

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 831 899**

21 Número de solicitud: 202030968

51 Int. Cl.:

**G01W 1/14** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**25.09.2020**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.06.2021**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**11.06.2021**

Fecha de concesión:

**18.01.2022**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**25.01.2022**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu, nº 7  
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**SEGOVIA CARDOZO, Daniel Alberto y  
RODRÍGUEZ SINOBAS, Leonor**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

54 Título: **MÉTODO PARA LA CORRECCIÓN DE ERRORES DE MEDICIÓN CAUSADOS POR LA INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN EN PLUVIÓMETROS DE CAZOLETAS BASCULANTES**

57 Resumen:

Método para la corrección de errores de medición causados por la intensidad de precipitación en pluviómetros de cazoletas basculantes.

El método reduce errores de medida debidos a la variación en la intensidad de precipitación y caracteriza el comportamiento del mecanismo, en instrumentos para la medición de fluidos con cazoletas basculantes. Caracterizando la adición de excedentes durante el movimiento del balancín, el tiempo de caída de la cazoleta, su variación con la intensidad de precipitación y la disminución del volumen nominal de basculación. Mediante la relación entre el incremento de agua excedentaria y la reducción del volumen de basculación, causado por la variación del tiempo de caída del balancín y del empuje del agua.

Este método es industrializable, reduce los errores de medición, de fácil implementación, automatizable y aplicable a cualquier equipo de cazoletas basculantes.

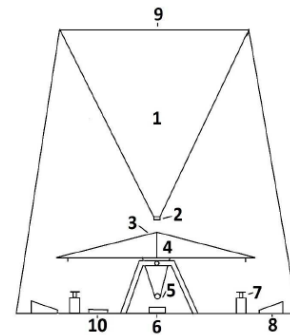


FIG 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 831 899 B2

## DESCRIPCIÓN

### **MÉTODO PARA LA CORRECCIÓN DE ERRORES DE MEDICIÓN CAUSADOS POR LA INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN EN PLUVIÓMETROS DE CAZOLETAS BASCULANTES**

#### **SECTOR TÉCNICO**

Este método esta relacionado con el sector de fabricación de equipos y de monitorización, referente a cuestiones climáticas y medioambientales.

#### **ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

La medición de la precipitación atmosférica ha sido y continúa siendo muy importante para la humanidad, principalmente para entender y realizar un seguimiento del ciclo del agua en el planeta. Así, una de sus aplicaciones básicas se relaciona con la utilización del recurso hídrico, por lo que desde la antigüedad se tiene constancia de la implementación de instrumentos para su medición.

La medición de la precipitación es de interés en muchos campos, como la Agricultura, el regadío, el cambio climático, el peligro geológico, la monitorización hidrológica, la alerta temprana y prevención de inundaciones, seguridad alimentaria, la evaluación y gestión ambiental, el manejo de los recursos hídricos, diseño de estructuras, gestión de aeropuertos, calibración e implementación de múltiples métodos para la medición precisas de la cantidad de lluvia en distintos ámbitos entre otros. Por lo que a lo largo de la historia han surgido distintos dispositivos y técnicas orientadas a su medición.

Entre las más modernas, podemos mencionar: el pluviómetro ultrasónico, el pluviómetro de tipo flotador, el pluviómetro de pesaje, el registrador de lluvia de sifón, el dendrómetro, además de las tecnologías radar y de teledetección entre otros. Entre ellos, el pluviómetro de cazoletas basculantes destaca como uno de los más utilizados y extendidos, debido principalmente a su facilidad de producción, a su bajo coste y a su bajo consumo energético debido a funcionamiento mecánico; que facilitan su automatización e implementación en lugares remotos. Siendo uno de los más utilizados en el mundo por agencias gubernamentales, aeropuertos, industrias, universidades y agricultores, entre otros.

Sin embargo, pese a las características que han favorecido su expansión, suelen presentar errores en las mediciones que disminuyen su precisión y reducen sus ventajas frente a otros equipos. Entre los errores cabe destacar: los causados por la evaporación del agua en el mecanismo, debidos a la frecuencia de adquisición de datos; los humanos cometidos durante el montaje y mantenimiento; los llamados aleatorios, propios del mecanismo de funcionamiento, influencia del viento. Muchos de estos considerados poco significativos comparados con los ocasionados por la variación de la intensidad de precipitación, que producen una variación en el volumen de agua de cada basculación, frente a la asunción generalizada que considerara una lámina de precipitación nominal constante en cada basculación. Ello, genera una tendencia que infravalora la precipitación al aumentar su intensidad.

Los procedimientos de calibración actuales se refieren a calibraciones estáticas y calibraciones dinámicas. Las primeras las recomiendan los fabricantes de los pluviómetros y garantizan un volumen de basculación predeterminado, pero no resuelve el problema del efecto de la variación en la intensidad de precipitación. Las segundas, suelen realizarse en laboratorio y consisten en determinar una regresión entre las medidas del pluviómetro y la precipitación real aplicada, o con las medidas obtenidas por otros sensores más precisos (disdrómetros); otras utilizan procedimientos estadísticos y análisis experimentales entre algunos parámetros como la variación del tiempo entre basculaciones y la estimación del volumen de basculación. Estos métodos requieren experimentación, la mayoría no son aptos para la automatización, requieren equipos externos y necesitan mucho tiempo para su realización.

Debido a sus características y ventajas, estos pluviómetros tienen gran interés por parte de las empresas de fabricación de instrumental climático y medioambiental, así como del sector investigador. Además de existir una constante demanda por parte de los usuarios, para incrementar la precisión en la medición.

