

1. Título

Dispositivo electromecánico de vigilancia de consumo de agua en una vivienda y su método de detección de fugas de pequeños goteos o grandes flujos y activación automática del cierre de una válvula

2. Sector tecnológico

La presente invención pertenece al sector de dispositivos electrónicos asociados al Internet de las cosas (IoT), específicamente destinado a medir el consumo de agua e identificar posibles fugas dentro del sistema de acueducto de una vivienda.

3. Estado de la técnica

Todas las viviendas que cuentan con un sistema de agua potable, tienen un circuito de tuberías que permite distribuir y habilitar la disponibilidad del líquido en diferentes partes de la vivienda; este circuito está interconectado con las empresas de acueducto a través de un contador de flujo que permite medir el consumo de la vivienda, y una válvula de paso que permite controlar y/o restringir el flujo del líquido hacia la vivienda, sin embargo tanto el contador como la válvula son dispositivos inertes que requieren la intervención del ser humano para su operación.

Esta invención refiere un dispositivo electromecánico de control y seguridad que automatiza este proceso y que se instala dentro del circuito interno de la vivienda y posterior a la válvula de paso, permite medir el flujo de agua, pero a la vez detectar posibles fugas, para lo cual aplica un método de toma de decisiones que utiliza los datos adquiridos por los sensores y emplea una técnica de *Machine Learning* basada en *Random Forest* que permite determinar si un fluido a través del dispositivo se puede clasificar como fuga o no, cuando se detecta la fuga el dispositivo se activa de forma automática e inmediata para bloquear el paso de agua a través del ducto y envía un mensaje al usuario quien se puede comunicar y manipular el dispositivo a través de una aplicación de celular.

El contador de caudal permite medir el volumen de un líquido que circula por una determinada tubería, en el estado de la técnica se pudo evidenciar que existen diferentes dispositivos que posibilitan esta acción por medio de dos métodos, algunos invasivos que indican, que, para realizar la medición, el contador necesita integrarse a la tubería a través del cual pasa el fluido; y los no invasivos que supone que el dispositivo es externo a la tubería y no necesita de cortes o integraciones. Adicionalmente, se encontró que existen varias tecnologías para el proceso de medición, que se podrían clasificar en: ópticas, acústicas, electromagnéticas. A continuación, se describen algunas patentes relacionadas:

La patente ES2554558T3 describe un contador de caudal con una unidad de captación óptica, compuesto por un disco rotativo que se acciona en función del caudal y refleja la señal generada por un emisor óptico, el dispositivo calcula las revoluciones del disco y con base en ello determina el flujo que circula a través de él.

La patente ES2833032T3 describe un contador de rueda de turbina para la medición de caudal de un líquido, con una entrada y una salida para el líquido que va a medirse, con un canal de flujo y con una turbina dispuesta en él, con palas curvadas que posibilita la rotación de turbina y un imán que da origen al principio físico de inducción electromagnética, estos datos son decodificados para determinar el volumen de fluido que atraviesa el dispositivo. La patente ES2715206T3 define un procedimiento para medir un caudal volumétrico de un fluido en una dirección específica, utilizando un dispositivo de medida de volumen compuesto por un circuito electrónico que utiliza dos sensores que permiten registrar la variación angular rotativa y a través de la cual se determina el volumen de líquido circundante.

La patente ES1275109U describe un micro-caudalímetro que se entiende como un contador para instalaciones o sistemas de bajo caudal, que contiene un depósito que almacena una dosis definido como un volumen pequeño que está en el rango de los 50 ml a 200 ml, el cálculo del caudal se basa en dos sensores de nivel opto-electrónicos instalados en el depósito en los niveles máximo y mínimo de la superficie del agua que detectan la presencia del fluido, de no existir líquido en el depósito se abre una electroválvula que permite su llenado hasta el nivel máximo, permitiendo medir de acuerdo a las veces que se llena el dispositivo.

