

6. LOS CONTADORES DE AGUA

6. Los contadores de agua.

6.1. Características que definen a un contador.

Existe gran cantidad de instrumentos para la medida de caudal, pero la dificultad estriba en encontrar un aparato que combine una buena precisión en un amplio rango de medida con un coste adecuado, y que además, sea fácilmente instalable, no requiera mantenimiento y sufra el menor desgaste posible. Se podría afirmar que encontrar el instrumento de medida ideal que sirva en cualquier circunstancia es pura ficción. Es crucial adaptar la selección de la tecnología a emplear con el entorno donde se ubicará el aparato y las condiciones de funcionamiento específicas de la instalación.

La precisión no sólo depende de la calidad del instrumento, sino también de su adecuado dimensionamiento e instalación. Para ello, se deben tener en cuenta aquellos parámetros que puedan afectar de alguna forma a la calidad de la medida. Por ejemplo, si se trata de medir el caudal, una adecuada selección del rango de funcionamiento es un parámetro fundamental. Elegir un contador o caudalímetro cuyo rango de medida efectivo se ajuste al máximo a los caudales que circularán por la conducción mejorará su precisión y limitará el deterioro que pueda sufrir a largo plazo. Otros parámetros a tener en cuenta a la hora de elegir un aparato de medida de caudal son la sensibilidad a los posibles elementos perturbadores o la influencia que la calidad del agua pueda ejercer en el comportamiento del instrumento. En ocasiones la disponibilidad física de espacio en el lugar donde se pretende instalar el instrumento o el tipo de agua restringe la elección del tipo de tecnología.

Este capítulo pretende describir los parámetros técnicos que definen a un contador y que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionarlo para una instalación determinada.

6.1.1. Tipos de error.

En condiciones reales de funcionamiento los sistemas de medición no se comportan como idealmente se espera. Existen multitud de factores que pueden afectarles originándose ciertas discrepancias entre el valor real de la variable observada y la lectura de los instrumentos. Por ello, en la práctica, cualquier lectura de un aparato de medida difiere en mayor o menor grado del verdadero valor de la variable monitorizada. En consecuencia, siempre se debe hablar de un intervalo de confianza, donde se espera, con una determinada probabilidad, se encuentre dicho valor verdadero. Precisamente la Real Academia de la Lengua define error como la “diferencia entre el valor medido o calculado y el real”.

Entre los factores que afectan al error de medida cabe distinguir dos tipos, los que causan errores sistemáticos y los que originan errores aleatorios. Los errores son sistemáticos, para unas determinadas condiciones del sistema, cuando ocurren siempre en el mismo sentido y son de una magnitud más o menos constante. Por ejemplo, el desplazamiento de la curva de error en un contador debido a la sedimentación de cal en el interior del cuerpo del instrumento siempre provoca que el registro del consumo a un determinado caudal se produzca, aproximadamente, con el mismo error. Es decir, cada vez que se repitiese la medida del consumo a un determinado caudal, éste se registraría con errores similares. Otro ejemplo de error sistemático en la medida es el causado por la mala calibración de un instrumento o por un sensor en mal estado.

VARIABLES QUE PUEDEN AFECTAR A LA MEDICIÓN DEL CAUDAL DE AGUA:

- Perfil de velocidades distorsionado. Los flujos con remolinos y asimetrías pueden reducir la fiabilidad de la medida. Estas distorsiones pueden ser provocadas por elementos de la instalación como codos, válvulas parcialmente cerradas, bombas, ...
- Mal funcionamiento del sensor.
- Rango de funcionamiento inadecuado. Es fundamental conocer el rango de caudales al que se va a someter al aparato de medida a fin de seleccionar el equipo que mejor se adapte, para evitar subcontajes o el desgaste acelerado del mismo.
- Mala instalación, posición del instrumento
- Calidad del agua. Por ejemplo, en el caso de aguas ricas en cal, es fundamental seleccionar un contador al que le afecte en menor medida las deposiciones calcáreas. En el caso de aguas que arrastren sólidos, es necesaria la instalación de filtros que protejan al contador.
- Ruido eléctrico. Estas perturbaciones electromagnéticas afectan a los circuitos digitales de los aparatos de medida de este tipo, por lo que resulta necesario conocer de antemano si la instalación se puede ver afectada en este sentido.

