

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 983 705**

(51) Int. Cl.:  
**F24F 11/00**  
(2008.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2016 E 16157732 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2024 EP 3211340**

(54) Título: **Dispositivo electrónico y método para el control de un sistema de gestión de edificios**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.10.2024**

(73) Titular/es:

**ENERBRAIN S.R.L. (100.0%)**  
Via Chisola, 5  
10126 Torino (TO), IT

(72) Inventor/es:

**MARTELLACCI, MARCO;**  
**FERRARIS, FILIPPO;**  
**SUSSET, ALEXIS MARC GHISLAIN;**  
**GIORDANO, GIUSEPPE CARLO y**  
**FREYRIA, FRANCESCA STEFANIA**

(74) Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 983 705 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo electrónico y método para el control de un sistema de gestión de edificios

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo electrónico y un método para regular instalaciones termofluídicas para edificios.

La optimización del confort ambiental en los edificios es un tema cada vez más importante. La literatura científica recoge un número considerable de trabajos de investigación que muestran cómo varios aspectos del confort, en particular el confort térmico y la calidad del aire, están directamente relacionados con el bienestar de los ocupantes y, en los entornos de trabajo, con su productividad.

Muy a menudo, mantener los valores deseados de parámetros como la temperatura, la humedad relativa y la concentración de contaminantes en un entorno no es sencillo ni económico. En función del uso previsto del edificio, del tipo de instalación instalada en él y de los tiempos y modos de ocupación del mismo, los parámetros medioambientales pueden controlarse de diversas maneras.

Aunque en el mercado existen sistemas termofluídicos que incluyen sistemas integrados de control y regulación de última generación, la mayoría de las instalaciones instaladas en edificios terciarios se controlan mediante lógicas de regulación basadas en valores estándar, en contraposición a los requisitos ambientales reales.

Muy a menudo, de hecho, las temperaturas del aire interior se regulan en función del valor de la temperatura del aire exterior (control de bucle abierto).

25 En estos casos, el agua caliente producida por un sistema de generación asociado al edificio a controlar se mezcla con agua de recirculación para suministrar al sistema de distribución del edificio agua a una temperatura determinada en función de las temperaturas exteriores. Así, el sistema de generación requiere la presencia de un sensor de temperatura exterior y una válvula mezcladora situados corriente abajo de la generación de agua caliente y corriente arriba de la distribución de agua en el sistema de distribución del edificio.

30 En el caso de las instalaciones de agua con control térmico únicamente, es decir, calefacción o refrigeración mediante sistemas de emisión como radiadores, unidades de ventiloconvectores, paneles radiantes, etc., el funcionamiento típico de las instalaciones termofluídicas sigue las lógicas descritas anteriormente.

35 En el caso de los sistemas combinados aire-agua o de los sistemas de sólo aire, en los que el control térmico se complementa con el control de la calidad del aire, el ajuste es mucho más complejo. El aire exterior o de recirculación, antes de ser introducido en el ambiente, debe ser tratado adecuadamente, es decir, calentado, enfriado o deshumidificado según sea necesario.

40 En estos casos, el ajuste se realiza en dos niveles: el primero se refiere al calentamiento/enfriamiento de los fluidos que se suministran a las baterías de calefacción/refrigeración de las ATUs (Unidades de Tratamiento de Aire) a través de las válvulas mezcladoras.

45 El segundo nivel se refiere al suministro de aire tratado a un entorno a través de compuertas ajustables.

45 Desde un punto de vista térmico, los fluidos siguen lógicas de control similares a las empleadas para los sistemas de agua.

50 En cuanto al ajuste de los flujos de aire en el ambiente, por el contrario, el control actúa sobre compuertas de entrada de aire exterior (que determinan las fracciones de aire fresco y recirculado), compuertas de recuperación de aire agotado procedente del mismo ambiente, y compuertas instaladas en los conductos que conducen a los terminales de entrada de aire presentes en el ambiente.