La patente ES2898614T3 determina las características de un medidor de consumo de fluido con sensor de ruido, está compuesto por un tubo de flujo con una entrada y salida del fluido y dos transductores ultrasónicos (T1, T2) dispuestos en una pared del tubo de flujo para transmitir y recibir señales ultrasónicas transmitidas a través del fluido, más dos circuitos que permiten analizar la señal de ultrasónica y controlar posibles ruidos, con este modelo se puede determinar el caudal de fluido circundante a través del tubo.

La patente ES2647594T3 documenta una instalación de agua potable con una disposición de protección contra fugas, el cual está compuesto por un equipo terminal de usuario que contiene aparatos de mando, un medidor de flujo, un mecanismo de cierre, una unidad de comunicación, y un programa informático mediante el cual interactúan las unidades de comunicación de diferentes dispositivos instalados en una vivienda, con un servidor central y los usuarios, el dispositivo puede ser instalado en diferentes puntos de toma de agua potable de una vivienda. El dispositivo está pensado para ser instalado en diferentes puntos de un edificio y/o vivienda, en donde exista acceso al agua potable, a partir de ello se busca que la comunicación vía Internet entre los dispositivos o con el servidor, posibilita la administración del flujo en los diferentes puntos de control; de esta manera, si el dispositivo

detecta una fuga el mecanismo de cierre se cierra automáticamente y el servidor puede enviar un mensaje SMS o un correo electrónico al propietario de la vivienda o al instalador.

La patente ES2647594T3 refleja un dispositivo orientado a detectar fugas de agua en un ducto de una vivienda y a operar un mecanismo de cierre automático, sin embargo, difiere de esta invención entre otros por: el dispositivo planteado en la patente citada no es autónomo y no procesa sus datos, solo los transmite a un servidor que requiere ser instalado y administrado por el usuario o por el fabricante, es el servidor el encargado de tomar las decisiones para manipular el cierre de una válvula que controla el fluido basado en parámetros configurados por el usuario, entre los cuales está el volumen de un consumo promedio o máximo; para el caso de esta invención no se requiere servidor, el dispositivo procesa sus datos y toma decisiones de forma autónoma, basada en algoritmos de Machine Learning que están constantemente personalizando las características de consumo de una vivienda y que detecta de manera inteligente una posible fuga, por otra parte los datos también los almacena en la nube para que sean consultados por los usuarios desde cualquier parte del mundo utilizando Internet, no requiere personal especializado para el manejo o administración del dispositivo.

El documento US2012/0026004A1 da a conocer una disposición para vigilar el consumo de agua en una casa, está compuesto por un medidor de flujo, las señales se transmiten a un aparato de mando interno de la casa, en caso que el consumo de agua sobrepase el consumo de agua promedio, se transmite un mensaje al propietario quien determina que se accione el mecanismo de cierre de forma manual y evitar que se siga consumiendo más agua, cabe aclarar que el mecanismo de cierre y el medidor de flujo están dispuestos en distintos lugares y el proceso de cierre no está automatizado.

El documento GB2360365A da a conocer un dispositivo de interrupción de flujo compuesto por una válvula solenoide que permite cortar el flujo de agua de una red de suministro principal. El controlador recibe la señal de un sensor de flujo y cierra el flujo de manera automática en tres momentos: cuando ha habido un incremento de flujo establecido en un tiempo determinado, cuando no ha habido flujo o hay flujo mínimo, pero también tiene la posibilidad de detectar una fuga a través de transductores de presión en fuera de las horas pico de uso.

El documento de la patente FR2960638 describe un sistema de control de caudal de un fluido, que comprende un circuito electrónico capaz de medir a través de una turbina el caudal de un fluido e identificar la posible existencia de un caudal excesivo a partir de un valor predeterminado, bajo esta condición cierra la válvula. Este sistema incluye una batería de alimentación que permite que el circuito electrónico funcione de forma autónoma y la turbina está conectada a un generador de corriente para cargar la batería exclusivamente.

