad; alta presencia de humedad; pérdida de conexiones; y fricción.

El objetivo del sistema es la detección del ensuciamiento por deposición o acumulación de partículas sobre los aisladores de las subestaciones eléctricas a la intemperie. Este es uno de los principales problemas que afrontan los equipos de mantenimiento de subestaciones eléctricas de este tipo. Para afrontar este problema técnico, en la presente invención se diseña un sistema que comprende una serie de dispositivos específicos y particularizados para tal fin y que no son conocidos dentro del estado de la técnica.

Entrando en el problema concreto del ensuciamiento de los aisladores, este fenómeno es muy común en lugares desérticos o lugares costeros con mucha incidencia del viento. El polvo en suspensión se deposita en los aisladores, y con el efecto de la humedad puede formar una costra sobre el material. Esta costra tiene propiedades conductoras de la electricidad, dado que está formada principalmente por sales solubles. Por tanto, si se incrusta una cantidad importante de esta costra en el aislador, la función de “aislador eléctrico” se pierde, pudiéndose crear un arco eléctrico entre los conductores (líneas eléctricas) y los elementos estructurales (acero), la tierra u otras fases de las líneas de transmisión. La consecución de estos arcos eléctricos a lo largo del tiempo deteriora el material aislador. Si no se actúa a

tiempo, se podría producir una violenta explosión del elemento aislador, que puede ser polimérico o cerámico, disparando trozos de este elemento por toda la subestación pudiendo causar daños materiales y personales en el peor de los casos, además de la parada repentina de la propia subestación. En este caso, los elementos de seguridad abrirían los circuitos dejando la subestación en modo parada. La recuperación de la subestación no podría ser inmediata porque se necesitaría reemplazar los aisladores a través de un conjunto de acciones correctivas costosas y que requerirían mucho tiempo.

En el caso de sistemas eléctricos insulares o sistemas eléctricos aislados, este hecho puede desencadenar en un conjunto de fenómenos que pudieran derivar en un cero energético a toda una isla o dejar sin energía eléctrica a una región. Además, el tiempo que esté parada la subestación hasta que se reparen los desperfectos causados y se sustituya el elemento destruido, no se podría verter energía desde los centros de producción a la red, incurriendo en pérdidas económicas importantes para los centros de producción. En caso de que la subestación sea de destino, una población entera podría quedar afectada o limitada en cuanto su suministro eléctrico, repercutiendo en pérdidas económicas y afectando gravemente a la economía local.

Actualmente, este problema se afronta, de forma general, con un mantenimiento basado en una inspección visual de estos elementos, donde este seguimiento de los arcos eléctricos suele ser durante horas nocturnas. De este modo, un operario puede detectar que hay cierto chisporroteo en la subestación eléctrica y alertar a su supervisor de qué se debería hacer una limpieza.

En otros casos, se programa sistemáticamente las operaciones de mantenimiento preventivo de los aisladores con agua desionizada, estén o no lo suficientemente sucios. Por tanto, la única señal de alarma para la detección de suciedad es el seguimiento puntual de los arcos eléctricos generados en la zona de los aisladores u otros puntos de contacto.

Se puede concluir que los métodos convencionales para la evaluación de la suciedad sobre los aisladores se basan en la observación visual puntual de los mismos elementos, o la escucha de un chisporroteo en la subestación. Este método es poco fiable y sometido a un sesgo importante, dado que depende de la percepción de los operarios. Por otra parte, el carecer de un análisis multivariable que contabilice todos los fenómenos alrededor de la subestación conlleva a que no exista una certeza concreta del diagnóstico, hasta que resulta

muy evidente o cuando ya se acerca a un punto crítico.

Existen otros tipos de inspecciones puntuales por métodos más sofisticados, los cuales son muy poco comunes, y son llevados a cabo por personal experto durante uno o dos días de inspección. En algunos casos se puede decir que estas tecnologías conocidas guardan relación con la presente invención, pero la realidad es que son ejecutadas de forma diferente y se basan en problemas o datos que difieren en el lugar de la aplicación, el método físico de obtención de los datos, la variable clave a diagnosticar y/o el objeto funcional final.

10 En este sentido se conoce lo divulgado en:

el documento WO2007070942A1 donde se describe un método y un dispositivo para la detección temprana de fallos en aisladores de líneas de alta tensión y subestaciones eléctricas, causados por estar a la intemperie. Sin embargo, este documento no está dirigido a solventar el problema al que se dirige la presente invención, es decir, el ensuciamiento por deposición o acumulación de partículas sobre los aisladores; sino que se dirige a gestionar los fallos relacionados con contaminación, humedad, calor y radiación UV, mediante el análisis de la radiación electromagnética (VHF, UHF, banda de frecuencias de 1MHz-3GHz) emitida por los aisladores durante los eventos de descarga parcial; por tanto, tanto la metodología como el sistema de la presente invención difiere del divulgado en este antecedente;

20 el documento CN110334661A donde se describe un método para la detección de puntos calientes en subestaciones eléctricas mediante imágenes térmicas de infrarrojos y técnicas de inteligencia artificial mediante un algoritmo (Faster-RCNN). Sin embargo, este documento tampoco divulga o sugiere solución al problema objeto de la presente invención, y tanto el sistema necesario para la detección de las variables como el método difieren de lo descrito en la presente solicitud de patente;

25 el documento US2015213364A1 donde se divulga un sistema y método de predicción del grado de contaminación de aisladores de redes eléctricas en entornos costeros de alta humedad y salinidad, mediante un modelo de cálculo que considera datos meteorológicos, datos geográficos e información del entorno. Sin embargo, este antecedente está basado en computación local, con las limitaciones que conlleva frente a los nuevos avances de la técnica como la computación en la nube o el potencial del IoT. Debido a esto, este antecedente no contempla sistemas de aviso y alarmas activas, con el fin de mantener la seguridad en la operación de las instalaciones. Por el contrario, la presente solicitud está pensada para determinar el ensuciamiento basado en la situación de la ubicación, por tanto, no sería entrenable por algoritmos de aprendizaje automático, sino que sería determinista de eventos

puntuales o del entorno. Por tanto, este antecedente tampoco divulga o sugiere solución al problema objeto y el propio proceso de ejecución del método también es diferente

5 el documento CN110610542A que divulga un sistema y una plataforma de monitorización y análisis panorámico 3D del funcionamiento de equipos en todas las instalaciones que conforman un sistema eléctrico para establecer estrategias predictivas de operación y mantenimiento; donde la plataforma está basada en la captura y fusión de información de estado mediante sensores múltiples (datos medioambientales, detección de descargas parciales mediante radiofrecuencias, señales térmicas de infrarrojos, u otros) y el uso de tecnologías de computación en la nube. Al igual que los antecedentes anteriores, este documento tampoco divulga o sugiere solución al problema objeto de la detección de la acumulación de partículas, y los datos de base para el desarrollo, los dispositivos de captura y el proceso de funcionamiento de la plataforma también es diferente; su foco se basa en el diagnóstico a través de sistemas GIS en 3D del estado de las instalaciones en general, y de la gestión del personal de campo disponible. Sin embargo, no se centra en la detección del ensuciamiento a través de un método preciso; y

15 el documento CN110022000A donde se describe un dispositivo integrado para la captura y fusión de información en subestaciones eléctricas que comprende diferentes módulos y sensores de captación de datos, al igual un módulo de comunicaciones inalámbricas para la transmisión remota de información; pero que al igual que los antecedentes anteriores, no se dirige al problema objeto de la presente invención, y la configuración y estructura del sistema y el funcionamiento del mismo difiere del que se describe a continuación.