6.1.2. Caudal y clases metrológicas.

Para hablar de clases metrológicas es necesario mencionar dos normas:

- La Orden Ministerial de 28 de diciembre de 1988 por la que se regulan los contadores de agua fría y aplica la Directiva 75/33/CEE, junto con la norma internacional ISO 4064 que establece las características metrológicas y modo de empleo de este tipo de instrumentos.
- Y el Real Decreto 889/2006, de 21 de julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida.

A pesar de que la segunda deroga a la primera, los contadores homologados con fecha anterior a la normativa vigente, y que actualmente se encuentran instalados en la mayoría de los sistemas de abastecimiento, atienden a la clasificación metrológica que define esta norma. Por este motivo, resulta conveniente explicar por separado, la caracterización de cada una de las clases metrológicas en función de la norma adoptada.

En los siguientes subapartados, se explican las clases metrológicas existentes en función de las normativas mencionadas. No obstante, a modo de aclaración, se muestra a continuación la equivalencia entre ambas acepciones:

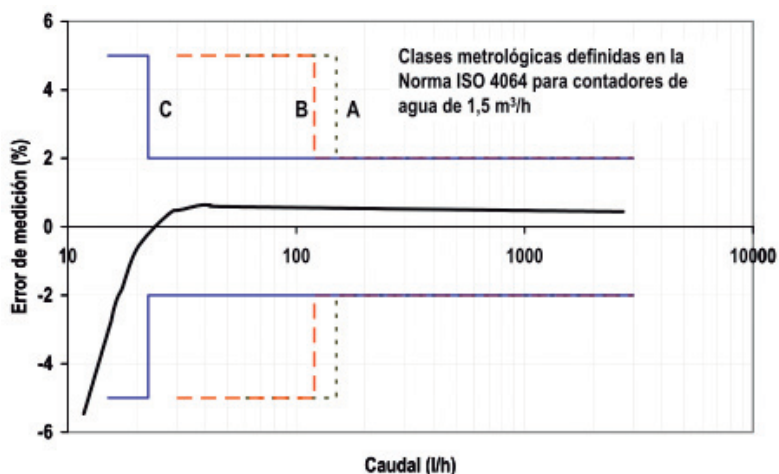
Equivalencia de clases metrológicas		
Normativa Antigua	Normativa Nueva (para $Q_3 = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$)	Uso habitual
Clase A	$R < 80$	Riego
Clase B	$80 < R < 160$	Uso doméstico habitual (Unifamiliares y bloques de viviendas)
Clase C	$R > 160$	Usos donde se espera la presencia importante de caudales bajos.

6.1.2.1. Normativa antigua: Orden Ministerial de 28 de diciembre de 1988 por la que se regulan los contadores de agua fría.

En esta norma, los caudales que definen las características metrológicas de los contadores de agua y que establecen los márgenes de precisión del instrumento y las clases metrológicas que los agrupan son los siguientes:

- Caudal mínimo ($Q_{\text{mín}}$): Por encima de este caudal, el error de medida no puede ser superior al $\pm 5\%$ del caudal realmente trasegado.
- Caudal de transición (Q_t): Por encima de este caudal el error de medida no puede ser superior al $\pm 2\%$ del caudal realmente trasegado.
- El caudal máximo ($Q_{\text{máx}}$) es el caudal más elevado al que el contador debe funcionar sin deterioro, durante períodos de tiempo limitados, respetando los errores máximos tolerados y sin sobrepasar el valor máximo de pérdida de presión.
- Caudal nominal (Q_n): Es la mitad del caudal máximo y es el que se emplea para designar al contador. Al caudal nominal el contador debe poder funcionar en régimen normal de uso, es decir, de forma continua e intermitente, sin sobrepasar los errores máximos tolerados ($\pm 2\%$).

Con esta norma, los contadores se clasifican en cuatro clases (A, B, C y D), siendo la clase A la de rango de medida más estrecho y la D la de mayor amplitud de rango según la norma internacional ISO 4064. Sin embargo, la directiva 75/33/CEE solo establece las clases A, B y C que son las más comercializadas dentro del sector del agua. Los límites de precisión de todas las clases son los mismos, variando solo el rango de caudales en los que se exige al contador mantener una determinada precisión.



Ejemplo de la curva de error de un contador de agua ($q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{h}$) y clases metrológicas según ISO 4064.

Quando se ensaya el comportamiento de un contador es posible obtener la curva de error que facilita información sobre el error de medición del contador a cada caudal. Como se observa en este gráfico, los errores a caudales bajos son mayores debido a que las fuerzas motrices del agua en este rango son inferiores y deben vencer la resistencia ofrecida por el rozamiento de la turbina del contador. En la norma internacional ISO 4064 se recogen los valores del caudal mínimo y de transición para las diferentes clases metrológicas, expresados en función del caudal nominal:

Caudal Nominal			
Clase metrológica	Caudal	< 15 m³/h	≥ 15 m³/h
A (CEE/ISO)	Mínimo	0,04 Qn	0,08 Qn
	Transición	0,10 Qn	0,30 Qn
B (CEE/ISO)	Mínimo	0,02 Qn	0,03 Qn
	Transición	0,08 Qn	0,20 Qn
C (CEE/ISO)	Mínimo	0,01 Qn	0,006 Qn
	Transición	0,015 Qn	0,015 Qn

Tabla. Características metrológicas establecidas en la normativa.

La clase metrológica A se encuentra prácticamente en desuso en los abastecimientos urbanos. No obstante, todavía es posible encontrarla en redes de riego por su bajo coste de inversión. Esta clase es la que posee menor amplitud en el rango de caudales de trabajo lo que la hace menos precisa a caudales bajos, y poco atractiva para cierto tipo de usos.

La clase B, puede decirse que es la más extendida en la actualidad. La curva de error de estos instrumentos se encuentra desplazada hacia la derecha en comparación con los contadores de clase C, ya que su diseño y fabricación no están sometidos a controles tan estrictos, lo que le resta precisión a caudales bajos.

Los contadores de agua más precisos son de la clase metrológica C, que por su diseño tienen una resistencia mínima a las fuerzas de rozamiento introducidas por las partes móviles del contador, lo cual permite obtener una alta sensibilidad a caudales bajos. Esta baja resistencia se consigue mediante un diseño adecuado de los puntos de apoyo de la turbina y un bajo rozamiento de los engranajes de totalizador.

En cualquier caso, estas exigencias de precisión impuestas en esta normativa sólo rigen para contadores de nueva fabricación. Cuando el medidor se encuentra en servicio un periodo de tiempo largo esta precisión mengua provocando errores importantes en el registro de agua. Actualmente, no existe ninguna legislación clara sobre cuál es el error máximo admisible de los contadores en uso.

6.1.2.2. Normativa actual: Real Decreto 889/2.006, de 21 de julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida.

El 30 de Abril de 2004 se aprobó la nueva Directiva europea 2004/22/CEE sobre instrumentos de medida que conviviría durante dos años con las normas europeas recogidas en la Directiva 75/33/CEE para contadores de agua fría y en la 79/830/CEE para agua caliente, citadas anteriormente.

En España la legislación actual sobre contadores de agua se encuentra recogida en el Real Decreto 889/2.006, de 21 de julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida. Las diferencias más importantes respecto de la norma anterior se encuentran en la definición de las características metrológicas, no en cuanto a requisitos de los errores máximos permitidos, que son los mismos, sino en lo referente a la nomenclatura utilizada para definir las calidades metrológicas.

En esta norma, los caudales característicos establecidos en las nuevas recomendaciones que clasifican metrológicamente a los instrumentos, son los siguientes:

- Caudal mínimo (Q1) es el caudal más bajo al cual se exige que el contador funcione dentro del error máximo permisible ($\pm 5\%$).
- Caudal de transición (Q2) es un caudal entre el mínimo y el permanente que divide el rango de caudales en dos zonas con márgenes de precisión diferentes.
- Caudal permanente (Q3), caudal más alto en condiciones normales de funcionamiento, al cual se exige que el contador funcione satisfactoriamente dentro del error máximo permisible ($\pm 2\%$). Los caudales admitidos en la norma se concretan en la Tabla.
- Caudal de sobrecarga (Q4) se define como el caudal más alto al cual el contador puede trabajar durante un periodo corto de tiempo, dentro de su error permisible, manteniendo su rendimiento metrológico a posteriori.

