

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 966**

21 Número de solicitud: 201500605

51 Int. Cl.:

**H04W 84/18** (2009.01)

**G06Q 10/04** (2012.01)

**G08B 17/00** (2006.01)

**A62C 3/02** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**03.08.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**01.12.2017**

71 Solicitantes:

**NUEVAS TECNOLOGÍAS FORESTALES, S.L.**

**(100.0%)**

**Av. Rey Juan Carlos I, nº 28, 1.**

**16400 Tarancón (Cuenca) ES**

72 Inventor/es:

**MARTÍNEZ CORRAL, Jorge;**

**BIOT MARÍ, Guillermo y**

**MARTÍNEZ CORRAL, Marina Carmen**

54 Título: **Sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales.**

57 Resumen:

Sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, que comprende una serie de nodos de detección (1), una serie de nodos climáticos (2) y un dispositivo concentrador (3) que cuenta con una base de datos (4) que recoge los datos transmitidos por los nodos de detección (1) y nodos climáticos (2): dicho dispositivo concentrador (3) dispone de un software de generación de archivos (5) de datos de entrada para un software de simulación de incendios (6) instalado en un ordenador remoto con conexión a internet (7) El método comprende un algoritmo de optimización del funcionamiento de los nodos de detección (1) para prolongar la vida útil de la batería estableciendo un tiempo de hibernación (TH) variable, un algoritmo que optimiza el número de transmisiones, y un algoritmo que minimiza la probabilidad de ocurrencia de falsas alarmas.

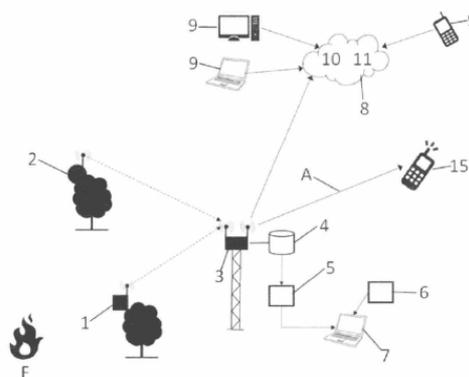


Figura 1

## DESCRIPCIÓN

Sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales.

### 5 **Objeto de la invención**

La presente patente de invención tiene por objeto presentar un nuevo sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, que permite evaluar el nivel de riesgo presente en la zona de implantación, detectar y localizar cualquier foco de  
10 ignición que se produzca, así como proporcionar información precisa de la evolución espacial y temporal del incendio una vez se ha producido.

Este nuevo sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales tiene especial aplicación en el sector forestal, donde debido a las  
15 circunstancias de riesgo o vulnerabilidad elevados, sea necesario disponer de un sistema con dichas características.

### **Antecedentes de la invención**

20 En la actualidad los incendios forestales constituyen un grave problema para nuestro entorno porque destruyen irreversiblemente unos ecosistemas claves para el mantenimiento de la biodiversidad, la calidad del aire y del agua. De hecho, la presión humana sobre los bosques (asentamientos, infraestructuras, etc.) genera unas tensiones insostenibles, que suelen desencadenar los incendios forestales.

25 La aplicación de la tecnología de redes de sensores inalámbricos a los incendios forestales, presenta tres potencialidades fundamentales:

- 30 - Vigilancia y determinación de los niveles de riesgo de incendio en el territorio monitorizado.
- Detección y localización exacta e inmediata de focos de incendio.
- 35 - Monitorización del incendio mientras ocurre y apoyo a los servicios de extinción.

Las condiciones que implican que una detección sea efectiva son:

- 40 - Rapidez e inmediatez de la alarma,
- proporcionar la mayor cantidad de Información útil (lugar, tipo de vegetación, condiciones climáticas),
- 45 - precisión y claridad en la información.

La detección de incendios tradicionalmente se lleva a cabo por medios no automatizados, y especialmente por medios humanos ubicados en la red de puntos de observación que constituyen los puestos fijos de vigilancia.

50 Otro sistema tradicionalmente empleado es la detección terrestre móvil, consistente en la circulación de brigadas forestales por rutas programadas (en función de factores de riesgo o reincidencia de causalidad). La detección aérea se utiliza en áreas extensas con recursos forestales importantes y parques o reservas en días y horas de peligro extremo.

Un primer paso en la automatización de la vigilancia son los sistemas de detección de incendios con cámaras de visión y/o con cámaras térmicas que básicamente sustituyen al operador de las torres de vigilancia y transmiten las imágenes captadas a un centro de control. El análisis y procesado de las imágenes puede realizarse tanto por medios humanos como automatizarse mediante software de análisis de imágenes.

