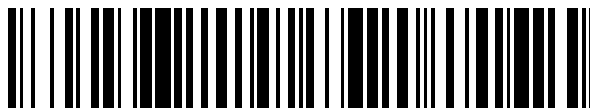


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 362**

21 Número de solicitud: 202100040

51 Int. Cl.:

G01D 21/02 (2006.01)

F24F 11/00 (2008.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

15.04.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

25.10.2022

71 Solicitantes:

UNIVERSIDADE DE VIGO (100.0%)
Campus Universitario de Vigo, s/n
36310 Vigo (Pontevedra) ES

72 Inventor/es:

GRANADA ÁLVAREZ, Enrique;
EGUÍA OLLER, Pablo y
TRONCOSO PASTORIZA, Francisco Manuel

54 Título: **Equipo de inspección para el modelado ambiental tridimensional de interiores basado en técnicas de aprendizaje automático**

57 Resumen:

Equipo de inspección para el modelado ambiental tridimensional de interiores basado en técnicas de aprendizaje automático, que comprende una serie de equipos murales y un equipo de inspección móvil dotados ambos con placa microcontroladora con su fuente de alimentación y cableado necesario para la conexión de toda la sensorica necesaria. Además, se encuentran dotados de conexión inalámbrica a redes WIFI con lo que se pueden comunicar los diferentes aparatos entre ellos, creando una red de monitorización que permite entrenar el modelo ambiental tridimensional. El dispositivo móvil posee un mástil por el que sube y baja una caja orientable sensorizada que es alimentada por baterías para tener mejor autonomía.

El sistema en su conjunto se encuentra entrenado para poder simular las condiciones ambientales de diferentes estancias y, mediante los datos obtenidos con el dispositivo móvil, el modelo se adapta a los edificios donde se instala.

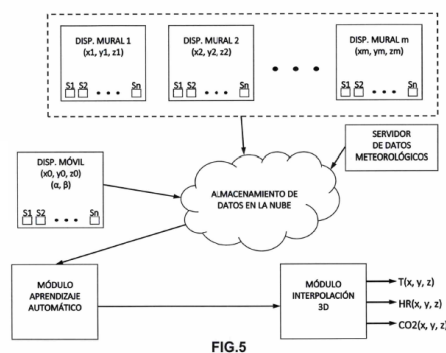


FIG.5

DESCRIPCIÓN

Equipo de inspección para el modelado ambiental tridimensional de interiores basado en técnicas de aprendizaje automático

5

Sector de la técnica

El campo de aplicación de la presente invención se enmarca en el sector técnico de la monitorización ambiental de los edificios, particularmente aplicable a los sistemas de ventilación y aire acondicionado, aunque también a cualquier tipo de edificio donde este conocimiento sea de interés (como residencias, escuelas, hospitales, etc.).

10

Antecedentes de la invención

Como es sabido, los equipos de monitorización se vienen empleando para la regulación de sistemas de calefacción y aire acondicionado. Pero es complicado poder medir en todos los lugares de un edificio en uso. Esto es así, por un lado, debido a la gran cantidad de sensores que habría que instalar y, por otro lado, porque no siempre se dispone de espacio para la instalación de dispositivos.

20

El objetivo de la presente invención, pues, es cubrir la necesidad del conocimiento de ciertas variables ambientales mediante el desarrollo de una técnica de interpolación que sepa reconocer los diferentes escenarios de utilización de los edificios, de tal forma que se puedan proporcionar valores precisos de dichas variables en zonas donde no se están midiendo. Se debe señalar que, por parte del solicitante, se desconoce la existencia de ninguna otra invención que presente unas características técnicas y constitutivas semejantes a las que se presentan en el equipo que aquí se preconiza.

25

Hoy en día, los dispositivos de monitorización ambientales estáticos son capaces de medir y guardar valores (como temperatura, concentración de CO₂, humedad, etc.) de manera local y, si tienen una conexión activa a internet, son capaces de mostrar los datos en un navegador, a través de una interfaz desarrollada ad-hoc. Son conocidos los módulos para interior de Netatmo para calidad de aire y también el de Google Nest Protect, que mide humo y variables de calidad del aire.

30

Por otro lado, existen en el mercado ciertos dispositivos móviles que son capaces de realizar la misma tarea, pero en diferentes localizaciones de una estancia. Estos dispositivos móviles son más o menos autónomos y son capaces de medir las variables a la vez que se desplazan evitando obstáculos. Son conocidos los robots temi IAQ y DIYA ONE X, que monitorizan variables ambientales como CO₂, volátiles, partículas y ozono, además de la temperatura y la humedad.

35

La invención que se propone va más allá, creando una red de sensores posicionados mediante dispositivos murales, que se emplean para monitorizar cierto número de variables en el tiempo. En dicha red se introduce un dispositivo móvil que, no solo se posiciona en diferentes lugares de las estancias, sino que es capaz de elevar, bajar y orientar una caja de sensores, para ir recabando información suplementaria. Con toda esta información obtenida por una red de sensores bien posicionados, el sistema de monitorización es capaz de realizar interpolaciones basadas en técnicas de aprendizaje automático y proporcionar un modelo tridimensional de temperaturas, humedades y concentraciones de CO₂.

