

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 025**

51 Int. Cl.:

G01F 1/26 (2006.01)

F16K 37/00 (2006.01)

G01F 1/36 (2006.01)

G01F 1/66 (2012.01)

G01F 1/667 (2012.01)

G01F 15/00 (2006.01)

F16K 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2023** **E 23170582 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024** **EP 4269952**

54 Título: **Contador de fluido por ultrasonidos que integra dos sensores de presión**

30 Prioridad:

29.04.2022 FR 2204102

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

25.11.2024

73 Titular/es:

SAGEMCOM ENERGY & TELECOM SAS (100.0%)
4 Allée des Messageries
92270 Bois-Colombes, FR

72 Inventor/es:

SABRAOUI, ABBAS;
BASTURK, AHMET SAMED y
ABID, OUSSAMA

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 989 025 T3

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

DESCRIPCIÓN

Contador de fluido por ultrasonidos que integra dos sensores de presión

5 La invención se refiere al campo de los contadores de fluido por ultrasonidos.

Antecedentes de la invención

10 Un contador de fluido por ultrasonidos incluye de manera muy convencional un conducto por el que circula el fluido y un dispositivo de medición ultrasónica que comprende un transductor aguas arriba (lado de la red) y un transductor aguas abajo (lado de la instalación del abonado). Cada transductor desempeña sucesivamente el papel de emisor y receptor de señales ultrasonoras. El transductor aguas arriba emite así una señal ultrasonora por el conducto, que es recibida por el transductor aguas abajo después de haber recorrido por el fluido un recorrido predefinido (de longitud perfectamente controlada). Luego, el transductor aguas abajo emite a su vez una señal ultrasonora, que es recibida por el transductor aguas arriba después de haber recorrido por el fluido el recorrido predefinido (en la otra dirección).
15 A continuación, el dispositivo de medición ultrasónica evalúa el caudal de fluido a partir de los tiempos de vuelo de las señales ultrasonoras entre los transductores. La estimación del caudal de fluido permite evaluar y facturar la cantidad de fluido consumido.

20 En algunos países, los contadores deben ser capaces de limitar, regular y cortar el caudal de fluido. Por ejemplo, en determinados países y en el caso de una factura de agua impagada, el distribuidor de agua debe garantizar al cliente final "mal pagador" un caudal mínimo durante un número determinado de días antes de cortarle por completo el acceso al agua.

25 Este caudal mínimo puede variar en función del país y el cliente, por lo que es necesario tener la posibilidad de regular el caudal "a demanda": el caudal debe adaptarse en función de una consigna de caudal.

Se ha considerado, para realizar la regulación del caudal, integrar una válvula de bola motorizada en el conducto del contador. La posición angular de la bola se puede comandar remotamente para regular el caudal.
30

Sin embargo, el tamaño del contador debe ser limitado y puede ser necesario colocar la válvula en la zona de medición del caudal, es decir, entre los dos transductores.

35 Ahora bien, cuando la válvula no está lo suficientemente abierta, las señales ultrasonoras no pueden viajar normalmente por el conducto siguiendo el recorrido predefinido.

Por tanto, es imposible medir y regular el caudal para determinadas posiciones angulares de la bola.

40 El documento DE 10 2019 105948 A1 describe un contador de fluido por ultrasonidos.

Objeto de la invención

45 La invención tiene como objeto, en un contador de fluido por ultrasonidos que comprende un conducto por el que circula el fluido y una válvula colocada en el conducto, poder medir y regular el caudal del fluido independientemente de cuál sea el estado de la válvula (abierta, cerrada, parcialmente abierta).

Sumario de la invención

50 Con vistas a la realización de este objetivo, se propone un contador de fluido por ultrasonidos que incluye:

- un conducto por el que puede circular un fluido;
- un dispositivo de medición ultrasónica que comprende dos transductores dispuestos para emitir y recibir señales ultrasonoras en el conducto, estando dispuesto el dispositivo de medición ultrasónica para evaluar un caudal actual del fluido a partir del tiempo de vuelo de las señales ultrasonoras entre los transductores;
- 55 - una válvula colocada, según una longitud del conducto, entre los dos transductores, comprendiendo la válvula un elemento móvil que se extiende por el conducto y del que una puede comandarse una posición actual para controlar el caudal actual del fluido;
- un sensor de posición dispuesto para medir la posición actual del elemento móvil;
- 60 - un primer sensor de presión dispuesto para medir una primera presión del fluido en el conducto aguas arriba de la válvula y un segundo sensor de presión dispuesto para medir una segunda presión del fluido en el conducto aguas abajo de la válvula;
- un circuito de procesamiento dispuesto para, si la posición actual del elemento móvil es tal que el caudal actual no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica, evaluar el caudal actual en función de la posición actual del elemento móvil y de un valor de presión representativo de una diferencia entre la segunda presión y la primera presión.
- 65

- 5 El contador de fluido por ultrasonidos según la invención y por tanto particularmente ventajoso porque, cuando la posición actual del elemento móvil de la válvula es tal que el caudal actual no puede medirse a través del dispositivo de medición ultrasónica, entonces se evalúa el caudal actual en función de la posición actual del elemento móvil y de un valor de presión que se calcula a partir de al menos una medición de la primera presión producida por el primer sensor de presión y de al menos una medición del segundo presión producida por el segundo sensor de presión. En ese caso, el contador de fluido por ultrasonidos según la invención no necesita el dispositivo de medición ultrasónica para funcionar.
- 10 Al contrario, cuando la posición actual del elemento móvil de la válvula es tal que el caudal actual puede medirse a través del dispositivo de medición ultrasónica, entonces el caudal de corriente simplemente se evalúa a partir de dicho dispositivo de medición ultrasónica.
- 15 El contador de fluido por ultrasonidos según la invención es así capaz de medir y regular el caudal del fluido independientemente de cuál sea el estado de la válvula (abierta, cerrada, parcialmente abierta).
- En un modo de realización, el circuito de procesamiento está dispuesto para, si la posición actual del elemento móvil es tal que el caudal actual puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica:
- 20 - evaluar una presión del fluido de caudal nulo;
 - estimar la temperatura del fluido utilizando la presión del fluido de caudal nulo;
 - producir un primer valor de caudal a partir del tiempo de vuelo de las señales ultrasonoras entre los transductores y la temperatura del fluido.
- 25 En un modo de realización, el circuito de procesamiento además está dispuesto para:
- producir un segundo valor de caudal a partir de la posición actual del elemento móvil y del valor de presión;
 - producir un valor de caudal consolidado a partir del primer valor de caudal y del segundo valor de caudal.
- 30 En un modo de realización, el circuito de procesamiento está dispuesto, para evaluar la presión del fluido de caudal nulo, para:
- 35 - esperar hasta que el caudal actual sea nulo;
 - adquirir entonces al menos una medición de la primera presión producida por el primer sensor de presión o una medición de la segunda presión producida por el segundo sensor de presión.
- En un modo de realización, el fluido es un fluido compresible, el contador de fluido además comprende un sensor de temperatura dispuesto para medir la temperatura del fluido en el conducto, estando dispuesto el circuito de procesamiento para, si la posición actual del elemento móvil es tal que el caudal actual no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica, utilizar también la temperatura del fluido para evaluar el caudal actual.
- 40 En un modo de realización, en el que la válvula es una válvula de bola.
- 45 También se propone un procedimiento de medición de un caudal actual de un fluido, implementado en el circuito de procesamiento de un contador de fluido por ultrasonidos tal como se ha descrito anteriormente, y que comprende la etapa, si la posición actual del elemento móvil es tal que el caudal actual no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica, de evaluar el caudal actual en función de la posición actual del elemento móvil y del valor de presión representativo de la diferencia entre la segunda presión y la primera presión.
- 50 En un modo de realización, el procedimiento de medición tal como se ha descrito anteriormente, comprende las etapas, si la posición actual del elemento móvil es tal que el caudal actual puede ser medido con el dispositivo de medición ultrasónica, de:
- 55 - utilizar el dispositivo de medición ultrasónica para medir el caudal actual;
 - esperar hasta que el caudal actual sea nulo;
 - adquirir entonces al menos una medición de la primera presión producida por el primer sensor de presión o al menos una medición de la segunda presión producida por el segundo sensor de presión y evaluar así la presión del fluido de caudal nulo;
 - estimar la temperatura del fluido utilizando la presión del fluido de caudal nulo;
- 60 - estimar un primer valor de caudal a partir del tiempo de vuelo de las señales ultrasonoras entre los transductores y la temperatura del fluido.
- En un modo de realización, el procedimiento de medición tal como se ha descrito anteriormente además comprende las etapas de:
- 65 - producir un segundo valor de caudal a partir de la posición actual del elemento móvil y del valor de presión;

- producir un valor de caudal consolidado a partir del primer valor de caudal y del segundo valor de caudal.