Adicionalmente, estos documentos señalados frente a la presente invención tienen el problema de que no hay deslocalización del sistema, es decir, se localizan en un entorno local del lugar y no permite un control en remoto de los dispositivos, mientras que en la presente invención esta gestión a distancia permite la gestión de los mismos abarcando un campo de visión mayor y la vigilancia de diferentes aisladores al mismo tiempo; y los documentos señalados no permiten un entrenamiento que se vaya adaptando a los posibles requerimientos, sino que cada documento requiere de un programa específico para esa planta; mientras que en la presente invención los algoritmos se van autoajustando de acuerdo a evaluaciones y entrenamientos en un ciclo continuo de aprendizaje. Además, los elementos que conforman el sistema de la presente invención permiten que, mediante un nuevo procedimiento, se puedan obtener unos valores de nivel de chisporroteo y de nivel de ensuciamiento con los que tomar las decisiones oportunas para el correcto funcionamiento

del sistema.

Por tanto, habida cuenta de las tecnologías conocidas en el estado de la técnica, se considera que no hay una solución real y efectiva al problema de la monitorización del ensuciamiento por deposición o acumulación de partículas sobre los aisladores de las subestaciones eléctricas a la intemperie, y para ello, la presente invención aporta una mejora a la resolución del problema técnico con respecto a las técnicas actuales en diferentes puntos, dado que permite ofrecer un diagnóstico a tiempo real basado en información cuantitativa; analizar mediante un modelo informático decenas de variables internas y externas de diversas fuentes para obtener un diagnóstico a tiempo real; y predecir mediante un modelo informático el estado de ensuciamiento avisando del riesgo de no actuación, basado en unos valores que se desarrollan a continuación; para lo cual también es preciso diseñar una serie de dispositivos que permitan que esta tecnología pueda llevarse a cabo.

15 **EXPLICACIÓN DEL INVENTO**

La presente invención tiene como objeto el definir un sistema que permite monitorizar el ensuciamiento por deposición de partículas en aisladores de subestaciones eléctricas a la intemperie, lo cual genera problemas relacionados con el funcionamiento de las mismas pudiendo generar fallo catastrófico que deje fuera de operación la subestación. Estas fallas de los aisladores derivados del ensuciamiento y son causadas por el exceso de arcos eléctricos en múltiples puntos de la subestación, generalmente más intensas en los puntos que acumulan mayores deposiciones de partículas o donde el material aislador está más deteriorado. Los arcos eléctricos son descargas eléctricas que se forma entre dos elementos conductores sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa, en este caso aire, que pueden generar microfracturas en el material aislante o descargas parciales, pudiendo en el peor de los casos generar una violenta explosión por fractura del material, afectando a operarios, fauna, y a los diferentes elementos físicos que conforman la propia subestación.

30

El sistema objeto de la presente invención comprende:

al menos un dispositivo de monitorización, ubicado dentro de la propia subestación, preferentemente dispuesto sobre un trípode a unos 1 a 4 metros de altura sobre el suelo, y donde este dispositivo tiene una doble función, tanto la recopilación y procesamiento básico de los datos como la señalización mediante luces del estado de ensuciamiento y arcos

35

eléctricos, comúnmente denominados como chisporroteo, de la subestación;
al menos un procesador ubicado en el edificio de la subestación, donde él es el encargado de
enviar los paquetes de datos estructurados y no estructurados a una plataforma informática
de servicios en la nube;

5 esta plataforma se encarga de gestionar la información proveniente de los dispositivos, y
guardarla en un contenedor o base de datos; comprende un módulo programable de descarga
automática de previsiones meteorológicas de forma periódica, datos provenientes de
proveedores meteorológicos y los datos de operación de la subestación; datos que se guardan
en la base de datos; comprende un módulo de procesamiento que usa herramientas de
10 modelado de aprendizaje automático (o machine learning), módulo que recoge los datos
históricos recopilados en la base de datos y las previsiones meteorológicas obtenidas para
entrenar un modelo que pueda predecir el nivel de ensuciamiento y el nivel de incidencias de
los arcos eléctricos para los diferentes elementos de la subestación. Cada periodo que sea
programado en el sistema, preferentemente al menos de 8 horas, permite disponer de una
15 actualización de la predicción del ensuciamiento con un horizonte de predicción de hasta 15
días; y por tanto, se puede estimar en este rango un nivel de ensuciamiento a futuro, y si
alcanza niveles críticos, avisar para que se actúe mediante limpieza.

En este sentido, el sistema comprende, tres medios de notificación y de consulta del estado y
20 la información relativa al ensuciamiento: una plataforma digital (también conocida como
plataforma web), donde se mostrarán los cuadros de mandos con los últimos datos recogidos,
el estado de ensuciamiento y su evolución y la previsión para las próximas semanas; y
también puede disponer de unos medios para la consulta del estado de cada dispositivo y su
control manual en remoto; mensajería instantánea, donde se reporta el estado del
25 ensuciamiento de los elementos de la subestación y un sistema de alarmas de forma
telemática a dispositivos electrónicos; y señales luminosas en el propio dispositivo, donde se
indica por colores el estado de ensuciamiento y nivel de arcos eléctricos (chisporroteo) de la
subestación, con el fin de disponer de un sistema de aviso visual directo proveer de
información crítica a posibles operarios cercanos a la subestación.

30 En este sentido, el sistema se implementa en subestaciones a la intemperie o aisladas por
aire, las cuales pueden tener diversas líneas, donde cada línea puede comprender, por
ejemplo, un trafo de elevación de tensión, autoválvulas, interruptores tripolares, diferentes
trafos, seccionadores de barra, estructura de aisladores y barras, o un punto de vertido. Para
35 cubrir el 100% de los elementos en las diversas líneas, el sistema puede comprender una

pluralidad de dispositivos, y para ello, cada dispositivo está formado por una carcasa móvil y una caja exterior de alimentación y alarmas.