45

50

Explicación de la invención

El sistema de monitorización inteligente que se describe a continuación tiene como objetivo principal proporcionar de manera detallada las condiciones ambientales del volumen total de uno o más espacios de un edificio, basándose en la información adquirida en una serie de puntos fijos dentro de esos espacios. El sistema está compuesto de un conjunto de dispositivos y unos componentes de software que funcionan para adquirir información ambiental del interior y del exterior del edificio. En tiempo real, se analiza esta información y se interpola para proporcionar los valores de temperatura, humedad y concentración de CO₂ en todo el volumen definido por los puntos donde se han instalado los dispositivos de monitorización murales.

Durante una etapa inicial, es necesario ajustar los parámetros del modelo de interpolación adquiriendo datos de variables ambientales interiores a partir de las cajas fijas murales (FIG. 2) y a partir del sistema móvil (FIG. 1). Este último, se irá emplazando en diferentes posiciones del edificio para ajustar de manera más precisa el modelo de interpolación.

Este paso inicial proporciona los datos que ajustarán el proceso de interpolación que se realiza mediante técnicas de aprendizaje automático (machine learning), el cual puede entrenarse de forma automatizada. Pero, para el funcionamiento posterior de este sistema que aquí se presenta, el dispositivo móvil no es necesario y tan solo las cajas murales fijas seguirán proporcionando datos ambientales. Así, la intervención humana solo se requiere en el paso inicial y no en el funcionamiento habitual del sistema aquí preconizado.

El núcleo principal de los dispositivos murales y del dispositivo móvil es común a todos y se compone de un conjunto de sensores conectados a una placa microcontroladora la cual, por un lado, lee los valores que proporcionan los sensores y, por otro lado, los transmite de manera inalámbrica al servidor central de datos. Los sensores que posee cada dispositivo no están obligados a ser los mismos.

Aunque el sistema no está limitado a estos sensores, se indican a continuación los sensores que poseen los dispositivos murales y móviles, que comprenden, además de temperatura, humedad y CO₂, otro tipo de sensores que ayudan a entrenar el modelo tridimensional de interpolación, adquiriendo datos que sirven para identificar el modo de utilización del edificio modelado:

- Acelerómetro
- Campo magnético
- Velocidad angular
- Concentración de Radón
- Concentración de Partículas
- Distanciómetro
- Temperatura Radiante
- Temperatura Seca
- Temperatura Infrarroja
- Lidar
- Humedad Relativa
- Concentración de CO₂

Cuanto mayor sea el número de cajas murales y de sensores instalados en las cajas, mayor será la precisión que se obtendrá del modelo ambiental tridimensional.

Empleando comunicación serie o I2C, estos sensores se encuentran conectados a la placa microcontroladora que existe en cada uno de los dispositivos.

Los dispositivos murales (FIG. 2) están diseñados para ser montados en una superficie vertical y proporcionan de manera continua información ambiental en un solo punto. La caja rígida posee ventilación y rejillas para poder tomar información ambiental.

En la FIG. 2 se muestran además las aberturas necesarias para la toma de datos como la iluminancia (5), la abertura para la esfera de temperatura radiante (6), distanciómetro (7) y sensor de CO2 (8).

El dispositivo móvil está representado en el croquis FIG. 1. La base (3) pertenece al armazón del dispositivo, incluyendo ruedas, un manillar (2) y un poste (1) por el que subirá y bajará la caja de sensores (4) mediante motores eléctricos accionados desde la placa controladora que alberga dicha caja. La base alberga espacio y conexiones para dos baterías de 12V que alimentan toda la electrónica y los motores. La placa microcontroladora sirve, como en los dispositivos murales, para leer y almacenar los valores de los sensores que alberga. Además, tiene la función de ir moviendo verticalmente la caja de sensores periódicamente. Este movimiento permite modelar la dependencia a la estratificación de variables como la temperatura. A medida que se leen los valores de los diferentes sensores, se guardarán no solo los valores, sino la altura y dirección que tiene el dispositivo en ese momento.

En la FIG. 3, se muestra el mecanismo (12) que sube y baja la caja de sensores (11) por el poste del dispositivo móvil. Encima de la caja de sensores se ha instalado un dispositivo (10) orientador (Pan/Tilt) para orientar una caja que posee los sensores más direccionales (9). La caja orientable posee orificios (13) para medir la temperatura infrarroja y para que un LIDAR proporcione la distancia a la que se toma esa medida. Los servomotores del Pan/Tilt se controlan desde la placa microcontroladora también y permiten un giro de 180° en el eje vertical y de 90° en el horizontal. De esta forma, el dispositivo móvil programa un movimiento de subida y se detiene cada 20 cm. Gira el Pan/Tilt y toma valores durante 5 minutos. Y sigue subiendo de 20 en 20 cm hasta llegar a la parte superior, donde invierte el sentido y comienza a bajar, repitiendo la toma de valores de 5 minutos en cada posición. Al llegar a la parte inferior, comienza el ciclo de movimiento y de toma de datos.