55 Actualmente, en la mayoría de los casos los dispositivos de ajuste (válvulas mezcladoras y compuertas) están integrados en los propios sistemas, pero su funcionamiento está dictado por prácticas estándar en las que se establecen valores fijos basados en datos de diseño, en contraposición a los requisitos medioambientales reales. Dado que se trata de sistemas que consumen mucha energía, un enfoque erróneo del ajuste del sistema implica mayores costes energéticos.

60 El control en bucle cerrado de las condiciones ambientales desde el propio edificio permitiría, por un lado, mantener el confort en el edificio bajo control de forma más eficaz, mientras que, por otro, permitiría tener en cuenta cualquier contribución de energía libre (irradiación solar, iluminación, número de personas en el edificio, presencia de ordenadores y/o impresoras, etc.) en el entorno sometido a tratamiento.

65 Este control en bucle cerrado no se efectúa actualmente porque requeriría modificaciones excesivamente complejas y costosas en las unidades de control de dichos sistemas. Es por tanto un objeto de la presente invención

proponer un dispositivo electrónico y un método de control de los sistemas termofluídicos utilizados en los edificios que permita controlar en bucle cerrado las condiciones ambientales de un edificio sin requerir intervenciones complejas en los sistemas existentes.

- 5 El documento WO 2008/085153 describe un aparato de detección y activación y un algoritmo de control para su uso en el control automático de un sistema de aire acondicionado mediante la detección de múltiples condiciones y la respuesta mediante la activación de los componentes mecánicos del sistema de aire acondicionado para optimizar la temperatura del fluido refrigerante, proporcionar un control mejorado de la temperatura de la zona, proporcionar el estado de los componentes del sistema y proporcionar una alerta si hay sobrecalentamiento de un componente mecánico de sistema del lado de suministro.
- 10

Este y otros objetos se consiguen mediante un dispositivo electrónico para controlar una instalación termofluídica cuyas características se definen en la reivindicación 1, y un método para regular la temperatura y el nivel de dióxido de carbono de una instalación termofluídica según se establece en las reivindicaciones 4 y 5.

- 15 Las realizaciones particulares se describen en las reivindicaciones dependientes.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada, dada meramente a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos anexos, en los que:

- 20
- La Figura 1 muestra un diagrama de bloques del dispositivo electrónico según la presente invención;
  - La Figura 2 muestra un esquema de un edificio en el que las condiciones climáticas se controlan mediante un sistema de bucle abierto;
  - La Figura 3 muestra un diagrama de una unidad de tratamiento de aire; y
  - La Figura 4 muestra un diagrama de bloques del método de regulación del nivel de temperatura/dióxido de carbono llevado a cabo por el dispositivo de la Figura 1.
- 25

La Figura 1 muestra un dispositivo para controlar las condiciones climáticas de un edificio según la presente invención.

- 30
- El dispositivo 1 está adaptado para asociarse a un sistema tradicional de calefacción/refrigeración de un edificio (del tipo que incluye una unidad de calefacción o refrigeración que envía agua caliente o fría hacia un sistema de distribución de un edificio mediante la apertura/cierre de una válvula mezcladora), o más en general a un sistema HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) que también incluya, como se ha mencionado anteriormente, una unidad de tratamiento del aire.
- 35

La Figura 2 muestra un sistema de calefacción tradicional que comprende una unidad de calefacción 50 (o, como alternativa, una unidad de refrigeración), una válvula mezcladora 52 y un dispositivo de calefacción 54 (o, como alternativa, un dispositivo de refrigeración) de un edificio 56. El agua caliente (o fría) es suministrada por la unidad 50 hacia el edificio 56 en la dirección indicada por la flecha A mediante la apertura/cierre de la válvula mezcladora 52.

- 40
- La Figura 3 muestra una UTA 80 que incluye una batería de calentamiento 82, una batería de enfriamiento 84 y una batería de postcalentamiento 85.
- 45
- Un primer conducto 86 permite la entrada y el flujo de aire exterior, a través de una primera compuerta 88, hacia la UTA 80, mientras que un segundo conducto 90 garantiza la recirculación del aire procedente de un edificio (no representado en el dibujo) hacia la UTA 80, a través de una segunda compuerta 92.

