

OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 259 898**

② Número de solicitud: 200403049

⑤ Int. Cl.:  
**G01N 5/02** (2006.01)  
**G05D 9/12** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **22.12.2004**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **16.10.2006**

Fecha de la concesión: **10.05.2007**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **01.06.2007**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**01.06.2007**

⑰ Titular/es: **Universidad de Cádiz  
OTRI-Universidad de Cádiz  
c/ Ancha, 16  
11001 Cádiz, ES**

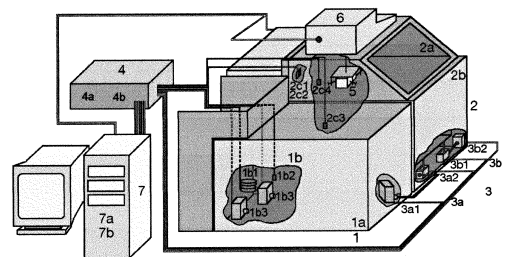
⑱ Inventor/es: **Martín Calleja, Joaquín;  
Navas Pineda, Francisco Javier y  
Gallardo Bernal, Juan Jesús**

⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Sistema automatizado y procedimiento para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos.**

㉑ Resumen:

Sistema automatizado y procedimiento para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos. El objeto de esta patente es el desarrollo tanto de un sistema instrumental como de un procedimiento para el desarrollo de medidas de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos. El sistema que se presenta es un sistema completamente automatizado, controlado por ordenador que permite desarrollar de forma continua las medidas indicadas anteriormente. Esta automatización permite que el sistema solucione las fuentes de error de las metodologías clásicas para desarrollar este tipo de medidas, derivadas de un procedimiento de trabajo prácticamente artesanal. Los principales componentes del sistema son: un subsistema de termostatación (1), la cámara de muestras (2), el subsistema para el traspase de fluido de interacción (3), el subsistema electrónico de control (4), un conjunto de portamuestras (5), el subsistema de pesada (6) y un subsistema informatizado de medición y control (7).



ES 2 259 898 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

# ES 2 259 898 B1

## DESCRIPCIÓN

Sistema automatizado y procedimiento para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos.

5

### Sectores de la técnica

- Materiales de construcción. Código NABS: 0 720.
- Higiene. Código NABS: 0 450.
- Industria alimenticia. Código NABS: 0 791.

10

### Generalidades

15

Cuando un material poroso se pone en contacto con un fluido líquido pueden ocurrir diferentes procesos químico-físicos en función de la interacción que se produzca entre ambos. Estos procesos se conocen como propiedades de sorción. La caracterización numérica de este tipo de medidas representan un factor clave en diversos campos de investigación como la interacción de agua con materiales de construcción, los cuales al hidratarse alteran sus propiedades mecánicas, la conservación de alimentos en la industria alimenticia, pues la presencia de agua afecta a sus propiedades de conservación y muchos de ellos requieren procesos de secado o liofilización, la lixiviación de sustancias en matrices porosas del subsuelo afectando a temas como la dispersión de contaminantes, factores clave a la hora de fijar emplazamientos de vertederos, balsas de contención, cementerios radiactivos o todos aquellos en donde la capacidad de circulación de flujos hídricos influye en su estanqueidad y en temas relacionados con la higiene corporal, campo en el que cada día aparecen nuevos productos basados en sus propiedades de sorción y retención.

20

Las diferentes posibilidades de interacción entre materiales porosos y un fluido (figura 1) generan hasta seis propiedades de sorción diferentes, que son posibles medir con el sistema automatizado que en este documento se presenta, y que se describen a continuación:

30

1. Absorción por capilaridad: consiste en colocar una cara de una muestra a estudiar en contacto con el fluido interaccionante, estudiando la evolución de la masa de la muestra en función del tiempo.
2. Absorción por inmersión total: consiste en evaluar la variación de masa que sufre una muestra seca al sumergirla completamente en el fluido a presión atmosférica.
3. Sorción de vapor: consiste en medir la variación de masa que sufre una muestra seca al situarla en una atmósfera con una presión de vapor específica del fluido considerado.
4. Desorción de vapor: consiste en medir la variación de masa que sufre una muestra saturada de fluido al situarla en atmósfera con una presión de vapor del fluido cero o próxima a cero.
5. Permeabilidad al vapor: consiste en evaluar la cantidad de vapor que pasa a través de un material poroso al colocar una laja de este material como único camino de paso entre dos atmósferas que presentan un diferencial de presión de vapor de dicho fluido.
6. Permeabilidad a líquidos: Consiste en evaluar la cantidad de líquido que atraviesa una laja de material que se sitúa como único camino de paso entre dos zonas del mismo líquido sometidas a presiones diferentes.

35

40

45

El estudio de las seis propiedades de sorción-desorción indicadas anteriormente implica la caracterización de dichas interacciones en función del tiempo, o lo que es lo mismo, el estudio cinético de los procesos, debiendo desarrollarse en condiciones ambientales estables, es decir a valores de temperatura y presión de vapor constantes durante toda la experiencia.

50

De esta forma el desarrollo de un sistema instrumental para la medida de este tipo de propiedades debe presentar las siguientes características fundamentales:

55

1. Perfecto control del nivel de fluido requerido para la propiedad que se desee medir.
2. Perfecto control de las variables ambientales a la que se desarrollen los ensayos, siendo éstas la temperatura y presión de vapor fundamentalmente.
3. Registro continuado de las variables de interés para el ensayo, es decir, tiempo y variación de masa.
4. Posibilidad de registro continuado de otras variables adicionales en ensayos específicos como son el pH, la conductividad o la concentración de alguna especie química concreta en las experiencias en las que el fluido es agua o una disolución acuosa.

60

65

## ES 2 259 898 B1

Partiendo de esta base, el empleo de componentes electrónicos para el control de los diversos dispositivos de los que se compone el sistema, de sensores específicos para el registro de los valores de todas las variables que influyen en el proceso, unido a herramientas informáticas desarrolladas para el control de todos los subconjuntos del sistema, permiten desarrollar un sistema instrumental completamente automatizado para la medida de este tipo de propiedades.

El hecho de utilizar un dispositivo completamente automatizado resuelve el problema de las numerosas fuentes de error que se producen al realizar este tipo de medidas por métodos manuales como son los derivados de las normas estandarizadas propugnadas para algunos ensayos específicos. A este respecto merece la pena citar que las principales normativas existentes están destinadas a materiales de construcción, por lo que otros muchos materiales, en los que la caracterización de sus propiedades de sorción es de gran interés, quedan fuera del ámbito de aplicación de dichas normativas. También hay que decir que las normativas se centran en el agua como fluido interaccionante, no considerándose otros fluidos que también pueden ser interesantes. Las normativas clásicas de trabajo para las seis propiedades de sorción son las siguientes:

### Absorción por capilaridad

C.N.R.-I.C.R. (1983). Doc. Normal: 11/82, Roma.

R.I.L.E.M. (1980). Essai n° II.65. Matériau et Constructions, Bull. RILEM, 13(75), 208-209.

### Absorción por inmersión total

C.N.R.-I.C.R. (1981). Doc. Normal: 7/81, Roma.

R.I.L.E.M. (1980). Essai n° II.1. Matériau et Constructions, Bull. RILEM, 13(75), 194-196.

A.S.T.M. (1978). Annual book of ASTM Standards. Norma C94-47. Part 19.

I.S.R.M. (1979). Int. J. Rock Mech. And Min. Sci., 143-156.

### Sorción de vapor

A.S.T.M. (1991). Annual book of ASTM Standards. Norma E96. Vol. 04-06.

### Desorción de vapor

C.N.R.-I.C.R. (1989). Doc. Normal: 86/52, Roma.

R.I.L.E.M. (1980). Essai n° II.5. Matériau et Constructions, Bull. RILEM, 13(75), 204-206.

### Permeabilidad al vapor

C.N.R.-I.C.R. (1986). Doc. Normal: 21/86, Roma.

R.I.L.E.M. (1980). Essai n° II.2. Matériau et Constructions, Bull. RILEM, 13(75), 198-200.

A.S.T.M. (1995). Annual book of ASTM Standards. Norma E96-95.

### Permeabilidad a líquidos

A.S.T.M. (2002). Annual book of ASTM Standards. Norma D5856-95.

A.S.T.M. (1997). Annual book of ASTM Standards. Norma D5084-03.

A.S.T.M. (2000). Annual book of ASTM Standards. Norma D2434-68.

Estas normativas proponen un protocolo de trabajo similar para las seis medidas citadas anteriormente, el cual se puede resumir en los siguientes pasos:

## ES 2 259 898 B1

1. Introducción de la muestra en el entorno de trabajo para producir la interacción que se desea medir,
2. extracción de la muestra a intervalos de tiempo prefijados,
- 5 3. en los casos que sea necesario, secado del agua adicional que pueda presentar el material en su superficie
4. determinación del peso total de la muestra
5. introducción de la muestra en su entorno de trabajo para proseguir con el desarrollo del ensayo.

10 Este protocolo de trabajo genera errores derivados principalmente de la extracción de la muestra del entorno en el que se produce la interacción, lo cual implica: la interrupción del proceso que se está midiendo, una manipulación continuada del material generando pérdidas del mismo en muestras poco consistentes, contaminación de las muestras e hidrataciones-deshidrataciones incontroladas durante el proceso de pesada, etc.

15 El sistema que aquí se describe resuelve todas estas fuentes de error, pues al ser un sistema completamente automatizado no requiere la extracción de la muestra del entorno de trabajo durante el desarrollo de las medidas.

### 20 Estado de la técnica

El punto de partida para el desarrollo de un sistema instrumental automatizado para la medida de las propiedades de sorción generadas en sistemas formados por un material poroso y un fluido en contacto, es la observación de las deficiencias que presentan los protocolos de trabajo que proponen las normativas clásicas de actuación, y que han sido citados en el apartado anterior.

25 A parte de las patentes P9600383 y P9702345 a las que nos referiremos más adelante, en la bibliografía es posible encontrar la descripción de varios sistemas automatizados para la medida de alguna de las propiedades de sorción descritas, pero ninguno capaz de desarrollar todas las medidas de propiedades de sorción aquí citadas, ya que, básicamente, todos los sistemas descritos en la bibliografía han sido ideados para desarrollar medidas de una sola propiedad, y solo existen referencias de sistemas para la medida de absorción por capilaridad y permeabilidad al vapor, en donde el fluido con el que se desarrollan los ensayos es agua y vapor de agua, respectivamente. Ejemplos de sistemas para la medida de absorción acuosa por capilaridad son los desarrollados por investigadores de la Universidad de Lund, en Suecia (Janz, 1997), o de la Universidad de Casino, en Italia (Colantuono *et al*, 1997). Para la medida de permeabilidad al vapor podemos citar las patentes EP1170582 y EP1421359. Todos estos sistemas presentan un grado de automatización mínimo si los comparamos con el sistema que este documento se presenta.

30 Por otro lado, la patente nº 9600383, de la cual son coautores alguno de los presentes firmantes, presenta algunos puntos de paralelismo con la que aquí se presenta y describe un sistema para el estudio en continuo del proceso de absorción acuosa por capilaridad. Dicha patente incluía un diseño muy básico para la realización del ensayo de capilaridad, siendo la principal baza su capacidad para la obtención de información sobre el avance del proceso de absorción capilar, pero sin manipulación de la muestra durante el tiempo que duraba la experiencia, así como la adquisición informática de los datos proporcionados por el sistema. Sin embargo, la consecución del nivel acuoso necesario para la experiencia se efectuaba manualmente y para su estabilización a una altura constante se utilizaba el flujo continuo de agua desde un depósito inferior hasta el recipiente donde se efectuaba el contacto muestra-agua, este sistema provocaba bastantes problemas de estabilidad debido a las turbulencias generadas por el continuo aporte de agua.

35 Una evolución de aquel primitivo equipo se presentó en la patente nº 9702345. En esta patente se presentan como novedades metodológicas su capacidad para realizar otros ensayos (además de la absorción de agua por capilaridad), el control informático del nivel acuoso requerido para la realización de cada tipo de ensayo y una capacidad para obtener información adicional sobre las variables ambientales como la humedad relativa y la temperatura. Sin embargo, este sistema también presenta una serie de limitaciones, como por ejemplo el no permitir desarrollar ensayos de permeabilidad al vapor y permeabilidad a líquidos, no permitir un control exhaustivo y un mantenimiento adecuado de las variables ambientales de humedad y temperatura y un diseño de portamuestras nivelable basado en un anclaje magnético que no permite su uso con muestras pesadas.

### 40 Descripción de la invención

60 El sistema que se presenta aporta mejoras sustanciales en el desarrollo de las operaciones para la obtención de los niveles de fluido necesarios para la realización de todos los ensayos, la posibilidad de desarrollar medidas manteniendo la temperatura y la humedad relativa constante durante todo el tiempo que duren las mismas, gracias a un sistema de termostatación completamente automatizado y controlado por ordenador, el empleo de sensores de temperatura de mayor exactitud, la optimización de la cámara de muestras, la separación de los fluidos de termostatación e interacción, la utilización de un portamuestras nivelable de gran capacidad y la capacidad para desarrollar ensayos de permeabilidad al vapor y permeabilidad a líquidos.

## ES 2 259 898 B1

El sistema, por tanto está compuesto de diferentes subsistemas, los cuales a su vez están conformados por diversos dispositivos, que se esquematizan en las figuras 2 y 3, y que a continuación se detallan.

### *Subsistema de termostatación del fluido de interacción (1)*

5

Consta de los tres componentes siguientes:

#### *Depósito (1a)*

10

Consiste en una cubeta estanca en donde se situará el fluido de interacción con el que se desarrollará los ensayos.

#### *Dispositivos de termostatación (1b)*

15

Estos dispositivos son: un sistema de calentamiento (1b1) para adecuar la temperatura del fluido de interacción que se encuentre en el depósito (1a) al valor deseado para desarrollar el ensayo, y un sensor de temperatura (1b2) que permite conocer, en todo momento, la temperatura de dicho fluido de interacción y que actuará como elemento de detección de la situación de termostatación en el depósito.

#### *Dispositivos de homogenización térmica (1b3)*

20

Consiste en un conjunto de sistemas de bombeo que generan el movimiento del fluido de interacción existente en el depósito (1a) en todas las direcciones del espacio, consiguiéndose de esta forma la homogenización térmica de dicho fluido en todo su volumen.

25

### *Cámara de muestras y baño térmico (2)*

Se compone de:

#### *Cámara de muestras (2a)*

30

La interacción muestra-fluido de interacción se debe producir en una cámara cerrada, en la que se minimice el intercambio de materia y energía con el exterior. La cámara consta de dos partes, una parte aérea (2a1) donde van situados los sensores de control y una parte semisumergida (2a2) dentro del baño térmico (2b) y rodeada del líquido de termostatación que en él se haya introducido. Ambas partes de la cámara se muestran en la figura 4.

35

#### *Baño térmico (2b)*

40

Es un dispositivo en cuyo interior va semisumergida la cámara de muestras en la que se producirá la interacción muestra-fluido de interacción. Este baño térmico incluye un sistema de termostatación (figura 3), compuesto por un sistema de calentamiento (2b1), un sensor de temperatura (2b2) y un sistema de recirculación de fluido (2b3). En su interior se sitúa un líquido de termostatación, no necesariamente igual al fluido de interacción y que habitualmente puede ser agua, que se debe mantener a la temperatura a la que se desee desarrollar el ensayo y que será la misma a la que se ha termostatizado el fluido de interacción presente en el depósito (1a).

45

#### *Sensores del sistema (2b3)*

50

En el interior de la cámara de muestras se sitúan los sensores necesarios para el control y el funcionamiento del sistema. Estos son: sensor de temperatura (2c1), sensor de humedad (2c2), para el caso de que el fluido de interacción sea agua, y dos sensores de nivel (2c3 y 2c4). Los dos primeros, conectados al subsistema informatizado de medición y control (7), permiten conocer en todo momento las condiciones ambientales en el interior de la cámara de muestras (2a), al objeto de mantener una estabilidad mejor del 5%. Los sensores de nivel permiten controlar el nivel de fluido de interacción en función del tipo de ensayo a realizar; el situado a un nivel más bajo (2c3) cercano al fondo de la cámara (2a) se utiliza en el ensayo de sorción de vapor, y otro a un nivel más alto (2c4), cercano a la parte superior de la cámara de muestras (2a) que se utiliza en el ensayo de inmersión total.

55

### *Subsistema para el trasvase del fluido de interacción (3)*

Sus componentes se pueden clasificar en dos grupos:

60

#### *Elementos para el llenado de la cámara de muestras (3a)*

65

Son los elementos fluidomecánicos necesarios para traspasar el fluido de interacción desde el depósito (1a) hacia la cámara de muestras (2a). Esta operación se consigue con un sistema de bombeo de bajo caudal (3a1) y una electroválvula (3a2) para asegurar la estanqueidad del sistema.

## ES 2 259 898 B1

### *Elementos para el vaciado de la cámara de muestras (3b)*

5 Son los elementos necesarios para desalojar el fluido de interacción introducido en la cámara de muestras (2a) una vez concluido el ensayo. Estos elementos son un sistema de bombeo (3b1) y una electroválvula (3b2) para asegurar la estanqueidad del sistema.

### *Subsistema electrónico de control (4)*

10 El subsistema electrónico de control (figuras 3 y 5), se divide a su vez en los dos sub-sistemas siguientes:

#### *Subsistema electrónico de control de dispositivos (4a)*

15 Este subsistema engloba a los componentes electrónicos necesarios para el control de los diversos dispositivos que componen el sistema. Se pueden distinguir dos partes dentro de este subsistema:

- 20 • Un conjunto de dispositivos electrónicos que permiten el control encendido/apagado de los diversos componentes eléctricos del sistema por medio del elemento informatizado de medición y control (7). Este conjunto de dispositivos consiste en un módulo para la adquisición y control de señales (4a1) que debe contener un convertor digital-analógico de al menos 8 bits de resolución y una interfase de control de potencia (4a2) que incorpora cinco o más dispositivos todo/nada que controlarán qué componente del sistema será conectado o desconectado. Estos dispositivos deben poder controlar cargas de hasta 250 Voltios y 6 Amperios.
- 25 • Un segundo conjunto de dispositivos electrónicos (4a3) que comprende 5 o más dispositivos todo/nada, controlados por los dispositivos de la interfase de control de potencia (4a2), que controlan la alimentación, es decir, tensión y corrientes necesarias para cada componente del sistema. Estos dispositivos deben poder controlar cualquier tipo de tensión que no supere 6 Amperios de intensidad.

30 El control de todos estos dispositivos se desarrolla por medio del subsistema informatizado de medición y control (7).

#### *Subsistema de adquisición de datos (4b)*

35 Este subsistema esta compuesto por:

- 40 • Un convertor analógico/digital (4b1) para la medida de la señal generada por los sensores del sistema (1b2, 2b2, 2c1, 2c2, 2c3 y 2c4), que será registrada por el elemento informatizado de medición y control (7). Este convertor analógico/digital debe poseer una resolución mínima de 12 bits y un tiempo de conversión inferior a 35 microsegundos.
- 45 • Un sistema electrónico (4b2) para la detección de la señal emitida por los sensores con al menos 6 canales analógicos de entrada con capacidad para la adecuación de la señal mediante la adaptación al nivel de voltaje requerido para su medida y su filtraje para la eliminación de señales espurias.

### *Elementos portamuestras (5)*

50 Se han diseñado cuatro tipos de portamuestras para el sistema instrumental que se muestran en las figuras 6-9, uno específico para las medidas de permeabilidad al vapor (5a), otro específico para las medidas de absorción capilar (5b), otro específico para la medida de permeabilidad a líquidos (5c) y, por último, otro genérico para el resto de las medidas (5d). Además de los portamuestras indicados, se ha diseñado un elemento de anclaje (5e), mostrado en la figura 10, para el anclaje de cualquiera de los portamuestras indicados al sistema de pesada (6).

55 El portamuestras para permeabilidad al vapor (5a) debe cumplir un requisito primordial, que es que la muestra debe quedar situada como único camino de paso entre dos presiones de vapor, una a alta y otra baja, del fluido de interacción. Se ha diseñado en forma de un recipiente cúbico (5a1) en cuyo interior se depositará una sustancia desecante y una tapadera con una oquedad que será tapada por una laja del material a estudiar. A fin de adaptarse a las diferentes secciones de la muestra a estudiar, una tapadera tiene la morfología de la oquedad cuadrada (5a2) y otra tiene morfología circular (5a3).

60 El portamuestras específico para la medida de absorción capilar (5b) debe cumplir un requisito de vital importancia, cual es que la superficie de la muestra que se pone en contacto con el fluido de interacción debe estar totalmente horizontal. Por esta razón el portamuestras dispone de un sistema para el nivelado de las muestras mediante la alteración del paralelismo entre dos planos de sustentación: el plano superior (5b1) y el plano inferior (5b2). Ambos planos están unidos mediante tres separadores de dimensión variable (5b3), cuya modificación triangulada hace alterar el paralelismo entre los planos (5b1) y (5b2). Por su parte, la sujeción de la muestra se efectúa mediante el conjunto de garras ajustables (5b4).

## ES 2 259 898 B1

El portamuestras para permeabilidad a líquidos (5c) cumple, como requisito primordial, que la muestra queda situada como único camino de paso entre dos zonas del líquido que están sometidas a diferente presión hidrostática, generándose de esta forma la fuerza necesaria para que se produzca el transporte de fluido a través de los poros del material. Para ello la muestra debe sujetarse al fondo del portamuestras mediante las garras 5c1, asegurando la estanqueidad del sistema por medio de una junta tórica (5c2), situada en la base del portamuestras.

El portamuestras genérico para el resto de medidas (5d) está diseñado para minimizar el contacto soporte-muestra para que la interacción entre la disolución acuosa y la muestra objeto de estudio sea máxima. Este portamuestras consta de tres garras ajustables (5d1) para asegurar la sujeción de la muestra.

Además de los portamuestras descritos, en el sistema se ha diseñado un conjunto de elementos de anclaje (5e), con diferentes longitudes, para el anclaje de los portamuestras (5a), (5b), (5c) y (5d) al sistema de pesada (6), quedando de esta forma el conjunto muestra-portamuestras suspendido del sistema de pesada.

### Subsistema de pesada (6)

Como subsistema de pesada se utiliza una balanza o una célula de carga, con capacidad de ser controlada por ordenador y con capacidad de medir por suspensión. La capacidad máxima y precisión de este elemento es dependiente del tipo de proceso que se vaya a realizar y del tipo de muestras que se vayan a estudiar.

### Subsistema informatizado de medición y control (7)

El subsistema informatizado de medición y control (7) consiste en un ordenador (7a) capaz de procesar las entradas y salidas de información, y el sub-elemento compuesto por sentencias organizadas según un criterio lógico de operación y cuyo conjunto constituye el software de control (7b).

Todos los subelementos necesarios para el control de dispositivos (4a) y para la adquisición de datos (4b) están bajo el control del software de control (7b) que, mediante su lógica estructurada, maneja la información requerida para:

- controlar el llenado de la cámara de muestras (2a) hasta el nivel necesario para desarrollar cualquiera de los ensayos citados anteriormente, utilizando los elementos electrónicos para el control de dispositivos (4a) que controlarán los subelementos para el llenado de la cámara de muestras (3a),
- controlar la temperatura a la cual se desarrollarán las medidas de las propiedades de sorción, mediante el control de: (\*) el dispositivo de termostatación del fluido de interacción (1b), mediante el encendido/apagado del sistema de calentamiento (1b1) y la medida de la señal proporcionada por el sensor de temperatura (1b2) y (\*\*\*) del baño térmico (2b) mediante el encendido/apagado del sistema de calentamiento (2b1) y la medida de la señal proporcionada por el sensor de temperatura (2b2) y un sistema de recirculación (2b3),
- registra los valores de las variables de interés de los ensayos, es decir, tiempo y masa, así como de las variables ambientales en el interior de la cámara de muestras (2a), suministradas por el sensor de temperatura (2c1) y el de humedad relativa en el caso de que el fluido de interacción sea agua (2c2),
- componer una lista de datos con la medida de la evolución de masa de la muestra, los valores de tiempo, y los valores de las variables ambientales,
- guardar en un soporte de almacenamiento masivo, mediante el adecuado procedimiento informático, toda la información generada,
- representar gráficamente y numéricamente los resultados obtenidos con el fin de ser fácilmente accesibles para el usuario.
- controlar el vaciado de la cámara de muestras una vez concluido el ensayo, utilizando los elementos electrónicos para el control de dispositivos (4a) que controlarán los subelementos para el vaciado de la cámara de muestras (3b).

### Descripción de las figuras

Figura 1.- Esquema de las posibles interacciones entre un material y un fluido que genera las seis posibles medidas de propiedades de sorción citadas anteriormente.

Figura 2.- Esquema general del sistema. Disposición de los distintos dispositivos elementos que conforman el sistema. Se aprecian los siguientes componentes:

## ES 2 259 898 B1

### (1) Subsistema de termostatación del fluido de interacción

(1a) Depósito de fluido de interacción

(1b) Dispositivos de termostatación

(1b1) Sistema de calentamiento

(1b2) Sensor de temperatura

(1b3) Dispositivos de homogeneización térmica

### (2) Elemento cámara de muestras y baño térmico

(2a) Cámara de muestras

(2b) Baño térmico (en la figura 3 se detallan sus componentes internos)

(2c) Sensores del sistema

(2c1) Sensor de temperatura

(2c2) Sensor de humedad

(2c3) Sensor de nivel

(2c4) Sensor de nivel

### (3) Subsistema para el trasvase del fluido de interacción

(3a) Elementos para el llenado de la cámara de muestras

(3a1) Sistema de bombeo de bajo caudal

(3a2) Electroválvula

(3b) Elementos para el vaciado de la cámara de muestras

(3b1) Sistema de bombeo

(3b2) Electroválvula

### (4) Subsistema electrónico de control

(4a) Subsistema electrónico de control de dispositivos

(4b) Subsistema de adquisición de datos

### (5) Elementos portamuestras

### (6) Subsistema de pesada

### (7) Subsistema informatizado de medición y control

(7a) Ordenador

(7b) Software de control



## ES 2 259 898 B1

Figura 3.- Vista posterior del sistema mostrando la disposición de los componentes internos del baño térmico y uno de los dispositivos electrónicos de control. En la figura se marcan los siguientes componentes:

- 5 (2) Elemento cámara de muestras y baño térmico
  - (2a) Cámara de muestras
  - (2b) Baño térmico
    - 10 (2b1) Sistema de calentamiento
    - (2b2) Sensor de temperatura
    - (2b3) Dispositivos de homogeneización térmica
- 15 (1) Subsistema de termostatación del fluido de interacción
  - (1b1) Sistema de calentamiento
  - 20 (1b2) Sensor de temperatura
  - (1b3) Dispositivos de homogeneización térmica
  - 25 (4a3) Dispositivos electrónicos de control de alimentación.

Figura 4.- Esquema de la parte sumergida y de la parte aérea de la cámara de muestras.

- 30 (2a) Cámara de muestras
  - (2a1) Parte aérea de la cámara de muestras.
  - (2a2) Parte sumergida de la cámara de muestras.

Figura 5.- Esquema general del subsistema electrónico de control y de los subelementos que lo conforman.

- 40 (4) Subsistema electrónico de control
  - (4a) Subsistema electrónico de control de dispositivos
    - (4a1) Módulo para la adquisición y control de señales
    - 45 (4a2) Interfase de control de potencia
  - (4b) Subsistema de adquisición de datos
    - (4b1) Conversor analógico/digital
    - 50 (4b2) Sistema electrónico para el registro de la señal de los sensores

- 55 (7) Subsistema informatizado de medición y control

Figura 6.- Esquema del elemento portamuestras para el ensayo de permeabilidad al vapor.

- 60 (5a) Portamuestras de permeabilidad al vapor
  - (5a1) Depósito de la materia desecante
  - (5a2) Tapadera de adaptación para muestra de sección cuadrada
  - 65 (5a3) Tapadera de adaptación para muestra de sección circular

## ES 2 259 898 B1

Figura 7.- Esquema del elemento portamuestras específico para ensayos de absorción capilar.

- (5b) Portamuestras nivelable
  - (5b1) Plano superior de nivelación.
  - (5b2) Plano inferior de nivelación.
  - (5b3) Tornillos de ajuste interplanar.
  - (5b4) Garras de sujeción ajustables.

Figura 8.- Esquema del elemento portamuestras específico para ensayos de permeabilidad a líquidos.

- (5c) Portamuestras de permeabilidad al líquido.
  - (5c1) Garras de sujeción.
  - (5c2) Junta tórica de estanqueidad.

Figura 9.- Esquema del elemento portamuestras genérico para el resto de las medidas de propiedades de sorción.

- (5d) Portamuestras de uso general
  - (5d1) Garras de sujeción ajustables.

Figura 10.- Esquema de uno de los elementos de acoplamiento entre el portamuestras y la balanza.

- (5e) Elemento tipo de acoplamiento portamuestras-balanza.

### Modo de trabajo de la invención

Para la realización de las medidas de las propiedades de sorción que permite el sistema que aquí se presenta, se sigue un determinado procedimiento que a continuación se describe. Los pasos que se han de llevar a cabo son los mismos para todas las medidas aunque con pequeñas variaciones. Se expondrán los pasos de forma genérica, concretándose en detallar las variaciones que se produzcan en función del tipo de medida a desarrollar.

Los pasos generales que conlleva el procedimiento que se expone son los siguientes:

#### Paso 1

*Establecimiento de la temperatura a la que se desea realizar la medida, efectuando el control térmico del sistema*

Para establecer la temperatura a la que se desarrollará una determinada medida se ha de controlar diversos dispositivos a través del subsistema informatizado de control (7). Para establecer la temperatura de ensayo se ha de establecer la misma temperatura para el fluido de interacción con el que se desarrollará la medida y que se sitúa en el depósito (1a), y para el líquido de termostatización que se coloca dentro del baño térmico (2b) y que rodeará a la cámara de muestras (2a).

Para establecer la temperatura en el fluido de interacción se desarrolla el siguiente proceso. Una vez establecida la temperatura de trabajo en el software de control (7b) este desarrollará los pasos necesarios para conectar, por una parte, el dispositivo de termostatización situado en el depósito termostatizado (1b), que se compone de un sistema de calentamiento (1b1) y de un sensor de temperatura (1b2), y por otra parte, el dispositivo de homogeneización térmica (1b3), por medio del subsistema electrónico de control de dispositivos (4a), que conecta las líneas 0/1 de alimentación en la interfase de control de potencia (4a2) necesarias para conectar los dispositivos citados anteriormente. Esta interfase controla la alimentación final de los elementos a conectar al controlar los dispositivos de alimentación adecuados situados en el subsistema electrónico de alimentación (4a3).

Una vez conectados estos elementos, el software de control (7b) evalúa los valores generados por el sensor de temperatura (1b2) hasta que se alcance la temperatura deseada. Los valores de temperatura se registran en un canal del sistema electrónico de registro (4b2) y es transformado por el convertidor A/D (4b1) a una señal registrable por el software de control (7b).

## ES 2 259 898 B1

De forma paralela al procedimiento descrito anteriormente, se ha de conseguir que el líquido de termostatación situado en el baño térmico (2b) alcance la temperatura de trabajo. Para ello se conectan el sistema de calentamiento (2b1), el sensor de temperatura (2b2) y el sistema de homogeneización térmica (2b3) que se sitúan en el baño térmico (2b), y se evalúa los valores del sensor de temperatura. La conexión de estos dispositivos se desarrolla directamente desde el subsistema informatizado de control (7), así como el registro de los datos generados por el sensor de temperatura (2b2).

### Paso 2

#### 10 *Colocación de la muestra en la cámara*

Para colocar la muestra dentro de la cámara es necesario utilizar uno de los portamuestras en función de la medida que se desee desarrollar.

- 15 • Para medidas de permeabilidad al vapor se utiliza el portamuestras específico diseñado para dicho ensayo (5a), utilizando una laja de material a modo de tapadera de la oquedad del correspondiente elemento (5a2) o (5a3).
- 20 • Para la medida de absorción por capilaridad se utiliza el portamuestras específico diseñado para dicho ensayo (5b), procediendo previamente a: (\*) rectificar mecánicamente una cara de la muestra que será la que efectúe el contacto físico con el fluido de interacción, (\*\*) sujetar, mediante las garras (5b4), la muestra en el portamuestras de forma que la cara rectificadora quede en la parte inferior y (\*\*\*) regular con los tornillos (5b3), que controlan el plano de suspensión del portamuestras, la horizontalidad de dicha cara rectificadora hasta conseguir que esté lo más horizontal que sea posible.
- 25 • Para la medida de permeabilidad a líquidos se utiliza el portamuestras específico diseñado para dicho ensayo (5c), sujetando una laja de la muestra mediante las garras (5c1).
- 30 • Para el resto de los ensayos se utiliza el portamuestras genérico (5d), sujetando la muestra mediante las garras (5d1).

Una vez la muestra queda colocada en el portamuestras, éste debe quedar suspendido del subsistema de pesada (6) utilizando para ello el elemento de anclaje (5e) de la longitud más adecuada para el experimento.

35 Todos los portamuestras minimizan el contacto muestra-soporte para que la interacción entre la muestra y el fluido de interacción sea eficiente en todos los casos.

### Paso 3

#### 40 *Establecimiento del nivel del fluido de interacción en la cámara de muestras, requerido para la medida a desarrollar*

Las condiciones del fluido de interacción dependen del tipo de medida a desarrollar, por esta razón a continuación se describirá la forma de establecer el nivel de fluido necesario para cada tipo de ensayo.

#### 45 Paso 3.1

##### *Ensayo de absorción por capilaridad*

50 El primer paso consiste en comenzar a llenar la cámara de muestras, para ello el subsistema informático de control (7) establecerá la comunicación con el módulo de control de señales (4a1) el cual se comunicará, dando las órdenes adecuadas, a la interfase de control de potencia (4a2), ésta a su vez permitirá la alimentación de los dispositivos para el llenado de la cámara de muestras, a través de los dispositivos electrónicos de control de alimentación (4a3). Los dispositivos a conectar son un sistema de bombeo (3a1) y una electroválvula (3a2).

55 Una vez que se comienza a llenar la cámara de muestras, es necesario detectar el nivel deseado del fluido de interacción. Para este ensayo el nivel del fluido debe ser el mismo que el nivel inferior de la muestra que corresponde con la cara previamente rectificadora. Para conseguir este propósito se usa como sensor de nivel la alteración que muestra el sistema de pesada (6) cuando se produce el contacto del fluido de interacción con la muestra. La alteración de peso mostrada por el sistema de pesada (6) se detecta a través de los datos que registra el subsistema informatizado de control (7) directamente del subsistema de pesada (6), evaluando cuando se produce una variación brusca en los datos obtenidos. De esta forma el contacto muestra-fluido actúa como un sensor lógico de nivel.

65 Una vez conseguido el nivel de fluido deseado, el subsistema informatizado de control (7) dará las órdenes al subsistema electrónico de control de dispositivos (4a) para detener la alimentación de los dispositivos de llenado de la cámara de muestras, es decir el sistema de bombeo (3a1) y la electroválvula (3a2). El procedimiento de trabajo es el mismo que el citado anteriormente, es decir el subsistema informatizado de control (7) suministra al módulo de control de señales (4a1) la orden de desconexión de los dispositivos para el llenado de la cámara de muestras (2a), a su vez este módulo (4a1) transmite la información a la interfase de control de potencia (4a2) y, por último, ésta se

## ES 2 259 898 B1

comunica con el dispositivo electrónico de alimentación (4a3) que desconecta los dispositivos para el llenado (3a) de la cámara (2a).

### Paso 3.2

#### *Ensayo de absorción por inmersión total*

Para este ensayo la muestra debe estar totalmente sumergida en el fluido de interacción. Para ello se procede al llenado de la cámara de muestras (2a) mediante el mismo procedimiento descrito en el caso anterior, pero utilizando el sensor de nivel superior (2c4) como detector del nivel de llenado de la cámara (2a) con el fluido de interacción.

Este sensor estará situado a la altura adecuada para que toda la muestra quede sumergida en la disolución acuosa durante todo el tiempo que dure el ensayo. El modo de realizar este proceso es el siguiente: una vez que la cámara se está llenando, el subsistema informatizado de control (7) activa mediante el sistema electrónico de control de dispositivos (4a) la alimentación sensor de nivel (2c4) al tiempo que el subelemento de adquisición de datos (4b) va registrando los datos suministrados por el sensor. Estos datos se comunican al subsistema informatizado de control (7) que los evalúa hasta detectar una variación brusca en los mismos, que implica que se ha obtenido el nivel deseado del fluido de interacción. El procedimiento para registrar los valores del sensor de nivel es: se registran en un canal del sistema electrónico de registro (4b2) en donde la señal se filtra, posteriormente es transformado por el convertidor A/D (4b1) a una señal digital registrable por el software de control (7b).

Al igual que en el caso anterior el subsistema informático (7) dará las ordenes para detener la alimentación a los dispositivos de llenado (3a), así como al sensor de nivel (2c4), una vez se ha alcanzado el nivel acuoso deseado.

### Paso 3.3

#### *Ensayo de sorción de vapor*

Para este ensayo la cámara de muestras debe contener una cantidad de líquido de interacción tal que no llegue a estar en contacto con la muestra. Para ello se procede al llenado de la cámara de muestras (2a) mediante el mismo procedimiento descrito en el caso anterior, pero utilizando el sensor de nivel inferior (2c3) como detector del nivel de llenado de la cámara (2a) con el fluido de interacción.

El control del proceso para obtener el nivel de fluido requerido es equivalente al descrito anteriormente, pero en este caso se alimenta el sensor de nivel inferior (2c3) y se registran los datos suministrados por dicho sensor, utilizándose un canal diferente del sistema electrónico de registro de datos (4b2), que lo transmite al convertidor A/D (4b1), el cual, una vez ha convertido el valor en un dato digital, lo transfiere al subsistema informatizado de control (7) y al software de control (7b). Cuando éste (7b) detecta una variación brusca en los datos que genera este sensor (2c3), se detiene la alimentación de los sistemas de llenado (3a1 y 3a2) y del sensor de nivel (2c3) y se considera que se ha obtenido el nivel acuoso deseado.

### Paso 3.4

#### *Ensayo de desorción de vapor*

Para este ensayo, la cámara de muestras debe estar vacía, por lo que en este caso el establecimiento del nivel de fluido deseado es obviado.

### Paso 3.5

#### *Ensayo de permeabilidad al vapor*

El ensayo de permeabilidad al vapor que se puede desarrollar con este sistema instrumental es conocido como ensayo de cámara húmeda, lo cual significa que dentro de la cámara de muestras se debe introducir la cantidad de fluido de interacción suficiente para que se genere una alta presión de vapor en su interior, mientras que en el portamuestras específico para este tipo de ensayos (5a) se introduce una cantidad controlada de una sustancia absorbente del vapor del fluido de interacción, de forma que se genere una presión de vapor relativa lo más baja posible. En estas condiciones de presiones de vapor del fluido de interacción, una laja de la muestra se coloca en la adecuada tapadera (5a2) o (5a3), de forma que ésta sea el único camino de paso entre ambas atmósferas. Cuando se trabaja con agua como fluido de interacción, es posible utilizar disoluciones salinas específicas que generan humedades relativa externas controladas y diferentes del 100%.

Puesto que el requisito indicado para este ensayo es introducir en la cámara de muestras (2a) una cantidad del fluido de interacción que genere una alta presión de vapor, pero sin que se produzca una interacción directa entre el fluido condensado y la muestra o el soporte, el procedimiento de establecer el nivel acuoso es exactamente el mismo que para el ensayo de sorción de vapor de agua (descrito anteriormente), pues el requisito a cumplir es el mismo.

## ES 2 259 898 B1

### Paso 3.6

#### *Ensayo de permeabilidad a líquidos*

5 Partiendo de la muestra saturada del fluido de interacción, colocada en el portamuestras específico diseñado para este ensayo (5c) con una cantidad controlada de fluido de interacción en el mismo y colgada del sistema de pesada (6) por medio de los elementos de anclaje (5e), se procede a desarrollar los mismos pasos que se han descrito para el ensayo de absorción capilar. Una vez establecido el contacto del líquido de interacción con la cara inferior de la muestra estudiada, se generan entre la cara superior y la inferior de la muestra un gradiente de presiones hidrostáticas con lo que se producirá el transporte del fluido de interacción a través del material.

### Paso 4

#### *Medida de la propiedad de sorción*

15 La medida de la propiedad de sorción que se desea estudiar implica la medición de la variación de masa con respecto al tiempo, por lo que en este paso se ha de registrar los datos de masa de la muestra en función del tiempo una vez que se ha establecido el nivel de fluido de interacción adecuado. Para ello, el subsistema informatizado de control (7) reconoce los intervalos de tiempo prefijados por el usuario, recogiendo los datos seleccionados los cuales son salvados en un soporte de almacenamiento masivo que incorpora el subsistema informatizado de control (7).

20 Para tomar datos de masa de la muestra, el subsistema de control (7) se comunica con el subsistema de pesada (6), leyendo el valor suministrado por éste último.

25 En el mismo momento, el subsistema de control toma el dato suministrado por el sensor de presión de vapor relativa (2c2) a través de uno de los canales que incorpora el sistema electrónico (4b2), éste transmite el dato al conversor A/D (4b1) que lo transforma a digital y lo transfiere al subsistema informatizado de control (7).

30 De la misma forma, se registran los datos suministrados por el sensor de temperatura (2c1) a través de otro de los canales que incorpora el subelemento electrónico (4b2), y este lo transmite al conversor A/D (4b1) que lo transforma en un dato digital, siendo transferido de esta forma al subsistema informatizado de control (7).

35 La elaboración de los intervalos a los que se debe efectuar la toma de los diferentes datos está controlada por el subsistema informatizado de control (7), puesto que incorpora un contador de tiempo y desarrolla las operaciones necesarias para obtener un valor de tiempo de ensayo real.

40 De esta forma, a cada tiempo de adquisición de datos se genera un conjunto de datos que incluye valores de tiempo, masa, presión de vapor relativa y temperatura, generándose al final de la medida una matriz de orden  $[nx4]$ , donde n es el número total de datos registrados.

El subsistema informático de control (7) visualiza los valores obtenidos de las variables de interés (masa, temperatura y presión de vapor relativa) frente al tiempo durante todo el ensayo permitiendo observar la evolución del mismo.

### 45 *5 Finalización de la medida*

Una vez decidido que se ha llegado al final del proceso de interacción, el subsistema informatizado de control (7) desarrolla los pasos necesarios para proceder al vaciado de la cámara de muestras (2a) en aquellas experiencias que han requerido su llenado.

50 Para vaciar la cámara de muestras (2a), el subsistema informatizado de control (7) suministra las órdenes necesarias al sistema electrónico de control de dispositivos (4a) para alimentar los dispositivos fluidomecánicos, el sistema de bombeo (3b1) y la electroválvula (3b2). Una vez finalizado el proceso de vaciado se genera la información necesaria, por medio del sistema informático de control, para detener la alimentación de ambos dispositivos fluidomecánicos. El procedimiento que sigue el sistema para desarrollar esta operación es análogo al descrito anteriormente para la desconexión de los elementos de llenado, pero desconectando del sistema electrónico de alimentación (4a3) los dispositivos todo/nada correspondientes al sistema de bombeo (3b1) y a la electroválvula (3b2) que se utilizan para el vaciado de la cámara (2a).

60

65

# ES 2 259 898 B1

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, cuya instrumentación comprende:
- a) Un subsistema de termostatación del fluido de interacción, con el que se van a desarrollar los ensayos a una temperatura constante.
  - 10 b) Una cámara de muestras que se incorpora a un baño térmico y en la que se sitúan una serie de sensores que permiten conocer en todo momento las condiciones ambientales y el nivel del fluido de interacción.
  - c) Un subsistema para el trasvase del fluido de interacción desde el depósito termostatación a la cámara de muestras, o para el vaciado de ésta, así como las tuberías necesarias para la circulación de dicho fluido.
  - 15 d) Un subsistema electrónico para el control de la alimentación eléctrica de todos los dispositivos y para la adquisición de datos generados por los sensores que incorpora el sistema.
  - e) Dispositivos portamuestras para cada tipo de ensayo específicamente diseñados para no distorsionar las medidas.
  - 20 f) Un subsistema de pesada.
  - g) Un subsistema informatizado de medición y control.
- 25 2. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el subsistema de termostatación del fluido de interacción comprende un depósito, donde se situará el fluido de interacción con el que se desarrollarán los ensayos, un dispositivo de calentamiento y otro de detección de la temperatura a la que se encuentra el fluido en cada momento, y un conjunto de sistemas de bombeo, que generan el movimiento del fluido introducido en el depósito, para obtener la homogeneización térmica de la disolución acuosa en todo su volumen.
- 30 3. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el baño térmico consiste en un dispositivo en cuyo interior se coloca la cámara de muestras en la que se producirá la interacción muestra-fluido de interacción, y que permite la termostatación de la misma.
- 35 4. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1 y 3, **caracterizado** porque el baño térmico incluye un sistema de termostatación compuesto por un sistema de calentamiento, un sensor de temperatura y un sistema de recirculación de fluido.
- 40 5. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1, 3 y 4 **caracterizado** porque en el interior de la cámara de muestras se encuentran un sensor de temperatura, un sensor de humedad y dos sensores de nivel que permiten controlar el nivel de fluido de interacción en función del tipo de ensayo a realizar.
- 45 6. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque la instrumentación del subsistema para el trasvase del fluido de interacción desde el depósito hacia la cámara de muestras comprende un sistema de bombeo de bajo caudal y una electroválvula.
- 50 7. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque la instrumentación del subsistema para el trasvase del fluido de interacción para el vaciado de la cámara de muestras comprende un sistema de bombeo y una electroválvula.
- 55 8. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el subsistema electrónico de control se divide a su vez en un subsistema electrónico de control de dispositivos y un subsistema de adquisición de datos.
- 60 9. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1 y 8, **caracterizado** porque para el encendido y apagado de los diversos componentes eléctricos del sistema, el subsistema electrónico de control de dispositivos dispone de un primer conjunto de dispositivos electrónicos que consiste en un módulo para la adquisición y control de señales que debe contener un convertor analógico/digital de al menos 8 bits de resolución y una interfase de control de potencia que incorpora cinco o más dispositivos todo/nada que controlarán qué componente del sistema será conectado o desconectado, y un segundo conjunto de dispositivos electrónicos compuesto por cinco o más sistemas todo/nada, controlados por la interfase de control de potencia, que controla la tensión y corrientes necesarias para cada componente del sistema.
- 65

## ES 2 259 898 B1

10. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1, 8 y 9, **caracterizado** porque para la adquisición de datos, el subsistema de adquisición de datos dispone de un conversor analógico/digital con una resolución mínima de 12 bits y un tiempo de conversión inferior a 35 microsegundos, para la medida de la señal generada por los sensores del sistema, que será registrada por el subsistema informatizado de medición y control, y un sistema electrónico para el registro de la señal emitida por los sensores con al menos 5 canales analógicos de entrada para la recepción de la señal, su adaptación y filtraje.

11. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el elemento portamuestras es intercambiable en función del ensayo a realizar.

12. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1 y 11, **caracterizado** porque el elemento portamuestras a utilizar para el ensayo de permeabilidad al vapor sitúa la muestra como único camino de paso entre dos atmósferas, una saturada de vapor del fluido interaccionante y otra con una presión de vapor mínima.

13. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1 y 11, **caracterizado** porque el elemento portamuestras a utilizar para el ensayo de absorción capilar dispone de un sistema para el nivelado de las muestras mediante la alteración del paralelismo de los planos.

14. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1 y 11, **caracterizado** porque el elemento portamuestras a utilizar para el ensayo de permeabilidad a líquidos sitúa a la muestra como único camino de paso entre dos zonas de líquido sometidas a diferente presión.

15. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicaciones 1 y 11, **caracterizado** porque el elemento portamuestras genérico minimiza el contacto soporte-muestra para que la interacción entre el fluido de interacción y la muestra objeto del estudio sea máxima.

16. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el subsistema de pesada está compuesto por una balanza con capacidad de ser controlada por ordenador y con capacidad de medir por suspensión.

17. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el subsistema informatizado de medición y control consiste en un ordenador capaz de procesar las entradas y salidas de información y un software de control que, mediante su lógica estructurada, maneja la información requerida para:

- controlar el llenado de la cámara de muestras hasta el nivel deseado para desarrollar cualquiera de los ensayos, utilizando los elementos electrónicos para el control de dispositivos que controlará el subsistema para el llenado de la cámara de muestras,
- controlar la temperatura a la cual se desarrollarán las medidas de las propiedades de sorción, mediante el control del subsistema de termostatación, compuesto por el sistema de calentamiento y un sensor de temperatura, y del baño térmico que se compone de un sistema de calentamiento, un sensor de temperatura y un sistema de recirculación,
- registra los valores de las variables de interés de los ensayos, es decir, tiempo y masa, así como de las variables ambientales suministradas por el sensor de temperatura y el de humedad relativa en el caso de que el fluido de interacción sea agua,
- componer una matriz de información con la medida de la propiedad a estudiar (la evolución de masa de la muestra), los valores de tiempo, y de las variables ambientales,
- guardar informativamente en un soporte de almacenamiento masivo toda la información generada,
- representar los resultados obtenidos con el fin de ser fácilmente accesibles para el usuario,
- controlar el vaciado de la cámara de muestras una vez concluido el ensayo, utilizando los elementos electrónicos para el control de dispositivos que controlarán los subelementos para el vaciado de la cámara de muestras.

18. Un procedimiento para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos que, haciendo uso de la instrumentación descrita en las reivindicaciones 1 a 17, se **caracteriza** por:

- a) las interacciones sólido-fluido se desarrollan de forma automática obteniéndose de forma controlada los niveles de fluido de interacción necesarios para cada ensayo por medio de diversos sensores lógicos de nivel y manteniéndose la muestra durante todo el tiempo que dure la experiencia en la posición en la que se genera la interacción que se está midiendo,

## ES 2 259 898 B1

b) la detección de la variable a estudiar en las medidas de propiedades de sorción se desarrolla de forma continua y automática durante la realización de las medidas,

5 c) las interacciones sólido-fluido se desarrollan en una cámara en la que se ha minimizado el intercambio de materia y energía con el exterior, con lo que es posible desarrollar las medidas de propiedades de sorción en condiciones controladas de temperatura y presión de vapor relativa, manteniéndose los valores de ambas variables constantes durante toda la experiencia.

10 19. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque el control térmico de todo el sistema se realiza de forma automatizada, pudiéndose desarrollar medidas a diferentes temperaturas, manteniéndose ésta constante durante toda la experiencia, por medio del control de la alimentación de dos sistemas de calentamiento, un sistema de homogeneización térmica, un sistema de recirculación y el registro y control de valores suministrados por diversos sensores de temperatura.

15 20. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque los niveles del fluido de interacción adecuados para desarrollar las medidas y el mantenimiento de los mismos constantes durante toda la experiencia, se realiza mediante el control de la alimentación de un sistema de bombeo y una electroválvula controladas por un sistema informático y por elementos electrónicos de control, todo ello de forma completamente automatizada.

20 21. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque los valores de las variables de interés durante toda la experiencia se obtienen por medio de un sistema informatizado de control que registra los valores suministrados por un sistema de pesada, así como los generados por diversos sensores, cuya señales son adaptadas mediante componentes electrónicos de adquisición de datos.

25 22. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque incorpora un conjunto de soportes para colocar las muestras que permite desarrollar las medidas de forma eficiente, y que queda suspendido del sistema de pesada con el fin de evaluar la variación de la masa durante el proceso objeto de estudio sin interactuar con él.

30 23. Sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque un soporte permite controlar el paralelismo entre la cara inferior de la muestra y el nivel de líquido con el que se realiza la experiencia por medio de un sistema de regulación en tres ejes.

35 24. Uso del sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, descrito en las reivindicaciones 1 a 17 para desarrollar medidas de permeabilidad al vapor.

40 25. Uso del sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, descrito en las reivindicaciones 1 a 17 para desarrollar la medida de absorción por capilaridad.

45 26. Uso del sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, descrito en las reivindicaciones 1 a 17 para desarrollar la medida de permeabilidad a líquidos.

50 27. Uso del sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, descrito en las reivindicaciones 1 a 17 para desarrollar la medida de sorción de vapor.

55 28. Uso del sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, descrito en las reivindicaciones 1 a 17 para desarrollar la medida de absorción por inmersión total.

60 29. Uso del sistema automatizado para el estudio de propiedades de transporte de fluidos en materiales porosos, descrito en las reivindicaciones 1 a 17 para desarrollar la medida de desorción.

55

60

65



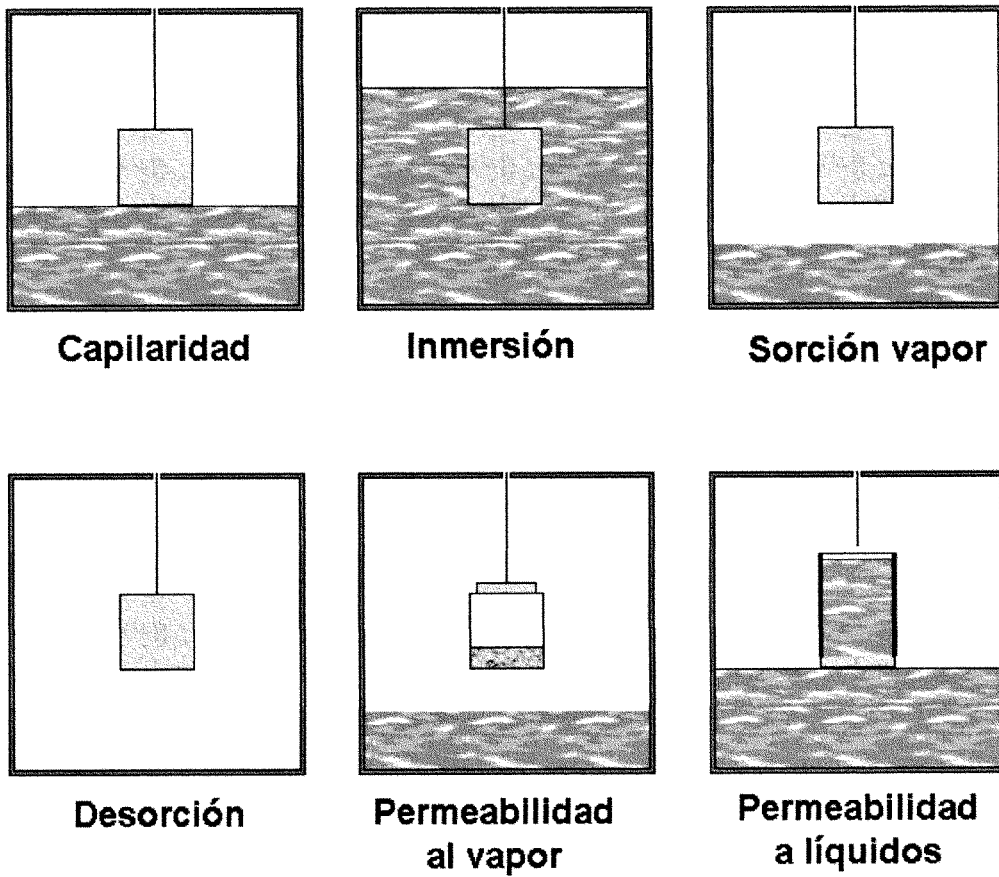


Figura 1

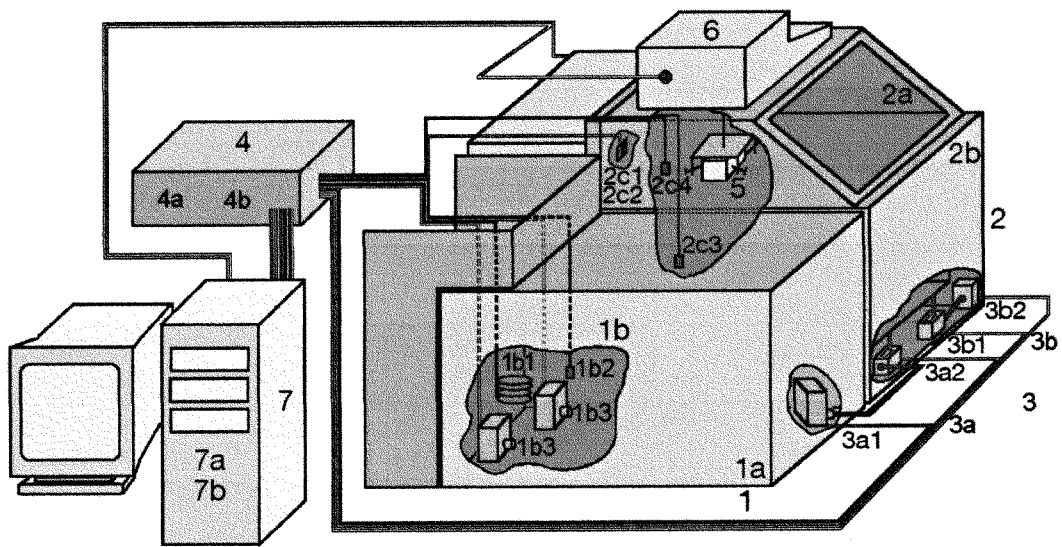


Figura 2

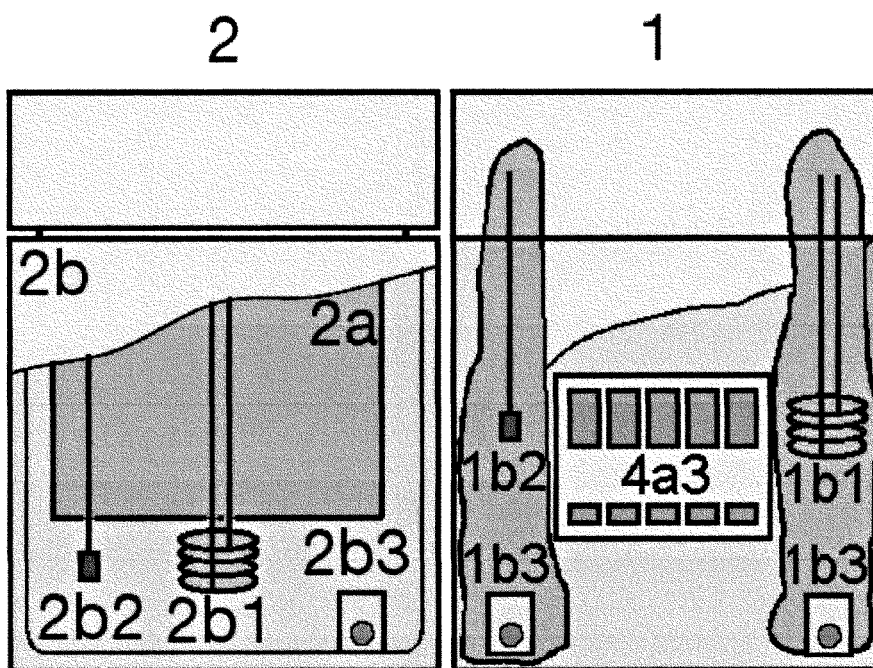


Figura 3

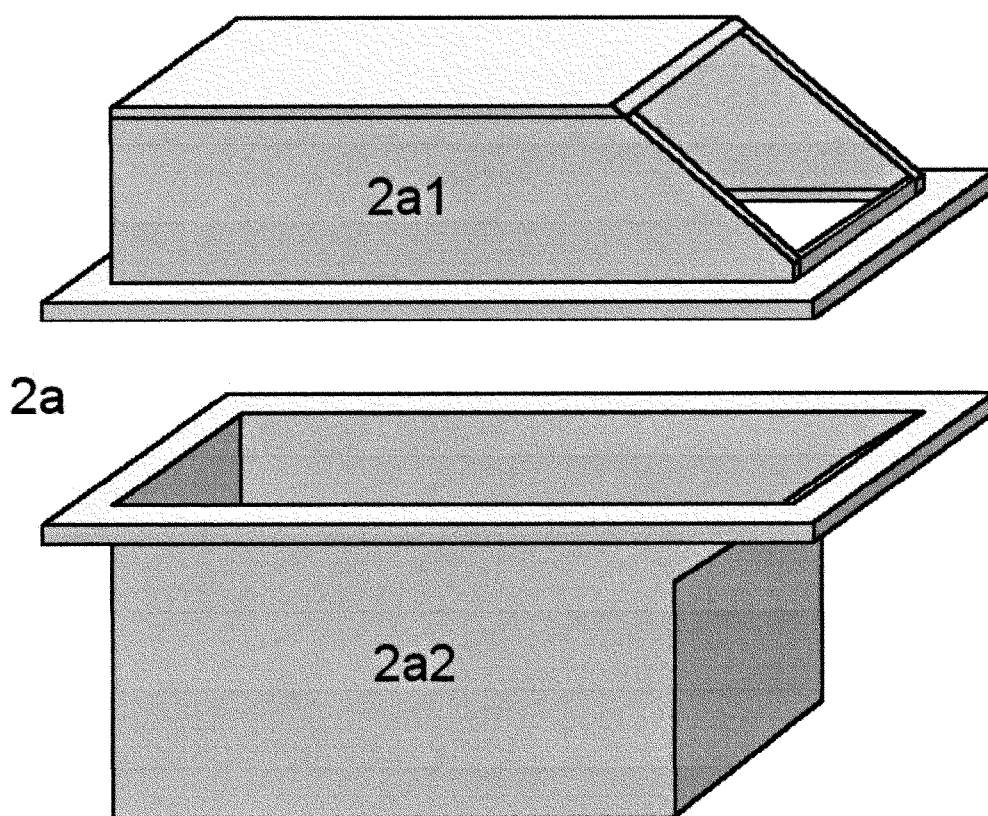


Figura 4

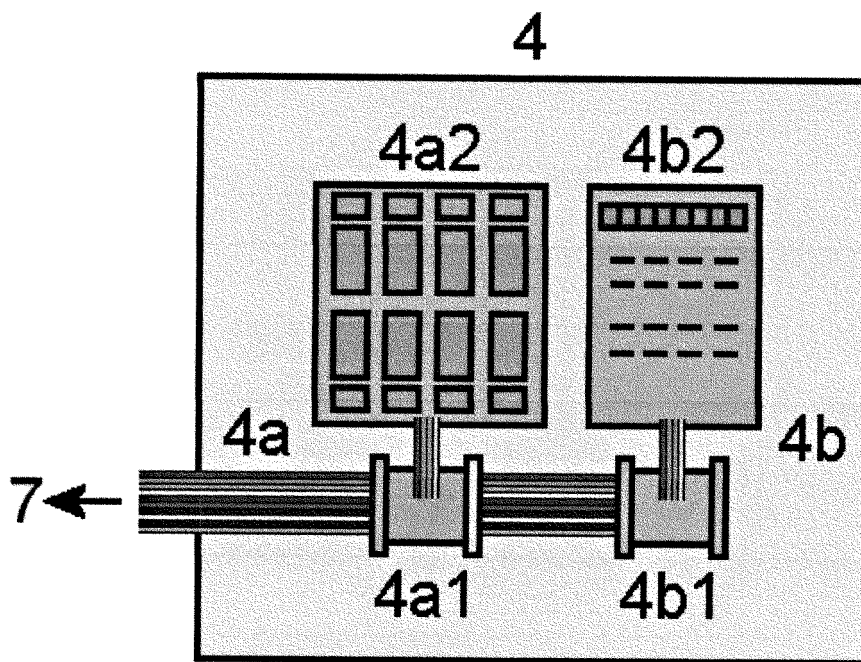


Figura 5

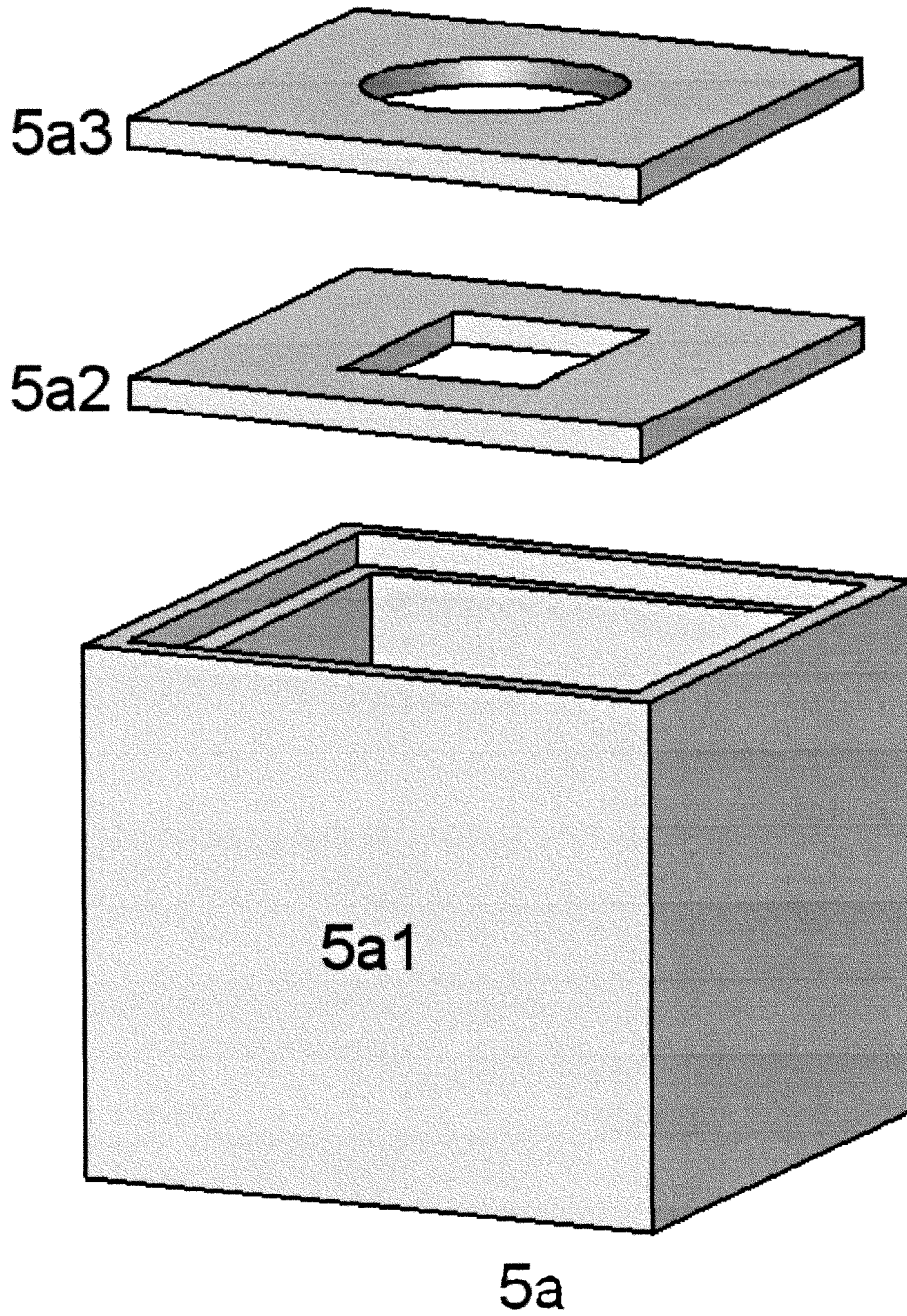


Figura 6

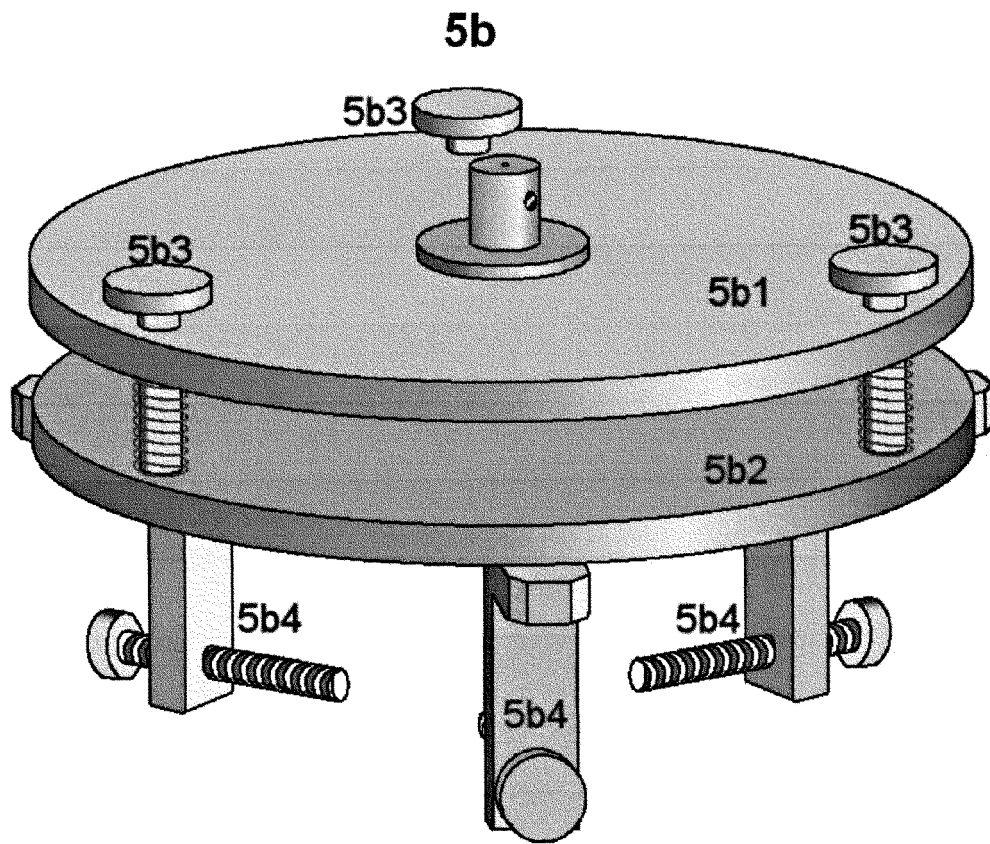


Figura 7

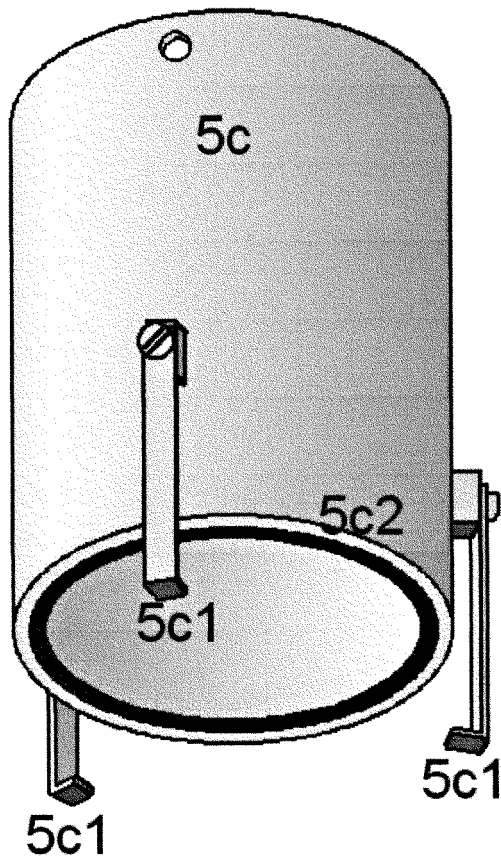


Figura 8



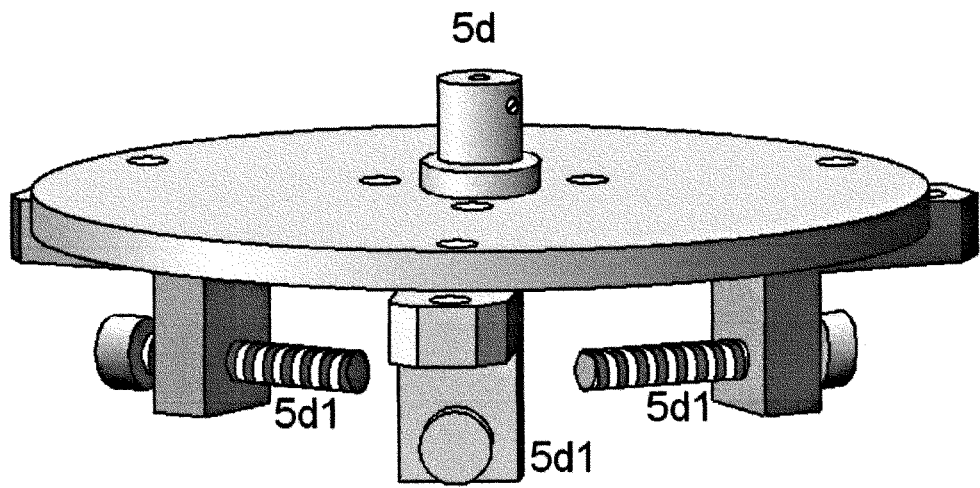


Figura 9

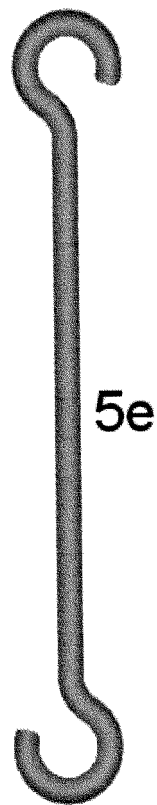


Figura 10



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 259 898

② Nº de solicitud: 200403049

③ Fecha de presentación de la solicitud: **22.12.2004**

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01N 5/02** (2006.01)  
**G05D 9/12** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A A A A	ES 2129374 B1 (MARTÍN ET AL) 01.06.1999, todo el documento.  ES 2123413 B1 (MARTÍN et al.) 01.01.1999, todo el documento.  WO 9627125 A1 (LAINE) 06.09.1996, página 3, líneas 8-35; página 5, línea 15-página 8, línea 28; figuras 3-6  US 2002162387 A1 (LAVALLEE et al.) 07.11.2002, párrafos [0027-0048]; figuras.	1-10,16-21,23,25,27-29 11-15,22,24,26  1-8,10-29  1-6,8-11,15-23,25,27-29  1-17,21-23,25,28

#### 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  
25.09.2006

Examinador  
P. Pérez Fernández

Página  
1/1