La metodología aquí presentada se basa en las características del equipo por lo que puede adaptarse a cualquier pluviómetro de cazoletas modificando los parámetros iniciales, asimismo se puede automatizar el proceso, implementar en un programa o software, permite la corrección en tiempo real y reduce el tiempo de la calibración.

Además, muchos de los parámetros requeridos vienen dados por el fabricante o pueden medirse de manera sencilla.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

- 5 El objetivo de la invención es reducir los errores generados por la variación de la intensidad de precipitación e incrementa la precisión en la medición de la precipitación en pluviómetros de cazoletas basculantes o de cualquier instrumento para la medición de fluidos basado en el principio de las cazoletas basculantes. El método consiste en la caracterización del comportamiento del mecanismo del pluviómetro y su interacción
- 10 con el agua recolectada por el embudo en función de la intensidad de precipitación a partir de sus características de diseño como: el área de recolección, el área del orificio de salida del embudo, volumen nominal de basculación, distancia de caída de las gotas desde el embudo, distancia de caída de la cazoleta durante la basculación, lamina nominal y las dimensiones de la cazoleta. Estas características condicionan la
- 15 adición de excedentes de agua durante el movimiento de caída del balancín (generando un incremento en el volumen de basculación) y la disminución del volumen nominal de basculación y la reducción del tiempo de basculación, a efecto de la energía cinética del agua que cae sobre el balancín (ya sea en reposo o movimiento).
- 20 La tendencia de incremento del agua excedentaria con la intensidad de precipitación, frente a la compensación que genera la disminución en el volumen nominal de basculación por la acción del incremento en la energía cinética aportada por el fluido que cae y la reducción del tiempo de caída de la cazoleta, que a su vez reduce la tasa de incremento del agua excedentaria, permiten la corrección del volumen de agua que
- 25 genera una basculación y su consecuente lámina de precipitación en relación con la intensidad de precipitación.

Este método se aplica a la reducción de errores en pluviómetros de cazoletas basculantes. Un tipo de pluviómetro muy utilizado en el mundo debido su simplicidad y

30 bajo coste de fabricación, además de tener un consumo de energía bajo. Sin embargo, su fiabilidad en la medición de la precipitación es menor que en otros instrumentos, por lo que se han desarrollado una serie de métodos de calibración para reducir estos errores, no obstante, éstos generalmente requieren un procedimiento experimental largo y complejo.

35

En un pluviómetro de cazoletas la precipitación es recogida en forma líquida por un embudo, y se relaciona con el área de captación para obtener el volumen de agua recolectado en función de la lámina de lluvia. El agua cae por gravedad desde el embudo, a través de un orificio ubicado en la parte inferior de este, hasta el mecanismo de medición (balancín), formado por dos cazoletas basculantes. Una de ellas recibe el agua que cae e inicia un proceso de acopio de agua hasta que alcanza un volumen que rompe el equilibrio del balancín y provoca su basculación. Esta cazoleta desciende una distancia de caída desde su condición de reposo hasta impactar con los tornillos de calibración que detienen el movimiento, donde vierte el agua almacenada; con el mismo movimiento de caída, la otra cazoleta asciende para colocarse en la línea de caída del agua e iniciar su llenado para repetir el procedimiento.

Este ciclo, accionado por la energía hidráulica, se repite siempre y cuando haya precipitación. Cada basculación se transmite a través de un pulso eléctrico generado por un imán anclado al balancín que cierra el circuito de un interruptor magnético, a una unidad de almacenamiento de información a través de una entrada digital; para ser interpretada con un volumen nominal de basculación o lámina de precipitación asignado a cada basculación (generalmente estático).

Durante el descenso de la cazoleta e incluso antes de su inicio, se producen varios procesos simultáneos dentro del mecanismo, que generan excedentes de agua mayores al volumen nominal que inicia la caída, por ejemplo, durante el movimiento de basculación sigue cayendo agua desde el embudo, parte de este agua cae en la cazoleta que está descendiendo, añadiendo agua al volumen nominal que rompió el equilibrio. Así también ocurren procesos contrarios, como el de la energía cinética aportada por el agua que cae sobre la cazoleta en movimiento, acelerando la caída y reduciendo el tiempo de caída del balancín o la energía aportada al equilibrio del balancín estático, que reduce el volumen necesario para la basculación; lo que provoca una compensación al incremento de agua excedentaria. Estos se relacionan directamente con el aumento de la intensidad de precipitación, lo que permite corregir el valor de basculación en función de ella y por ende, la precipitación medida.

El análisis del comportamiento del agua dentro del mecanismo del pluviómetro y su respuesta a las variaciones de intensidad de precipitación, junto con la determinación

del tiempo de caída de la cazoleta y su variación, permiten obtener una relación entre la fracción de incremento de agua excedentaria y la tasa de reducción del volumen nominal debido a la disminución del tiempo de caída del balancín y el incremento del empuje del agua que cae del embudo. Todo ello, permite conocer la variación del volumen de basculación en función de la intensidad de precipitación y en consecuencia aplicar una corrección a las mediciones de precipitación y reducir significativamente los errores de medición.