En un modo de realización, el procedimiento de medición tal como se ha descrito anteriormente, además comprende las etapas de:

- 5
- definir un intervalo de tiempo entre un tiempo t_1 y un tiempo t_2 , tales que, en el tiempo t_1 , una diferencia entre la segunda presión y la primera presión pasa de un valor nulo a un primer valor superior a un umbral predefinido, y en el tiempo t_2 , la diferencia entre la segunda presión y la primera presión pasa de un segundo valor superior al umbral predefinido al valor nulo;
 - 10 - integrar el caudal actual en el intervalo de tiempo y evaluar así un volumen de fluido distribuido a través del conducto.

Se propone además un programa informático que comprende instrucciones que hacen que el circuito de procesamiento del contador, tal como se ha descrito anteriormente, ejecute las etapas del procedimiento de predicción tal como se ha descrito anteriormente.

También se propone un medio de grabación legible por ordenador, en el que está grabado el programa informático tal como se ha descrito anteriormente.

20 También se propone un procedimiento de regulación de un caudal actual, implementado en el circuito de procesamiento de un contador de fluido por ultrasonidos tal como se ha descrito anteriormente, y que comprende las etapas de:

- adquirir una consigna de caudal;
- 25 - estimar el caudal de corriente utilizando el procedimiento de medición tal como se ha descrito anteriormente;
- adaptar la posición actual del elemento móvil en función de una variación entre la consigna de caudal y el caudal actual.

30 Se propone además un programa informático que comprende instrucciones que hacen que el circuito de procesamiento del contador, tal como se ha descrito anteriormente, ejecute las etapas del procedimiento de regulación tal como se ha descrito anteriormente.

También se propone un medio de grabación legible por ordenador, en el que está grabado el programa informático tal como se ha descrito anteriormente.

35 La invención se comprenderá mejor a la luz de la siguiente descripción de modos de implementación particulares y no limitativos de la invención.

Breve descripción de los dibujos

40 Se hará referencia a los dibujos adjuntos, entre los cuales:

[Fig. 1] la figura 1 representa un contador de fluido por ultrasonidos según un primer modo de realización de la invención;

45 [Fig. 2] la figura 2 representa esquemáticamente dos transductores en el conducto;

[Fig. 3] la figura 3 representa una tabla de una segunda tabla de referencia;

[Fig. 4] la figura 4 representa un gráfico que comprende una curva del valor de presión ΔP en función del caudal actual;

[Fig. 5] la figura 5 representa las etapas de un procedimiento de medición;

50 [Fig. 6] la figura 6 representa las etapas de un procedimiento de medición a partir del valor de presión ΔP ;

[Fig. 7] la figura 7 representa una tabla de una tercera tabla de referencia;

[Fig. 8] la figura 8 representa un gráfico que comprende una curva de la velocidad del sonido en el agua en función de la presión a 20°C;

[Fig. 9] la figura 9 representa las etapas de un procedimiento de regulación;

55 [Fig. 10] la figura 10 representa un gráfico en el que se ve la evolución de la presión medida en el conducto cuando empieza la instalación y luego deja de consumir agua;

[Fig. 11] la figura 11 representa un contador de fluido por ultrasonidos según un segundo modo de realización de la invención;

60 [Fig. 12] la figura 12 representa un contador de fluido por ultrasonidos según un tercer modo de realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

65 Con referencia a las figuras 1 y 2, la invención se implementa en un contador de fluido por ultrasonidos 1. El contador 1 es aquí en este caso un contador de agua, que se utiliza para medir el consumo de agua de la instalación de un abonado 2. El agua se suministra a la instalación del abonado 2 mediante una red de distribución de agua 3.

El contador 1 incluye un conducto 4 por el que circula el agua suministrada por la red 3 a la instalación 2. El agua circula por el conducto 4 de aguas arriba a aguas abajo, como lo indica la dirección de las flechas F. En el presente documento, la expresión "aguas arriba", se refiere al lado de la red 3, y la expresión "aguas abajo", se refiere al lado de la instalación 2.

El contador 1 incluye un circuito de procesamiento 5. El circuito de procesamiento 5 comprende al menos un componente de procesamiento 5a, que es, por ejemplo, un procesador "de propósito general", un procesador especializado en procesamiento de señales (o DSP, del inglés *Digital Signal Processor* o procesador de señal digital), un microcontrolador o bien un circuito lógico programable tal como una FPGA (del inglés *Field Programmable Gate Arrays* o matrices de puertas programables en campo) o un ASIC (del inglés *Application Specific Integrated Circuit* o circuito integrado de aplicación específica). El circuito de procesamiento 5 también comprende una o más memorias 5b, conectadas o integradas en el componente de procesamiento. Al menos una de estas memorias forma un medio de grabación legible por ordenador, en el que está grabado al menos un programa informático que comprende instrucciones que llevan al componente de procesamiento a ejecutar al menos algunas de las etapas del procedimiento de medición y del procedimiento de regulación que se describirán más adelante.

El contador 1 también comprende un dispositivo de medición ultrasónica 6. El dispositivo de medición ultrasónica 6 se utiliza "por defecto" para medir el caudal de agua suministrado a la instalación 2 por la red 3.

El dispositivo de medición ultrasónica 6 comprende un transductor aguas arriba 7a y un transductor aguas abajo 7b. El dispositivo de medición ultrasónica 6 también incluye un módulo de procesamiento 9 conectado al transductor aguas arriba 7a y al transductor aguas abajo 7b. El módulo de procesamiento 9 está aquí implementado en el circuito de procesamiento 5.

El transductor aguas arriba 7a y el transductor aguas abajo 7b están ventajosamente (pero no necesariamente) emparejados. El transductor aguas arriba 7a y el transductor aguas abajo 7b son aquí transductores piezoeléctricos.

Cada transductor 7a, 7b desempeña sucesivamente el papel de emisor y receptor de señales ultrasonoras.

El módulo de procesamiento 9 genera una señal de excitación eléctrica y suministra al emisor la señal de excitación eléctrica. A continuación, el emisor genera una señal ultrasonora. El receptor recibe la señal ultrasonora después de que esta haya recorrido un recorrido predefinido 10 por el fluido, y el módulo de procesamiento 9 mide el tiempo de vuelo.

El recorrido predefinido 10 es aquí un recorrido directo (inclinado con respecto a un eje longitudinal del conducto 4, como es el caso de la figura 1, o paralelo a dicho eje, como es este el caso de la figura 2). El recorrido predefinido 10 tiene una longitud d , que se conoce con mucha precisión.

De este modo, el transductor aguas arriba 7a emite en primer lugar la señal ultrasonora, que es recibida por el transductor aguas abajo 7b. El módulo de procesamiento 9 mide el tiempo de vuelo desde aguas arriba hasta aguas abajo TDV_{ARRIBA} .