En relación con el sistema y método descrito, se ha analizado el estado de la técnica apareciendo las siguientes referencias como las de mayor relación con el objeto de la presente invención. A continuación se analizan los principales aspectos diferenciadores respecto a cada una de ellas.

La patente WO2012107927 A1 introduce la utilización de una red de nodos geolocalizados que incluyen uno o varios detectores de parámetros ambientales que transmiten los datos adquiridos a una unidad de control remota que analiza los datos recibidos generando las alarmas correspondientes en caso de incendio y estableciendo una predicción de la evolución del mismo. Además, en la reivindicación 13 hace referencia a la existencia de un estado durmiente (dormant state) y un estado activo (active state) bajo unos tiempos de funcionamiento prefijados. Por su parte, la patente WO2006013192 A1 plantea nuevamente un sistema para detección de incendios basado en el empleo de tecnología de sensores inalámbricos. En la reivindicación dos se describen la existencia de un tiempo de reposo y de un tiempo de actividad implementados en un microcontrolador del nodo de alarmas. Dicha patente no establece ningún procedimiento de funcionamiento para determinar dichos valores, que deben ser estáticos dentro del software de funcionamiento del microcontrolador.

Por otro lado, la patente WO2010015742 A1 introduce un sistema y método para detectar y predecir (mediante simulación) el comportamiento de fuegos forestales basado en una red de sensores geolocalizados e identificados unívocamente. Dichos sensores toman datos de diferentes variables (temperatura, gases, Humedad, viento) y los transmiten mediante comunicación inalámbrica a un centro de control, que cuenta con una serie de umbrales predeterminados para algunos de estos valores y de esta forma es capaz de discriminar una situación de alarma y transmitirla mediante un concentrador de comunicaciones a un servidor web remoto, que cuenta con un software de simulación que permite desarrollar una predicción de la evolución del incendio.

La patente WO2008153275 (A1) detalla nuevamente un sistema de monitorización del entorno mediante la tecnología redes de sensores inalámbricos, incluyendo la capacidad de adquisición de imágenes en los nodos de detección. Si bien no se detalla la aplicación específica para detección de incendios se incluye en la reivindicación 6 la posibilidad de fijación de unos umbrales de emergencia en el servidor central remoto, de manera que cuando los valores monitorizados superen estos umbrales se genere el aviso de alarma en el citado servidor. La patente WO2007054630 A "Method and device for detecting forest fires" plantea igualmente la implantación en el territorio de una serie de nodos de detección geolocalizados. Dichos nodos transmiten periódicamente una señal de presencia a un dispositivo receptor terminal, de manera que la presencia de fuego queda caracterizada por la ausencia de señal de alguno de los nodos, tal y como se describe en las reivindicaciones dos, tres y diez del citado documento. No obstante, las reivindicaciones sexta y novena del citado documento describen una característica referente a que los propios nodos de detección emitan una señal de alarma al dispositivo receptor central cuando se supere una concentración de gas predeterminada.

Finalmente, el modelo de utilidad chino CN202472841U detalla un sistema y método de prevención y supervisión de incendios forestales basado en una red de nodos de detección y cámaras e incluye una función de hibernación "sleep function" para extender

la vida de los diferentes nodos de detección basada en la comparación de parámetros ambientales como la temperatura, que entre una situación normal y una situación de incendio varía en cientos de grados. Con estos datos desde el centro de control se definen dos tiempos de operación que representan el tiempo de hibernación y el tiempo de operación.

Las principales diferencias de la presente invención respecto a lo destacado en el análisis del estado de la técnica son, en primer lugar, la introducción en el propio nodo de detección de la capacidad de análisis de los datos capturados, tanto para la determinación de los tiempos de hibernación y reposo, como para la discriminación de situaciones de alarma, frente a los sistemas que especifican que dichas acciones se realizan en una unidad central remota. Los nodos cuentan con un algoritmo que determina en cada ciclo de funcionamiento cuál es el tiempo que transcurrirá entre el ciclo de funcionamiento actual y el ciclo siguiente. Este tiempo durmiente o de hibernación, depende de parámetros ambientales (temperatura) y del valor de la concentración de gases de combustión medidos por el sensor de humo. Esto permite que el propio nodo adecúe su ciclo de funcionamiento a la situación concreta de riesgo o peligrosidad a la que se ve sometido, optimizando la vida útil de su batería.