- 50
- Las válvulas mezcladoras 52', similares a la válvula mezcladora 52, están asociadas a la batería de calefacción 82, la batería de refrigeración 84 y la batería de postcalentamiento 85, válvulas que están adaptadas para controlar los flujos de agua caliente/fría dentro de la UTA 80 con el fin de calentar/enfriar el aire exterior o el aire recirculado.

- 55
- El aire tratado sale entonces de la UTA 80 y se envía, a través de un tercer conducto 94, hacia el edificio a controlar.
- Volviendo a la Figura 1, el dispositivo 1 comprende una unidad de control 2, por ejemplo un microprocesador, que está adaptada para recibir:

- 60
- una señal principal 4 procedente de un sistema de gestión de edificios (BMS) *per se* conocido;
  - una señal de referencia 6, preferentemente una señal de temperatura, fijada por un usuario y representativa de un parámetro deseado para el edificio en cuestión;
  - señales medioambientales 8, procedentes de sensores medioambientales situados en el edificio (no mostrados en el dibujo), que están adaptados para medir parámetros medioambientales como la temperatura, la humedad, el nivel de dióxido de carbono, etc.
- 65

El sistema de gestión del edificio es un sistema existente asociado al edificio controlado y adaptado para suministrar señales de control a las válvulas mezcladoras 52, 52' y/o a las compuertas 88, 92 para abrir/cerrar los conductos de aire 86, 90 de la ATU 80.

- 5 La unidad de control 2 está adaptada para emitir una señal de control 10 hacia un activador de una válvula mezcladora respectiva 52, 52' o de una compuerta 88, 92. En particular, dichas señales de control 10 se envían a los respectivos activadores de las válvulas 52, 52' y de las compuertas 88, 92, que abren/cierran respectivamente las válvulas 52, 52' y las compuertas 88, 92.
- 10 La unidad de control 2 se alimenta de una manera *per se conocida*, por ejemplo, a través de una señal de alimentación de 24 V o 220 V.

Para obtener la señal de control 10, la unidad de control 2 lleva a cabo un proceso de regulación de la temperatura y/o un proceso de regulación del nivel de dióxido de carbono, respectivamente, que se describirán con más detalle a continuación.

15 El dispositivo 1 según la presente invención es un dispositivo electrónico capaz de crear un sistema de bucle cerrado en un sistema de enfriamiento/calefacción de un edificio mediante la integración de la información procedente de los sensores ambientales.

20 Los activadores que reciben una señal de control 10 respectiva están adaptados para modificar el porcentaje de abertura de una válvula mezcladora de tres vías 52, 52' o el porcentaje de abertura de una compuerta 88, 92.

25 El dispositivo 1 se instala corriente arriba de cada activador, entre el cable que lleva la señal principal 4 y el propio activador.

En una realización preferida de la invención, la señal de control 10 propone una modificación de la señal principal 4 para aplicarla al activador.

30 A través de los activadores de control, se puede regular la abertura/cierre de las compuertas 88, 92 de la unidad de tratamiento de aire 80 y el flujo de agua caliente/fría procedente de las unidades de calefacción/refrigeración para alcanzar el confort deseado.

35 El dispositivo de control 1 según la presente invención permite reducir los costes de integración en los sistemas existentes.

Funciona según la lógica IoT (Internet de las cosas); puede leer señales analógicas y, mediante una elaboración, crear otras nuevas.

40 La Figura 4 muestra un diagrama de bloques del método de regulación de la temperatura realizado por la unidad de control 2 para regular la temperatura del edificio.

Este método se basa preferentemente en algoritmos *borrosos*, tipo *PID borroso* o posiblemente *PID borroso*.

45 La lógica borrosa se utiliza porque permite regular un sistema mediante la formalización de conceptos derivados de la experiencia común. Estos tipos de algoritmos de regulación ofrecen muy buenas prestaciones y no requieren una modelización matemática del sistema que se controla, ni tampoco una estimación de los parámetros de regulación PID, que no siempre son intuitivos.

50 La idea en la que se basan estos algoritmos es que una cantidad puede tomar, además de valores booleanos, un conjunto de valores que indican el grado de veracidad de una expresión dada.