En la FIG. 4 se muestra el croquis de la base con sus dimensiones y geometría (14). Se aprecian las aberturas para el poste que la atraviesa. Esta base a baja altura proporciona una estabilidad al dispositivo móvil al bajar el centro de gravedad global debido al peso de las baterías.

Para el correcto funcionamiento de los dispositivos y la posterior generación del modelo ambiental tridimensional, el sistema comprende una serie de módulos de software para enviar, almacenar y procesar la información obtenida de los sensores, mediante una arquitectura cliente-servidor que se muestra en la FIG. 5. En esta figura se aprecia como los nodos clientes son los que recaban la información ambiental y de funcionamiento del edificio, con una serie de sensores que pueden ser diferentes en cada dispositivo y que son enviados al nodo servidor que se encuentra en la nube (almacenamiento de datos en la nube). El dispositivo móvil también es un nodo cliente, con la particularidad de que va cambiando de posición y de orientación, por lo que, además de enviar los datos de los sensores al servidor, también envía sus coordenadas y ángulos de orientación con cada dato monitorizado.

Adicionalmente, el nodo servidor recolecta datos meteorológicos proporcionados por terceras partes o por una estación meteorológica instalada para ello. No es necesaria, pero el sistema es capaz de procesar dicha información para generar modelos más precisos.

5 Empleando protocolos concebidos para el internet de las cosas (IoT), se emplean brokers de mensajes en cada lado de esta arquitectura cliente/servidor. No solo se envían y reciben datos de monitorización, sino también del estado de los dispositivos, los cuales se procesan de diferente forma. La configuración persistente de los mensajes y las colas aseguran que la información no se pierda en caso de errores en la red. Mediante autenticación, autorización y control de accesos, la comunicación se restringe a nodos válidos, proporcionando seguridad a las comunicaciones. Además, el repositorio de datos en la nube permite una gestión de los datos y una visualización de los mismos de forma automática.

15 El sistema, aunque no está restringido a estos, emplea 3 modelos diferentes de aprendizaje automático que proporcionan resultados y que se mencionan por su nomenclatura estándar en inglés: “multi-layered perceptron neural networks”, “random forests” y “support vector regression”. La combinación de varios modelos aumenta la precisión obtenida del sistema. Con los datos del dispositivo móvil y con paquetes de datos suficientemente representativo (mínimo, una semana de datos, aunque se recomienda un mes), se reentrenan los modelos para aumentar la precisión.

25 Ejecutando en el servidor los modelos entrenados, se proporciona una malla tridimensional de temperaturas, humedades y concentraciones de CO₂, con los que se puede detectar valores que no estén dentro de los límites de confort ambiental y un sistema de regulación de aire acondicionado o ventilación podría tenerlos en cuenta para modificar su punto de funcionamiento. Otras aplicaciones posibles de los modelos tridimensionales serían la certificación de las condiciones ambientales, la aplicación de medidas de ahorro energético, la certificación energética de edificios, etc.

30 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 de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, de un juego de planos, en los que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

40 **FIGURA 1.-** Muestra una vista del dispositivo de inspección móvil. Se aprecia en ella una carcasa plástica en la parte inferior, que alberga una fuente de alimentación y un receptor para las baterías de 12V. Posee un sistema de cuatro ruedas para poder moverlo empujándolo con el manillar. También posee un poste de una altura cercana a los 2,00 metros, para poder medir variables en la zona más alta de ocupación del edificio. Por dicho poste sube y baja la caja que alberga los sensores con un posicionador Pan/Tilt a mayores, para tomar medidas en diferentes direcciones de los ejes vertical y horizontal.

45 **FIGURA 2.-** Muestra una vista de alzado, planta y perfil del dispositivo mural que cuenta con unas rejillas que sirven para que el aire pueda recircular sin quedar atrapado en el interior de este. Posee espacio para la instalación de placa microcontroladora, fuente de alimentación y sensores de medición de temperatura, humedad, CO₂ y otros que se reflejan en la FIG. 6.

50 **FIGURA 3.-** Muestra una vista de la caja que se eleva y desciende en el dispositivo móvil. Se muestra la forma del posicionador Pan/Tilt y cómo va encajado dicho posicionador en la parte superior de la caja que posee en su interior la placa microcontroladora.

FIGURA 4.- Muestra la carcasa inferior del dispositivo móvil que alberga los conectores necesarios para una fuente de alimentación y dos baterías, así como los interruptores y cableados necesarios para su funcionamiento.