También resulta diferente la estrategia planteada en referencia a la predicción de la evolución del incendio, ya que en la presente invención el dispositivo concentrador intermedio, que recoge la información de los nodos y la transmite al servidor remoto conectado a internet, contiene la base de datos histórica de la información recopilada por los nodos que están en su radio de acción y cuenta con un software que le permite generar los archivos de entrada de datos necesarios para realizar una simulación y predicción del incendio forestal en un ordenador. Cuando se produce una alarma, se generan estos archivos en el propio dispositivo concentrador y se transmiten (vía wifi, red móvil, etc.) a un ordenador remoto que cuenta con el software de simulación

Otra característica particular de la presente invención es que solo se transmiten datos desde los nodos de detección al dispositivo receptor si el valor de concentración de gas medido supera en una distancia predeterminada los valores considerados normales. En algunas patentes citadas se introduce la existencia de un umbral predeterminado de la concentración de gas que es el límite que separa la generación de una señal de alarma. Precisamente en la presente invención se evita la definición de un umbral de concentración de gas, ya que esto implica que los sensores de medición empleados deben estar previamente calibrados para unas condiciones de concentración de gas determinadas, sin quedar afectados por la temperatura ambiental. En la presente invención se propone un método de funcionamiento basado en un procedimiento sencillo de calibración que permite emplear este tipo de sensores, simplemente obteniendo la relación entre el valor de voltaje medido en el sensor y la temperatura ambiental presente, en condiciones de composición de aire normal (sin presencia de humo procedente de una combustión en un radio superior a 1.000 m).

Resumidamente, las diferencias de la presente invención respecto al estado de la técnica son: que el propio nodo de sensorización es el que cuenta con un sistema de procesado básico que le permite discriminar si se está en una situación de alarma, si se transmite el dato capturado al dispositivo receptor: y además, es capaz de ajustar la duración de sus ciclos de funcionamiento al riesgo o peligrosidad de ignición, para optimizar el consumo de energía y por tanto, la duración de su batería. Por otro lado, el dispositivo concentrador cuenta con la capacidad de difusión y transmisión de la alarma, no sólo a un centro de control remoto, sino también directamente al cliente o usuario del sistema a través de la red de telefonía móvil; además, el dispositivo concentrador cuenta con un módulo de software incorporado que le permite generar los archivos de entrada de datos

necesarios para un determinado software de simulación de incendios instalado en un ordenador remoto. Solo en el caso de que se produzca una situación de alarma, estos archivos son generados y transmitidos al centro de control remoto. De esta manera, la inteligencia del sistema está distribuida entre los diferentes elementos que lo componen, frente a otras estructuras más jerarquizadas y se optimiza el consumo energético de los diferentes elementos del sistema

### Descripción de la invención

10 Sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, que consta de una serie de nodos de detección, una serie de nodos climáticos y un dispositivo concentrador. Todos estos elementos están distribuidos en el territorio que se desea monitorizar.

15 Los nodos de detección cuentan entre otros elementos, con un microprocesador, una batería para alimentación energética, una tarjeta de memoria, una interfaz de transmisión inalámbrica de datos, un sensor de humo y un sensor de temperatura. Cuando el valor de voltaje obtenido con el sensor de humo supera un determinado umbral, la señal es transmitida de manera inalámbrica a un dispositivo concentrador que queda dentro de su alcance de su transmisión.

20 Los nodos climáticos se componen básicamente de un microprocesador, una batería, una tarjeta de memoria, una interfaz de transmisión inalámbrica de datos y unos sensores de medición de parámetros climáticos como temperatura, humedad, radiación solar, luminosidad, velocidad y dirección del viento, etc. Los nodos climáticos están programados para que recojan los datos de las variables meteorológicas periódicamente y las transmitan a un dispositivo concentrador dentro de su alcance de transmisión.

30 El dispositivo concentrador cuenta con una base de datos interna que va almacenando los datos recibidos y conformando una serie histórica de valores climáticos y de alarmas de los nodos ubicados dentro de su alcance de recepción.

35 Además, cada vez que se recibe una señal de alarma procedente de alguno de los nodos de detección en el dispositivo concentrador, se activa automáticamente un software que genera los archivos de datos de entrada necesarios para un determinado software de simulación de incendios forestales. Los programas de simulación de incendios forestales existentes requieren de unos datos de entrada relativos a la ubicación del foco o focos de incendio y de los valores de las variables climáticas indicadas. De esta forma, el software instalado en el propio dispositivo concentrador permite generar estos archivos de entrada a partir de los datos existentes en su propia base de datos y transmitirlos a través de la red de telefonía móvil, wifi, o cable, a un ordenador en el que esté instalado el software de simulación.