5 Entrado en más detalle, la carcasa móvil comprende, un cabezal giratorio, un cuerpo de base y un soporte a tierra, como puede ser un trípode. El cabezal giratorio puede comprender unos sensores de iluminación, y un sensor de fin de carrera, que reinicia la posición inicial del giro del cabezal; una cámara de visión infrarroja y una cámara de visión termográfica; un protector frontal con un visor; y puede comprender un mecanismo de giro, con un rodamiento incorporado, que permite ofrecer un campo de visión de hasta 360°. El cuerpo base
10 comprende un microprocesador al que están conectados los sensores integrados en el cabezal y una serie de sensores y actuadores ubicados tanto en el mismo habitáculo como en la caja exterior; al menos un actuador; una pluralidad de sensores como el de humedad y temperatura, un grabador de sonidos, una serie de ventiladores regulables, un sensor de ozono, entre otros; y un potenciador de memoria gráfica (GPU).

15 Por otro lado, la caja exterior comprende al menos una fuente de alimentación para dar potencia a los dispositivos; un módulo de recepción de radiofrecuencias y su antena; al menos una señal luminosa led de regulación de color que comprende un doble indicador, el primero con el nivel de ensuciamiento actual de la subestación y el segundo que indica la intensidad
20 de chisporroteo captada.

Todas las partes del dispositivo quedan protegidas por una jaula de Faraday compuesta por una capa de aluminio, que garantiza la protección de los equipos electrónicos frente a las frecuencias electromagnéticas a las que está sometida dentro la subestación.

25 En este sentido, la carcasa exterior y los elementos de soporte pueden ser fabricados por impresión 3D, por ejemplo, en material PETG y recubiertos con un tratamiento superficial que lo proteja de los UV, de la humedad y de los elementos abrasivos externos; aunque también puede ser fabricado por métodos tradicionales.

30 Teniendo en cuenta todos los aspectos anteriores, la presente invención aporta las siguientes ventajas técnicas:

análisis de los arcos eléctricos o chisporroteo con diversos métodos a tiempo real (visuales, audio y radiofrecuencias) frente a otros métodos que se centran solo en uno;
35 predicción del estado de ensuciamiento de los aisladores, mediante algoritmos de aprendizaje

automático y computación en nube;

integración de algoritmos avanzados, alimentados con multitud de datos internos de subestación y externos (meteorológicos) para proveer de resultados más fiables;

predicción de valores a corto y medio plazo a través de los modelos frente a solo

5 monitorización de puntual a tiempo real o análisis puntual del estado de los aisladores;

método de detección pasivo (no invasivo), es decir, no se requiere tocar ni manipular los elementos directamente o poner sensores en los propios aisladores (se reduce el mantenimiento del sistema); y

10 es una tecnología más precisa en el diagnóstico, dado que los múltiples sensores (multivariable) de recogida de datos dan una información menos sesgada que basarse solo en una única forma de captación de datos (univariable).

A parte, la presente invención tiene es ventajosa desde el punto de vista industrial en cuanto a que es una solución integral de mantenimiento, con lo que hay un ahorro en revisiones

15 periódicas con radiofrecuencias; permite una optimización de las limpiezas, pasando del mantenimiento preventivo y predictivo; y la predicción de falla crítica, que puede derivar en pérdidas económicas que van desde los miles de euros hasta sanciones que alcanzan las decenas de millones de euros, puede ser evitada.

20 Se ha de tener en cuenta que, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones, el término "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas o elementos adicionales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

25

Con el objeto de completar la descripción y de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se presenta un juego de figuras y dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo se representa lo siguiente:

30 Figura 1.- Muestra una representación esquemática del sistema para la monitorización del ensuciamiento de aisladores de subestaciones eléctricas, donde se observa al menos un dispositivo de campo, que es un elemento esencial para dicha monitorización.

35 Figura 2.- Muestra una representación esquemática de cómo se implementa una serie de dispositivos en una subestación eléctrica a la intemperie.

Figura 3.- Muestra una representación esquemática de un dispositivo con el que se obtienen todos los datos de base necesarios para la monitorización del ensuciamiento de aisladores de subestaciones eléctricas.

5

EXPLICACIÓN DETALLADA DE UN MODO DE REALIZACIÓN DEL INVENTO

Tal y como se puede observar en la Figura 1, una posible realización del sistema objeto del invento, que tiene como objetivo la monitorización del ensuciamiento de aisladores de subestaciones eléctricas es tal que comprende

una pluralidad de dispositivos (100) de monitorización, donde estos dispositivos tienen una doble función, que es tanto la recopilación y procesamiento básico de los datos como la señalización mediante luces del estado de ensuciamiento y arcos eléctricos (o chisporroteos) de los elementos aisladores de subestación;

la información recopilada por los dispositivos se transmite (101) vía cable o inalámbrica a al menos un procesador (102) ubicado en el edificio de la subestación; donde el procesador (102) es el encargado de enviar los paquetes de datos estructurados y no estructurados a una plataforma informática (103) de servicios en la nube; y comprende un módulo de recepción y envío de órdenes a los dispositivos (100); y puede comprender un submódulo de control en remoto del dispositivo a través de una plataforma digital (107) o plataforma web, donde la plataforma informática (103) de servicios en la nube:

se encarga de gestionar la información proveniente de los dispositivos, y guardarla en un contenedor o base de datos (104);

comprende un módulo programable de descarga automática (105) de previsiones meteorológicas de forma periódica, cada 8 horas de forma preferente, datos provenientes de proveedores meteorológicos y los datos de operación de la subestación; datos que se guardan en la base de datos (104)

comprende un módulo de procesamiento (106) que usa herramientas de modelado de aprendizaje automático (o machine learning), módulo que recoge los datos históricos recopilados en la base de datos (104) y las previsiones meteorológicas obtenidas para entrenar un modelo que pueda predecir el nivel de ensuciamiento de los diferentes elementos de la subestación. Cada periodo que sea programado en el sistema, preferentemente 8 horas o menos, permite disponer de una actualización de la predicción del ensuciamiento con un horizonte de predicción de hasta 15 días; y por tanto, se puede estimar en este rango un nivel de ensuciamiento a futuro, y si alcanza niveles críticos, avisar para que se actúe mediante

limpieza.

En este sentido, el sistema comprende, tres medios de notificación y de consulta del estado y la información relativa al ensuciamiento, donde el procesador (102) está en comunicación con:

- 5 (i) una plataforma digital (107), donde se mostrarán los cuadros de mandos con los últimos datos recogidos, el estado de ensuciamiento y su evolución y la previsión para las próximas semanas; y también puede disponer de unos medios para la consulta del estado de cada dispositivo y su control manual en remoto;
- 10 (ii) un sistema mensajería instantánea (108), donde se reporta al menos cada 8 horas el estado del ensuciamiento de los elementos de la subestación y un sistema de alarmas de forma telemática a dispositivos electrónicos de usuarios, como por ejemplo, un teléfono móvil; y
- 15 (iii) las señales luminosas en el propio dispositivo (100), donde se indica por colores el estado de ensuciamiento y nivel de arcos eléctricos de la subestación, con el fin de disponer de un sistema de aviso visual directo.