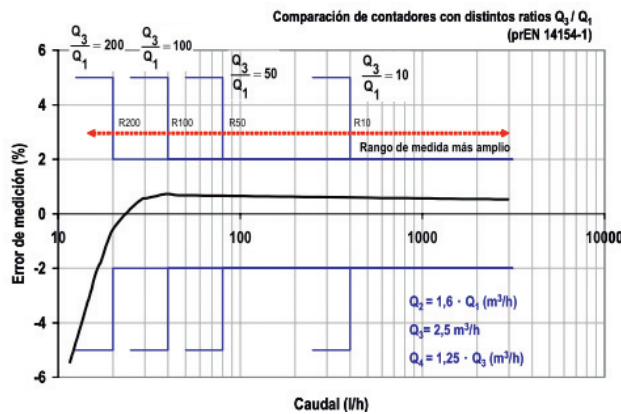
Asimismo, la clasificación metrológica se basa en ratios de caudal que definen los límites de error. De esta forma, se determinan tres ratios (Q3/Q1, Q2/Q1, Q4/Q3) estableciendo como base de cálculo el caudal permanente que puede oscilar entre 1 y 6300 m³/h.

Q ₃				
1,5"	3,5"	6"	15"	20"
1	1,6	2,5	4	6,3
10	16	25	40	63
100	160	250	400	630
1.000	1.600	2.500	4.000	6.300

De esta forma, los valores que pueden ser elegidos en el ratio Q3/Q1 están indicados en la siguiente tabla:

Q_3/Q_1									
15	35	60	212						
10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800

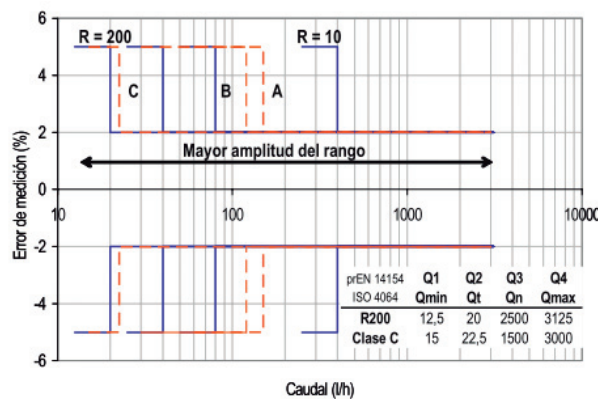
La relación entre el caudal máximo y el permanente será siempre la misma de 1,25, mientras que el ratio entre el caudal de transición y el mínimo será constante e igual a 1,6. De esta manera, cualquier variación del ratio Q_3/Q_1 modificará también el caudal de transición. Así pues, la siguiente gráfica muestra la variación de los límites de error de un contador con Q_3 2,5 m³/h cuando se aumenta el ratio Q_3/Q_1 (nombrado como R).



Clasificación metrológica.

Valores más altos del ratio Q_3/Q_1 señalan un rango de medida más amplio. Además, al haber más valores admisibles para este ratio, existe multitud de clases metrológicas que permiten diferenciar las calidades de los instrumentos.

La siguiente figura muestra una comparativa entre los límites exigidos por la norma anterior a 2.008 y la vigente:



Comparativa de las características metrológicas exigidas en la nueva norma con respecto a la derogada.

Un ratio Q_3/Q_1 de 160 en un contador de 2,5 m³/h equivaldría a un caudal mínimo de 12,5 l/h y un caudal de transición de 20 l/h frente a los 22,5 y 15 l/h, respectivamente, que supondría un contador de clase metrológica C con capacidad similar (caudal máximo aproximadamente 3 m³/h) en la norma antigua, mientras que la actual, admitiría contadores de peor calidad cuando el ratio Q_3/Q_1 fuera inferior (p.e R = 10).

La equivalencia entre la clase metrológica B para un contador de caudal nominal 1,5 m³/h, común en las instalaciones interiores, sería un contador con caudal permanente Q_3 de 2,5 con un ratio Q_3/Q_1 de 80, lo que representa un caudal mínimo de 31,25 l/h y un máximo de 3.125 l/h. Es decir, la designación en esta nueva normativa sería para un contador de las características descritas en el ejemplo, fabricado en el año 2004 para un funcionamiento en posición horizontal Q_3 2,5; R80; H; n° contador; 04; nombre del fabricante.

Además, existen otras clasificaciones descritas en la nueva normativa que atienden, por ejemplo, a la presión máxima admisible por el instrumento que vienen referenciadas por la MAP (maximum admissible pressure); MAP 6, MAP 10, MAP16, MAP25 y MAP40, o a la máxima pérdida de carga admisible al caudal máximo; ΔP 63, ΔP40, ΔP25, ΔP16 y ΔP10. La presión mínima admisible (mPA, minimum admissible pressure) para la cual debe estar diseñado el contador de agua es de 0,3 bar.

Otra clasificación considera el rango de temperaturas máximas o mínimas (en ° C) que puede soportar el aparato; T30, T50, T70, T90, T130, T180, T30/70, T30/90, T30/130 y T30/180.

Por último, se introduce una clasificación que diferencia la sensibilidad de cada instrumento salido de fábrica a las irregularidades en el perfil de velocidades. Así, se llevan a cabo ensayos en laboratorio con diversos elementos perturbadores del flujo y se evalúa el comportamiento del medidor y la necesidad de incorporar tramos rectos o estabilizadores de flujo en la instalación donde se coloque el mismo. Las clases se asignan con una U cuando se designa la influencia aguas arriba del elemento y con D para las exigencias aguas abajo.

Clase	Longitud en tramos rectos requerida	Necesidad de estabilizador de flujo
U0	0	NO
U3	3	NO
U5	5	NO
U10	10	NO
U15	15	NO
U0S	0	SI
U3S	3	SI
U5S	5	SI
U10S	10	SI
D0	0	NO
D3	3	NO
D5	5	NO
D0S	0	SI
D3S	3	SI

6.1.3. Presión.

Es fundamental asegurar la correcta estanqueidad de los contadores de agua, por ello los contadores deberán resistir, de modo permanente, sin que se produzcan defectos de funcionamiento, ni fugas ni filtraciones a través de las paredes, ni deformación permanente, la presión continua del agua para la que están previstos,

denominada presión máxima de servicio. El valor mínimo de esta presión será de 10 bar. Asimismo, la presión a la salida del contador deberá ser suficiente para que no existan perturbaciones en su funcionamiento ni interferencias entre los contadores.

Es importante conocer la pérdida de presión producida por el contador, teniendo en cuenta su filtro y la parte de conducto integrada en el contador., de manera que no deberá ser superior a 0,25 bar a caudal nominal y 1 bar a caudal máximo.

6.2. Tipos de contador.

A grandes rasgos, los tipos de contadores que existen en el mercado son los siguientes:

Tipos de Contador	
CONTADORES DE VELOCIDAD	
Contador de chorro único	Domiciliario, semi-industrial, industrial.
Contador de chorro múltiple	Domiciliario, semi-industrial.
Contadores Woltman	Industrial, sistemas de abastecimiento.
Contadores proporcionales	Riego
Contadores tangenciales	Riego, Aguas sucias
Contadores combinados	En instalaciones con una gran diferencia entre caudales máximos y mínimos
VOLUMÉTRICOS	
Contador de pistón rotativo	Uso a bajos caudales o en cualquier posición de instalación.
Contador de disco nutante	Uso a bajos caudales o en cualquier posición de instalación.
CAUDALÍMETROS	
Caudalímetros de presión diferencial	Sistemas de abastecimiento
Caudalímetros electromagnéticos	Sistemas de abastecimiento, Caudales permanentes
Caudalímetros de inserción	Sistemas de abastecimiento, Caudales permanentes
Caudalímetros de ultrasonidos de tiempo de tránsito	Sistemas de abastecimiento

6.2.1. Contadores de Velocidad.

6.2.1.1. Contadores de chorro único.

Se pueden clasificar como contadores de velocidad. Los contadores de chorro único son los instrumentos más comunes utilizados en los domicilios españoles para la medición del agua consumida por los abonados. Los más habituales son los de pequeño de 15 mm con un caudal nominal de 1,5 m³/h, aunque se encuentran contadores de tamaño superior en industrias o en establecimientos con mayor consumo de agua.