Esta calibración puede aplicarse una vez obtenidos/conocidos los parámetros iniciales que condicionan su comportamiento. Puede integrarse a una rutina de cálculo, un programa o software para su automatización e incluso, implementarse en el propio equipo para que realice una corrección en tiempo real.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

De manera complementaria a la descripción que se está realizando, con objeto de ayudar a una mejor comprensión, se acompaña como parte de dicha descripción, un conjunto de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 muestra un esquema simplificado de un pluviómetro de cazoletas basculantes con sus principales componentes, donde:

- 1) Embudo colector
- 2) Orificio de drenaje del agua colectada por el embudo
- 3) Balancín, mecanismo basculante.
- 4) Cazoletas
- 5) Imán
- 6) Interruptor magnético normalmente abierto
- 7) Tornillos de parada
- 8) Rejillas de drenaje del agua acumulada en las cazoletas
- 9) Superficie colectora o superficie expuesta
- 10) Nivel de burbuja

La figura 2 muestra de manera esquemática algunas de las características propias del pluviómetro empleadas en la invención, donde:

- 11) Diámetro del embudo colector

- 12) Diámetro del Orificio de drenaje en el embudo
- 13) Distancia entre el orificio del embudo y la zona de impacto del agua que cae en la cazoleta.
- 14) Distancia mínima que deberá recorrer una partícula de agua tras su salida del embudo para ser colectada como excedente por las cazoletas en movimiento.
- 15) Distancia horizontal entre la línea de caída de agua desde el embudo y la parte central del balancín que divide ambas cazoletas en estado de reposo.
- 16) Representación del volumen de agua necesario dentro de la cazoleta para provocar su basculación. Volumen de basculación.
- 17) Altura de las cazoletas.
- 18) Distancia lineal de caída de las cazoletas.

La figura 3 muestra de manera esquemática la representación de algunos parámetros empleados por la invención, donde:

- RI) Intensidad de precipitación.
- tu) Tiempo que estará la cazoleta bajo la línea de caída de las gotas, que va desde el inicio de la basculación hasta que la línea de caída de las gotas esta en la divisoria entre cazoletas.
- thc) Tiempo que le tomara recorrer a una partícula de agua la distancia entre la base del orificio del embudo y el punto mínimo necesario para colocarse en la trayectoria de movimiento del balancín y ser recolectada por este.
- td) Tiempo necesario por una partícula de agua para recorrer la distancia entre la base del orificio del embudo y el punto de impacto sobre la cazoleta.
- ts) Tiempo que tiene una partícula de agua para convertirse en excedente durante la basculación, resultante de la interacción entre tu, thc y td.
- g) Representación de la fuerza de atracción gravitacional.
- t<sub>t</sub>) Tiempo de caída de la cazoleta.
- Dt) Relación entre una basculación y la lámina de precipitación que esta representa.

La figura 4 muestra la evolución de la lámina de precipitación asociada a cada basculación en función del incremento de la intensidad de precipitación en dos pluviómetros de cazoletas distintos, donde:

- 19) Evolución en un primer pluviómetro, determinada mediante una calibración dinámica tradicional en laboratorio.
- 20) Evolución en un primer pluviómetro, determinada de acuerdo con la invención.

21) Evolución en un primer pluviómetro, determinado con el método simplificado de la invención.

22) Evolución en un segundo pluviómetro, determinada mediante una calibración dinámica tradicional en laboratorio.

5 23) Evolución en un segundo pluviómetro, determinada de acuerdo con la invención.

24) Evolución en un segundo pluviómetro, determinado con un método simplificado de la invención.

10 La figura 5 muestra resultados de las pruebas de validación de la invención, contrastando los valores reales de 45 observaciones diferentes con los obtenidos mediante distintas metodologías, donde:

25) Resultados obtenidos mediante una calibración dinámica tradicional.

26) Valor real medido.

27) Resultados obtenidos a través de la invención.

15 28) Resultados obtenidos mediante un método simplificado de la invención.

29) Asunción de un valor constante recomendado por los fabricantes.

### **DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA**

20 La presente invención se refiere a un método para incrementar la precisión y reducir los errores generados por la variación de la intensidad de precipitación en pluviómetros de cazoletas basculantes o cualquier instrumento para la medición de fluidos basado en el principio de las cazoletas basculantes. El método parte de las características de diseño del pluviómetro y la comprensión de su funcionamiento considerando la variación de la intensidad de precipitación, a diferencia de los  
25 métodos convencionales de calibración basados en procedimientos experimentales que requieren de tiempo y personal cualificado. Por ello, el método propuesto es fácilmente adaptable a cualquier pluviómetro de cazoletas, simplemente cambiando los parámetros iniciales y permite su implementación en rutinas de cálculo o software para la automatización de la corrección de las mediciones facilitando el proceso y  
30 reduce su tiempo de implementación.

El método se basa en la relación entre el excedente de agua en la cazoleta durante el movimiento de caída del balancín, que genera un incremento en el volumen de basculación, y una disminución del volumen nominal de basculación y del tiempo de  
35 caída del balancín; causados por la energía cinética del agua que cae e impacta sobre



este; ya sea en forma de gotas (a intensidades bajas) o de chorro continuo (intensidades altas).

La eficiencia del método queda condicionada a: (i) la precisión con la que se determinen los parámetros iniciales necesarios, (ii) una correcta calibración estática previa para fijar el volumen nominal de basculación a intensidades muy bajas, (iii) una adecuada nivelación de la plataforma y (iv) el seguimiento de las recomendaciones dadas por los fabricantes para el montaje y mantenimiento de los equipos.