5 **FIGURA 5.-** Muestra la conexión lógica de comunicaciones entre los diferentes dispositivos y módulos de software del sistema: existen m dispositivos fijos murales en coordenadas (X, Y, X) prefijadas que reciben, cada una, la información recogida por los n sensores que se instalan en su interior. Dicha información, de manera periódica (en tiempos de 1 minuto o menos) se envía al servidor de almacenamiento de datos en la nube. Por otro lado, el dispositivo móvil se encuentra en una posición (X, Y, Z) determinada y orientado según los ángulos α y β , recogiendo información a través de sus n sensores. Dicha información viaja periódicamente también hacia el servidor de almacenamiento de datos en la nube. Por último, en dicho servidor se reciben los datos meteorológicos. El conjunto de información se hace llegar al módulo de aprendizaje automático que la emplea para entrenar y perfeccionar el modelo de interpolación, el cual proporciona los datos de temperatura, humedad y concentración de CO₂ en todas las coordenadas X, Y, Z del espacio modelado.

Realización preferente de la invención

20 A la vista de las mencionadas figuras, y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar en ellas un ejemplo de realización preferente de la invención, la cual comprende las partes y elementos que se indican y describen en detalle a continuación:

25 Atendiendo a la FIG. 1, se observa que el dispositivo móvil se configura a partir de una base con ruedas instaladas para su posicionamiento en el interior de edificios, con una caja que albergará las baterías de alimentación, conexiones y cableados (3). Dispone también de un manillar de acero (2) para empujarlo y un poste (1) también de acero con una regleta dentada por la que sube y baja la caja con sensores (4).

30 Para subir y bajar la caja de sensores, se aprecia en la FIG. 3, los engranajes y ruedas (12) que son accionados por servomotores que están accionados por la placa controladora que alberga la caja (11). Un sistema de orientación (10) tipo Pan/Tilt es capaz de mover horizontal y verticalmente la caja (9) donde se instalan los sensores direccionales del dispositivo móvil. Se provee a esta caja (9) de los orificios necesarios para un sensor de distancia (lidar) y un termómetro infrarrojo (13). Las dos cajas del dispositivo móvil poseen rejillas de ventilación y ventiladores para que el aire pueda fluir a través de ella.

40 Las cajas tienen dimensiones suficientes para placas de tipo Raspberry Pi, los servomotores son accionados a través de placas arduino y poseen finales de carrera para evitar funcionamientos no esperados. Los sensores son preferentemente I2C aunque también pueden ser tipo serie.

45 La caja inferior se muestra en la FIG. 4 donde se parecían las dimensiones de la misma y la abertura central por la que el poste la atraviesa para ser anclado a la base. Está fabricada con PLA y albergará baterías recargables de plomo de 12V.

50 La FIG. 2 muestra cómo se fabrica la caja mural, que está diseñada para anclarse en paredes verticales. Dentro alberga una placa en la que se han instalado los sensores, la placa microcontroladora y una fuente de alimentación. La caja, fabricada en PLA, posee una serie de aberturas y rejillas para el correcto desempeño de los sensores. Así, se puede ver una apertura para la instalación de un luxómetro (5), una apertura para la esfera de un sensor de

temperatura radiante (6), un distanciómetro (7) y una apertura para la entrada de aire hacia el tubo que comunica con el sensor de CO₂ (8).

Otros sensores se han instalado tal y como se mencionó, siendo la lista de estos:

- 5
 - Acelerómetro
 - Campo magnético
 - Velocidad angular
 - Concentración de Radón
- 10
 - Concentración de Partículas
 - Distanciómetro
 - Temperatura Radiante
 - Temperatura Seca
 - Temperatura Infrarroja
- 15
 - Lidar
 - Humedad Relativa
 - Concentración de CO₂

20 La caja posee una fuente de alimentación que se conecta a tomas de fuerza de 230V con una manguera de cable de 2.5 mm² y ventilación para la disipación del calor generado.

25 El software que se instala en los dispositivos permite la comunicación con el servidor que se encuentra en la nube y que almacena los datos, los trata según su procedencia, los emplea para entrenar los modelos de machine learning y emplea dichos modelos para la generación de una malla tridimensional con los valores de las variables ambientales (temperatura, humedad y concentración de CO₂). Las placas microcontroladoras serán tipo Raspberry Pi y los sensores deberán ser tipo I²C o serie.

30 La aplicación industrial es evidente pues la calidad del aire y la monitorización de las variables ambientales se puede aplicar a cualquier tipo de industria, incluyendo la agrícola. Esta invención, además, es susceptible de ser fabricada.