El documento de patente US2003/0233885 describe un dispositivo de control y medición para un fluido, compuesto por un circuito electrónico que permite calcular el volumen de un fluido a partir de un sensor de turbina impulsada por el fluido. El dispositivo permite visualizar el caudal de fluido y el volumen consumido, cuando se consume un volumen predeterminado, se muestra una señal y se cierra una válvula.

La patente US4936508 describe un dispositivo que permite controlar el volumen de agua de una ducha, el caudal que fluye se compara constantemente con una tabla preestablecida, con lo cual, si se exceden los topes, el dispositivo activa una alarma.

La diferencia de la presente patente con lo descrito, es que la invención refiere un dispositivo electromecánico de control y seguridad que automatiza el cierre automático de la válvula y se instala dentro del circuito interno de acueducto (tuberías) de la vivienda, permite medir el flujo de agua, pero a la vez detectar y evitar posibles fugas, para lo cual aplica un método de toma de decisiones que utiliza los datos adquiridos por los sensores.

4. Descripción breve de la invención

La presente invención resuelve el problema de detección de fugas de agua dentro de las viviendas, y su consecuente cierre automático de válvula para evitar desperdicios, posibles daños en los inmuebles y altos consumos no deseados del líquido, mediante uso de un dispositivo IoT que facilita tal operación para los usuarios.

Ventajas y diferencias de la invención:

- Dispositivo que se instala en la entrada principal del sistema de acueducto de una vivienda, o en cualquier parte del sistema de tuberías que distribuye agua en una vivienda y que se desee realizar un monitoreo de consumo y la detección de posibles fugas, no solo en el contador de agua como habitualmente se halla en el estado de la técnica.
- A través del dispositivo se puede mantener informados a los usuarios en tiempo real tanto del consumo como de la identificación de una fuga, ante lo cual, si detecta una posible fuga, de manera autónoma el dispositivo cierra la válvula de control e informa a los usuarios a través una aplicación.
- Esta invención se conforma de un dispositivo electromecánico que cuantifica y controla el flujo de agua que circula en la tubería de agua potable de una vivienda, y una aplicación de celular a través de la cual se puede monitorear y manipular el dispositivo, por lo que es de fácil manejo para cualquier usuario.
- Los datos capturados por el dispositivo en tiempo real, son almacenados localmente y procesados usando un método de clasificación basado en *Machine Learning*; con lo cual se determina si el flujo corresponde a un flujo de uso normal o una posible fuga, de esta manera, el dispositivo actúa cerrando la válvula control y enviando un mensaje de alerta al usuario.
- Los datos también son almacenados en la nube y entregados al usuario en tiempo real a través de la aplicación de celular, lo cual permite disponer de información estadística (diaria, mensual y anual) sobre la medición del consumo o flujo de agua a través del dispositivo, además puede conocer el estado de la válvula y operarla (apertura o cierre) de manera remota a través de Internet.
- El dispositivo permite medir desde pequeños flujos de apenas 5 mililitros por minuto, hasta flujos grandes de 35 litros por minuto, lo cual permitiría detectar fugas grandes por ejemplo una ruptura de una tubería o una persona deja abierta totalmente una llave o grifo, pero también fugas pequeñas equivalente a pequeños goteos o filtraciones de agua dentro del sistema de acueducto de una vivienda.

Existen algunos sistemas para identificar y/o controlar fugas de agua dentro del sistema de acueducto de una vivienda, sin embargo, se encuentran inconvenientes como:

1. El nivel de precisión, ya que ninguno de los sistemas de detección de fugas de agua, logra detectar pequeñas fugas equivalentes a goteos dentro del sistema de acueducto de una vivienda.
2. Técnica de detección de fuga, los sistemas actuales detectan fugas a partir de la identificación del consumo de agua que excede un volumen predefinido o cuando existen grandes flujos de agua en tiempos no previstos, ninguno utiliza métodos basados en el aprendizaje de máquina para determinar el comportamiento de consumo de agua de una vivienda y así poder clasificar un flujo de agua, como consumo normal o como una fuga.
3. Operación de la válvula, para la apertura o cierre, algunos la operan de forma manual una vez identifica una fuga, o en otros casos de manera automática, pero ninguno de ellos permite la operación y/o manipulación de (apertura o cierre) remotamente.
4. Monitoreo del consumo, los sistemas actuales que permiten detectar fugas de agua en un sistema de acueducto, no permiten la posibilidad de monitoreo remoto ni del estado del sistema (abierto / cerrado), ni tampoco facilitan el monitoreo sobre los datos y las estadísticas de consumo.
5. Sistema de alimentación de energía, la mayoría de los sistemas que permiten operar un sistema de detección de fuga, cuenta con conexión al sistema eléctrico de la vivienda, pero no existen sistemas de respaldos de energía, es decir, si hay detección de fuga y no hay energía en la vivienda, no se podría manipular el dispositivo de manera automática.
6. Válvula sinusoidal, algunos sistemas usan válvula sinusoidal que requiere el uso de energía constantemente para mantener la válvula operando (abierta) y permitir el flujo de agua, si no existe fluido eléctrico en un determinado momento, la válvula se cierra automáticamente, dejando la vivienda sin servicio de acueducto.

Esta invención dispone sus componentes en una configuración no existente, que además de permitir la detección de cualquier tipo de fuga de agua que circula por una tubería de acueducto dentro de una vivienda, posibilita el cierre una válvula de control de manera automática y/o controlada remotamente; adicional a ello esta invención permite dar solución a los problemas anteriormente planteados.

5. Descripción de los dibujos

Figura 1. Estructura externa del dispositivo

Figura 2. Estructura interna del dispositivo

Figura 3. Micromotor eléctrico de 6, 9 o 12 voltios y Juego de tres engranajes para amplificar torque

Figura 4. Detalle de Placa electrónica tipo MCU (microcontrolador)

Figura 5. Detalle de válvula de control de flujo tipo mecánica con rotación de 90º

Figura 6. Detalle de micromotor eléctrico de 6, 9 o 12 voltios

Figura 7. Sensor de flujo de agua

Figura 8. Aspas ubicadas internamente en el sensor de flujo para determinar el caudal

Listado de partes (externas)

Tubo roscado de ½ pulgada para entrada del agua (1)

Fuente de alimentación eléctrica externa 12 voltios y 1 amperio (2)

Interruptor de encendido y apagado (3)

Led de estado del dispositivo (encendido o apagado) (4)

Led de estado de conexión a red Wifi (5)

Led de estado de válvula (cerrado o abierto) (6)

Botón de apertura manual de la válvula (7)

Botón de cierre manual de la válvula (8)

Caja protectora (9)

Tubo roscado de ½ pulgada para salida del agua (10)

Listado de partes (internas)

Sensor de flujo de agua (11)

Placa electrónica tipo MCU (microcontrolador) (12)

Batería de respaldo recargable (13)

Micromotor eléctrico de 6, 9 o 12 voltios (14)

Juego de tres engranajes para amplificar torque (15)

Válvula de control de flujo tipo mecánica con rotación de 90º (16)

Palanca para accionar el cierre o apertura de la válvula (17)

Sensor óptico ubicado al interior del sensor de flujo para detectar pequeños flujos (18)

Aspas ubicadas internamente en el sensor de flujo para determinar el caudal (19)

6. Descripción detallada de la invención

La invención, en su realización preferente comprende, además de otros componentes:

1. Una placa electrónica (12) tipo MCU (microcontrolador) que ejecuta un método que utiliza el *Machine Learning* a través del algoritmo *Random Forest* para clasificar el consumo y determinar si hay o no una posible fuga, además posee puertos de entrada analógicos y digitales, conectividad bluetooth y Wifi.
2. Un sensor de flujo de agua (11) compuesto por un rotor que contiene aspas (19) para determinar caudales entre 1 y 35 litros por minuto, y un sensor óptico (18) para flujos tipo goteo desde 5 mililitros por minuto.
3. Un micromotor eléctrico (14) que ejerce el torque necesario para lograr la apertura o cierre de la válvula de control de flujo (16).
4. Un Juego de tres engranajes (15) para transferencia mecánica e incremento de potencia del torque desde el micromotor eléctrico (14) hacia la palanca (17) que permite accionar la válvula de control de flujo (16).
5. Válvula de control de flujo (16) mecánica de ½ pulgada de diámetro para apertura o cierre del flujo de agua.
6. Tubo roscado de ½ pulgada para entrada del agua (1).
7. Tubo roscado de ½ pulgada para salida del agua (10).
8. Batería de respaldo recargable (13) que corresponde a una batería la cual permite alimentar el sistema por un tiempo determinado, mientras no haya suministra de energía externo.

El dispositivo externamente se compone de una caja protectora (9) de almacenamiento de todos los componentes, la cual puede ser alternativamente de plástico, pero también pueden usarse otros materiales poliméricos con protección IP65 resistentes a la humedad; un tubo roscado de ½ pulgada (1) de entrada del agua y permite la conexión con la tubería de la empresa de acueducto que se ubica en uno de sus lados; así mismo, en el lado contrario al de entrada de agua se halla un tubo roscado de ½ pulgada (10) de salida del agua que permite la conexión con la tubería de acueducto interna; el dispositivo posee una fuente de alimentación eléctrica (2) de 12 voltios; un interruptor (3) de encendido o apagado del dispositivo y un botón o pulsador (7) de apertura de la válvula manualmente ubicado en la cara superior del dispositivo, contiguo al cual se ubica otro botón o pulsador (8) de cierre de la válvula manualmente. El dispositivo posee además un led de visualización del estado de encendido del dispositivo (4), un led de visualización del estado de conexión Wifi (5), y un led de visualización del estado de la válvula (abierta o cerrada) (6).

El dispositivo internamente (Figura 2) se compone del tubo de PVC de ½ pulgada con terminal de rosca (1) por donde ingresa el fluido del agua desde la tubería que presta el servicio de acueducto, el agua ingresa al sensor de flujo (11) que es dispositivo

electromecánico que permite determinar el caudal del agua que fluye a través de una tubería, el sensor (11) tiene un rotor compuesto por aspas (19) y un imán, las aspas (19) permiten que el rotor gire a diferente velocidad dependiendo del caudal, los giros hacen que el imán produzca una señal electromagnética (Efecto Hall) que es procesada y a través de la cual se puede determinar el volumen de agua que está circulando; adicionalmente, el sensor de flujo tiene adherido por uno de sus lados, un sensor óptico (18) que cuantifica los movimientos de las aspas (19) y permite detectar pequeños flujos como los goteos de un grifo.

Posteriormente, el sensor de flujo (11) está conectado a una válvula de control de flujo tipo mecánica (16) la cual permite una rotación de 90°, este elemento controla la apertura o cierre para el flujo de agua a través de una tubería de ½ pulgada que es la dimensión de la tubería instalada en una vivienda; a su vez, se conecta a un tubo de PVC de ½ pulgada con terminal de rosca (10) para permitir la salida del fluido de agua y acceder a la conexión con el circuito interno de acueducto. Es de anotar, que esta invención principalmente se puede instalar en la entrada a la vivienda del circuito de acueducto, sin embargo, también puede ser instalada en varias partes del circuito interno de acueducto de una vivienda, donde se desee monitorear y controlar el flujo de agua.

Adicionalmente, esta invención está compuesta por un micromotor eléctrico (14) de 6, 9 o 12 voltios, que transmite su rotación a un mecanismo de amplificación conformado por tres engranajes (15), el engranaje final (transmisión) está conectado a una palanca (17) que permite la apertura o cierre de la válvula mecánica (16).