55 El método de regulación de la temperatura según la presente invención emplea, para regular la temperatura interior del edificio, un algoritmo por el que se obtiene una señal de control 10 que, mediante la abertura o el cierre de la válvula 52, 52' o de una compuerta 88, 92 de la unidad de tratamiento del aire 80, permite obtener la temperatura (o el nivel de dióxido de carbono) deseada en el interior del edificio.

60 En la Figura 4, el usuario define un valor de referencia, por ejemplo una temperatura de referencia  $T_{rif}$ , y lo envía a la unidad de control 2 a través de la señal de temperatura 6. Un bloque de suma 100 de la unidad de control 2 calcula el error  $e(t)$  entre la temperatura de referencia  $T_{rif}$  y una temperatura interna del edificio  $T_{interna}$  medida por un sensor de temperatura instalado en el interior del edificio y enviada a la unidad de control 2 a través de una de las señales ambientales 8.

65 El error  $e(t)$  y su primera derivada  $de(t)/dt$  se envían a un bloque controlador borroso 102 de la unidad de control 2, que, mediante un algoritmo borroso *per se conocido*, compara la señal principal 4 con las señales de error  $e(t)$  y  $de(t)/dt$  y, a su vez, produce la señal de control 10 dirigida hacia una válvula 52, 52'.

Preferiblemente, el dispositivo 1 envía una señal de 0 V a 10 V al activador de la válvula 52, 52' para que se abra/cierre.

- 5 En cuanto a la regulación del nivel de dióxido de carbono, la señal de control 10 se calcula siguiendo un esquema similar al de la Figura 4 a partir de un valor de nivel de dióxido de carbono de referencia  $C_{rif}$  y un valor de nivel de dióxido de carbono medido  $C_{interno}$ , y se envía a la compuerta de abertura/cierre 88, 92 de la unidad de tratamiento de aire 80 del sistema de climatización. El algoritmo de control descrito anteriormente utiliza dos variables de entrada tanto para la regulación de la temperatura como para la regulación del dióxido de carbono, a saber, el error de regulación  $e(t)$  y su derivada  $de(t)/dt$ .

En los métodos según la presente invención, el error  $e(t)$  y su variación  $\Delta e(t)$  se utilizan como antecedente. La implicación borrosa entre estas variables y la señal de control 10 puede deducirse de la literatura existente (véase, por ejemplo, el artículo "Design and simulation of self-tuning PID-type fuzzy adaptive control for an expert HVAC system" de Servet Soyguder, Mehmet Karakose, Hasan Alli, ELSEVIER, Expert Systems with Applications 36 (2009) 4566-4573 o el artículo "Self-Tuning Fuzzy PI Controller and its Application to HVAC Systems" de A. K. Pal y R. K. Mudi, INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTATIONAL COGNITION (<HTTP://WWW.IJCC.US>), VOL. 6, NO. 1, MARZO 2008).

- 10 15 20 Por supuesto, sin perjuicio del principio de la invención, las formas de realización y los detalles de implementación pueden variar ampliamente de los descritos e ilustrados en la presente a modo de ejemplo no limitativo, siempre que no se aparten del ámbito de protección de la presente invención tal y como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo electrónico (1) para ajustar un sistema termofluídico para un edificio (56), dicho sistema termofluídico comprende un sistema de calefacción/refrigeración (50, 54; 80, 82, 84, 85) que incluye válvulas mezcladoras (52, 52') adaptadas para controlar los flujos de agua caliente/fría dentro de dicho sistema de calefacción/refrigeración (50, 54; 80, 82, 84, 85), dicho dispositivo (1) comprende una unidad de control (2) adaptada para:

- recibir una señal de referencia predefinida (6) representativa de un parámetro deseado para el edificio (56);
- recibir señales ambientales (8) procedentes de sensores ambientales dispuestos en el edificio (56) y adaptados para medir parámetros ambientales de dicho edificio (56);
- emitir una señal de control (10) hacia un activador asociado a una válvula mezcladora respectiva (52, 52') para controlar la abertura o el cierre de la misma,

dicho dispositivo electrónico (1) se **caracteriza porque** está además adaptado para recibir una señal principal (4) procedente de un sistema de gestión de edificios (56) y está instalado corriente arriba de dicho activador, entre el cable que transporta dicha señal principal (4) y el propio activador, y **porque** dicha unidad de control (2) comprende:

- un bloque de suma (100) para calcular una señal de error ( $e(t)$ ) entre dicha señal de referencia (6) y una de dichas señales ambientales (8);
- un bloque derivador para derivar una primera señal derivadora de error ( $de(t)/dt$ ) de dicha señal de error( $e(t)$ );
- un bloque controlador borroso (102) para aplicar un algoritmo borroso con el fin de comparar dicha señal principal (4) con dichas señales de error ( $e(t)$ ) y de primera derivada de error ( $de(t)/dt$ ), con el fin de obtener dicha señal de control (10).

2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema termofluídico para un edificio (56) comprende además una unidad de tratamiento de aire (80) que incluye compuertas (88, 92) que permiten la entrada de aire del exterior del edificio (56) o de aire de recirculación de dicho edificio (56) en la unidad de tratamiento de aire (80), estando dicho dispositivo (1) también adaptado para enviar una señal de control (10) a un activador asociado a una compuerta respectiva (88, 92) con el fin de controlar la abertura o el cierre de la misma.

3. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las señales de mando (10) proponen modificaciones de la señal principal (4) para obtener un porcentaje predeterminado de abertura o de cierre de dichas válvulas mezcladoras (52, 52') o de dichas compuertas (88, 92).

4. Método para ajustar la temperatura de un sistema termofluídico para un edificio (56), que comprende los pasos de:

- predisponer un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes entre el cable portador de la señal principal (4) y un activador respectivo asociado a una de dichas válvulas mezcladoras (52, 52');
- recibir una señal de temperatura de referencia ( $T_{rif}, 6$ );
- calcular el error ( $e(t)$ ) entre la temperatura de referencia (6) y una temperatura interior (8,  $T_{internal}$ ) medida en el interior del edificio;
- calcular la primera derivada del error ( $de(t)/dt$ );
- aplicar un algoritmo borroso para comparar la señal principal (4) con las señales de error ( $e(t)$ ) y de primera derivada de error ( $de(t)/dt$ ), a fin de obtener la señal de control (10) dirigida hacia dicha válvula mezcladora (52, 52').

5. Método para ajustar el nivel de dióxido de carbono de un sistema termofluídico para un edificio (56), que comprende los pasos de:

- predisponer un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 entre el cable portador de la señal principal (4) y un activador respectivo asociado a una de dichas compuertas (88, 92);
- recibir una señal de nivel de dióxido de carbono de referencia ( $C_{rif}, 6$ );
- calcular el error( $e(t)$ ) entre el nivel de dióxido de carbono de referencia (6) y un nivel de dióxido de carbono interno (8,  $C_{internal}$ ) medido en el interior del edificio (56);
- calcular la primera derivada del error ( $de(t)/dt$ );
- aplicar un algoritmo borroso para comparar la señal principal (4) con las señales de error ( $e(t)$ ) y de primera derivada de error ( $de(t)/dt$ ), a fin de obtener la señal de control (10) dirigida hacia dicha puerta (88, 92).