REIVINDICACIONES

1. EQUIPO DE INSPECCIÓN PARA EL MODELADO AMBIENTAL TRIDIMENSIONAL DE INTERIORES BASADO EN TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO, que incorpora dos tipos de dispositivos, uno fijo mural que es el que debe funcionar permanentemente para proporcionar los datos de monitorización que alimentan al interpolador tridimensional (FIG. 2) y uno móvil que sirve para caracterizar cada espacio, tomando datos a diferentes alturas y en diferentes direcciones, así como en diferentes localizaciones (FIG. 1).
2. Equipo según reivindicación 1, caracterizado por unas cajas murales que permiten recolectar datos creando una red de monitorización a través de una arquitectura cliente/servidor, almacenándose estos en un formato que permite ser empleado por modelos de aprendizaje automático de una manera autónoma, para lo que tiene incorporada una serie de aberturas (5), (6), (7), (8) y un tamaño apropiado para albergar la electrónica necesaria para su funcionamiento.
3. Equipo según reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por estar equipado con un dispositivo móvil que permite monitorizar a diferentes alturas mediante un poste (1) y en diferentes orientaciones gracias a un dispositivo de orientación Pan/Tilt (10), además de comportarse de manera autónoma como una caja mural que recolecta datos hacia un servidor que los interpreta como datos para el entrenamiento de los modelos de aprendizaje automática.
4. Equipo según reivindicaciones 1, 2 y 3, que dispone de un sistema pre-entrenado para una serie de geometrías y usos edificatorios y que, por ello, no necesita emplear una gran cantidad de datos de monitorización para proporcionar datos con precisión suficiente como para que el sistema sea útil, empleando para ello diferentes modelos de aprendizaje automático que han sido ya validados, aunque se podrían emplear otros.
5. Equipo según reivindicaciones 1, 2, 3 y 4, caracterizado por el hecho de que el sistema cliente/servidor es capaz de proporcionar en tiempo real valores de temperatura, humedad y concentración de CO₂ en lugares en los que no se miden dichas variables, todo ello gracias a un sistema de interpolación tridimensional basado en los modelos de aprendizaje automático mencionados.