Luego, el transductor aguas abajo 7b emite la señal ultrasonora, que es recibida por el transductor aguas arriba 7a. El módulo de procesamiento 9 mide el tiempo de vuelo desde aguas abajo hasta aguas arriba TDV_{ABAJO} .

Ahora bien, se tiene:

$$TDV_{ARRIBA} = \frac{d}{c - v_{fluido}}$$

$$TDV_{ABAJO} = \frac{d}{c + v_{fluido}}$$

donde c es la velocidad del sonido en el agua, d es la longitud del recorrido predefinido 10, y v_{fluido} es la velocidad del flujo de agua.

Se define Δ_{TDV} y Σ_{TDV} .

$$\Delta_{TDV} = TDV_{ABAJO} - TDV_{ARRIBA}$$

$$\Sigma_{TDV} = TDV_{ABAJO} + TDV_{ARRIBA}$$

El módulo de procesamiento 9 calcula la velocidad del sonido a través de la media de los dos tiempos de vuelo (ida y vuelta), que es independiente del flujo del fluido:

ES 2 989 025 T3

$$c = \frac{2d}{\Sigma_{TDV}}$$

El módulo de procesamiento 9 calcula la velocidad del flujo de agua como sigue:

$$v_{fluido} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{d}{TDV_{ARRIBA}} - \frac{d}{TDV_{ABAJO}} \right)$$
$$v_{fluido} = \frac{d}{2} \cdot \frac{TDV_{ABAJO} - TDV_{ARRIBA}}{TDV_{ARRIBA} \cdot TDV_{ABAJO}}$$
$$v_{fluido} \approx 2d \cdot \frac{\Delta_{TDV}}{\Sigma_{TDV}^2}$$

La temperatura se calcula a partir de la velocidad del sonido, por ejemplo, a través de una aproximación polinómica, sin tener en cuenta la presión si esta no se mide:

$$T = \sum_{i=0}^N a_i \times c^i$$

A partir de estos datos, el caudal Q del agua se calcula como sigue:

$$Q = K_T \cdot v = K_T \cdot \frac{\Delta_{TDV}}{(\Sigma_{TDV})^2} = K_T \cdot \frac{\Delta_{TDV}}{2d} \cdot c^2$$

El factor K_T es homogéneo en una superficie y está, entre otras, correlacionado con la sección del conducto 4. El factor K_T proviene de una primera tabla de referencia, en función de la temperatura del agua. La primera tabla de referencia está grabada en una memoria del circuito de procesamiento 5. Para un Δ_{TDV} medido, la temperatura se calcula a través de la velocidad del sonido. A continuación, K_T se obtiene a través de la primera tabla de referencia en función de la temperatura calculada previamente.

Es posible, con referencia a la figura 3, para limitar los cálculos complejos (y por tanto el tiempo de cálculo y el consumo de energía), de utilizar una segunda tabla de referencia 11 para estimar el caudal de agua. Esta segunda tabla de referencia 11 está, por ejemplo, en dos dimensiones: temperatura frente a caudal. La segunda tabla de referencia 11 se graba en una memoria 5b del circuito de procesamiento 5.

La segunda tabla de referencia 11 comprende aquí una única tabla.

Por ejemplo, si la temperatura es igual a T_1 y Δ_{TDV} es igual a Δ_{TDV}_{11} , el módulo de procesamiento 9 deduce que el caudal es igual a D_1 .

El contador 1 también comprende una válvula 12 que permite regular, limitar o cortar el caudal de agua. La válvula 12 es visible en la figura 1, pero no se ha representado en la figura 2.

La válvula 12 está colocada, según una longitud del conducto 4, entre los dos transductores 7a, 7b.

La válvula 12 es una válvula multiposición motorizada (electromecánica). La válvula 12 comprende un elemento móvil que se extiende por el conducto 4 y del que puede comandarse una posición actual para controlar el caudal actual del fluido. En el presente documento, la válvula 12 es una válvula de bola y, por tanto, el elemento móvil es una bola 14; la posición actual de la bola 14 es una posición angular.

El contador 1 también comprende un sensor de posición 15 dispuesto para medir la posición actual de la bola 14.

El contador 1 comprende además medios de comunicación que son capaces de implementar cualquier tipo de comunicación y, por ejemplo, una comunicación a través de una red celular de tipo 2G, 3G, 4G, Cat-M o NB-IOT, una comunicación según el protocolo LoRa, una comunicación por radio según el estándar *Wize* que opera a la frecuencia de 169 MHz, etc.

Los medios de comunicación permiten en concreto al circuito de procesamiento 5 recibir, desde el exterior, una consigna de caudal. La consigna de caudal es transmitida, por ejemplo, por un SI (de Sistema de Información) del distribuidor de agua o del administrador de la red, eventualmente a través de un concentrador de datos.

El circuito de procesamiento 5 adquiere la consigna de caudal, la posición actual de la bola 14 (medida por el sensor de posición 15), y puede así regular el caudal actual modificando si es necesario la posición angular de la bola 14. Cabe señalar que, el circuito de procesamiento 5 también es capaz de controlar la válvula 12 de manera autónoma (es decir sin recibir consignas del exterior). También cabe señalar que la válvula 12 podría controlarse a través de una

consigna diferente, por ejemplo, a través de una consigna de posición angular de la bola 14.

5 El contador 1 también comprende un primer sensor de presión 16 y un segundo sensor de presión 17. El primer sensor de presión 16 aquí está colocado en el conducto 4 aguas arriba de la válvula 12, aproximadamente enfrente del transductor aguas arriba 7a. El segundo sensor de presión 17 está aquí colocado en el conducto 4 aguas abajo de la válvula 12, cerca del transductor aguas abajo 7b.

10 El primer sensor de presión 16 permite medir una primera presión P1 igual a la presión instantánea del fluido en el conducto 4 aguas arriba de la válvula 12. El segundo sensor de presión 17 permite medir una segunda presión P2 igual a la presión instantánea del fluido en el conducto 4 aguas abajo de la válvula 12.

Como se ha visto anteriormente, el dispositivo de medición ultrasónica 6 se utiliza por defecto para medir el caudal actual.

15 Sin embargo, es posible, cuando la válvula 12 no está suficientemente abierta (es decir para determinadas posiciones angulares de la bola 14), que la bola 14 impida que las señales ultrasonoras viajen entre los transductores 7a, 7b: la válvula 12 obstruye el campo ultrasonoro y entonces el caudal de agua no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica 6. En ese caso, el circuito de procesamiento 5 utiliza el primer sensor de presión 16 y el segundo sensor de presión 17 para medir el caudal actual de agua en el conducto 4.

20 En efecto, la válvula 12 actúa como un elemento despresurizador, amplificando la pérdida de carga entre su entrada y su salida.

25 De este modo, el caudal actual Q (en litros/hora) se expresa a partir de un valor de presión ΔP representativo de una diferencia entre la segunda presión P2 y la primera presión P1.

En el presente documento, el valor de la presión ΔP es igual a la diferencia entre la segunda presión P2 y la primera presión P1:

30
$$\Delta P = P2 - P1.$$

Se tiene:

35
$$Q = K \times \sqrt{\Delta P}$$

K es un factor relacionado con la velocidad de flujo del fluido, la temperatura, la geometría del conducto, etc.

40 Cuando la válvula 12 está abierta o parcialmente abierta y el caudal actual es nulo, la presión es idéntica a ambos lados de la válvula 12, $P1 = P2$, por lo tanto, el valor de presión ΔP es nulo. La primera presión P1 medida y a la segunda presión P2 medida son entonces ambas iguales a la presión del fluido de caudal nulo o presión estática de la red.

45 Para una presión estática de la red dada con válvula cerrada, la apertura de la válvula hará que la presión varíe (caiga): habrá una diferencia entre la presión de caudal nulo y la presión con caudal.