10 El agua caída en la cazoleta, una vez iniciado su movimiento, se considera como excedente del volumen nominal, por lo que el tiempo que tiene una gota o partícula de agua para convertirse en excedente ( $t_s$ ), vendrá dado por la suma del tiempo que toma a la gota o partícula de agua que desencadena el balanceo recorrer la distancia entre el orificio de drenaje del embudo y la zona de impacto en la cazoleta ( $t_d$ ) y el tiempo que la cazoleta permanecerá bajo la línea de caída de agua tras iniciar su movimiento de caída ( $t_u$ ), que está condicionado por la variación del tiempo de caída de la cazoleta; menos el tiempo que necesitan las gotas o partículas de agua para caer una distancia suficiente para ser recolectadas por la pared que separa ambas cazoletas durante el movimiento de basculación:

20

$$t_s = t_d + t_u - \sqrt{\frac{2(h - \sqrt{h_b^2 - l^2})}{g}}$$

$$t_s = \sqrt{\frac{t_t^2}{2ht} + \frac{2\sqrt{h_b^2 - l^2}}{g}}$$

25 En las fórmulas:  $h$  es la distancia entre el orificio del embudo y la zona de impacto del agua que cae en la cazoleta,  $h_b$  es la altura de las cazoletas,  $l$  es la distancia lineal entre la parte central superior de la pared que separa ambas cazoletas y la línea de caída de las gotas,  $g$  es la aceleración gravitacional,  $t_t$  es el tiempo de caída de la cazoleta,  $ht$  distancia lineal recorrida por la cazoleta durante su caída.

30

El agua excedentaria vendrá dada por el caudal de agua desde el embudo y  $t_s$ , debido a que el caudal se verá incrementado con la intensidad de precipitación el volumen de

agua excedentaria también se incrementará con la intensidad, sin embargo el agua que cae aporta energía cinética al equilibrio del balancín, energía que se ve incrementada con el incremento de la intensidad lo que genera la aceleración en la caída de la cazoleta y la disminución del volumen de basculación, por consiguiente la  
5 disminución de tu y del tiempo de caída de la cazoleta. Lo que se traduce en una disminución progresiva de la fracción de incremento de agua excedentaria en función de la intensidad de precipitación, que a su vez se ve menguada por la disminución progresiva del volumen de basculación, generando que a partir de algún punto la tasa de disminución del volumen de basculación sea mayor a la tasa de incremento del  
10 agua excedentaria generando a partir de ese punto una disminución del error en relación con el incremento de la intensidad de la precipitación, lo opuesto a lo que se veía en intensidades por debajo de ese punto, donde el error en la medición con referencia a un volumen de basculación constante incrementaba con la precipitación. La reducción del error generalmente ocurrirá a intensidades muy altas y poco  
15 probables en precipitación, no obstante, el incremento del error en intensidades por debajo de este punto sigue una tendencia no lineal, debida a esta compensación.

El tiempo de caída de la cazoleta debe ser medido a intensidades muy bajas (próximas a cero), para que ninguna gota excedentaria interfiera con el movimiento.

20 Además, se recomienda realizar múltiples mediciones para incrementar la exactitud de la medida y reducir la variabilidad aleatoria propia del mecanismo. Así como en la pendiente de disminución del tiempo de caída de la cazoleta en función del incremento de la intensidad de precipitación, en ambas cazoletas.

25 La determinación de la disminución del volumen de basculación en función del incremento de la precipitación puede determinarse de manera experimental a partir de los resultados contrastados con mediciones reales en laboratorio. Conocidos los factores que influyen en el incremento del volumen de agua medido en cada  
30 basculación, así como en su disminución, se establece una relación entre estos que permite corregir los errores en función de la intensidad de precipitación para incrementar la precisión de un pluviómetro de cazoletas basculantes.

35 Se proporciona una simplificación al método mediante una relación entre la disminución del tiempo de caída de la cazoleta, la disminución del incremento de agua

excedentaria y la disminución del volumen de basculación, con el incremento de la intensidad de precipitación para la corrección directa al valor nominal, puede aplicarse:

$$D_t' = \frac{\left( Vt + (RI * \frac{\partial t_t}{\partial RI}) \right)}{Vt} * D_t$$

5

En la fórmula: Dt' es la tasa de incremento de la precipitación por basculación corregida expresada en profundidad de precipitación, Dt es la tasa de incremento por basculación nominal o precisión del instrumento en profundidad de precipitación, Vt es el volumen nominal de basculación, RI es la intensidad de precipitación expresada como caudal y  $t_t$  es el tiempo de caída de la cazoleta.

10

Esta simplificación ha sido validada experimentalmente en laboratorio con dos modelos diferentes de pluviómetro de cazoletas, presentando valores semejantes a los obtenidos por un método general de calibración dinámica, requiriendo un menor número de parámetros iniciales y de experimentación para su aplicación. Debido a que la disminución del volumen de basculación por acción de la energía cinética del agua que cae es muy baja a intensidades bajas, siendo significativa a intensidades altas poco frecuentes en registros de precipitación, por lo que la anterior simplificación al método es aplicable a la medición de precipitación en pluviómetros de cazoletas, así como la siguiente simplificación al método:

15

20

$$D_t' = \frac{\left( Vt + (RI * \frac{\partial t_s}{\partial RI}) \right)}{Vt} * D_t$$

25

En la fórmula: Dt' es la tasa de incremento de la precipitación por basculación corregida expresada en profundidad de precipitación, Dt es la tasa de incremento por basculación nominal o precisión del instrumento en profundidad de precipitación, Vt es el volumen nominal de basculación, RI es la intensidad de precipitación expresada como caudal y  $t_s$  es el tiempo que dispone una partícula de agua para convertirse en excedente.