45 A medida que el incendio va evolucionando y se van recibiendo nuevas alarmas en otros nodos de detección, el dispositivo concentrador va generando nuevos archivos de datos actualizados con los últimos valores almacenados en la base de datos interna, que son transmitidos al ordenador remoto para la generación de nuevas simulaciones. De esta manera a medida que el incendio avanza, la simulación realizada se va corrigiendo y adaptando a las circunstancias variables reales (velocidad de propagación, viento dominante, etc.).

50 El dispositivo concentrador dispone de conexión (vía red de telefonía móvil) con un servidor conectado a internet, permitiendo la consulta y visualización desde cualquier otro dispositivo con conexión a internet (teléfono móvil, ordenador, etc.) de un mapa en tiempo

real con la posición y estado de los nodos de detección (alarma/no alarma); de un registro de los datos meteorológicos almacenados y de un mapa de los niveles de peligro de incendio en tiempo real presentes en la zona monitorizada, calculados en función de los datos recogidos por los nodos climáticos. Estos mapas de estado van actualizándose cada vez que se incorporan nuevos datos a la base de datos interna del dispositivo concentrador

El sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales descrito incluye un procedimiento de funcionamiento de los nodos de detección que permite optimizar simultáneamente la duración de la batería y la capacidad de detección rápida de cualquier foco de incendio. Para ello, se establece un tiempo de hibernación en el que el nodo de detección permanece en un estado de bajo consumo estando únicamente operativa una función de temporización en el microprocesador que asegure el encendido de todos los demás componentes del nodo de detección transcurrido el tiempo de hibernación.

Dicho tiempo de hibernación es variable y se calcula por el propio nodo de detección en cada ciclo de funcionamiento. Por contraposición existe un tiempo de funcionamiento en el que se realizan las operaciones de adquisición de los valores de voltaje y temperatura por parte de los sensores, el procesado y análisis de los valores para determinar si el dato es transmitido o no, la determinación de si se está en una situación de alarma y finalmente, el cálculo del tiempo de hibernación que debe transcurrir hasta el inicio del nuevo ciclo de funcionamiento. Este tiempo de hibernación se obtiene mediante la selección del valor mínimo entre el tiempo de hibernación por temperatura y el tiempo de hibernación por concentración de gases

Para la determinación de los umbrales de transmisión y alarma y del tiempo de hibernación por concentración de gases en cada ciclo de funcionamiento, el sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales descrito incluye un método de funcionamiento en el que se calcula la diferencia entre el valor de voltaje medido por el sensor de humo en el ciclo concreto de funcionamiento y valor de voltaje que se obtendría en una situación normal sin la presencia de humo procedente de una combustión. Para poder calcular dichos valores es necesario someter cada nodo de detección a un procedimiento de calibración previo consistente en someter cada pareja de sensores de humo y temperatura instalados en cada nodo de detección a diversas condiciones de temperatura, en una atmósfera con composición de aire normal - sin presencia humo. De esta forma puede obtenerse un valor de voltaje promedio en ausencia de humo a partir de los valores medidos con el sensor de humo para cada valor de temperatura medido con el sensor de temperatura instalado en el mismo nodo.

Este procedimiento de calibración permite obtener una ecuación de ajuste voltaje-temperatura así como el valor medio del error residual y el valor de la desviación típica del error residual, característicos para cada pareja de elementos: sensor de humo y sensor de temperatura incluidos en cada nodo de detección. Este sencillo procedimiento permite emplear un sensor de humo, sin necesidad de calibrarlo en una atmósfera con una concentración de gas fija, determinada y conocida, lo cual es mucho más costoso y complejo.

El error estandarizado de la medida es calculado por cada nodo de detección en su ciclo de funcionamiento y se obtiene restando al valor de voltaje medido, el valor normal en ausencia de humo - obtenido mediante la ecuación de ajuste voltaje-temperatura para la temperatura ambiente concreta durante el citado ciclo de funcionamiento - y el valor de la media de los residuos obtenida en el ajuste de regresión. Finalmente, el resultado de esta

operación es dividido entre la desviación estándar de los residuos obtenida en el ajuste de regresión realizado previamente.

5 El tiempo de hibernación por temperatura se obtiene mediante el establecimiento previo de una gradación inversa de valores tiempo-temperatura, de forma que a cada valor de temperatura le corresponde un valor de tiempo de hibernación por temperatura, menor cuanto mayor sea el valor de temperatura medida; paralelamente. el tiempo de hibernación por concentración de gases se basa en el establecimiento de una gradación inversa de valores tiempo-valor del error estandarizado de la medida, de manera que a  
10 mayor valor del error estandarizado de la medida menor es el tiempo de hibernación por concentración de gases.

15 El valor del error estandarizado de la medida obtenido en cada ciclo de funcionamiento se compara con un valor umbral preestablecido para transmisiones que determina si los datos de estado de ese nodo correspondientes a ese ciclo de funcionamiento son transmitidos al dispositivo receptor, permitiendo un ahorro considerable de energía al evitar la transmisión de datos de estado que pueden considerarse normales. De igual forma, el error estandarizado de la medida se compara a su vez con un valor umbral preestablecido de alarma de manera que se pueda discriminar si se está en una situación  
20 de alarma. El valor de este umbral es siempre igual o superior al valor del umbral preestablecido para transmisiones. Para minimizar la probabilidad de ocurrencia de falsas alarmas se establece que para que se produzca una situación de alarma, es necesario que el valor del error estandarizado de la medida supere un número predeterminado de veces consecutivas superior a uno, el umbral preestablecido de alarma.

25 Cada vez que se produce una alarma en alguno de los nodos de detección, el dispositivo concentrador envía un mensaje de texto a uno o varios teléfonos móviles, con un aviso de alarma, la posición geográfica del nodo de detección en el que se ha detectado el foco de incendio y la ruta de acceso al servidor remoto que cuenta con el software de  
30 simulación de incendios para la visualización de la predicción del avance del incendio.

La presente invención aporta las siguientes ventajas:

- 35 - Adaptabilidad al terreno evitando la existencia de zonas ciegas y permitiendo distribuir más o menos puntos de control en función del riesgo o vulnerabilidad.
- La vigilancia continuada ya que no depende de las condiciones de visibilidad o luminosidad.
- 40 - El propio equipo de detección cuenta con un microprocesador incorporado que le permite analizar los datos capturados y determinar una situación de alarma, sin necesidad de transmisión a un centro de control remoto para su análisis.
- 45 - La localización precisa de la zona de ignición ya que la posición de los nodos de detección está georreferenciada.
- La posibilidad de implantación en zonas sin cobertura de la red de comunicaciones móvil, ya que los nodos crean su propia red de comunicación interna vía radio.
- 50 - El bajo consumo energético de los dispositivos empleados.
- La posibilidad de proporcionar información precisa del nivel de riesgo de incendio gracias a la incorporación de nodos climáticos.

- La generación de una predicción de la evolución del incendio si éste se produce, gracias a la incorporación de un software de proceso de datos en el propio dispositivo receptor y su conexión con un ordenador remoto.

## 5 Breve descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando, y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, una serie de figuras en las  
10 cuales, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1: vista esquemática de un diagrama de ejemplo de funcionamiento en situación  
15 alarma del sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales.

Figura 2: vista de detalle de una gráfica de resultados del procedimiento de calibración  
previo de los nodos de detección del sistema y método de detección y predicción de la  
evolución de incendios forestales.

20 Figura 3: vista esquemática de los componentes básicos de un nodo de detección.

## Realización preferente de la invención

Como se puede observar en las figuras referenciadas el sistema y método de detección y  
25 predicción de la evolución de incendios forestales comprende una serie de nodos de  
detección (1) y una serie de nodos climáticos (2), distribuidos sobre el territorio que se  
quiere monitorizar y que se comunican de forma inalámbrica con un dispositivo  
concentrador (3) ubicado en una torre o puntos altos del territorio.

30 El dispositivo concentrador (3) alberga una base de datos (4) que almacena los datos  
recibidos desde los nodos de detección (1) y los nodos climáticos (2) dentro de su  
alcance y que proporciona una relación histórica de datos recopilados.

Además, el propio dispositivo concentrador (3) cuenta con un software de generación de  
35 archivos (5), que permite que sea el propio dispositivo concentrador (3) el que genere los  
archivos de datos de entrada, a partir de la relación histórica de datos almacenados en su  
base de datos (4), para un software de simulación de incendios (6) instalado en un  
ordenador remoto con conexión a internet (7). La transmisión de dichos archivos de datos  
40 de entrada entre el dispositivo concentrador (3) y el ordenador remoto con conexión a  
internet (7) se puede realizar mediante una conexión inalámbrica (wifi, red móvil, etc.) o  
mediante cable.