50 El cambio de sección (conducto, válvula, etc.) genera variaciones de velocidad y, por tanto, de presión. Por tanto, el valor de presión $\Delta P = P2 - P1$ refleja el caudal actual. La figura 4 representa gráficamente la evolución del valor de presión ΔP en función del caudal actual, destacando valores particulares de la posición actual (posición angular) de la bola 14: $\frac{\pi}{2} + k\pi, \frac{2\pi}{5} + k\pi, \frac{\pi}{4} + k\frac{\pi}{2}$, siendo k un entero relativo.

55 Cuando la válvula 12 está cerrada (se debe conocer el estado de la válvula), el caudal actual es nulo, pero el valor de presión ΔP puede no ser nulo. La primera presión P1 medida es entonces igual a la presión del fluido de caudal nulo (presión estática de la red) y la segunda presión P2 medida es entonces igual a la presión entre la válvula 12 y la instalación 2.

60 Cuando la posición actual de la bola 14 es tal que el caudal actual no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica 6, es decir, cuando la válvula 12 está en una posición semiabierta y la medición de ultrasonidos es imposible, el circuito de procesamiento 5 evalúa el caudal actual en función de la posición angular actual de la bola 14 y del valor de presión ΔP .

65 Con referencia a la figura 5, se describe con mayor precisión el procedimiento de medición implementado en este caso por el circuito de procesamiento 5.

El circuito de procesamiento 5 adquiere en primer lugar la posición angular actual de la bola 14 a través del sensor de posición 15 (etapa E1).

Si la válvula 12 está cerrada, el circuito de procesamiento 5 adquiere al menos una medición de la primera presión P1 producida por el primer sensor de presión 16 (etapa E2), y evalúa así la presión de agua de caudal nulo (etapa E3), es decir, la presión de la red.

5 Si la válvula 12 está parcialmente abierta, el circuito de procesamiento 5 comprueba si las señales ultrasonoras pueden viajar libremente entre los transductores 7a, 7b y, por lo tanto, si la posición actual de la bola 14 es tal que el caudal actual puede ser medido o no por el dispositivo de medición ultrasónica 6 (etapa E4). Si no es el caso, el circuito de procesamiento 5 evalúa el caudal actual en función de la posición angular actual de la bola 14 y del valor de presión $\Delta P = P2 - P1$ (etapa E5).

10 Se describe la etapa E5 con mayor precisión, con referencia a la figura 6. Por lo tanto, el circuito de procesamiento 5 adquiere al menos una medición de la primera presión P1 producida por el primer sensor de presión 16 y al menos una medición de la segunda presión P2 producida por el segundo sensor de presión 17 (etapa 5A).

15 En lo sucesivo, el circuito de procesamiento 5 calcula el valor de presión $\Delta P = P2 - P1$ (etapa 5B).

20 Preferentemente, el circuito de procesamiento 5 adquiere de nuevo la posición angular actual de la bola 14 a través del sensor de posición 15 (etapa 5C).

El circuito de procesamiento 5 utiliza entonces, para estimar el caudal actual, una tercera tabla de referencia 18 que se graba en una memoria 5b del circuito de procesamiento 5 (etapa 5D).

25 Con referencia a la figura 7, la tercera tabla de referencia 18 está, por ejemplo, en dos dimensiones 2D: valor de la presión ΔP en función de la posición angular actual de la bola 14 y del caudal.

30 Por ejemplo, si la posición angular actual de la bola 14 es $\theta = \theta_3$ y $\Delta P = P2 - P1 = \Delta P_{31}$, el circuito de procesamiento 5 estima que el caudal actual es igual a D_1 . A la inversa, el circuito de procesamiento 5 puede, en función del valor de presión ΔP y de un caudal deseado, estimar la posición angular necesaria de la bola 14.

Ahora volviendo a la figura 5 y, más particularmente, a la etapa E4 del procedimiento de medición.

35 Si la válvula 12 está parcialmente abierta y las señales ultrasonoras pueden viajar libremente entre los transductores 7a, 7b, o si la válvula 12 está (completamente) abierta, entonces la posición angular actual de la bola 14 es tal que el caudal actual puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica 6.

Por lo tanto, el circuito de procesamiento utiliza el dispositivo de medición ultrasónica 6 para medir el caudal (etapa E8).

40 Ventajosamente, cuando el circuito de procesamiento 5 utiliza el dispositivo de medición ultrasónica 6 para medir el caudal actual, el circuito de procesamiento 5 puede consolidar la medición del caudal actual, producida por el dispositivo de medición ultrasónica 6, utilizando la presión de agua.

45 Como se ha visto antes, el dispositivo de medición ultrasónica 6 utiliza las señales ultrasonoras para calcular la velocidad del sonido en el agua y la velocidad del flujo de agua por el conducto 4. En efecto, la diferencia entre los tiempos de ida y vuelta de las señales ultrasonoras es la imagen de la velocidad del flujo. La suma de los tiempos de ida y vuelta es la imagen de la temperatura del agua.

50 Para obtener una medición del caudal muy precisa, es preferible por tanto conocer la temperatura, la velocidad del sonido en el agua y la presión de agua en el conducto 4.

Generalmente, la presión se considera insignificante.

55 Ahora bien, la velocidad del sonido en el agua (como en cualquier fluido) es en función, entre otras, de la temperatura y presión.

De este modo, a una temperatura constante T, la velocidad $c(T,P)$ del sonido en el agua varía en función de la presión P, como se indica en la ecuación de *Belogol'skii et al.*:

60
$$c(T, P) = c(T, 0) + M_1(T)(P - 0,101325) + M_2(T)(P - 0,101325)^2 + M_3(T)(P - 0,101325)^3$$

$$c(T, 0) = a_{00} + a_{10}T + a_{20}T^2 + a_{30}T^3 + a_{40}T^4 + a_{50}T^5$$

$$M_1(T) = a_{01} + a_{11}T + a_{21}T^2 + a_{31}T^3$$

ES 2 989 025 T3

$$M_2(T) = a_{02} + a_{12}T + a_{22}T^2 + a_{32}T^3$$

$$M_3(T) = a_{03} + a_{13}T + a_{23}T^2 + a_{33}T^3$$

- 5 Los coeficientes a_{00} , a_{10} , a_{20} , etc. se suministran en el anexo de esta descripción.
- En la figura 8 se ve que la velocidad del sonido en el agua varía en función de la presión.
- 10 De este modo, a 20 °C, entre un entorno a 100 Kpa (1 bar) y un entorno de 1600 Kpa (16 bares) (presión máxima de una red de agua residencial), la velocidad del sonido variará de 1482,5 m/s a 1484,99 m/s (variación de 2,48 m/s). Esta variación corresponde a una diferencia de temperatura de 0,82 °C.
- 15 Esta variación puede introducir un error en el cálculo del caudal a través de la segunda tabla de referencia 11 (figura 3).
- Por tanto, resulta ventajoso tener en cuenta la presión durante la calibración y durante la medición para mejorar la caracterización del medio y el cálculo del caudal.
- 20 Entonces se puede sustituir la segunda tabla de referencia 11 por una tabla tridimensional, que comprende, para diferentes valores predefinidos de presión, una tabla similar a la tabla de la figura 3.
- En el caso de que la presión del fluido de caudal nulo (presión estática de la red) no se haya medido previamente en la etapa E3, el circuito de procesamiento 5 puede esperar hasta que el caudal actual sea nulo.
- 25 Cuando el caudal actual es nulo, el circuito de procesamiento 5 adquiere al menos una medición de la primera presión P1 producida por el primer sensor de presión 16 o al menos una medición de la segunda presión P2 producida por el segundo sensor de presión 17 y evalúa así la presión del fluido de caudal nulo (etapa E6).
- 30 A continuación, el circuito de procesamiento 5 utiliza la velocidad del sonido en el agua y la presión del fluido de caudal nulo para estimar con precisión la temperatura del fluido (etapa E7).
- Se acaba de ver que, si el estado de la válvula 12 es tal que se puede utilizar el dispositivo de medición ultrasónica 6, el circuito de procesamiento 5 utiliza dicho dispositivo para medir el caudal actual.
- 35 Ventajosamente, si se puede utilizar el dispositivo de medición ultrasónica 6, el circuito de procesamiento 5 utiliza el dispositivo de medición ultrasónica 6 para medir un primer valor de caudal (etapa E8) y también utiliza el primer sensor de presión 16 y el segundo sensor de presión 17 para medir un segundo valor de caudal (etapa E9). El circuito de procesamiento 5 utiliza asimismo el primer sensor de presión 16 y el segundo sensor de presión 17 para medir el segundo valor de caudal (etapa E9). Para ello, el circuito de procesamiento 5 realiza sucesivamente las etapas E5A, E5B, E5C y E5D.
- 40 El circuito de procesamiento 5 comprueba si el primer valor de caudal y/o el segundo valor de caudal son nulos (etapa E10).
- 45 Si este es el caso (caudal actual nulo), el circuito de procesamiento 5 adquiere entonces al menos una medición de la primera presión P1 producida por el primer sensor de presión 16 o al menos una medición de la segunda presión P2 producida por el segundo sensor de presión 17 y evalúa así la presión de agua de caudal nulo (etapa E11), es decir, la presión de la red.
- 50 Si este no es el caso (caudal actual no nulo), el circuito de procesamiento 5 produce un valor de caudal consolidado a partir del primer valor de caudal (medido a través del dispositivo de medición ultrasónica 6) y el segundo valor de caudal (medido a partir del primer sensor de presión 16 y el segundo sensor de presión 17) (etapa E12). Preferentemente, el valor de caudal consolidado es un valor medio aritmético del primer valor de caudal y del segundo valor de caudal. El valor de caudal consolidado podría ser otro tipo de valor numérico, por ejemplo, el valor de caudal consolidado puede ser un valor medio ponderado del primer valor de caudal y del segundo valor de caudal.
- 55 El circuito de procesamiento 5 también puede, en caso necesario, regular el caudal actual.
- 60 Para ello, con referencia a la figura 9, el circuito de procesamiento 5 adquiere una consigna de caudal (etapa E20).
- El circuito de procesamiento 5 mide entonces el caudal actual utilizando el procedimiento de medición que se acaba de describir, luego calcula la variación entre la consigna de caudal y el caudal actual (etapa E21).
- 65 El circuito de procesamiento 5 adapta entonces la posición actual de la bola 14 en función de esta variación.

Para ello, el circuito de procesamiento 5 adquiere la presión del fluido de caudal nulo (presión estática de la red medida previamente a través del procedimiento de medición) - etapa E22, luego determina, en la tercera tabla de referencia 18, la posición angular óptima de la bola 14 que permite conferir al caudal actual el valor de la consigna de caudal (etapa E23).

5 El circuito de procesamiento 5 controla entonces la válvula 12 para llevar la bola 14 a la posición angular óptima.

A continuación, el circuito de procesamiento 5 mide de nuevo el caudal actual (etapa E24) y el procedimiento de regulación vuelve a la etapa E21. El servocontrol continúa hasta que haya una variación despreciable entre el caudal actual y la consigna de caudal.

Ventajosamente, el circuito de procesamiento 5 puede utilizar el primer sensor de presión 16 y el segundo sensor de presión 17 para evaluar el volumen de agua distribuido a través del conducto 4.

15 En efecto, en presencia de caudal, el valor de presión ΔP variará.

Para ello, con referencia a la figura 10, el circuito de procesamiento 5 detecta un intervalo de tiempo que se extiende entre un tiempo t_1 y un tiempo t_2 , tales que:

20 o en el tiempo t_1 , el valor de presión ΔP pasa de un valor nulo a un primer valor ΔP_1 superior a un umbral predefinido S. El umbral predefinido S es aquí un umbral de ruido debido al ruido de medición obtenido a través del primer sensor de presión 16 y el segundo sensor de presión 17

o en el tiempo t_2 , el valor de presión ΔP pasa de un segundo valor ΔP_2 superior al umbral S (aquí, cabe señalar que el segundo valor ΔP_2 es igual al primer valor ΔP_1) a un valor nulo.

25 La precisión de este intervalo de tiempo $[t_1, t_2]$ depende de la frecuencia de medición del primer sensor de presión 16 y del segundo sensor de presión 17.

30 El circuito de procesamiento 5 integra entonces el caudal actual durante el intervalo de tiempo $[t_1; t_2]$ para calcular el volumen consumido:

$$\text{Volumen} = \int_{t_1}^{t_2} Q \cdot dt,$$

donde Q es el caudal actual (en litros/hora).

35 Cabe señalar que, por supuesto, la invención se puede implementar en un contador de fluido que no sea un contador de agua. El fluido puede ser en particular un fluido compresible (por ejemplo, un gas).

40 En ese caso, ventajosamente, con referencia a la figura 11, el contador de fluido por ultrasonidos 101 según un segundo modo de realización de la invención comprende un sensor de temperatura 120 del fluido. El sensor de temperatura 120 está aquí colocado aguas arriba del primer sensor de presión 116. Se observa que las referencias en la figura 11 son las de la figura 1 incrementadas por un valor de 100.

45 En el caso de un fluido compresible, de hecho, es imposible correlacionar la pérdida de carga con el caudal sin conocer la temperatura.

En efecto, se sabe que:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T,$$

50 siendo:

P: la presión (Pa);

V: el volumen (m³);

55 n: la cantidad de material (mol);

R: la constante de los gases ideales ($\approx 8,314 \text{ J/K/mol}$);

T: la temperatura absoluta (K).

Se tiene, a una temperatura dada:

$$60 \quad Q = K \times \sqrt{\Delta P},$$

siendo:

65 ΔP : pérdida de presión;

Q: caudal en litros por hora.

Según la ley de *Gay-Lussac*, a volumen constante, la presión de una cantidad de gas determinada es directamente proporcional a su temperatura absoluta ($P \propto T$):

5

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$$

Por consiguiente, una variación de presión podría deberse a una variación del caudal o a una variación de la temperatura, de ahí la importancia de conocer la temperatura absoluta para poder correlacionar el caudal con la pérdida de presión. Por tanto, es necesario integrar un sensor de temperatura en el caso de gases y efectuar las mediciones a temperatura constante (si solo hay un sensor de temperatura).

Por tanto, el circuito de procesamiento 105 utiliza una cuarta tabla de referencia en cuatro dimensiones. Esta cuarta tabla de referencia corresponde, por ejemplo, a la tercera tabla de referencia 18, a la que se le añade una cuarta dimensión que corresponde a la temperatura.

Evidentemente, la invención no está limitada a los modos de realización descritos, sino que abarca cualquier variante que entre dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

Por supuesto, la invención se aplica independientemente de cuál sea la colocación y la configuración del transductor aguas arriba y del transductor aguas abajo. Las señales ultrasonoras pueden emitirse con una orientación en cualquier ángulo con respecto a un eje longitudinal del conducto.

El recorrido predefinido entre los transductores no es necesariamente un recorrido directo. En la figura 12 se ve un contador de fluido por ultrasonidos según un tercer modo de realización 201. La válvula de bola 212 está en posición abierta. Las señales ultrasonoras, emitidas y recibidas en el conducto 204 por los transductores 207a, 207b son reflejadas por los reflectores 221, por ejemplo, por unos espejos orientados a 45°.

Por supuesto, la invención no se aplica únicamente a un contador de agua, sino a cualquier contador de cualquier fluido: gas, petróleo, aceite, medicamento, etc.

La válvula no es necesariamente una válvula de bola. Se puede utilizar cualquier tipo de válvula para regular el caudal, por ejemplo, una válvula de corredera. La posición del elemento móvil, que permite regular el flujo, no es necesariamente una posición angular, sino que puede ser una posición axial.