Todos los componentes están conectados a una placa electrónica tipo MCU (microcontrolador) (12) que hace parte de las arquitecturas de hardware libre, compuesto por un microcontrolador, puertos de entrada analógicos y digitales, conectividad bluetooth y Wifi.

El dispositivo cuenta con un módulo de alimentación de energía externo (2) de 12 voltios 1 amperio, e internamente cuenta con un sistema de backup eléctrico, compuesto por una batería recargable (13) que permite el funcionamiento del dispositivo por un tiempo determinado, aun cuando no hay alimentación de energía externa.

El dispositivo activa el proceso de clasificación en el mismo instante que inicia un flujo a través de él y es recurrente mientras dura el flujo, para este proceso se consideran cuatro variables que entregan los valores para ejecutar los n-árboles generados un método de inteligencia artificial (hora en la que inicia un flujo a través de la tubería, día del flujo, duración del flujo y caudal del flujo); cada árbol se ejecuta con los valores de las variables y los resultados se acumulan para determinar cuál es la clasificación o resultado más adecuado.

Los pasos asociados al método que es ejecutado por el dispositivo son los siguientes:

- a. Conectar el dispositivo a internet a través del módulo Wifi dispuesto en la placa electrónica tipo MCU (12) y a su vez activar el led (5) de conexión Wifi
- b. Encender el led de estado de la válvula (6) si está abierta o apagar el led de estado de la válvula (6) si está cerrada
- c. Ingresar el fluido del agua a través del tubo (1) desde la tubería del servicio de acueducto
- d. Accionar el sensor de flujo (11) y sensor óptico (18) con el paso del agua que genera movimiento de las aspas (19)
- e. Capturar datos a través de la placa electrónica (12) y clasificar el tipo de flujo en normal o fuga
- f. Si es fuga, accionar el micromotor (14) y los engranajes (15) para transmitir a la palanca (17) el torque o la fuerza para el cierre de la válvula mecánica (16)
- g. Si es flujo normal, medir caudal del agua a través del sensor de flujo (11) y recaudar datos de consumo periódico en la placa electrónica, la cual transmite a través de internet los datos a la nube para su almacenamiento
- h. En cualquier etapa del proceso, en caso de interrupción energética, encender la batería de respaldo (13) para continuar la ejecución de las etapas con normalidad
- i. En cualquier etapa del proceso, en caso de que la válvula de control de flujo (16) esté cerrada, el usuario la puede abrir para iniciar el proceso, puede ser manualmente con el botón de apertura de la válvula (7) o puede remotamente a través de la aplicación.

7. Resumen

El servicio de acueducto permite que una vivienda goce del suministro de agua potable, sin embargo, los propietarios de la vivienda generalmente no son conscientes de la cantidad de agua que consumen sino hasta el final del periodo de facturación del servicio, por otra parte, los propietarios tampoco son conocedores de los problemas que pueden existir en el circuito interno de acueducto respecto a posibles desperdicios o fugas, que en muchos casos son imperceptibles a simple vista.

Este dispositivo presenta una solución, que permite a los propietarios conocer en tiempo real el consumo de agua potable a través de una aplicación de celular y a su vez detectar posibles fugas utilizando un método que permite identificar pequeños goteos o grandes flujos de agua, cuando se detecta una fuga, se activa de manera automática el cierre de la válvula y emite un mensaje al propietario; el dispositivo se activa de manera automática pero también puede ser manipulado manualmente o a través de una aplicación de celular.

El dispositivo tiene un alto nivel de precisión que permite detectar pequeñas fugas tipo goteos, permite medir el consumo de agua en tiempo real e informar a los usuarios a través de una aplicación, se activa de manera automática al detectar una fuga, informa a los usuarios de eventos ocurridos, cuenta con batería de respaldo para operar en momentos en los cuales no exista suministro eléctrico, puede ser operado a distancia a través de una aplicación.