Tal como se puede ver en la Figura 2, el sistema se implementa en subestaciones a la intemperie o aisladas por aire. En esta figura se puede ver una realización en la la subestación comprende una primera línea (207) con un trafo de elevación de tensión (200), seguida de los
 20 diversos elementos de protección típicos como unas autoválvulas (201), interruptores tripolares (202), un trafo de tensión (203), un trafo de intensidad (204), seccionadores de barra (205), una estructura de aisladores y barras (206). Por otro lado, se muestra una segunda línea (208) que dispone análogamente de todos los elementos de protección anteriormente mencionados y además el punto de vertido (209). Para cubrir el 100% de los elementos se
 25 utilizan tres dispositivos (100), dos de ellos configurados a 180° y uno centrado para una cobertura de 360°.

En la Figura 3 se puede ver de forma detalla una realización de un dispositivo (100) de monitorización. En este sentido, el dispositivo está formado por una carcasa móvil (300) y una
 30 caja exterior de alimentación y alarmas (301), donde:
 la carcasa móvil comprende, un cabezal giratorio (302), un cuerpo de base (303) y un soporte a tierra (304), como pude ser un trípode (304); donde
 el cabezal giratorio (302) comprende
 un primer grupo de sensores (305), compuesto por un sensor de
 35 iluminación, y un sensor de fin de carrera, que reinicia la posición inicial del giro

del cabezal;

una cámara de visión infrarroja (306) y la cámara de visión termográfica (307), donde estas cámaras están configuradas para adecuarse a la distancia a la que se encuentren de los elementos a analizar, con unas calidades mínimas de 5 MP (infrarroja) y al menos de 120x160 puntos (termográfica);

un protector frontal con un visor (308) que garantiza una correcta visión de los elementos, que a su vez es intercambiable y puede limpiarse;

y puede comprender un mecanismo de giro, con un rodamiento incorporado, que permite ofrecer un campo de visión de hasta 360°;

el cuerpo base (303) comprende

un microprocesador (309) al que están conectados los sensores integrados en el cabezal y una serie de sensores y actuadores ubicados tanto en el mismo habitáculo como en la caja exterior (301).

al menos un actuador con un motor eléctrico (310) de paso con un par elevado y su controlador asociado, con el que se garantiza el giro y su estabilidad cuando se necesite tomar una imagen;

una pluralidad de sensores (311) como el de humedad y temperatura, un grabador de sonidos, una serie de ventiladores regulables, un sensor de ozono y un potenciador de memoria gráfica (GPU) en caso necesario;

y donde la caja exterior (301) comprende

al menos una fuente de alimentación (312) para dar potencia a los dispositivos (tanto para 12V como para 5V).

un módulo de recepción de radiofrecuencias y su antena (313);

una señal luminosa led (314) de regulación de color que comprende un doble indicador, el primero con el nivel de ensuciamiento actual de la subestación (con variación de al menos cada 8 horas) y el segundo que indica la intensidad de los arcos eléctricos captada (con variación 10 minutas);

y donde la carcasa móvil (300) y una caja exterior de alimentación y alarmas (301) quedan protegidas por una jaula de Faraday compuesta por una capa de aluminio, que garantiza la protección de los equipos electrónicos frente a las frecuencias electromagnéticas a las que está sometida la subestación.

El funcionamiento del sistema, que no es objeto de protección, consta de 4 partes principales:

(i) la recogida de datos de los dispositivos; (ii) la recepción y comunicación en un ordenador en local ; (iii) los servicios de modelado y almacenamiento en la plataforma informática de

servicios en la nube; y (iv) los servicios de visualización, control y consumo de datos, es decir, el proceso de monitorización y aviso.

Entrando en más detalle, se explica un ejemplo concreto del funcionamiento del sistema:

5

(i) Recogida de datos de los dispositivos:

Cada uno de los dispositivos dispone de un periodo de 10 minutos para recoger todos los datos, para procesarlos y enviarlos al ordenador de comunicaciones en local. Para ello, se ha dividido la recogida de datos en dos partes, una parte minutal para recogida de datos de sensores y una parte diezminutal que engloba además de la recogida de algunos datos, el preprocesamiento de los datos minutales.

Dentro de la parte minutal, encontramos las lecturas simples de los de temperatura y humedad , sensor de iluminación , la grabación de video infrarrojo de unos 20 segundos (por cada uno de los ángulos a los que se enfoque), la recogida de una matriz de temperaturas con el sensor termográfico y la lectura de los parámetros de la CPU (temperatura, memoria, CPU).

Cuando finaliza la recogida de datos anteriormente mencionados, el giro del cabezal vuelve a efectuar un giro del cabezal si procede, recogiendo datos de nuevo. Existen una pluralidad de posiciones de giro para cubrir hasta 360°, preferentemente hasta 7 posiciones, por lo que los procesos de recogida de datos minutales tardan unos 7 minutos en completarse como máximo.

En paralelo, la parte diez-minutal también se ejecuta. Cada video de, por ejemplo, 20 segundos se procesa a través de un algoritmo de captación de arcos eléctricos. Esto se activa cuando las condiciones de iluminación sean bajas (en general por debajo de 500 lux.). Esto nos permite pasar desde un video a una serie de indicadores e información estructurada. Estos indicadores son, la intensidad de los arcos eléctricos (entre 0-1) y la frecuencia de estas (en píxeles por total de frames captados). Se trata el video frame a frame y se selecciona las zonas de cada frame donde son susceptibles de manifestarse los arcos eléctricos, es decir, se seleccionan principalmente los diferentes aisladores que componen la subestación y se categorizan. Se reducen los canales de cada frame para obtener una escala de grises, siendo los valores 255 (blanco) y 0 (negro). De esta manera, asignamos a los chisporroteos valor frontera (*threshold*, valores siempre mayores a 240) atenuado por la intensidad lumínica en

ese momento (captada por el sensor de iluminación). El arco eléctrico se manifiesta con una intensidad de tonalidad blanca . Además, se pueden aplicar unos filtros y transformaciones para destacar aún más el efecto si las condiciones lo requieren. Un algoritmo de conteo suma todos los pixeles donde se ha pasado el umbral obteniendo el número de chisporroteos (secuencias de iluminación en la duración del video) y su intensidad (número de pixeles que superan el umbral por frame). Esto se realiza por cada uno de los aisladores.

Por otra parte, se dispone un programa para la construcción de la imagen termográfica (412). Este programa genera una imagen a partir de la matriz de temperaturas obtenida por la cámara termográfica. Este programa selecciona las zonas de interés (aisladores, uniones mecánicas, seccionadores, etc) y clasifica los puntos característicos de cada elemento. Posteriormente, un algoritmo de detección de puntos calientes basado en vectores de soportes capta las anomalías de temperaturas durante los diferentes rangos de tiempo.

De esta manera se puede detectar puntos calientes en los elementos estructurales debidos entre otras causas a los arcos eléctricos.