Además, el dispositivo concentrador (3) dispone de conexión con un servidor conectado a  
45 internet (8) que permite la consulta y visualización remota de los datos recopilados en la  
base de datos (4) desde cualquier otro dispositivo con conexión a internet (9); dichos  
registros de la base de datos (4) conforman un mapa de estado de alarmas (10), con la  
posición y estado (alarma/no alarma) de los nodos de detección (1) y un mapa de riesgo  
de incendio (11) en función de los datos tomados por los nodos climáticos (2) y de las  
50 características particulares del territorio. Dichos mapas de estado se van actualizando  
cada vez que se recibe un nuevo dato en la base de datos (4).

Los nodos de detección (1) se componen entre otros elementos de un sensor de humo  
(12), un sensor de temperatura (13) y un microprocesador (14) que controla todos los  
componentes del nodo.

El sistema y método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales descrito, incluye un método de funcionamiento en el que en cada ciclo de funcionamiento del nodo de detección (1) se calcula un tiempo de hibernación (TH) en el que el nodo permanece en un estado de bajo consumo en el que únicamente permanece operativa una función de temporización en el microprocesador (14) que asegura el encendido de todos los demás componentes del nodo de detección (1), una vez ha transcurrido el citado tiempo de hibernación (TH).

Este tiempo de hibernación (TH) es variable y depende de la temperatura actual (TA) medida con el sensor de temperatura (13) y del valor de voltaje actual (VA) medido con el sensor de humo (12); dicho tiempo de hibernación (TH) es el valor mínimo entre el tiempo de hibernación en función de la temperatura (TT), obtenido a partir de una gradación inversa preestablecida entre el tiempo y la temperatura: y el tiempo de hibernación en función de la concentración de gas (TG), obtenido a partir de una gradación inversa preestablecida entre el tiempo y el error estandarizado de la medida (L):

$$TH = \min (TT, TG)$$

El error estandarizado de la medida (L) se obtiene a su vez mediante una ecuación de ajuste voltaje-temperatura (E) determinada en un procedimiento previo de calibración al que deben ser sometidos todos los nodos de detección (1) previamente a su implantación en el territorio.

Dicho procedimiento de calibración previo consistente en exponer al nodo de detección (1) a diversas condiciones de temperatura en una atmósfera con composición de aire sin presencia de humo, de manera que pueda obtenerse una serie de pares de valores temperatura/voltaje, medidos por el sensor de temperatura (13) y el sensor de humo (12) instalados en el propio nodo de detección (1).

A partir de la serie de pares de valores obtenidos se calcula una ecuación de ajuste voltaje-temperatura (E) para cada nodo de detección (1), así como el valor medio (M) y la desviación típica (S) de los residuos calculados con dicho ajuste, entendiendo el residuo como el valor obtenido experimentalmente menos el valor calculado con la ecuación de ajuste obtenida.

Una vez sometidos a este procedimiento previo de calibración e instalados en el territorio, en cada ciclo de funcionamiento de cada nodo de detección (1) se calcula la diferencia (D) entre el valor de voltaje actual (VA) medido con el sensor de humo (12) y el valor de voltaje medio en situación normal (VM) para la temperatura actual (TA) medida con el sensor de temperatura (13);

$$D = VA - VM$$

Dicho valor de voltaje medio en situación normal (VM) se calcula mediante la ecuación de ajuste voltaje-temperatura (E) obtenida en el procedimiento de calibración para el nodo de detección (1).

Para obtener el error estandarizado de la medida (L), a la diferencia (D) obtenida se le resta el valor medio de los residuos del ajuste (M) y se divide entre la desviación típica de los residuos del ajuste (S);

$$L = (D - M)/S$$

El error estandarizado de la medida (L) se compara con un umbral preestablecido de transmisiones (UT), en cada ciclo de funcionamiento de cada nodo de detección (1). Si el valor del error estandarizado de la medida (L) es igual o superior al umbral preestablecido de transmisiones (UT) el dato es enviado desde el nodo de detección (1) hasta el dispositivo concentrador (3). De esta forma se consigue un ahorro importante de batería en los nodos de detección (1). En cada paquete de datos que se envía se identifican el nodo de detección (1), el valor de temperatura actual (TA) medida con el sensor de temperatura (13), el valor de voltaje actual (VA) medido con el sensor de humo (12) y un indicador de si se está en una situación de alarma o no.