FIGURA 1

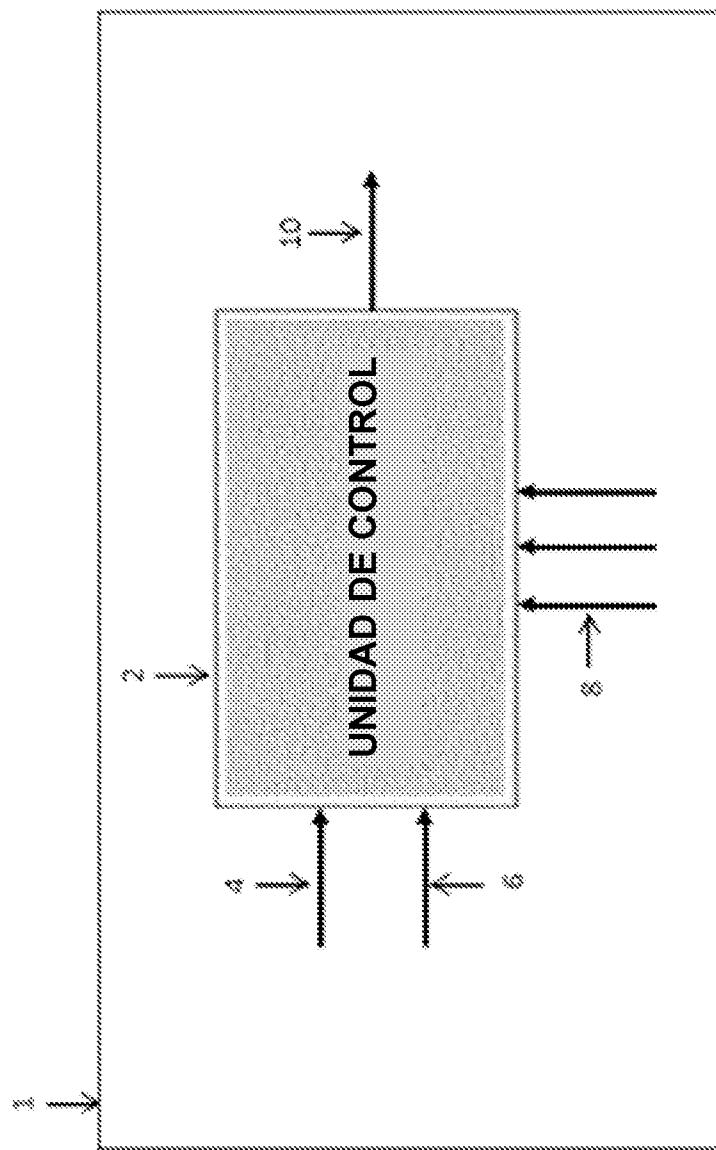


FIGURA 2

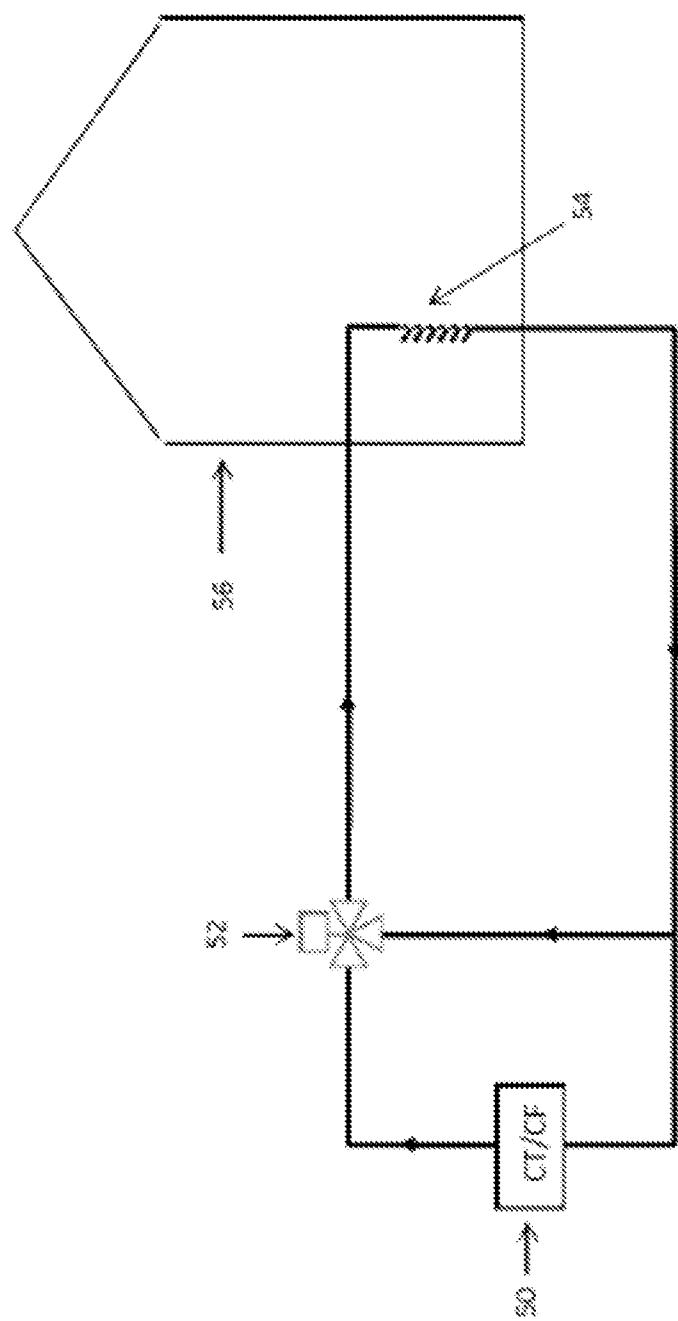