La detección de radiofrecuencias y grabación de sonido ambiente se realizan en tramos de 10 minutos. Las frecuencias de radio se toman en un periodo de 30 segundos en diferentes franjas claves de entre 300 MHz y 3 GHz. En paralelo se inicia una serie de 5 muestras de grabación de sonido ambiente de unos 20 segundos cada una. Para cada grabación se ejecuta un algoritmo de captación del sonido característico emitido por los arcos eléctricos (chispas). Se procede a filtrar otro tipo de señales acústicas como la originada por el viento. El viento se caracteriza por tener unas frecuencias altas en el sonido por lo que se utilizarán filtros de paso alto o paso de banda. Estos algoritmos serán mejorados a través de filtros del tipo Wiener o el filtro LMS (Least Mean Squares). Estos algoritmos utilizan una estimación del ruido presente en la señal de entrada para mejorar la calidad del sonido final. Igualmente, se aplican filtros con la señal restante para aislar finalmente el efecto del chisporroteo, caracterizado por tener una frecuencia alta, en este caso de paso bajo y los Wiener y LMS. De esta manera, obtendremos una serie temporal de datos estructurados para cada uno de los dispositivos que se instalan en campo, obteniendo la intensidad de la señal aislada del chisporroteo y su frecuencia a lo largo del tiempo de grabación.

Estos algoritmos vuelcan los datos en una parte de limpieza de bases de datos estructurados donde se limpian, completan y ordenan todos los datos recibidos desde los sensores o desde

los algoritmos. Se crea un paquete de datos nuevos cada 10 minutos. Este paquete de información completa una base de datos en local para cada dispositivo, que se renueva con nuevos datos y eliminan conforme a la capacidad de memoria que disponga cada dispositivo (entre 30 y 150 Gb).

5

Tras la actualización (cada 10 minutos) de los últimos datos que se extraigan, limpien y transformen dentro del dispositivo (ETL en adelante), se envían los datos al procesador de la subestación, que permanece en modo escucha.

10 El dispositivo de manera adicional integra un sistema de control de temperaturas internas. Si uno de los dispositivos alcanza una temperatura superior a la temperatura de trabajo superior a 45 grados centígrados se activan unos ventiladores internos. En caso de que la temperatura del procesador alcance el punto crítico de 85 grados centígrados se procede al apagado del dispositivo. Si esto ocurre, este dispositivo se tendría que reiniciar manualmente en la propia
15 subestación.

Por otra parte, cada dispositivo instala unas señales o luminarias led , situadas en el exterior de la caja externa. Estas dos señales luminosas de regulación de color integran ofrecen información sobre los indicadores obtenidos a través de los modelos integrados en nube, por
20 ejemplo, una primera con el nivel de ensuciamiento actual de la subestación (con variación cada 8 horas) y una segunda que indica la intensidad de chisporroteo captada (con variación 10 minutil) tal y como se explicó previamente.

Finalmente, antes de finalizar el periodo de 10 minutos de recogida de datos, se rota la
25 posición del cabezal hasta su punto inicial y se resetea a cero la posición del visor.

(ii) Procesador de comunicaciones en local:

En el edificio de control de la subestación está ubicado el ordenador dedicado a las
30 comunicaciones entre los dispositivos y la plataforma de servicios. Este procesador integra una red de comunicaciones interna que blindada y ofrece seguridad en las comunicaciones. El modo de escucha es el más común y el utilizado por defecto. En este modo, el ordenador recibe los datos desde los n dispositivos IoT. Registra una copia en un servidor de seguridad (capacidad > 1Tb) y envía el paquete de datos a la base de datos específico en el en la nube.

35

Por otra parte, este procesador integra un módulo de recepción y envío de órdenes a los dispositivos. Este modo de funcionamiento dispone de una parte activa, en la que se envían los resultados de los modelos ejecutados en la nube para señalar el estado de ensuciamiento y de los arcos eléctricos a las luminarias de cada dispositivo en campo.

5 Además, este módulo incluye un submódulo de control en remoto del dispositivo a través de la plataforma web. Este control manual de los dispositivos en remoto sirve, por un lado, para obtener una imagen puntual del dispositivo y por otra parte para realizar actualizaciones y detección de errores en los dispositivos sin tener que estar en campo.

10 (iii) Plataforma informática de servicios en la nube:

Estos servicios están integrados dentro de una plataforma informática de servicios en la nube. Los servicios que se consumen son los de almacenamiento en base de datos, modelos aprendizaje, y descarga de datos. En primer lugar, los archivos llegan cada 10 minutos desde
15 el procesador y se almacenan en la base de datos. Por otra parte, a través de los módulos de descarga se recogen los datos externos, pertenecientes tanto a los datos de operación de la subestación como a las previsiones meteorológicas. En los datos de la subestación se incluyen las intensidades, voltajes y frecuencia de red en las líneas, estado de los trafos y aperturas o cierres de seccionadores entre otros. En cuanto a los datos meteorológicos se
20 incluyen múltiples variables, como la temperatura ambiente, la humedad relativa, la temperatura de rocío, la probabilidad de precipitación, el viento medio, la racha de viento, la dirección del viento, la radiación solar, el porcentaje de cielo cubierto y el nivel de partículas en el aire (PM10 y PM2.5). Estos datos se almacenan en la base de datos del sistema.

25 La base de datos alimenta tanto los servicios de visualización y control como los modelos de entrenamiento. Los modelos de entrenamiento se actualizan dependiendo del estado de desarrollo de cada uno de ellos. En esta realización se entrenan dos tipos de modelos: (i) nivel de intensidad del chisporroteo; (ii) nivel de ensuciamiento de los elementos de la subestación

30 Para el primero de los modelos, que trata de diagnosticar el nivel de chisporroteo ofreciendo una predicción del mismo, se ha pre-entrenado un modelo basado de algoritmos de regresión (logística multinomial, RM) , vecinos cercanos (KNN) o máquinas de vectores de soporte (SVM) . Estos modelos ofrecen un diagnóstico del estado actual del chisporroteo, categorizándolo en diferentes niveles: nula, baja, media, alta, muy alta o extrema. Para el
35 entrenamiento y los test dispondremos de diferentes variables de entrada de datos: datos de

la propia subestación (tensiones, intensidades de línea, etc.); nivel lumínico del chisporroteo captado por video, nivel de chisporroteo captado por audio, mediciones de ozono, temperatura y humedad, y temperatura de los elementos de aislamiento. Estos datos son pretratados, mediante procesos de extracción, limpieza y carga de datos en nube, pasando de datos semiestructurados a una base de datos estructurada y pretratada. Esta base de datos se introduce como variable de entrada a los diferentes algoritmos. El resultado de cada modelo ($K_{chis, RM}$, $K_{chis, KNN}$, $K_{chis, SVM}$) se ponderará de 0 a 5, siendo 0 para el caso nula intensidad y 5 el valor extremo. Para cada uno de los modelos dispondremos de un peso (p) que es un hiperparámetro de importancia de cada modelo. Este hiperparámetro comienza con un 33% de peso para cada uno y se irá ajustando en relación con el porcentaje de los resultados de las métricas de ajuste de los modelos tras los entrenamientos (ajustados por el error cuadrático medio, el coeficiente de determinación o incluso el error absoluto medio). Finalmente, estos tres modelos nos ofrecen robustez en el cálculo de resultados finales de los indicadores finales (intensidad chisporroteo, ecuación 1).