Además, en cada ciclo de funcionamiento de cada nodo de detección (1), dicho error estandarizado de la medida (L) se compara con un umbral preestablecido de alarma (UA); de manera que cuando el valor del error estandarizado de la medida (L) es superior al umbral preestablecido de alarma (UA) un número preestablecido de veces consecutivas igual o superior a uno, se considera que se está produciendo una situación de alarma; dicho umbral preestablecido de alarma (UA) deber ser igual o superior al umbral preestablecido de transmisiones (UT) para asegurar que los datos son enviados al dispositivo concentrador (3).

$$UA \geq UT$$

Cada vez que se detecta una alarma de incendio en alguno de los nodos de detección (1), ésta es transmitida al dispositivo concentrador (3), y automáticamente se activa el software de generación de archivos (5) instalado en el propio dispositivo concentrador (3)

A partir de los datos almacenados en la base de datos (4) se generan los archivos de datos de entrada para el software de simulación de incendios (6) instalado en un ordenador remoto con conexión a internet (7); dichos archivos una vez generados, se transmiten al ordenador remoto con conexión a internet (7). A medida que el incendio va evolucionando se van produciendo nuevas situaciones de alarma en los nodos de detección (1) y se van generando nuevos archivos de datos de entrada con los datos más actuales recogidos en las bases de datos (4) del dispositivo concentrador (3), de forma que las simulaciones del avance del fuego se van corrigiendo y adaptando a las circunstancias reales de evolución.

Además, cada vez que se detecta una alarma de incendio en alguno de los nodos de detección (1), el dispositivo concentrador (3) envía un mensaje de texto (A) a uno o varios teléfonos móviles (15), con un aviso de alarma y la posición geográfica del nodo de detección (1) en el que se ha detectado el foco de incendio (F).

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, que comprende una serie de nodos de detección (1) y una serie de nodos climáticos (2) que se comunican de forma inalámbrica con un dispositivo concentrador (3); **caracterizado** porque el dispositivo concentrador (3) alberga una base de datos (4) en la que se dispone de una relación histórica de los datos recibidos desde los nodos de detección (1) y los nodos climáticos (2) dentro de su alcance de transmisiones: y que mediante un software de generación de archivos (5) instalado en el propio dispositivo concentrador (3) posibilita que se generen los archivos de datos de entrada para un software de simulación de incendios (6) instalado en un ordenador remoto con conexión a internet (7).
2. Método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, **caracterizado** porque en cada ciclo de funcionamiento de cada nodo de detección (1) se calcula un tiempo de hibernación (TH) variable en función de la temperatura actual (TA) medida con el sensor de temperatura (13) y del valor de voltaje actual (VA) medido con el sensor de humo (12); dicho tiempo de hibernación (TH) es el valor mínimo entre el tiempo de hibernación en función de la temperatura (TT), obtenido a partir de una gradación inversa preestablecida entre el tiempo y la temperatura; y el tiempo de hibernación en función de la concentración de gas (TG), obtenido a partir de una gradación inversa preestablecida entre el tiempo y el error estandarizado de la medida (L); dicho error estandarizado de la medida (L) se obtiene a su vez mediante una ecuación de ajuste voltaje-temperatura (E) determinada en un procedimiento previo de calibración.
3. Método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, según reivindicación segunda, **caracterizado** porque previamente a su implantación en el territorio, cada nodo de detección (1) ha de ser sometido a un proceso de calibración consistente en exponerlo a diversas condiciones de temperatura en una atmósfera sin presencia de humo, de manera que pueda obtenerse una ecuación de ajuste voltaje-temperatura (E) para cada nodo de detección (1), así como el valor medio (M) y la desviación típica (S) de los residuos calculados con dicho ajuste.
4. Método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, según reivindicaciones segunda y tercera, **caracterizado** porque en cada ciclo de funcionamiento de cada nodo de detección (1) se calcula la diferencia (D) entre el valor de voltaje actual (VA) medido con el sensor de humo (12) y el valor de voltaje medio en situación normal (VM) para la temperatura actual (TA) medida con el sensor de temperatura (13); dicho valor de voltaje medio en situación normal (VM) se calcula mediante la ecuación de ajuste voltaje-temperatura (E) correspondiente a ese nodo de detección (1); al resultado obtenido de esta diferencia (D) de voltajes se le resta el valor medio de los residuos del ajuste (M) y se divide entre la desviación típica de los residuos del ajuste (S) para obtener el error estandarizado de la medida (L).
5. Método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, según reivindicación cuarta, **caracterizado** porque en cada ciclo de funcionamiento del nodo de detección (1), el valor calculado del error estandarizado de la medida (L) se compara con un umbral preestablecido para transmisiones (UT); de manera que cuando el valor del error estandarizado de la medida (L) es superior al umbral preestablecido de transmisiones (UT), los datos medidos en el ciclo de funcionamiento del nodo de detección (1) son transmitidos de manera inalámbrica al dispositivo concentrador (3).
6. Método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, según reivindicaciones cuarta y quinta, **caracterizado** porque en cada ciclo de funcionamiento del nodo de detección (1), el valor calculado del error estandarizado de la medida (L) se