FIGURA 3

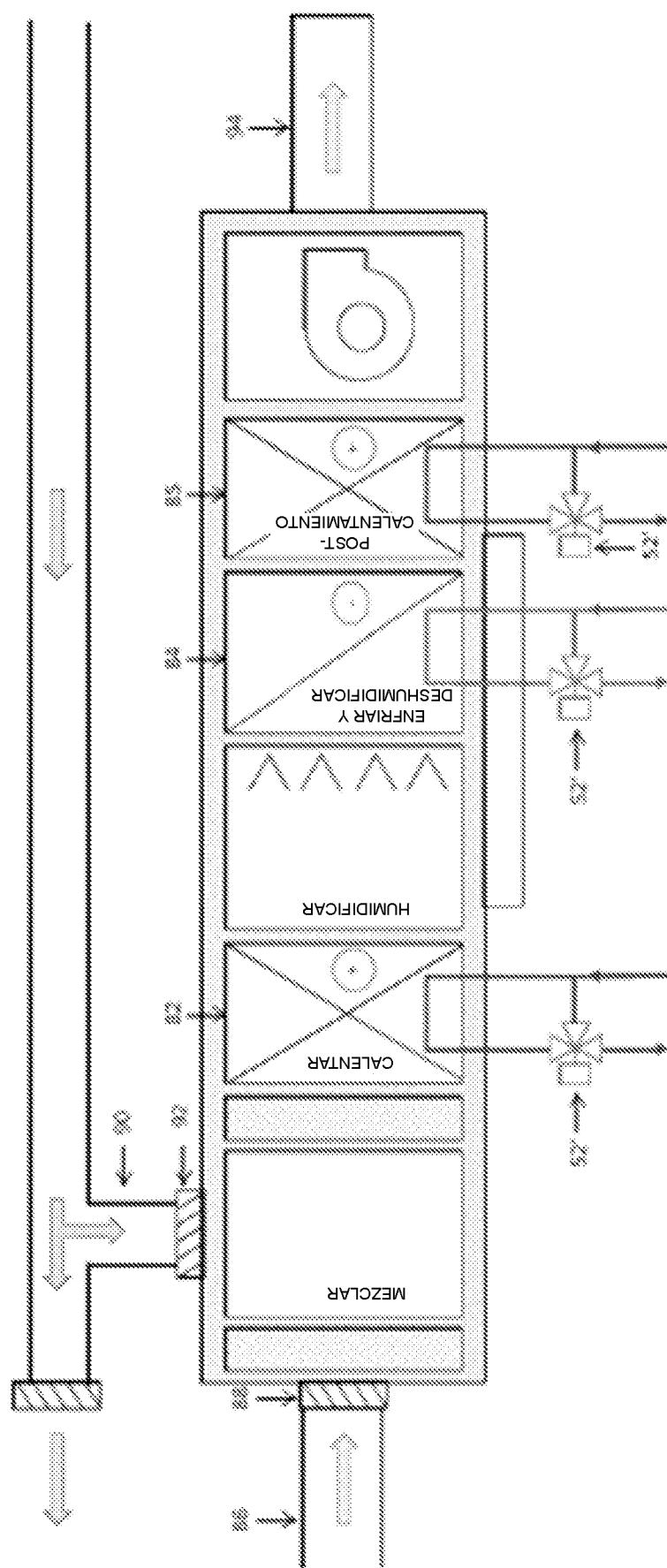


FIGURA 4