15

$$K_{chis, global} = p_{RM} \cdot K_{chis, RM} + p_{KNN} \cdot K_{chis, KNN} + p_{SVM} \cdot K_{chis, SVM}$$

(ecuación 1)

donde, $K_{chis, global}$ indica el nivel de chisporroteo global del modelo combinado entre 0 y 5; p_{RM} , es el factor peso para el modelo de regresión multinomial, y $K_{chis, RM}$ es el resultado del modelo independiente de regresión multinomial; p_{KNN} , es el factor peso para el modelo basado en KNN, y $K_{chis, KNN}$ es el resultado del propio modelo anterior; y finalmente, p_{SVM} , es el factor peso para el modelo de SVM, y $K_{chis, SVM}$ es el resultado del estado del chisporroteo para el modelo SVM. En cualquier caso, si uno de los modelos se desvía por debajo del 5% de importancia se procedería a eliminarlo de la ecuación.

25

Cada 30 minutos se implementa un testeo del indicador de intensidad del chisporroteo, al que denominaremos $K_{chis, global}$, que se situará con valores comprendidos entre 0 y 5, siendo 0 para el caso nula intensidad y 5 el valor extremo. El resultado final del indicador es una ponderación entre los modelos más precisos. Los factores de ponderación p se actualiza al entrenar los modelos dependiendo de los indicadores de ajuste que más se acerquen al resultado real, tal y como se explicó con anterioridad, con una periodicidad de en torno a la semana. Finalmente, la elección de estos modelos no imposibilita o elimina la opción de agregar nuevos modelados alternativos a los tres principales ya citados.

35

Por otra parte, se evalúa el nivel de ensuciamiento de la subestación. Este diagnóstico tiene un periodo de actualización de 8 horas, coincidiendo con los periodos en los que se actualiza la previsión meteorológica de la zona para los próximos 15 días. El objetivo por tanto es obtener una previsión con un horizonte de 15 días del ensuciamiento general de la subestación para diagnosticar si existe riesgo de falla durante ese periodo si la previsión nos indica que se superan ciertos umbrales de suciedad. Para ello, se cifra el nivel de ensuciamiento entre el 0% (truncando el modelo) y el 100% (que indica que el sistema se encuentra en su máximo ensuciamiento histórico), y por tanto puede incurrir en un riesgo de falla crítica. Dado la naturaleza continua de la predicción, se ha tomado como referencia tres tipos de modelos: (1) basados en regresión múltiple (RM); (2) arboles de decisión con gradient boosting (GB) y (3) los basados en redes neuronales (ANN). Las variables de entrada están sujetas a procesos de extracción limpieza y carga de datos para pasar de nuevo de información semiestructurada a una base de datos pretratada y adaptada para cada modelo. Los datos de entrada para el modelo son los contenidos en los modelos anteriores más la salida de los mismos (la intensidad de chisporroteo calculada), además de los datos de las previsiones históricas y las referidas al mantenimiento propio de la subestación (horas desde la última limpieza). El modelo se entrena cada semana inicialmente, adaptándose los entrenamientos a las métricas de mejoras de los modelos (las mismas usadas en los casos anteriores). Al igual que el modelo anterior, se realizan ajustes y entrenamientos pasados en hiperparámetros y métricas con el fin de conseguir mejoras de los modelos y dar un peso (q) o validez a los mismos. El resultado final del indicador de ensuciamiento es calculado a partir de la salida de los tres modelos ponderado por cada uno de sus pesos. En cuanto el indicador supere el umbral del 75% indicaremos un estado de “precaución”. En cuanto se sitúa al 90% o por encima del mismo situaremos el nivel en estado “crítico”, se sugiere programar una limpieza lo antes posible.

$$K_{ensu, global} = q_{RM} \cdot K_{ensu, RM} + q_{ANN} \cdot K_{ensu, ANN} + q_{GB} \cdot K_{ensu, GB}$$

(ecuación 2)

donde, $K_{ensu, global}$ indica el nivel de ensuciamiento global del modelo combinado entre 0% y 100%; q_{RM} , es el factor peso para el modelo de regresión múltiple, y $K_{ensu, RM}$ es el resultado del modelo independiente de regresión múltiple; q_{ANN} , es el factor peso para el modelo basado en ANN, y $K_{ensu, ANN}$ es el resultado del propio modelo anterior; finalmente, q_{GB} , es el factor peso para el modelo basado en árboles de decisión (con GB), y $K_{ensu, GB}$ es el resultado del estado del chisporroteo ese mismo modelo. En cualquier caso, si uno de los modelos se

desvía por debajo del 5% de peso se procede a eliminarlo de la ecuación. Al igual que en el caso anterior, la elección de estos modelos no imposibilita o elimina la opción de agregar nuevos modelados alternativos a los tres principales ya citados. Finalmente, los resultados de ambos indicadores (chisporroteo y ensuciamiento) se guardan en el container de datos.

5

(iv) Visualización, control y consumo de datos:

La interacción con los usuarios es una de las partes más importantes del sistema. Para este caso tendremos tres principales formas de comunicación de resultados obtenidos. (i) Señales luminosas, tal y como se ha detallado en puntos anteriores. (ii) Plataforma web; y (iii) Servicio de mensajería instantánea.

10

La plataforma web integra un sistema de gestión de cada dispositivo asociado a una subestación. Dentro de la plataforma se ofrecen diversas opciones para la gestión del sistema. La primera, la compone el acceso a la visualización de cuadros de mando con las últimas predicciones y datos registrados. Estos cuadros de mando facilitan la toma de decisiones en la operación y mantenimiento de las subestaciones. Por otra parte, se realizan automáticamente informes semanales del estado de la subestación y recomendaciones asociadas al mantenimiento. Contribuyendo como sistema de asistencia y ayuda para el mantenimiento de subestaciones eléctricas.

15

20

Por otra parte, se facilita un sistema para el control en remoto del dispositivo, tal y como se explicó con anterioridad. Este sistema tiene como objetivo el diagnóstico, calibración y control manual de cada uno de los dispositivos, a través del ordenador de comunicaciones en local. Por otra parte, se ha implementado un sistema de entrada de datos manuales de las rutinas de mantenimiento. En este apartado de la plataforma, se introducirán los datos de los mantenimientos más recientes (como limpiezas, preventivos, maniobras, u otros). De esta manera, los modelos pueden interpretar y autocalibrarse a cero cuando se realicen limpiezas.

25

El sistema integra un servicio de mensajería instantánea por el cual se actualizan los datos más recientes y se implementa un sistema de alertas mediante un canal de avisos y notificaciones urgentes. Además, mediante el servicio de mensajería móvil, se facilita el acceso a los últimos informes en versión reducida.