30

La invención ha sido sometida a procesos de validación tanto en su versión general como en las versiones simplificadas y ha sido contrastado con técnicas de calibración tradicionales, obteniendo resultados satisfactorios semejantes, e incluso mayores

reducciones de error, que los métodos convencionales de calibración en laboratorio y demandando una menor inversión en tiempo para su determinación.

Además, se han probado en pluviómetros de cazoletas en condiciones reales de campo, realizando la calibración de los datos, aplicando la invención de manera automática mediante un software diseñado con este fin de manera satisfactoria.

### **APLICACIÓN INDUSTRIAL**

Esta invención es de interés para las empresas dedicadas a la fabricación de equipos de monitoreo climático y medioambiental, empresas proveedoras de software de manejo y monitorización climática; y empresas interesadas en la monitorización climática y medioambiental. Principalmente aquellos sectores interesados en la medición de la precipitación atmosférica y la gestión de los recursos hídricos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la corrección de errores en las mediciones causados por la  
 5 variación de la intensidad de precipitación y el incremento de la precisión de  
 medición en pluviómetros de cazoletas basculantes, compuestos por un embudo  
 colector (1) que dirige el agua hacia un orificio de salida (2) desde el que cae a un  
 mecanismo basculante (3), compuesto por cazoletas opuestas (4), cuyo  
 movimiento está condicionado a un volumen de fluido acumulado en relación con  
 10 la precipitación, agua o fluido aportado desde el exterior, a partir de parámetros  
 propios del equipo que permiten determinar la relación existente entre la adición  
 de agua excedentaria en la cazoleta antes y durante su movimiento de caída y el  
 incremento de la intensidad de precipitación (RI) así como la relación de esta  
 última con la disminución del volumen nominal de basculación ( $V_t$ ) y la  
 15 disminución del tiempo de caída de la cazoleta ( $t_i$ ); **caracterizado** por que  
 comprende los siguientes pasos:
- a) un primer paso que caracteriza el comportamiento del pluviómetro en relación con  
 la variación de la intensidad de precipitación (RI) y determinación del volumen de  
 excedentes de agua añadidos durante el proceso de medición y basculación;  
 20 donde este primer paso comprende los siguientes sub-pasos:
- a1) excedentes de agua aportados por la gota de agua desencadenante del balanceo  
 en el intervalo de intensidades donde el agua cae del embudo en forma de gotas,  
 debido a la variación del tamaño de gota cuyo volumen puede exceder el  
 necesario para que rompa el equilibrio del balancín y el agua excedentaria  
 25 añadida durante la basculación;
- a2) determinación del tiempo que una gota o partícula de agua tiene para caer en la  
 cazoleta y convertirse en excedente ( $t_s$ ) dado por: aa) el tiempo que toma a la  
 gota o partícula de agua que desencadena el balanceo recorrer la distancia entre  
 el orificio de drenaje del embudo y la zona de impacto en la cazoleta ( $t_d$ ), ab) el  
 30 tiempo que la cazoleta permanecerá bajo la línea de caída de agua tras iniciar su  
 movimiento de caída, condicionado por la variación del tiempo de caída de la  
 cazoleta ( $t_u$ ) y ac) el tiempo que necesitan las gotas o partículas de agua para  
 caer una distancia suficiente para ser recolectadas por la pared que separa ambas  
 cazoletas durante el movimiento de basculación ( $t_{hc}$ ); donde esta relación de  
 35 tiempo se describe por una ecuación seleccionada entre una primera ecuación

$$ts = t_d + t_u - \sqrt{\frac{2(h - \sqrt{h_b^2 - l^2})}{g}}$$

y una segunda ecuación

5

$$ts = \sqrt{\frac{t_t^2}{2ht} + \frac{2\sqrt{h_b^2 - l^2}}{g}}$$

b) un segundo paso para determinar el tiempo de caída de la cazoleta ( $t_t$ ) y su evolución con respecto al incremento de la intensidad de precipitación (RI); donde este segundo paso comprende los siguientes sub-pasos:

10 b1) determinación del tiempo de caída de la cazoleta ( $t_t$ ) a intensidades muy bajas próximas a cero para evitar la influencia de la caída de gotas en esta;

b2) determinar la variación del tiempo de caída de las cazoletas ( $t_t$ ) en función de la intensidad de precipitación (RI) o en su caso la pendiente de disminución de esta; donde la corrección de la medición puede describirse por una ecuación

15 seleccionada entre una tercera ecuación ( $D_t'$ )

$$D_t' = \frac{(Vt + (RI * \frac{\partial t_t}{\partial RI}))}{Vt} * D_t$$

y una cuarta ecuación ( $D_t'$ )

20

$$D_t' = \frac{(Vt + (RI * \frac{\partial t_t}{\partial RI}))}{Vt} * D_t$$

c) un tercer paso para la determinación de la disminución del volumen de basculación ( $Vt$ ) en función del incremento de la intensidad de precipitación (RI); donde este tercer paso comprende los siguientes sub-pasos:

25

c1) obtención de los valores del volumen de basculación ( $Vt$ ) a partir de su relación con los resultados descritos u obtenidos según los pasos a y b;

c2) determinación de la variación del volumen de basculación ( $Vt$ ) en relación con el incremento de la intensidad de precipitación (RI);

donde

- (h) es la distancia entre el orificio del embudo y la zona de impacto del agua que cae en la cazoleta;
- (hb) es la altura de la pared que separa las cazoletas;
- 5 (l) es la distancia lineal entre la parte central superior de la pared que separa ambas cazoletas y la línea de caída de las gotas;
- (ht) es la distancia lineal recorrida por la cazoleta durante su caída;
- (g) es es la aceleración gravitacional;
- (Dt) es la relación entre una basculación y la lámina de precipitación que esta
- 10 representa;
- (Dt') es la tasa de incremento de la precipitación por basculación corregida.
2. Un método simplificado para la corrección de errores en las mediciones de pluviómetros de cazoletas basculantes de acuerdo con la reivindicación 1,
- 15 caracterizado por la relación entre la variación del tiempo que disponen las partículas de agua para caer en la cazoleta y convertirse en excedentes (ts), según lo expresado en la reivindicación 1 y la variación de la intensidad de precipitación (RI) o caudal del fluido por el orificio del embudo; donde dicha relación se describe por la tercera ecuación Dt':

20 
$$D_t' = \frac{\left( Vt + (RI * \frac{\partial t_s}{\partial RI}) \right)}{Vt} * D_t$$

3. Un método simplificado para la corrección de errores en las mediciones de pluviómetros de cazoletas basculantes de acuerdo con la reivindicación 1,
- 25 caracterizado por la relación entre la variación del tiempo de caída de la cazoleta (ti), según lo expresado en la reivindicación 1 y la variación de la intensidad de precipitación (RI) o caudal del fluido por el orificio del embudo donde dicha relación se describe por la cuarta ecuación Dt':

$$D_t' = \frac{\left( Vt + (RI * \frac{\partial t_t}{\partial RI}) \right)}{Vt} * D_t$$