El sensor de presión no está necesariamente colocado aguas arriba de la válvula, pero podría colocarse aguas abajo de esta. Sin embargo, en ese caso, la presión medida, cuando la válvula está completamente cerrada, no corresponde a la presión de la red.

40 Anexo:

La siguiente tabla contiene los coeficientes utilizados en la ecuación de Belogol'skii *et al.*

a ₀₀	1402,38744
a ₁₀	5,03836171
a ₂₀	-5,81172916 × 10 ⁻²
a ₃₀	3,34638117 × 10 ⁻⁴
a ₄₀	-1,48259672 × 10 ⁻⁶
a ₅₀	3,16585020 × 10 ⁻⁹
a ₀₁	1,49043589
a ₁₁	1,077850609 × 10 ⁻²
a ₂₁	-2,232794656 × 10 ⁻⁴
a ₃₁	2,718246452 × 10 ⁻⁶
a ₀₂	4,31532833 × 10 ⁻³
a ₁₂	-2,938590293 × 10 ⁻⁴

ES 2 989 025 T3

(continuación)

a ₂₂	$6,822485943 \times 10^{-6}$
a ₃₂	$-6,674551162 \times 10^{-8}$
a ₀₃	$-1,852993525 \times 10^{-5}$
a ₁₃	$1,481844713 \times 10^{-6}$
a ₂₃	$-3,940994021 \times 10^{-8}$
a ₃₃	$3,939902307 \times 10^{-10}$

REIVINDICACIONES

1. Contador de fluido por ultrasonidos (1) que incluye:

- 5 - un conducto (4) por el que puede circular un fluido;
- un dispositivo de medición ultrasónica (6) que comprende dos transductores (7a, 7b) dispuestos para emitir y recibir señales ultrasonoras en el conducto (4), estando dispuesto el dispositivo de medición ultrasónica (6) para evaluar un caudal actual del fluido a partir del tiempo de vuelo de las señales ultrasonoras entre los transductores;
- 10 - una válvula (12) colocada, según una longitud del conducto, entre los dos transductores, comprendiendo la válvula un elemento móvil (14) que se extiende por el conducto (4) y del que puede comandarse una posición actual para controlar el caudal actual del fluido;
- un sensor de posición (15) dispuesto para medir la posición actual del elemento móvil (14);

caracterizado por que,

15 el contador de fluido por ultrasonidos además comprende:

- un primer sensor de presión (16) dispuesto para medir una primera presión del fluido en el conducto (4) aguas arriba de la válvula (12) y un segundo sensor de presión (17) dispuesto para medir una segunda presión del fluido en el conducto (4) aguas abajo de la válvula (12);
- 20 - un circuito de procesamiento (5) dispuesto para, si la posición actual del elemento móvil (14) es tal que el caudal actual no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica (6), evaluar el caudal actual en función de la posición actual del elemento móvil (14) y de un valor de presión representativo de una diferencia entre la segunda presión y la primera presión.

25 2. Contador de fluido por ultrasonidos según la reivindicación 1, estando dispuesto el circuito de procesamiento (5) para, si la posición actual del elemento móvil (14) es tal que el caudal actual puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica (6):

- evaluar una presión del fluido de caudal nulo;
- 30 - estimar la temperatura del fluido utilizando la presión del fluido de caudal nulo;
- producir un primer valor de caudal a partir del tiempo de vuelo de las señales ultrasonoras entre los transductores (7a, 7b) y de la temperatura del fluido.

35 3. Contador de fluido por ultrasonidos según la reivindicación 2, estando dispuesto además el circuito de procesamiento (5) para:

- producir un segundo valor de caudal a partir de la posición actual del elemento móvil (14) y del valor de presión;
- producir un valor de caudal consolidado a partir del primer valor de caudal y del segundo valor de caudal.

40 4. Contador de fluido por ultrasonidos según la reivindicación 2, en el que, para evaluar la presión del fluido de caudal nulo, el circuito de procesamiento (5) está dispuesto para:

- esperar hasta que el caudal actual sea nulo;
- 45 - adquirir entonces al menos una medición de la primera presión producida por el primer sensor de presión (16) o una medición de la segunda presión producida por el segundo sensor de presión (17).

50 5. Contador de fluido por ultrasonidos según una de las reivindicaciones anteriores, siendo el fluido un fluido compresible, comprendiendo además el contador de fluido (101) un sensor de temperatura (120) dispuesto para medir una temperatura del fluido en el conducto (104), estando dispuesto el circuito de procesamiento (105) para, si la posición actual del elemento móvil (114) es tal que el caudal actual no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica (106), utilizar también la temperatura del fluido para evaluar el caudal actual.

55 6. Contador de fluido por ultrasonidos según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la válvula (12) es una válvula de bola.

60 7. Procedimiento de medición de un caudal actual de un fluido, implementado en el circuito de procesamiento (5) de un contador de fluido por ultrasonidos según una de las reivindicaciones anteriores, y que comprende la etapa, si la posición actual del elemento móvil (14) es tal que el caudal actual no puede ser medido por el dispositivo de medición ultrasónica (6), de evaluar el caudal actual en función de la posición actual del elemento móvil (14) y del valor de presión representativo de la diferencia entre la segunda presión y la primera presión.

8. Procedimiento de medición según la reivindicación 7, que comprende las etapas, si la posición actual del elemento móvil es tal que el caudal actual puede ser medido con el dispositivo de medición ultrasónica, de:

- 65 - utilizar el dispositivo de medición ultrasónica para medir el caudal actual;
- esperar hasta que el caudal actual sea nulo;

- adquirir entonces al menos una medición de la primera presión producida por el primer sensor de presión (16) o al menos una medición de la segunda presión producida por el segundo sensor de presión (17) y evaluar así la presión del fluido de caudal nulo;
 - estimar la temperatura del fluido utilizando la presión del fluido de caudal nulo;
 - 5 - estimar un primer valor de caudal a partir del tiempo de vuelo de las señales ultrasonoras entre los transductores (7a, 7b) y de la temperatura del fluido.
9. Procedimiento de medición según la reivindicación 8, que comprende además las etapas de:
- 10 - producir un segundo valor de caudal a partir de la posición actual del elemento móvil (14) y del valor de presión;
 - producir un valor de caudal consolidado a partir del primer valor de caudal y del segundo valor de caudal.
10. Procedimiento de medición según una de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además las etapas de:
- 15 - definir un intervalo de tiempo entre un tiempo t1 y un tiempo t2, tales que, en el tiempo t1, una diferencia entre la segunda presión y la primera presión pasa de un valor nulo a un primer valor superior a un umbral predefinido, y en el tiempo t2, la diferencia entre la segunda presión y la primera presión pasa de un segundo valor superior al umbral predefinido al valor nulo;
 - 20 - integrar el caudal actual en el intervalo de tiempo y evaluar así un volumen de fluido distribuido a través del conducto (4).
11. Programa informático que comprende instrucciones que hacen que el circuito de procesamiento del contador según una de las reivindicaciones 1 a 6 ejecute las etapas del procedimiento de medición según una de las reivindicaciones 7 a 10.
- 25 12. Medio de grabación legible por ordenador, en el que está grabado el programa informático según la reivindicación 11.
- 30 13. Procedimiento de regulación de un caudal actual, implementado en el circuito de procesamiento (5) de un contador de fluido por ultrasonidos según una de las reivindicaciones 1 a 6, y que comprende las etapas de:
- adquirir una consigna de caudal;
 - estimar el caudal actual utilizando el procedimiento de medición según una de las reivindicaciones 7 a 10;
 - 35 - adaptar la posición actual del elemento móvil en función de una variación entre la consigna de caudal y el caudal actual.
14. Programa informático que comprende instrucciones que hacen que el circuito de procesamiento del contador según una de las reivindicaciones 1 a 6 ejecute las etapas del procedimiento de regulación según la reivindicación 13.
- 40 15. Medio de grabación legible por ordenador, en el que está grabado el programa informático según la reivindicación 14.

Fig. 1

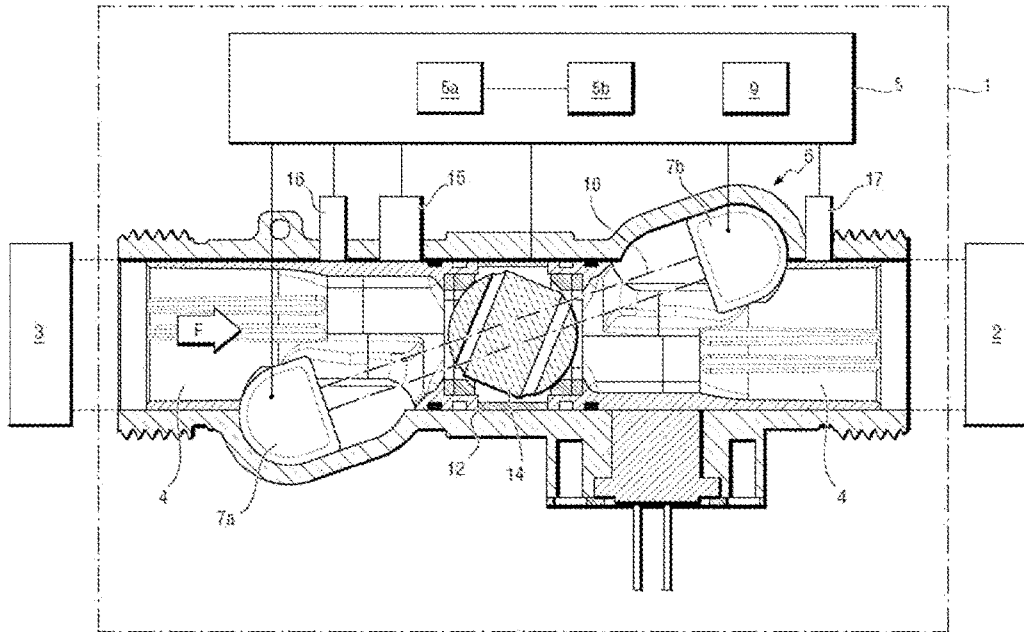


Fig. 2

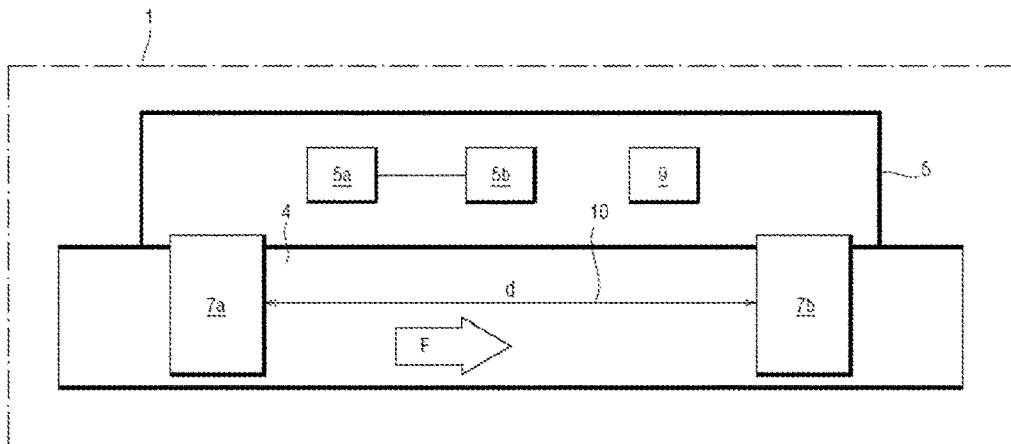


Fig. 3

	D_1 [L/h]	D_2 [L/h]	D_3 [L/h]	D_4 [L/h]
T_1 [°C]	ΔTDV_{11}	...	...	...
T_2 [°C]	ΔTDV_{21}	ΔTDV_{22}	...	...
T_3 [°C]	ΔTDV_{31}	ΔTDV_{32}	ΔTDV_{33}	...