30

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo de obtención de datos para la monitorización del ensuciamiento de aisladores de subestaciones eléctricas, dispositivo (100) que se implementa en una subestación a la
5 intemperie o aislada por aire que comprende al menos una línea con al menos un aislador; y que se caracteriza por que comprende una carcasa móvil (300) y una caja exterior de alimentación y alarmas (301);
donde la carcasa móvil (300) comprende un cabezal giratorio (302) y un cuerpo base (303); donde:
10 el cabezal giratorio (302) comprende un grupo de sensores (305) compuesto por un sensor de iluminación y un sensor de fin de carrera que reinicia la posición inicial del giro del cabezal; una cámara de visión infrarroja (306) y una cámara de visión termográfica (307); y un mecanismo de giro; y
un cuerpo base (303) comprende un microprocesador (309) al que están conectados los
15 sensores integrados en el cabezal giratorio, los sensores dispuesta en el cuerpo base y los sensores y actuadores dispuestos en la caja exterior (301); al menos un actuador con un motor eléctrico (310) de giro y estabilización en la toma de imágenes; una pluralidad de sensores (311) de toma de datos; y
y donde la caja exterior (301) comprende un módulo de recepción de radiofrecuencias
20 y una antena (313); y al menos una señal luminosa led (314) de regulación de color que comprende un doble indicador, el primero con el nivel de ensuciamiento actual de la subestación y el segundo que indica la intensidad de chisporroteo.
- 2.- Un dispositivo, según la reivindicación 1, donde los sensores (311) de toma de datos son
25 sensores de humedad y temperatura, un grabador de sonidos, y un sensor de ozono.
- 3.- Un dispositivo, según la reivindicación 1, donde el cuerpo base (303) comprende una serie de ventiladores regulables.
- 30 4.- Un dispositivo, según la reivindicación 1, donde el cuerpo base (303) comprende un potenciador de memoria gráfica.
- 5.- Un dispositivo, según la reivindicación 1, donde la cámara de visión infrarroja (306) tiene una calidad mínima de 5 MP.

- 6.- Un dispositivo, según la reivindicación 1, donde la cámara de visión termográfica (307) tiene una calidad mínima de 120x160 puntos
- 7.- Un dispositivo, según la reivindicación 1, donde el cabezal giratorio (302) comprende un protector frontal con un visor (308) que es intercambiable.
- 8.- Un dispositivo, según la reivindicación 1, donde mecanismo de rotación del cabezal giratorio (302) comprende un rodamiento incorporado con un campo de visión de 360°.
- 9.- Sistema para la monitorización del ensuciamiento de aisladores de subestaciones eléctricas, que se caracteriza por que comprende:
al menos un dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8;
un procesador (102) ubicado en el edificio de la subestación, que comprende un módulo de recepción de información y envío de órdenes a los dispositivos (100); y está en comunicación con una plataforma informática (103) de servicios en la nube;
una plataforma informática (103) de servicios en la nube que comprende:
una base de datos (104) con la información proveniente de los dispositivos (100);
un módulo programable de descarga automática (105) de previsiones meteorológicas de forma periódica y de los datos de operación de la subestación; donde los datos descargados se guardan en la base de datos (104);
un módulo de procesamiento (106) que usa herramientas de modelado de aprendizaje automático, módulo que recoge los datos de la base de datos (104) para entrenar un modelo que pueda predecir el nivel de ensuciamiento de los diferentes elementos de la subestación.
- 10.- Un sistema, según la reivindicación 9, donde la comunicación entre los dispositivos (100) y el procesador (102) es vía cable o inalámbrica.
- 11.- Un sistema, según la reivindicación 9, donde el procesador (102) comprende un submódulo de control en remoto de los dispositivos (100) a través de una plataforma digital (107) de control manual en remoto por parte de un usuario.
- 12.- Un sistema, según la reivindicación 9, donde el procesador (102) está en comunicación con un sistema mensajería instantánea (108) de reporte telemático del estado del ensuciamiento de los elementos de la subestación a dispositivos electrónicos externos de usuarios.

13.- Un sistema, según la reivindicación 9, donde el procesador (102) está en comunicación directa con las señales luminosas de los dispositivos (100).