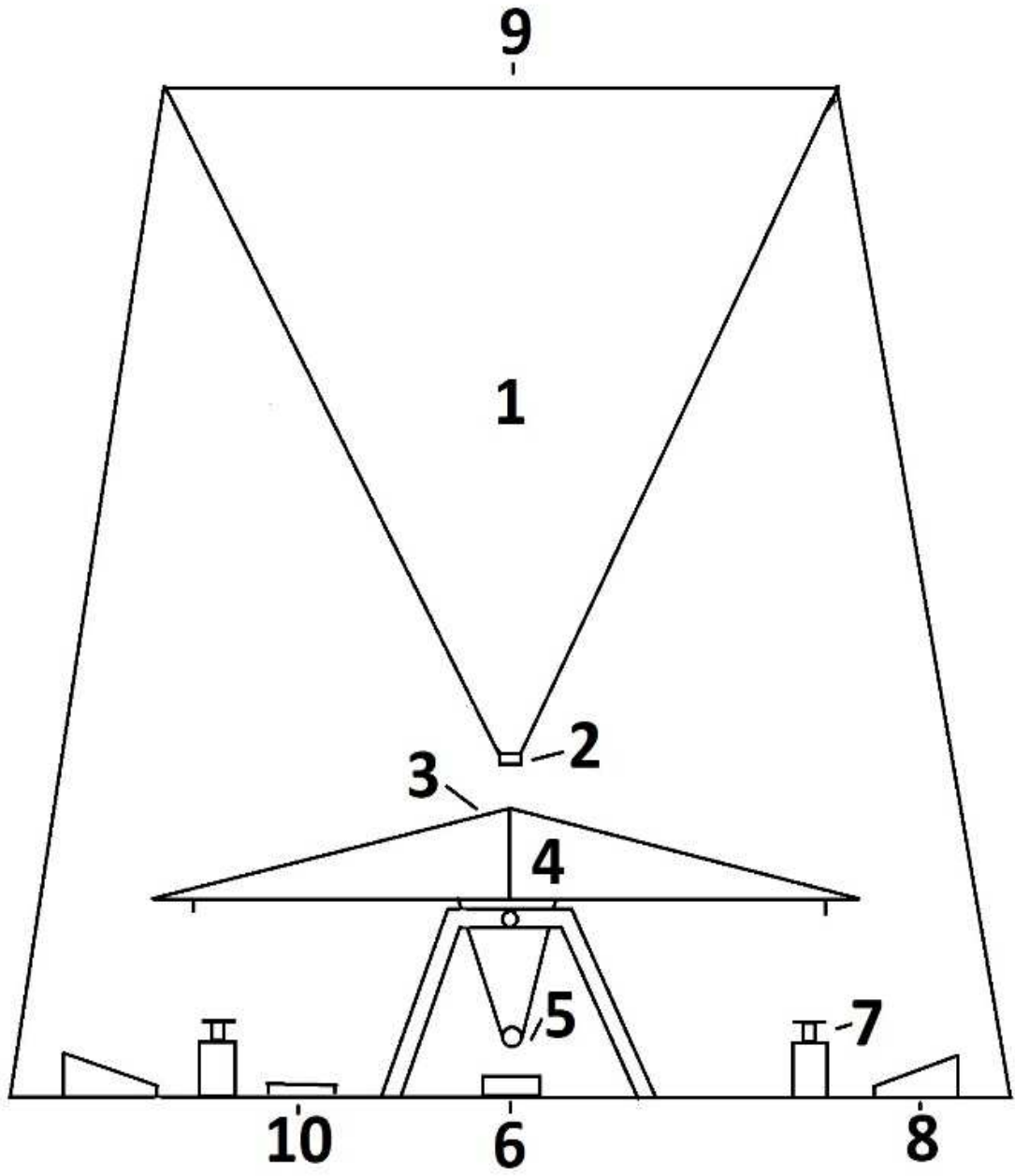


FIG 1



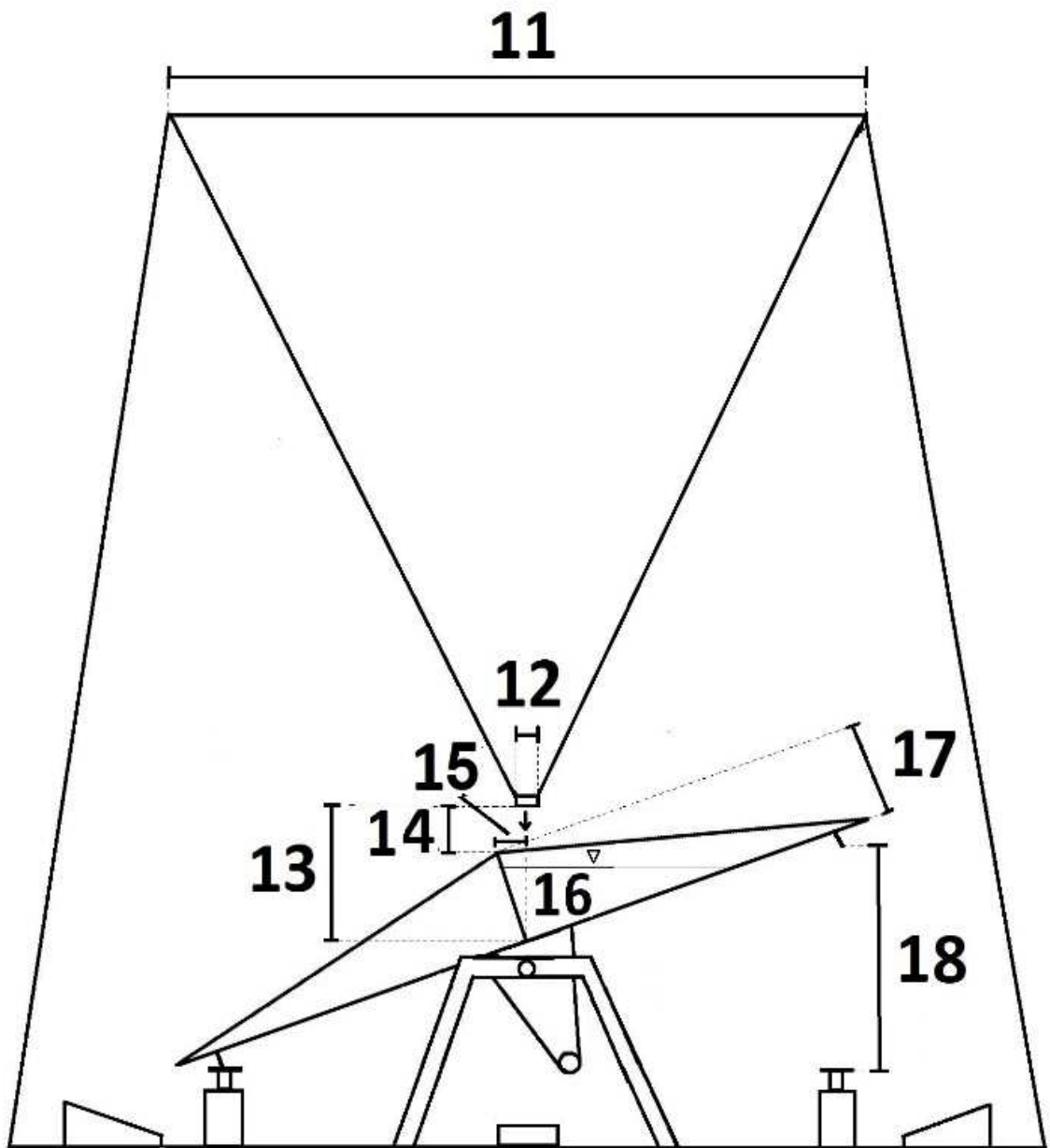


FIG 2

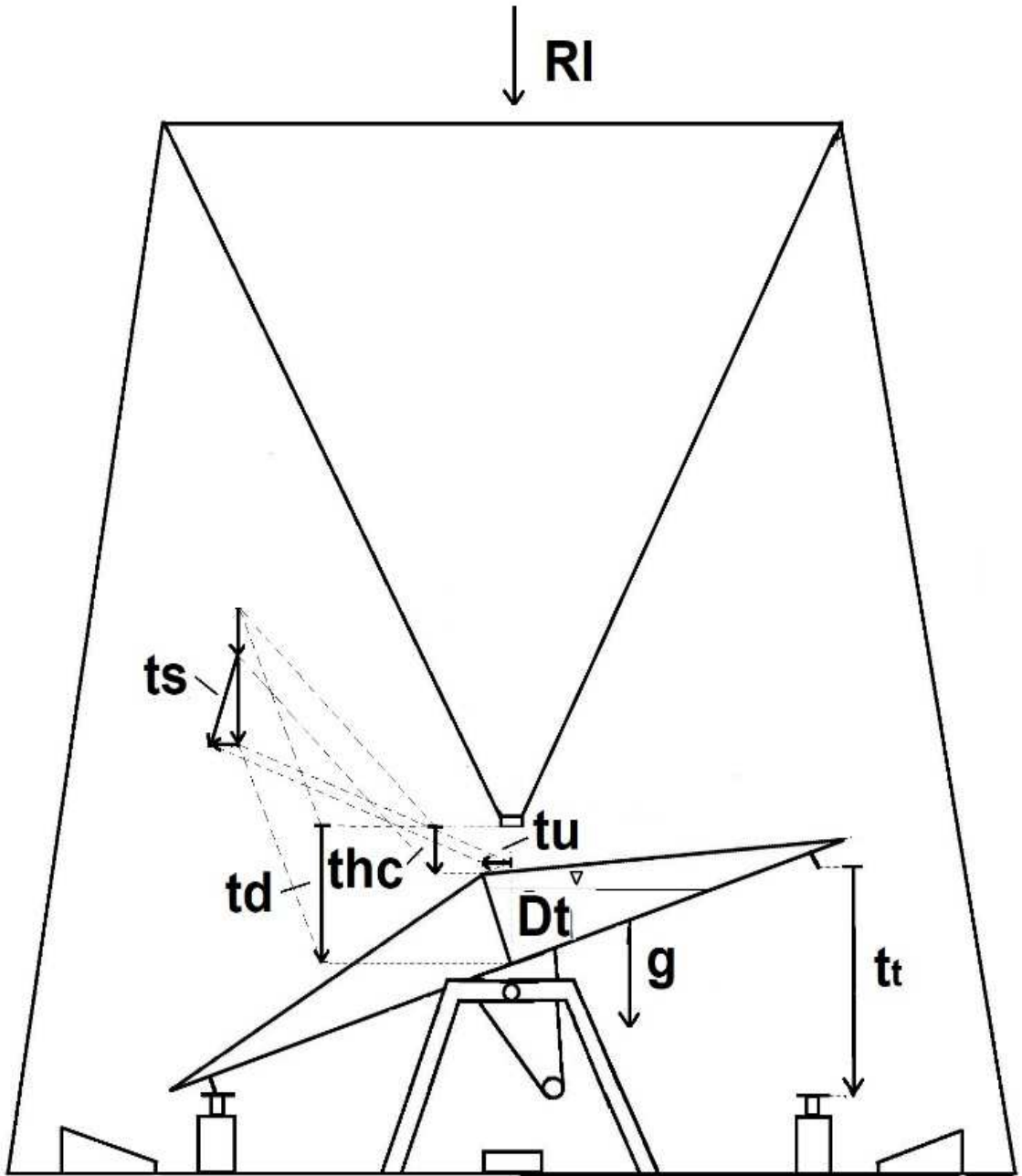