Fig. 4

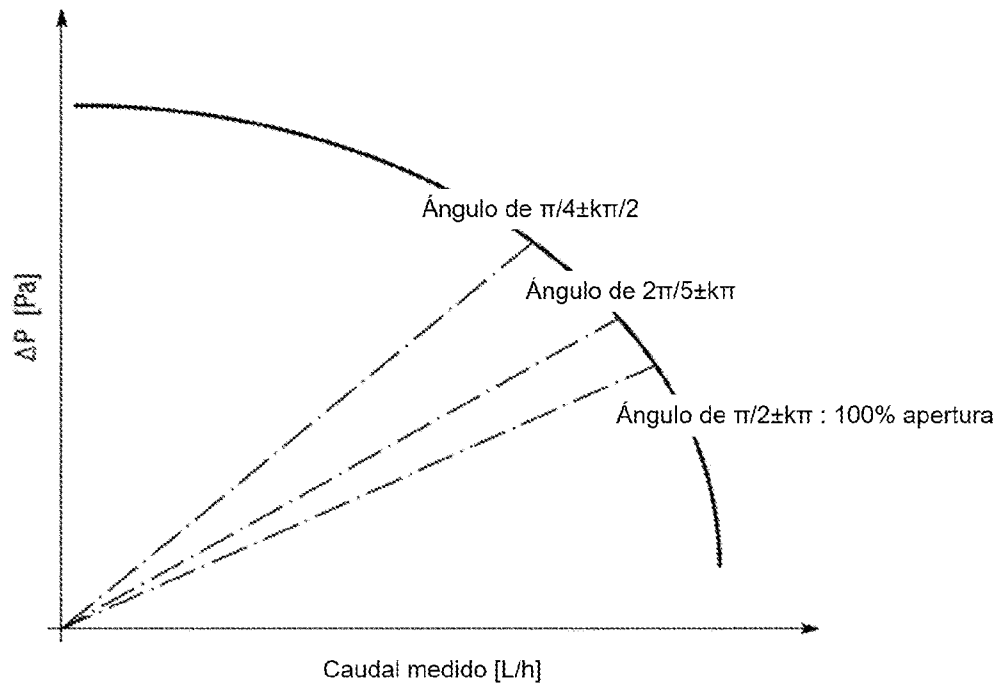


Fig. 5

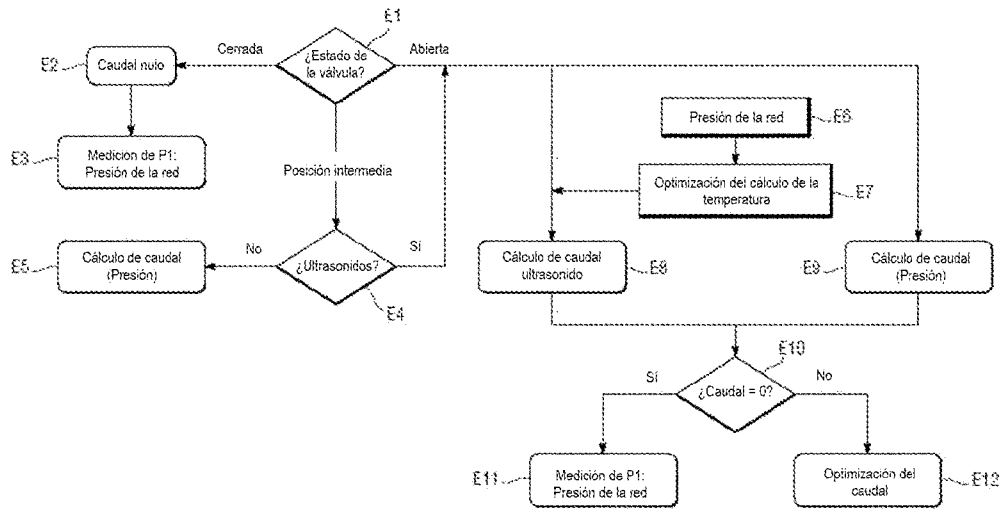


Fig. 6

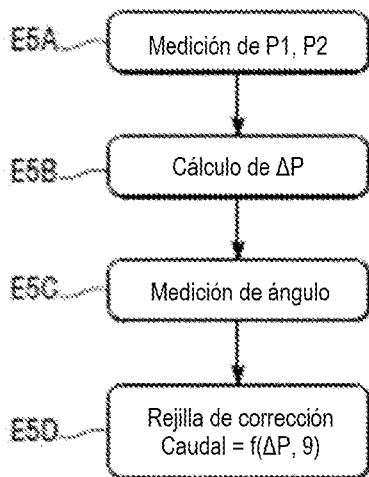


Fig. 7

	D_1 [L/h]	D_2 [L/h]	D_3 [L/h]	D_4 [L/h]
θ_1 [rad]	ΔP_{11}	...	...	...
θ_2 [rad]	ΔP_{21}	ΔP_{22}	...	...
θ_3 [rad]	ΔP_{31}	ΔP_{32}	ΔP_{33}	...

18

Fig. 8

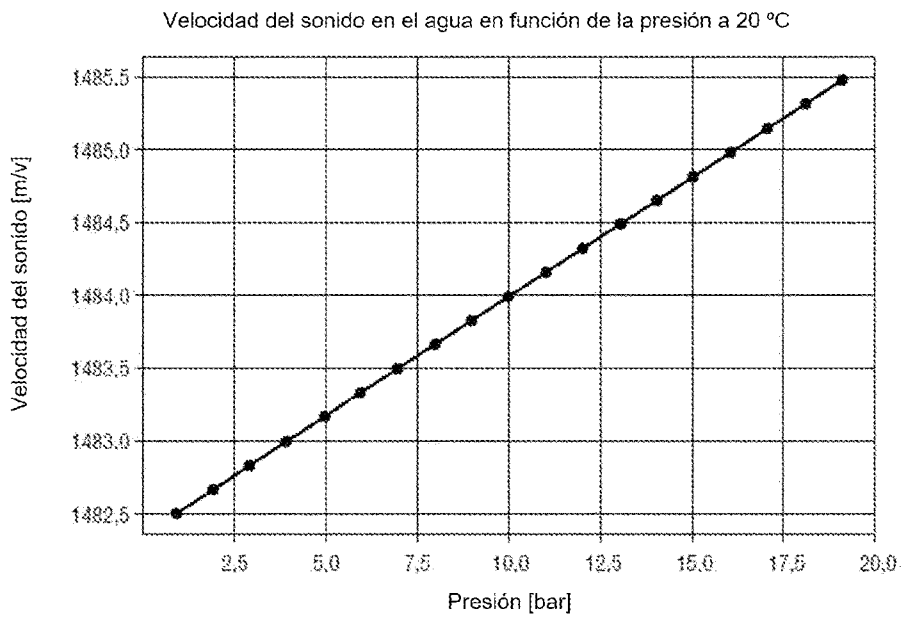


Fig. 9

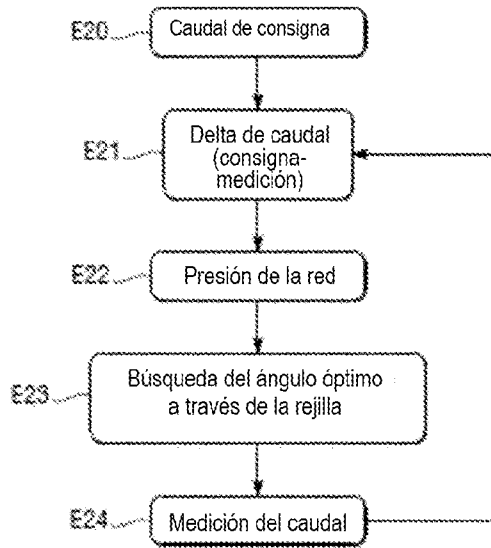


Fig. 10

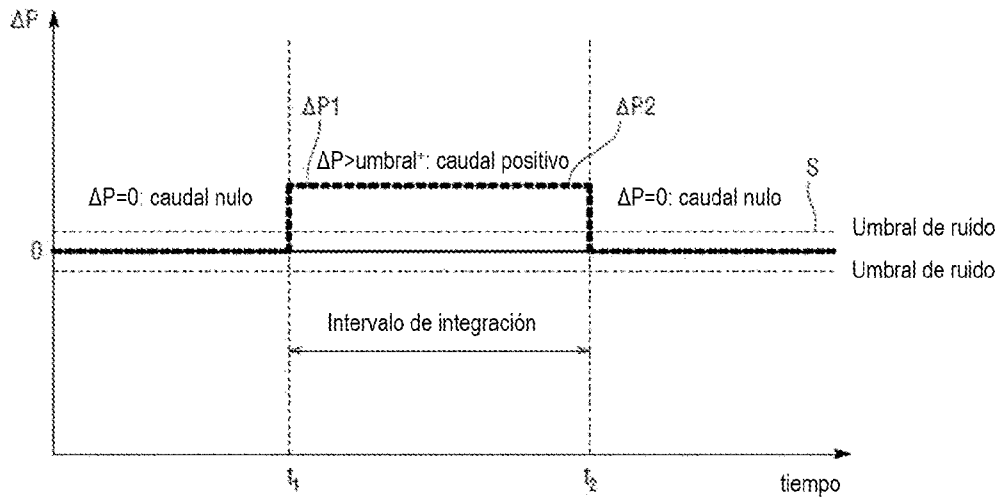


Fig. 11

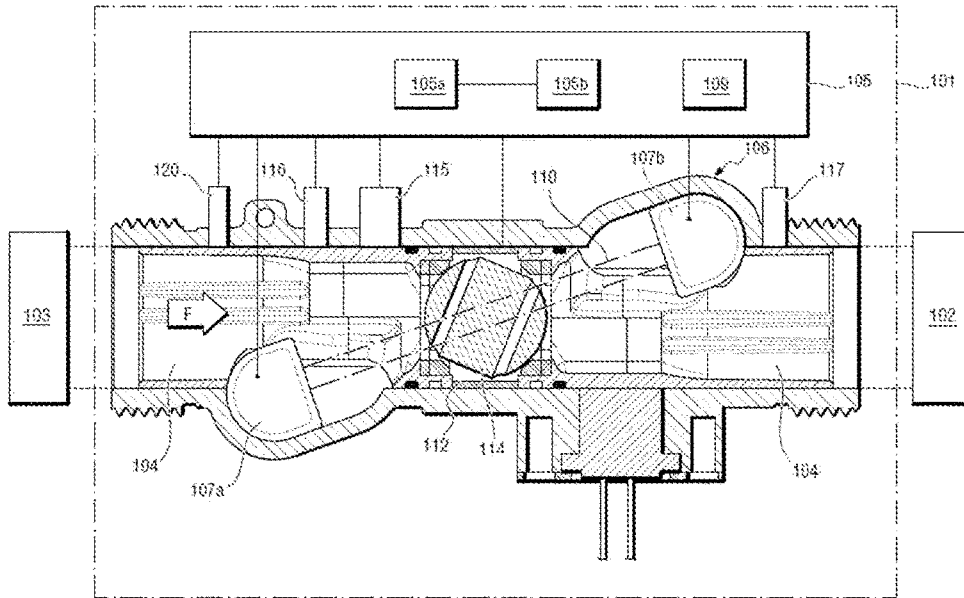


Fig. 12