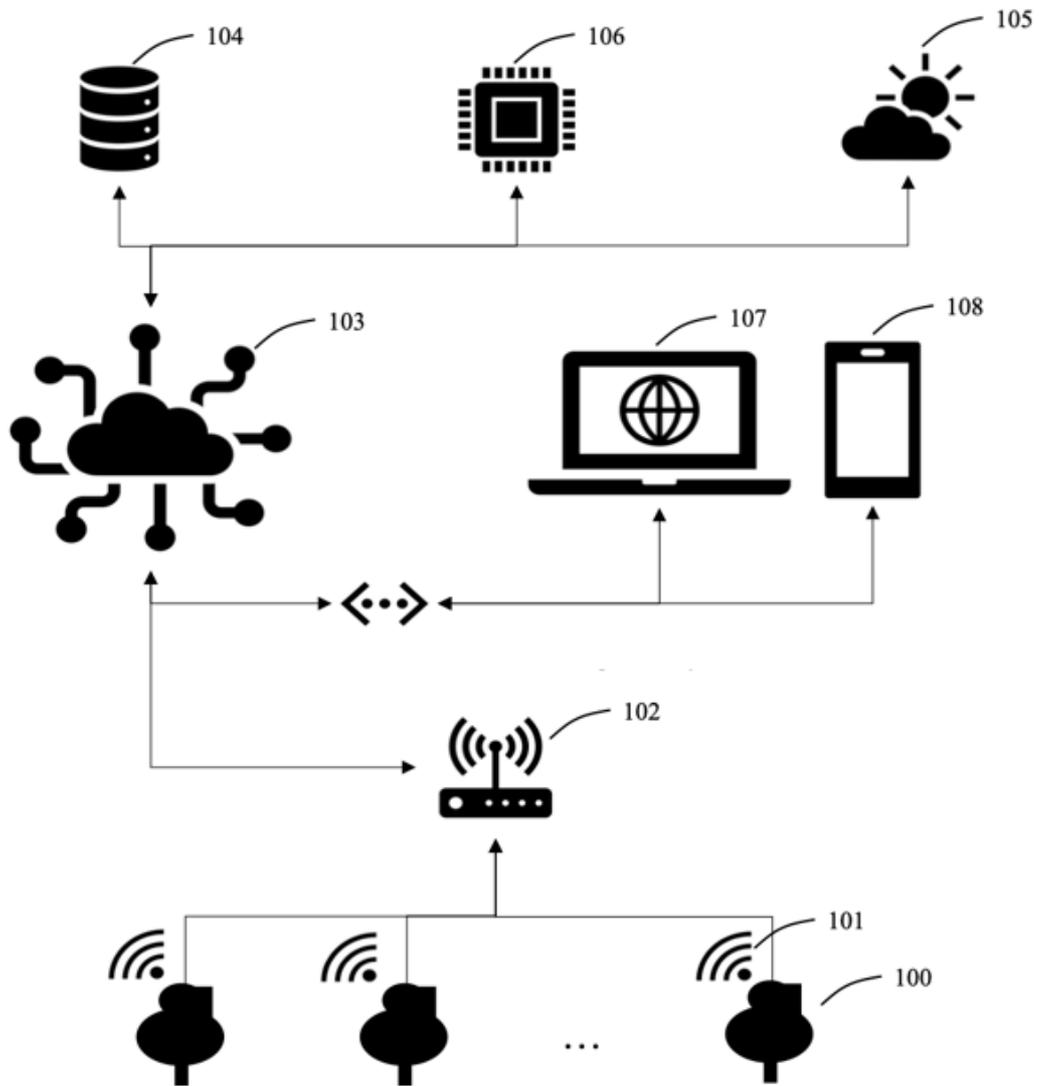


FIG. 1

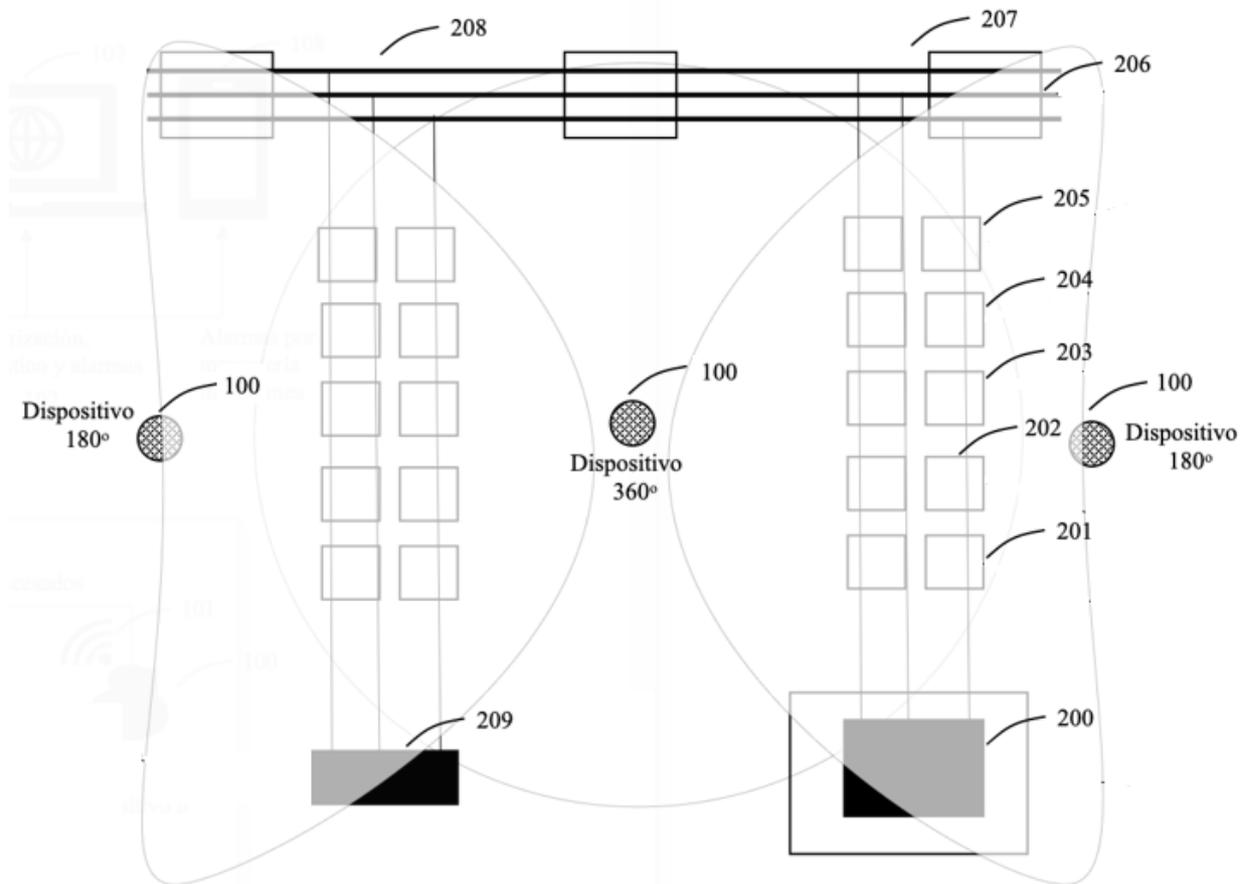


FIG.2

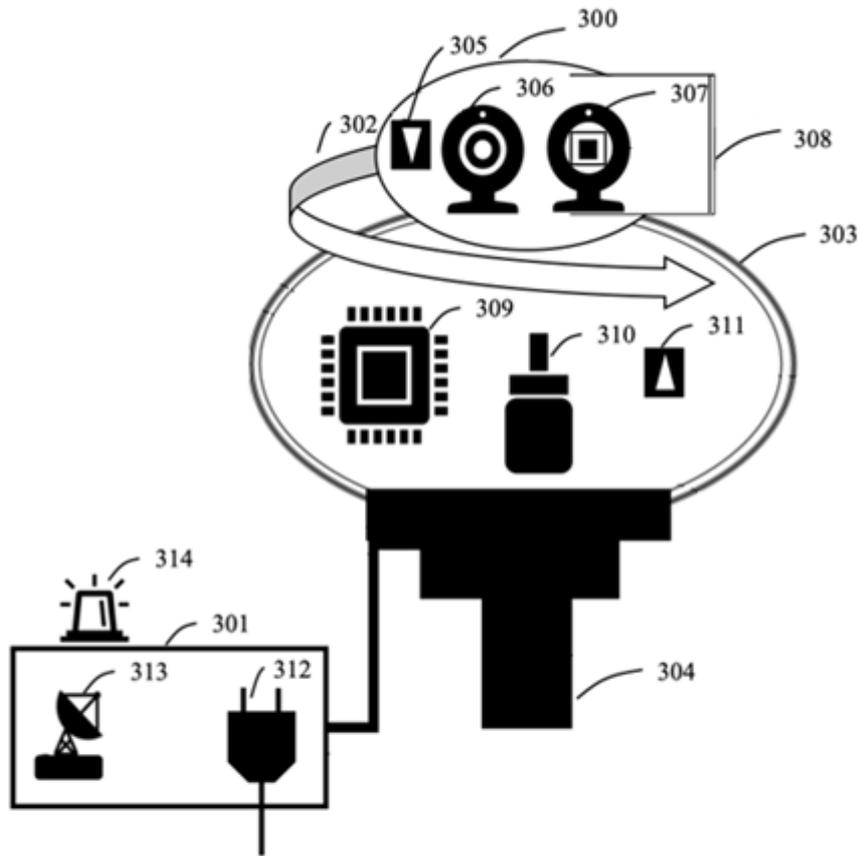


FIG.3