FIG 3

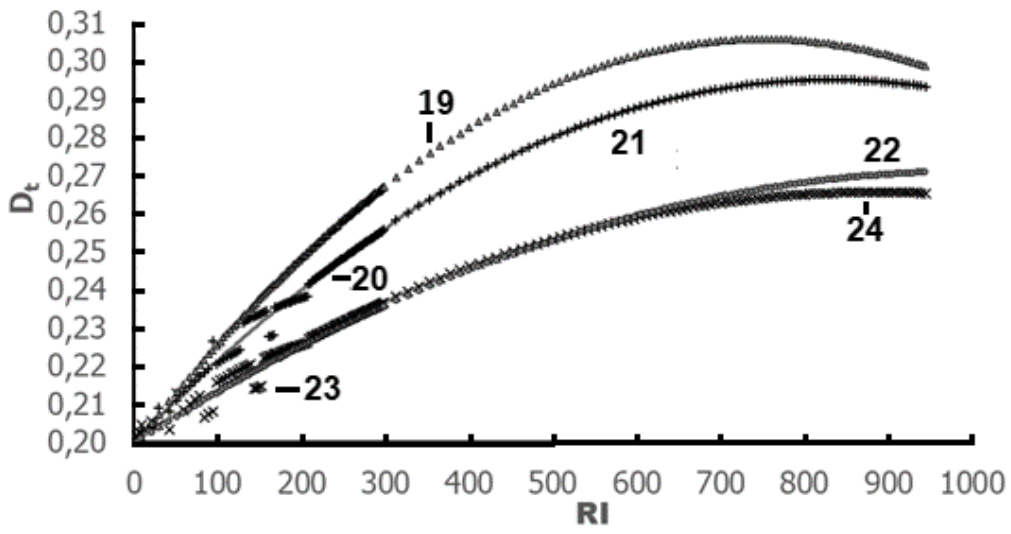


FIG 4

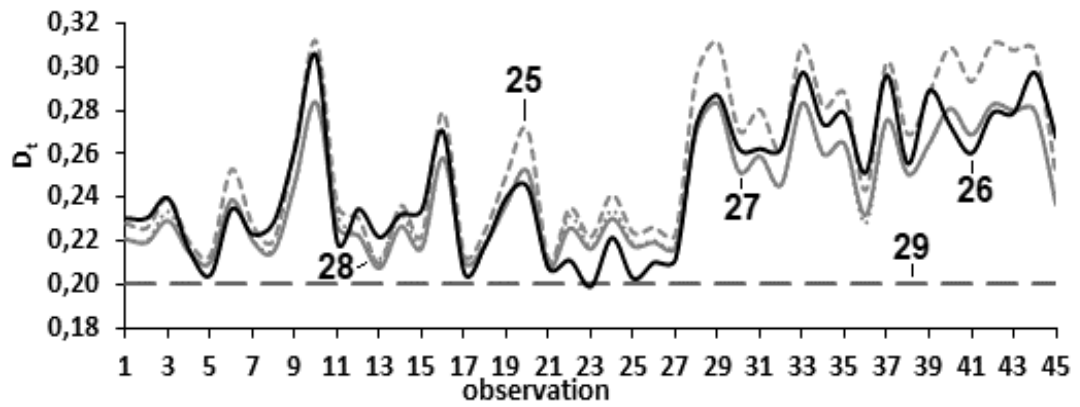


FIG 5