compara con un umbral preestablecido de alarma (UA); de manera que cuando el valor del error estandarizado de la medida (L) es superior al umbral preestablecido de alarma (UA) un número preestablecido de veces consecutivas igual o superior a uno, se considera que se está produciendo una situación de alarma; dicho umbral preestablecido de alarma (UA) debe ser igual o superior al umbral preestablecido de transmisiones (UT).

5

7. Método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, según reivindicación sexta, **caracterizado** porque cada vez que se detecta una alarma de incendio en alguno de los nodos de detección (1), ésta es transmitida al dispositivo concentrador (3), y se activa el software de generación de archivos (5) instalado en el propio dispositivo concentrador (3); los archivos de datos de entrada para el software de simulación de incendios (6) se calculan a partir de los datos almacenados en la base de datos (4): dichos archivos una vez generados, se transmiten desde el dispositivo concentrador (3) al ordenador remoto con conexión a internet (7) en el que está instalado el software de simulación de incendios (6).

10

15

8. Método de detección y predicción de la evolución de incendios forestales, según reivindicación sexta, **caracterizado** porque cada vez que se detecta una alarma de incendio en alguno de los nodos de detección (1), el dispositivo concentrador (3) envía un mensaje de texto (A) a uno o varios teléfonos móviles (15), con un aviso de alarma y la posición geográfica del nodo de detección (1) en el que se ha detectado el foco de incendio (F).

20

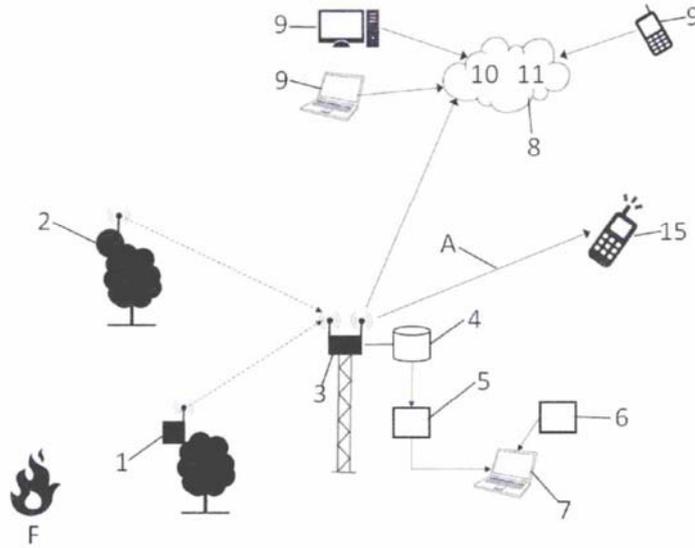


Figura 1

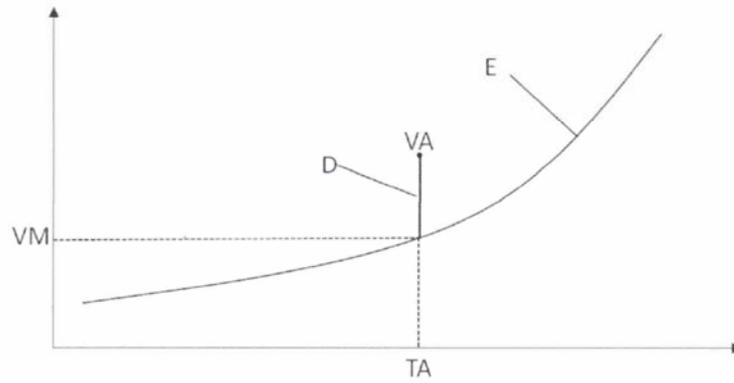


Figura 2

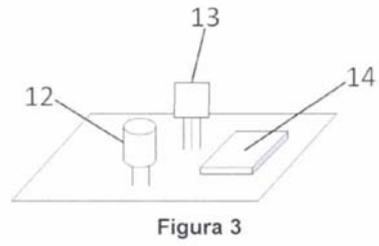


Figura 3