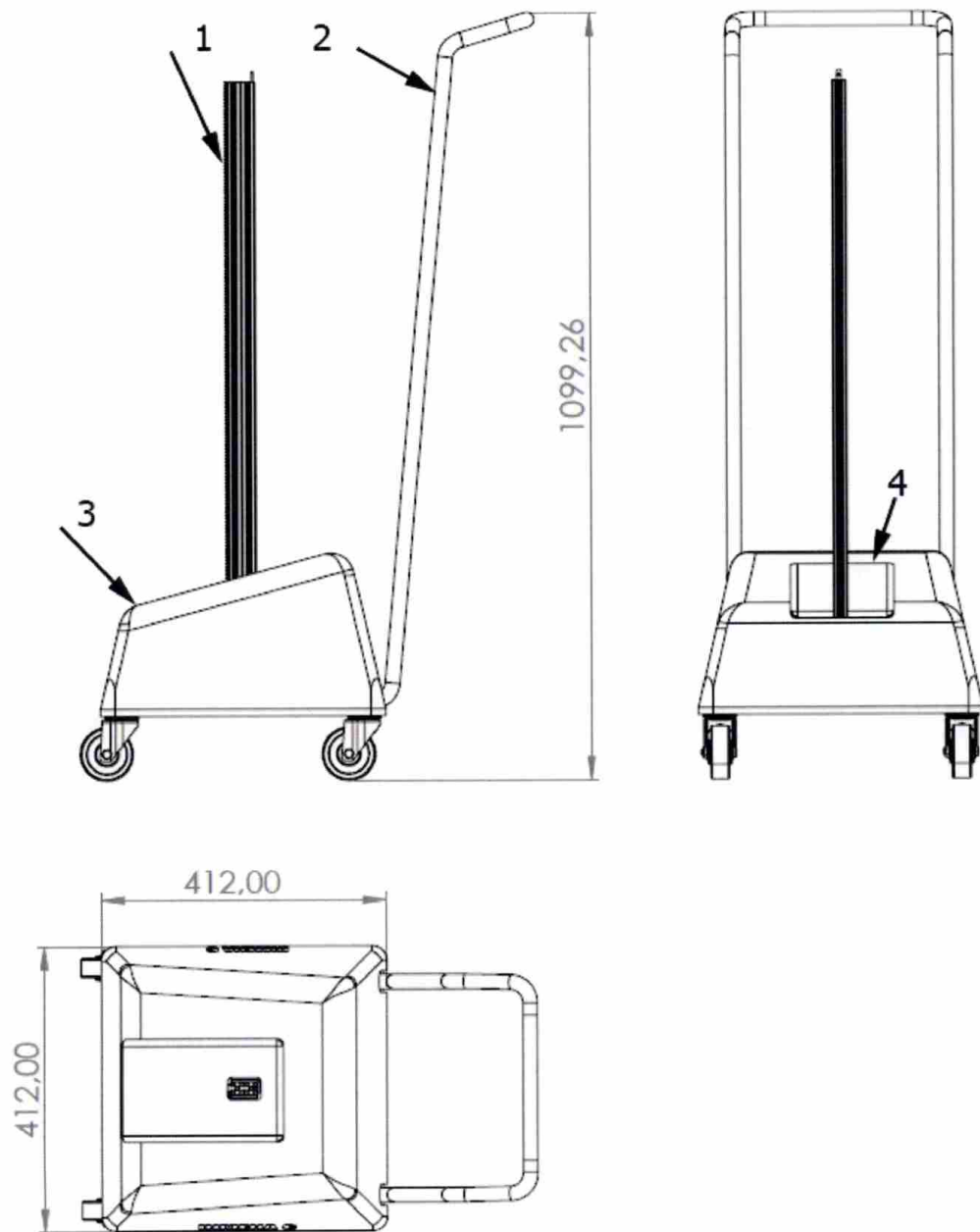


FIG.1

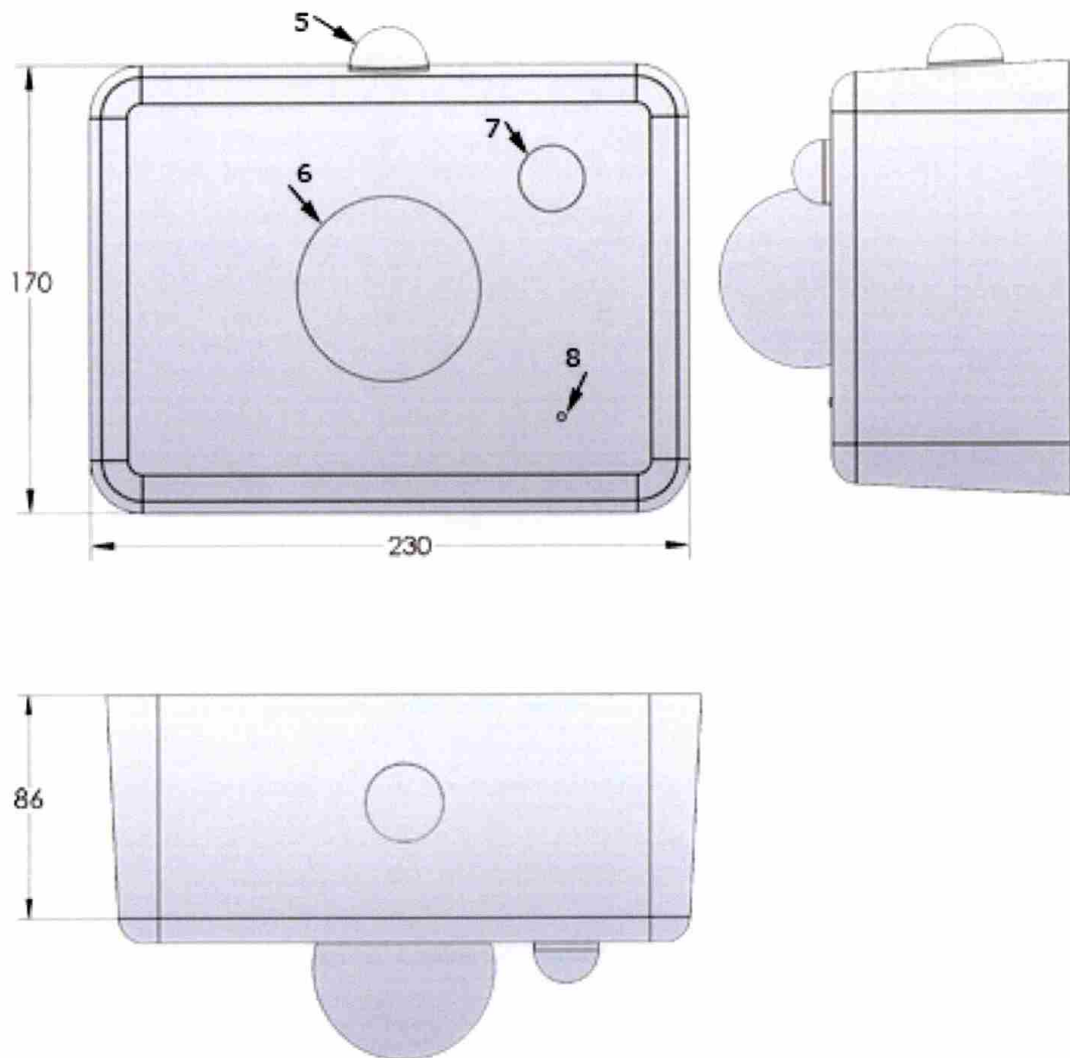


FIG.2

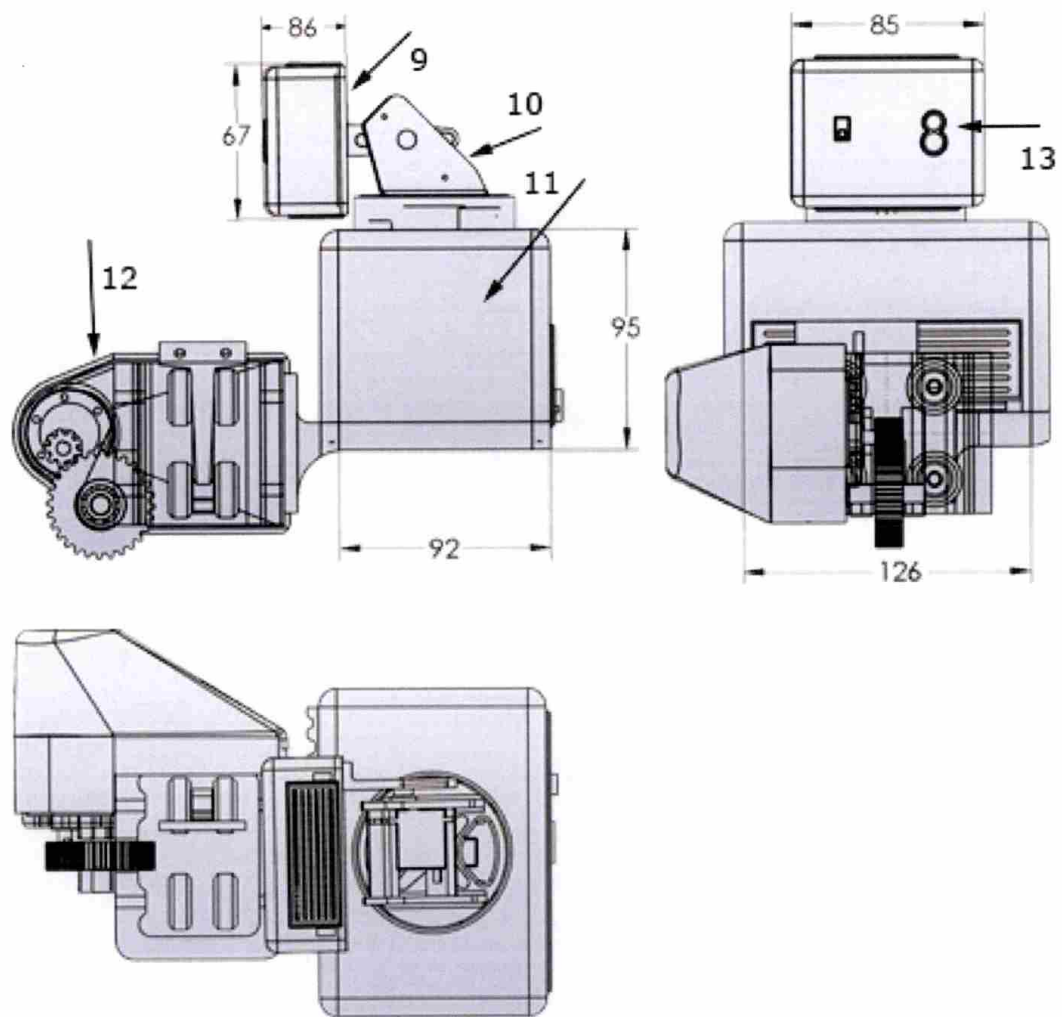


FIG.3

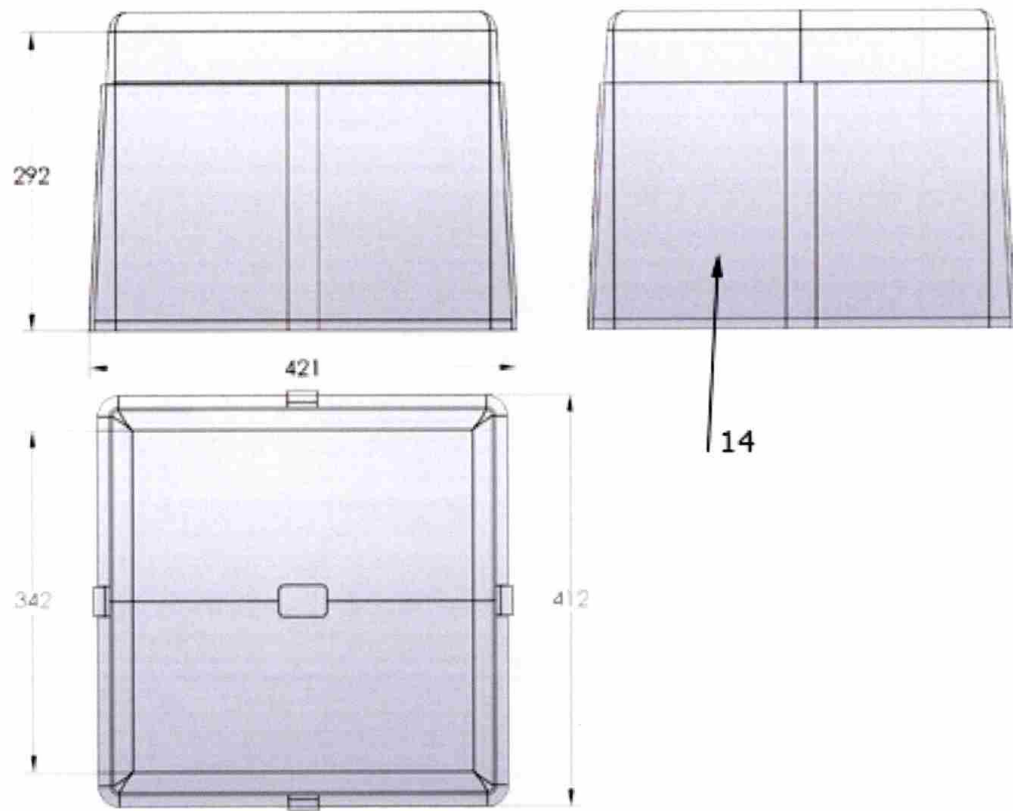


FIG.4

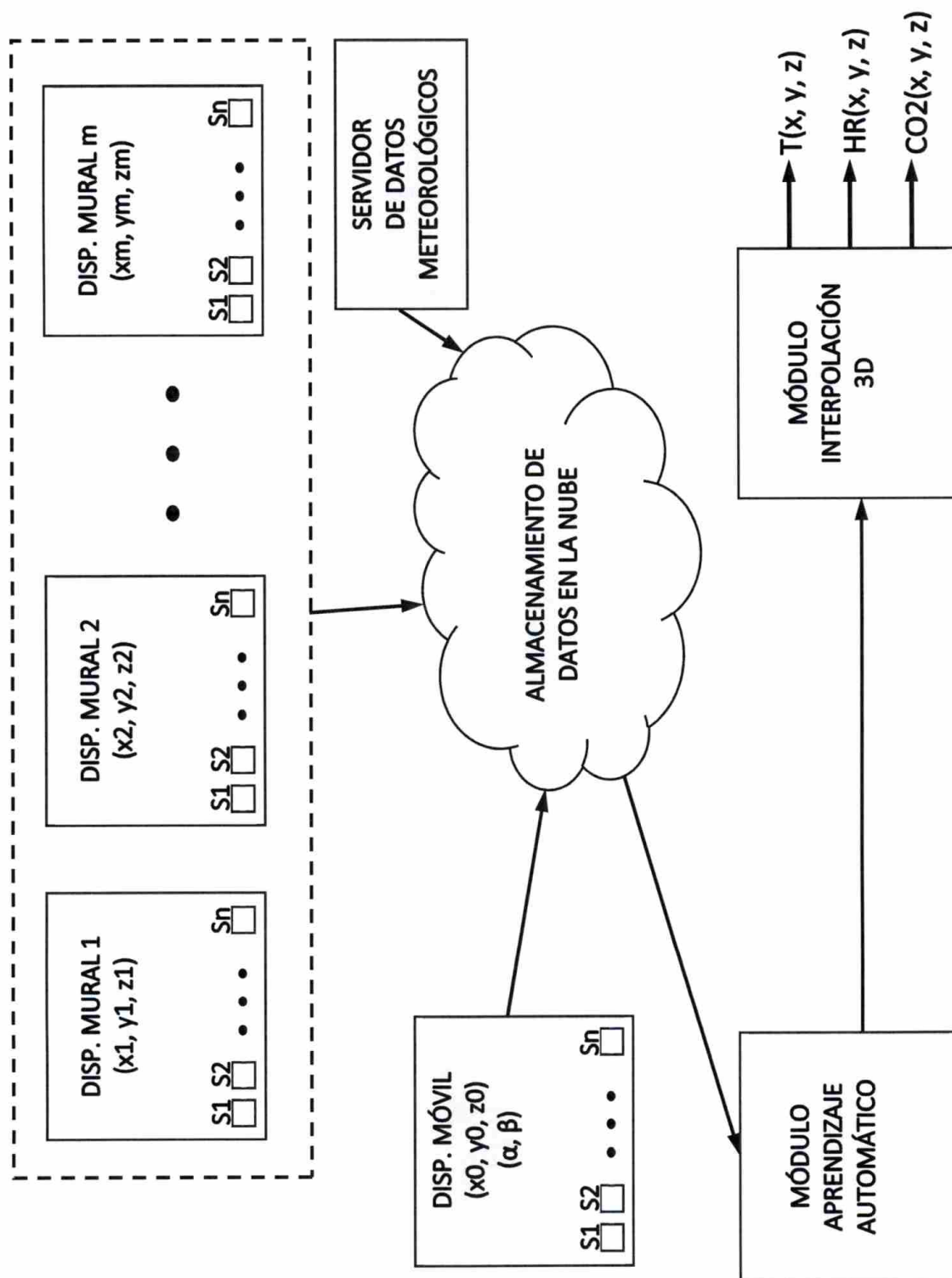


FIG.5



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ②① N.º solicitud: 202100040
②② Fecha de presentación de la solicitud: 15.04.2021
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01D21/02** (2006.01)
F24F11/00 (2018.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	JP 2020106153 A (HITACHI LTD) 09/07/2020, resumen WPI, resumen EPODOC; párrafos 8, 9, 24, 25, 34-36; figuras 3, 5	1, 2
Y		3-5
Y	CN 211178590U U (HENAN OXIBAR ECOLOGICAL IOT TECH CO LTD) 04/08/2020, resumen WPI, resumen EPODOC; figura 1; párrafos 17, 23; reivindicaciones 1, 6	3-5
A	WO 2018179731 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD) 04/10/2018, Todo el documento	1-5
A	CN 110986314 A (QINGDAO HAIER AIR CONDITIONER et al.) 10/04/2020, Todo el documento	1-5
A	WO 2020079394 A1 (Q BOT LTD) 23/04/2020, Todo el documento	1-5
A	WO 2020075244 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 16/04/2020, Todo el documento	1-5
A	CN 103575559 A (CHINA NAT ELECTRIC APPARATUS RES INST CO LTD) 12/02/2014, Todo el documento	1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
22.06.2021

Examinador
M. T. Ibáñez Blanco

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01D, F24F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC