



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **1 061 747**

21 Número de solicitud: U 200501935

51 Int. Cl.
G01F 9/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación: **25.08.2005**

71 Solicitante/s:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
c/ Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **01.04.2006**

72 Inventor/es: **Durán Levrero, Pablo J.;
Chamorro Chamorro, Vanesa y
Fernández Luque, José Enrique**

74 Agente: **No consta**

54 Título: **Medidor de conductividad hidráulica xilemática.**

ES 1 061 747 U

DESCRIPCIÓN

Medidor de conductividad hidráulica xilemática.

5 Sector de la técnica

Agricultura. Fisiología Vegetal.

Estado de la técnica

10 Desde que comenzaron a utilizarse modelos de simulación en Biología, el interés por estudiar el transporte de la savia en el xilema (flujo axial) de plantas sometidas a condiciones diferentes ha ido en aumento.

Diversos autores han realizado medidas de conductividad hidráulica en diferentes órganos de la planta de numerosas especies, para esclarecer el significado funcional de las resistencias implicadas (Beckman CH, Keller JL. 1977. Vessels do end! Phytopatología 67, 954-956); *Laurus nobilis* (Salleo S, Nardini A, Pitt F, Lo Gullo MA. 2000. Xylem cavitation and hydraulic control of stomatal conductance in Laurel (*Laurus nobilis* L.). Plant, Cell and Environment 23, 71-79; Salleo S, Lo Gullo MA, DePaoli D, Zippo M. 1996. Xylem recovery from cavitation-induced embolism in young plants of *Laurus nobilis*: A possible mechanism. New Phytologist 132, 47-56); *Olea europaea* (Salleo S, Lo Gullo MA. 1983. Water transport pathways in nodes and internodes of 1-year-old twigs of *Olea Europaea* L. Giornale Botanico Italiano 117, 63-74); *Acer saccharum* (Sperry JS, Donnelly JR, Tyree MT. 1988. Seasonal occurrence of xylem embolism in Sugar maple (*Acer saccharum*). American Journal of Botany 75, 1212-1218; Tyree MT, Yang SD. 1992. Hydraulic conductivity recovery versus water pressure in xylem of *Acer saccharum*. Plant Physiology 100, 669-676); *Vitis vinifera* Salleo S, Rosso R, Lo Gullo MA. 1982. Hydraulic architecture of *Vitis vinifera* L. and *Populus deltooides* Bartr. 1-year-old twigs: I - Hydraulic conductivity (LSC) and water potential gradients. Giornale Botanico Italiano 116, 15-27; *Populus deltooides* (Larson PR, Isebrands JG. 1978. Functional significance of nodal constricted zone in *Populus deltooides*. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne de Botanique 56, 801-804; Salleo S, Rosso R, Lo Gullo MA. 1982. Hydraulic architecture of *Vitis vinifera* L. and *Populus deltooides* Bartr. 1-year-old twigs: I - Hydraulic conductivity (LSC) and water potential gradients. Giornale Botanico Italiano 116, 15-27; Tyree MT, Alexander J, Machado JL. 1992. Loss of hydraulic conductivity due to water-stress in intact juveniles of *Quercus rubra* and *Populus deltooides*. Tree Physiology 10, 411-415); *Thuja occidentalis* (Tyree MT, Graham MED, Cooper KE, Bazos LJ. 1983. The hydraulic architecture of *Thuja occidentalis*. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne de Botanique 61, 2105-2111), etc.

35 La conductividad hidráulica (K_h , $g\ s^{-1}\ m\ MPa^{-1}$) refleja la eficiencia de la conducción del agua del xilema (Salteo S, Rosso R, Lo Gullo MA. 1982. Hydraulic architecture of *Vitis vinifera* L. and *Populus deltooides* Bartr. 1-year-old twigs: I - Hydraulic conductivity (LSC) and water potential gradients. Giornale Botanico Italiano 116, 15-27), y se define como el caudal conducido a través de los vasos, dividido por el gradiente de presión. El gradiente de presión es la diferencia de presión existente entre los extremos del segmento de tejido conductor, dividida entre la longitud del
40 segmento. Así, la conductividad se expresa como: $K_h = \frac{Q}{\Delta P} l$ donde Q es el caudal expresado en g/s, l es la longitud en m del xilema en la muestra y ΔP es la diferencia de presión en MPa.

Otros autores (Salleo, S., M.A. Lo Gullo y F. Oliveri. 1985. Hydraulic Parameters Measured in 1-Year-Old Twigs of some Mediterranean Species with Diffuse-Porous Wood: Changes in Hydraulic Conductivity and Their Possible Functional Significance. Journal of Experimental Botany, Vol. 36, N° 162, pp 1-11, January 1985) midieron el volumen de flujo que pasaba a través de los entrenudos de *Vitis vinifera*, *Populus deltooides* y *Olea europaea* mediante de un sistema compuesto por una pipeta de entrada y otra de salida, llenas de solución de perfusión. El volumen de flujo se calculaba midiendo el volumen desplazado en ambas pipetas.

50 Sperry y col. (Sperry JS, Donnelly JR, Tyree MT. 1988. Seasonal occurrence of xylem embolism in Sugar maple (*Acer saccharum*). American Journal of Botany 75, 1212-1218) diseñaron un sistema para medir conductividad en segmentos de ramos, utilizando un flujo inducido por gravedad. La solución de perfusión se almacenaba en un tanque presurizando aire comprimido desde donde se inyectaba a la muestra o bien utilizando un recipiente elevado (flujo por gravedad). La solución que perfusionaba el ramo era conducida a un recipiente situado en una balanza electrónica. La variación de peso se registraban en un ordenador conectado a la balanza. Este aparato sólo permitía medir la conductividad de un único segmento de tallo en cada medida.

60 Existen en el mercado equipos que incluyen microcaudalímetros capaces de medir pequeños caudales, existiendo varios modelos que operan en rangos determinados de caudales (HFPM y HCFM-XP de Dynamax Inc., Iberfluid Instruments, Bronkhorst High-Tech, etc.). No obstante, no siempre resultan adecuados en los casos de conductividades extremadamente bajas, tales como los que se encuentran en ramos de olivo y otras especies con vasos conductores de reducido diámetro. Dada la variabilidad existente en la conductividad de los distintos órganos de las diferentes especies bajo estudio, los equipamientos capaces de abarcar tan amplio rango de caudales tiene un costo elevado. Dicho costo se multiplica en caso de requerirse la medida simultánea de varias muestras.

El equipamiento presentado en esta solicitud permite la medición simultánea de múltiples muestras de tejido con-

ductor de plantas. Se adapta a la variabilidad presente en la naturaleza, especialmente a los casos de muy bajos valores de conductividad. Por su diseño y los elementos que lo componen tendría un costo inferior a los equipos disponibles lo que unido a la simultaneidad de medida resulta en un bajo costo por muestra analizada.

5 Explicación de la invención

El objeto de la presente invención es un medidor de conductividad hidráulica xilemática que permite la medición simultánea de varias muestras y consta de los siguientes elementos:

- 10 a) dispositivo de presurización que suministra agua a una presión comprendida entre 0,01 y 0,15 bares
- b) conducción para el transporte de agua desde el dispositivo de presurización hacia las muestras de tejido conductor vegetal, estando incluido en dicha conducción un mecanismo que permita regular la perfusión de agua a través de las muestras.
- 15 c) entre 2 y 20 dispositivos que contienen las muestras de tejido conductor vegetal, particularmente raíces, tallos y pecíolos, estando dichos dispositivos ubicados en un recipiente que los mantiene bajo agua
- d) elementos graduados de medición del volumen de agua perfusionado a través de cada muestra de tejido conductor vegetal individualmente.
- 20

Se puede emplear como dispositivo de presurización una columna de agua de altura comprendida entre 0,1 y 1,5 m dotada de un depósito elevado.

- 25 Como mecanismo que permite regular la perfusión de agua a través de las muestras se puede utilizar un sistema de al menos dos válvulas que controlan la entrada y el alivio, o bien un solenoide de tres vías.

Las conducciones se fabrican en cualquier material transparente que permita la observación del flujo a través de los mismos, particularmente polietileno o vidrio y los dispositivos que contienen las muestras son de cualquier material que posea suficiente elasticidad para ajustar correctamente y evitar fugas, particularmente silicona o látex.

30

El medidor puede incluir adicionalmente un dispositivo de alta presión, particularmente una bomba, que permite elevar la presión hasta 2 bares para eliminar el embolismo presente en condiciones naturales en los vasos del xilema de las plantas. En este caso, el conjunto debe tener al menos dos válvulas de maniobra para regular la entrada de agua desde la columna de agua o bien desde el dispositivo de alta presión o alternativamente un solenoide de tres vías con el mismo propósito.

35

Breve descripción de las figuras

- 40 Figura 1: Esquema general del medidor de conductividad xilemática
- Figura 2: Configuración del prototipo de medidor de conductividad xilemática
- Figura 3: Detalle de pipetas y jeringas de puesta a cero
- 45 Figura 4: Detalle de solenoide y alimentación del sistema
- Figura 5: Dispositivo de presión para tratamiento de desembolizado.

50 Descripción detallada de la invención

El objeto de la presente invención es un dispositivo que permite medir la conductividad hidráulica de los vasos conductores de las plantas. La conductividad hidráulica xilemática es la capacidad conductora de los vasos que conducen la savia desde la raíz hasta las hojas, a través de troncos y ramas. Para obtener la conductividad de un órgano de una planta, se hace pasar una solución acuosa a través de una muestra de tallo (o raíz) de longitud conocida, mediante la aplicación de una columna de agua de altura conocida y se mide el volumen perfusionado en un lapso de tiempo determinado. En general se requiere la repetición de la medida para arribar a conclusiones en cuanto a las características hidráulicas del material, por lo que resulta de gran utilidad poder procesar el mayor número de muestras simultáneamente. Esto reduce la labor y los costos por muestra procesada. Los equipamientos actualmente disponibles en el mercado no permiten la medición simultánea de muestras y además son equipos de alto costo. El equipamiento que se presenta en esta solicitud permite la medición de varias muestras simultáneas y por los componentes y materiales necesarios para su construcción tendría un costo muy inferior a los equipos existentes en el mercado.

55

60

El medidor consiste en una serie de tubos que conducen el agua (o solución acuosa) en forma simultánea hacia varias muestras de tallos (o raíces) de plantas. El agua es inyectada en las muestras a presiones prefijadas mediante una columna de agua de altura conocida. El flujo perfusionado por cada muestra se recoge mediante tubos y se obtiene el volumen utilizando elementos graduados. Se mide el tiempo de perfusión lo que permite obtener el caudal (volumen por unidad de tiempo). El flujo de agua hacia las muestras es controlado mediante una serie de válvulas que permite

65

la apertura y cierre, así como también la supresión de la presión de agua en las muestras, a fin de detener la perfusión en forma instantánea. Cuenta con una cubeta donde se colocan las muestras a medir y que permite el manipuleo de las muestras bajo el agua para impedir la entrada de aire a los vasos del tejido conductor, lo cual provocaría la oclusión de los vasos por embolismo. El equipo se complementa con un dispositivo que permite la perfusión de agua a alta presión para eliminar los posibles embolismos presentes en los vasos conductores. Midiendo el caudal perfusionado, la altura de la columna de agua y la longitud de las muestras es posible obtener la conductividad hidráulica (Kh) de las muestras, antes y después del tratamiento de desembolizado, obteniendo así el grado de embolismo presente en la muestra. Se consigue la adaptación muestras de diferente conductividad y diámetro, utilizando tubos de diferente diámetro y elementos de medición de volumen acordes a la magnitud de los flujos esperados.

En la figura 1 se muestra un esquema general del medidor de conductividad xilemática.

El aparato se compone de una columna de agua (1) que suministra agua a una presión conocida (h). Esta es conducida a las muestras de tejido conductor vegetal (6) mediante tubos (5). Al abrirse la válvula de entrada (2), manteniendo la válvula de alivio de presión (3) cerrada, el agua circula por el sistema, perfusionando las muestras. Una vez transcurrido el tiempo predeterminado para realizar la medida, simultáneamente se cierra la válvula de entrada (2) y se abre la válvula de alivio (3) a los efectos de detener totalmente la perfusión de agua a través de las muestras. El volumen de agua perfusionado en cada muestra es medido con los elementos graduados de medición de volumen (7). Las muestras se colocan y manipulan bajo agua en una cubeta dispuesta para tal fin (8). Las válvulas de maniobra (9) permiten optar entre trabajar utilizando la columna de agua o bien con agua presurizada proveniente del dispositivo correspondiente. Éste se conectaría en el sitio (10) indicado en el esquema.

A fin de mantener inalterado el valor de la columna de agua durante la medición, se adiciona un depósito con un volumen suficiente como para que su nivel de agua no varíe a lo largo de la medida, por efecto de la salida de agua hacia las muestras.

El medidor de conductividad xilemática se complementa con elementos que permiten realizar un tratamiento de desembolizado con alta presión.

El dispositivo de alta presión podría ser una bomba u otro elemento capaz de elevar la presión del agua hasta 1.5 a 2 bars, suficiente para eliminar el embolismo presente en condiciones naturales en los vasos del xilema de las plantas. Dicha agua a presión se almacena en un depósito que se conecta al medidor de conductividad en el punto (10) de la figura 1. El dispositivo de presión cuenta con un manómetro para medir la presión alcanzada y las requeridas válvulas de maniobra para ajustar la misma al valor deseado.

El equipo permite, midiendo el caudal perfusionado, la altura de la columna de agua y la longitud de las muestras obtener la conductividad hidráulica (Kh) de las muestras. Si esta medida se realiza antes y después del tratamiento de desembolizado, se obtiene el grado de embolismo presente en la muestra.

Modo de realización de la invención

En la figura 2 se muestra la configuración de un prototipo del medidor de conductividad xilemática.

El aparato se compone de una columna de agua que suministra agua a una presión conocida medida mediante el piezómetro (2). El depósito elevado (1) cumple la función de mantener inalterado el valor de la columna de agua durante la medición, ya que tiene una capacidad suficiente como para que su nivel de agua no varíe significativamente a lo largo de la medida (por efecto de la salida de agua hacia las muestras).

El agua ingresa al sistema por el tubo de entrada (18), pasa por el solenoide (3) y continúa por el tubo de alimentación de las muestras (16). Esta es repartida y conducida a las muestras de tejido conductor vegetal (6) mediante las conexiones múltiples (4) y tubos (5). Las muestras se colocan y manipulan bajo agua en una cubeta dispuesta para tal fin (8). Las válvulas de maniobra (9) permiten optar entre trabajar utilizando la columna de agua o bien con agua presurizada proveniente del calderín. Éste se conecta en el sitio (10) indicado en el esquema. El paso de agua del sistema se controla mediante un solenoide (3) que se acciona mediante el cuadro de mando eléctrico (15) que contiene un interruptor y un transformador 220v-24v AC. Al accionarse el solenoide se abre el paso de agua entre los tubos 18 y 16 y el agua pasa del depósito elevado a las muestras de tejido vegetal (p.ej: segmentos de tallos o raíces).

Se han utilizado pipetas 0.2 ml con graduaciones de 0.002 ml, como elementos de medición del volumen perfusionado en cada muestra. Las pipetas van montadas en un soporte horizontal y pueden fácilmente ser cambiadas por otras, las cuales pueden variar de acuerdo al volumen que se prevé medir en función del material vegetal a utilizar.

Si bien el presente prototipo fue implementado para medir 5 muestras simultáneamente (ver figura 3), es posible medir un número mayor de muestras, agregando las tubificaciones y pipetas correspondientes. Los diámetros de los tubos donde se conectan las muestras dependerán del diámetro de las mismas.

Se ha utilizado para las conducciones tubos de polietileno transparente, mientras que los tubos que conectan las muestras vegetales son de silicona, material que posee suficiente elasticidad como para ajustar correctamente y evitar fugas.

ES 1 061 747 U

Antes de comenzar la medición, todo el sistema de tuberías debe llenarse totalmente con agua para evitar la entrada de aire a los vasos conductores de la muestra vegetal.

5 Asimismo, deben ponerse a cero las pipetas de medición del volumen (7), lo cual se consigue accionando manualmente las válvulas de tres vías (11) y las jeringas (14).

Una vez transcurrido el tiempo predeterminado para realizar la medida, se cierra el solenoide accionado el interruptor del cuadro de mando. Esta acción interrumpe la conexión entre los tubos 16 y 18 y simultáneamente conecta el tubo 16 con el tubo de alivio 17, que devuelve el excedente de agua a la cubeta (8) a los efectos de detener totalmente la perfusión de agua a través de las muestras. El volumen de agua perfusionado en cada muestra es medido mediante pipetas graduadas (7).

15 En la implementación del presente prototipo se han sustituido las válvulas (2) y (3) por un solenoide de tres vías (ver figura 4) accionado eléctricamente (24v, 4w), del tipo de los usados en el mando hidráulico de válvulas de riego. El mismo es se conecta a un cuadro eléctrico con un interruptor bipolar y un transformador 220v-24v AC. Esto asegura la simultaneidad de las operaciones de corte del suministro de agua y alivio de la presión. Dicho solenoide puede ser accionado manualmente mediante un interruptor o bien automáticamente mediante un temporizador. En el presente prototipo el solenoide es accionado manualmente. Las dos válvulas de maniobra (9) pueden ser sustituidas por una única válvula de tres vías manual o accionada eléctricamente (solenoide), automatizando también esta función.

20 El medidor de conductividad xilemática se complementa con elementos que permiten realizar un tratamiento de desembolizado con alta presión. En el presente prototipo se ha utilizado el siguiente dispositivo de presión que se detalla en la figura 5:

25 El tubo de aire comprimido (1) proporciona la presión requerida al calderín (2). El mismo se compone de una cámara de aire (3) y una cámara que se llena con agua (5) separadas por una membrana elástica (4). El agua presurizada se conecta mediante el tubo (6) a la entrada de agua del medidor de conductividad hidráulica xilemática (10 en la figura 1). Para la alternancia de la operación con alta presión o mediante la columna de agua se intercalan llaves de paso para las maniobras (9 en la figura 1). La presión del agua suministrada por el calderín se regula mediante una llave de paso de aire y un manómetro.

30 El equipo permite, midiendo el caudal perfusionado, la altura de la columna de agua y la longitud de las muestras obtener la conductividad hidráulica (Kh) de las muestras. Si esta medida se realiza antes y después del tratamiento de desembolizado, se obtiene el grado de embolismo presente en la muestra.

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Medidor de conductividad hidráulica xilemática **caracterizado** porque permite la medición simultánea de varias muestras y consta de los siguientes elementos:

a) dispositivo de presurización que suministra agua a una presión comprendida entre 0,01 y 0,15 bares

10 b) conducción para el transporte de agua desde el dispositivo de presurización hacia las muestras de tejido conductor vegetal, estando incluido en dicha conducción un mecanismo que permita regular la perfusión de agua a través de las muestras.

c) entre 2 y 20 dispositivos que contienen las muestras de tejido conductor vegetal, particularmente raíces, tallos y pecíolos, estando dichos dispositivos ubicados en un recipiente que los mantiene bajo agua

15 d) elementos graduados de medición del volumen de agua perfusionado a través de cada muestra de tejido conductor vegetal individualmente.

20 2. Medidor de conductividad hidráulica xilemática según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el dispositivo de presurización consiste en una columna de agua de altura comprendida entre 0,1 y 1,5 m dotada de un depósito elevado.

25 3. Medidor de conductividad hidráulica xilemática según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque el mecanismo que permite regular la perfusión de agua a través de las muestras es un sistema de al menos dos válvulas que controlan la entrada y el alivio.

4. Medidor de conductividad hidráulica xilemática según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque el mecanismo que permite regular la perfusión de agua a través de las muestras es un solenoide de tres vías.

30 5. Medidor de conductividad hidráulica xilemática según las reivindicaciones 1-4, **caracterizado** porque la columna de agua y las conducciones son de cualquier material transparente que permita la observación del flujo a través de los mismos, particularmente polietileno o vidrio, y porque los dispositivos que contienen las muestras son de cualquier material que posea suficiente elasticidad para ajustar correctamente y evitar fugas, particularmente silicona o látex.

35 6. Medidor de conductividad hidráulica xilemática según las reivindicaciones 1-5, **caracterizado** porque incluye adicionalmente un dispositivo de alta presión, particularmente una bomba, que permite elevar la presión hasta 2 bares para eliminar el embolismo presente en condiciones naturales en los vasos del xilema de las plantas.

40 7. Medidor de conductividad hidráulica xilemática según la reivindicación 6, **caracterizado** porque incluye al menos dos válvulas de maniobra para regular la entrada de agua desde la columna de agua o bien desde el dispositivo de alta presión.

45 8. Medidor de conductividad hidráulica xilemática según la reivindicación 6, **caracterizado** porque incluye un solenoide de tres vías para regular la entrada de agua desde la columna de agua o bien desde el dispositivo de alta presión.

50

55

60

65

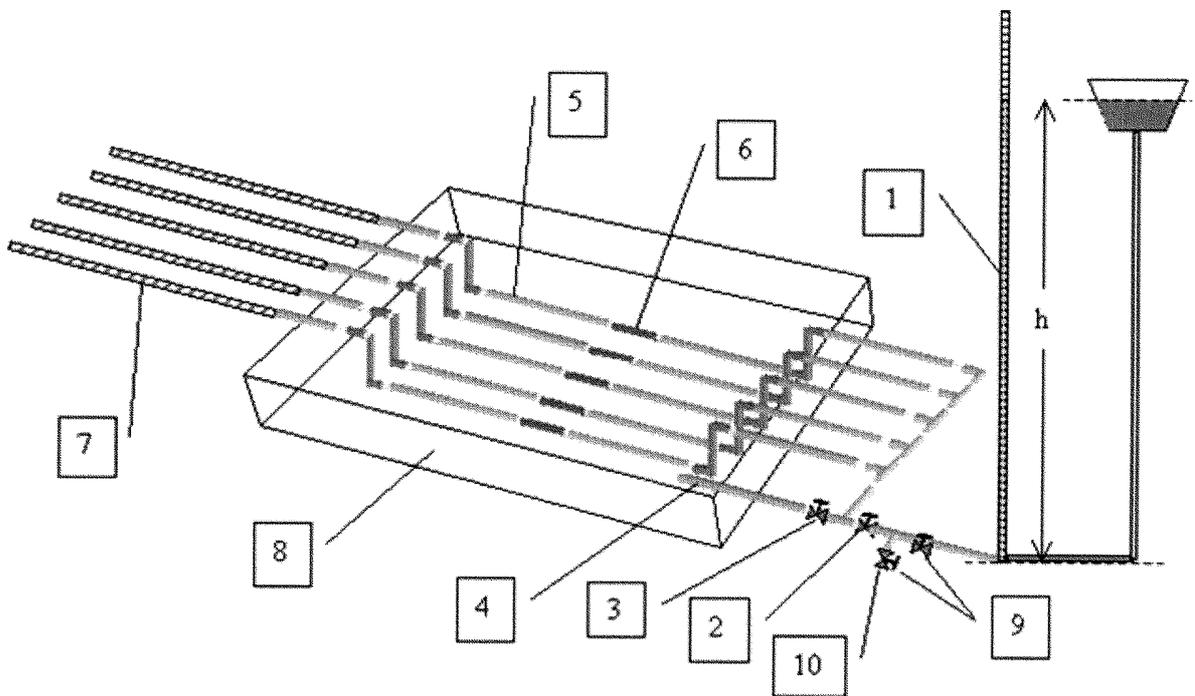


Figura 1

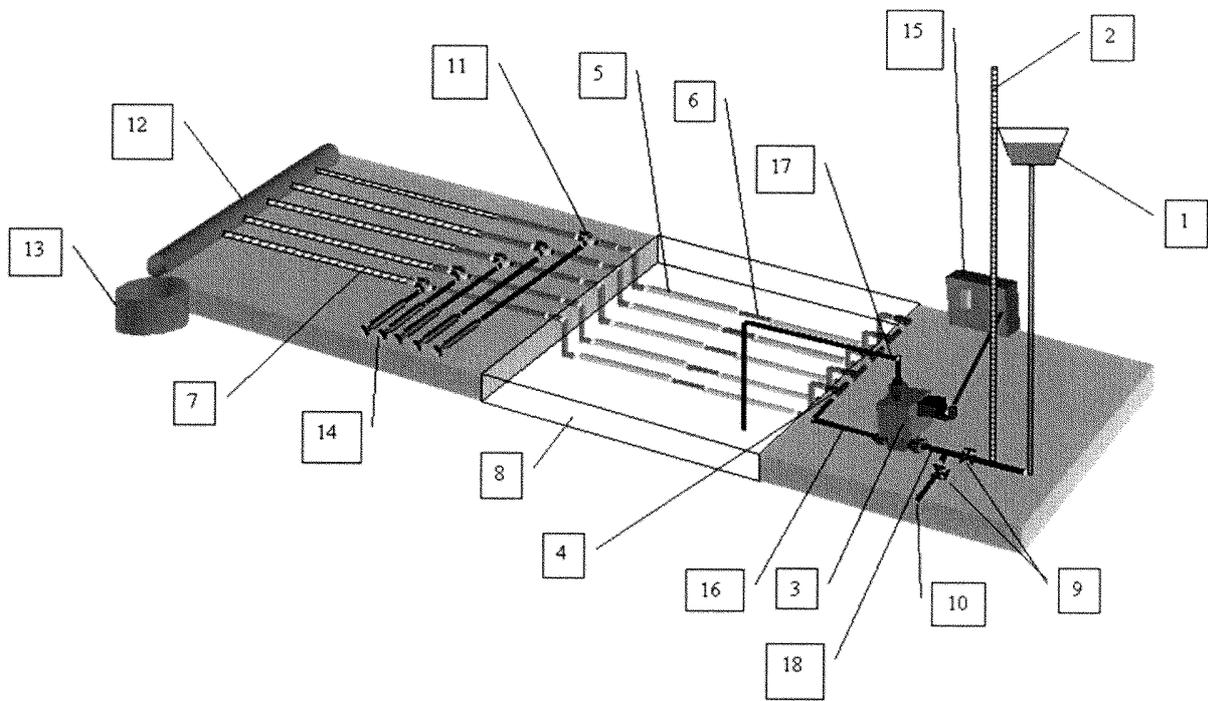


Figura 2

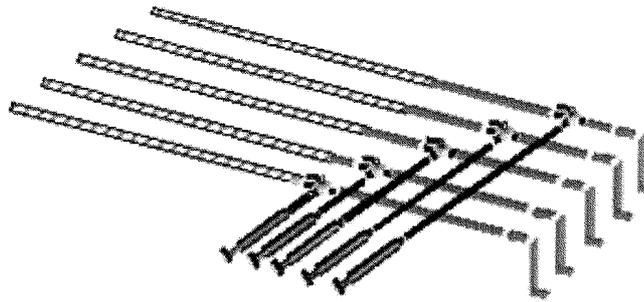


Figura 3

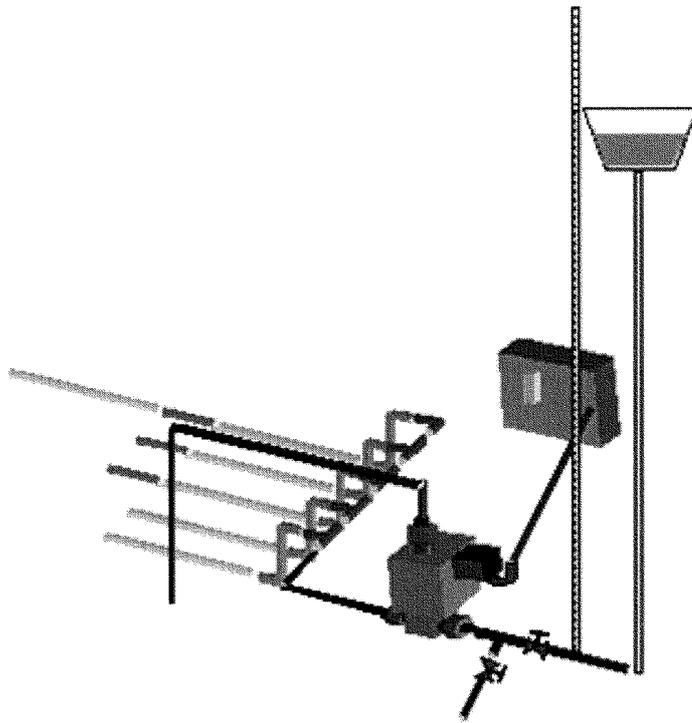


Figura 4