Estos instrumentos contabilizan el consumo de agua totalizando el número de vueltas de la turbina cuando el agua incide sobre ella. La velocidad de giro de la turbina depende del caudal de agua circulante en cada

momento. En esta construcción, a diferencia de otros contadores, el flujo incide sobre un único punto de la periferia de la turbina.

En principio, estos contadores están pensados para funcionar en posición horizontal, con el eje de la turbina totalmente vertical. No obstante, existen modelos homologados para funcionar en cualquier posición, aunque en ocasiones en detrimento de su precisión.

Las características dimensionales del instrumento adquieren un papel esencial en la metrología del mismo. Así pues, los sólidos en suspensión y las sedimentaciones calcáreas pueden dar lugar a sobrecontaje, cambiando la relación entre el caudal y la velocidad de giro de la turbina al depositarse en el cuerpo del contador. Sin embargo, lo más habitual es que se produzca subcontaje como consecuencia del rozamiento de estas deposiciones con las piezas móviles. También, las fibras y sólidos en suspensión alteran el correcto funcionamiento de estos contadores, bloqueando o dificultando el giro de la turbina, lo que evidentemente provoca subcontaje.

Los perfiles de velocidad distorsionados no suelen afectar gravemente a la calidad de medición, es decir, no aumentan el error de registro del contador. Esto es debido a su diseño, en el que normalmente la entrada tiene forma de tobera convergente que regulariza los perfiles de velocidad distorsionados, manteniendo constante la relación entre la velocidad de giro de la turbina y el caudal. Por ello, en general, no se requiere de la disposición de tramos rectos de tubería aguas arriba del contador.

Estos instrumentos están compuestos por un totalizador de consumo unido por un acoplamiento mecánico o magnético a la turbina. De esta forma, cada vuelta efectuada por la turbina será transmitida a los engranajes del totalizador que se moverá en función de la resolución del contador. Para cada instrumento, el número de vueltas de la hélice se asocia a un volumen marcado en el totalizador mediante una relación de desmultiplicación constante. Por ejemplo, un litro de agua circulado puede corresponder a 25 vueltas de la turbina. De esta forma, se computa el volumen total consumido por el usuario.

Por tanto, los contadores de chorro único clásicos se componen del totalizador compuesto por diversos engranajes y un visor de lectura, una tapa de la carcasa que aísla la zona de paso del agua del resto del instrumento y que en algunos casos sirve como elemento de regulación de la curva de error, una turbina giratoria y una caja o cuerpo de latón:



Despiece de un contador de chorro único.

En cualquier caso, el desarrollo tecnológico de los contadores de agua se encamina hacia instrumentos más precisos con mayores prestaciones. Actualmente, existen modelos en los que los totalizadores mecánicos se ha sustituido por totalizadores electrónicos que incorporan características que los hacen atractivos en el mercado del agua.



Contador de chorro único con tecnología electrónica

6.2.1.2. Contadores de chorro múltiple.

Los contadores de chorro múltiple se incluyen, al igual que los de chorro único, en el grupo de los contadores de velocidad. Este tipo de contadores son muy utilizados en redes de riego, generalmente, en tuberías terciarias y en establecimientos e industrias donde el consumo de agua es superior al de un domicilio y se requiere el uso de instrumentos mecánicamente más robustos. Los tamaños oscilan entre 15 y 50 mm, es decir, hasta un caudal nominal de 15 m³/h.

De la misma forma que en el caso de los contadores del apartado anterior, la velocidad de giro de la turbina depende de la velocidad de impacto del agua sobre la misma. Por ello, cualquier modificación en la relación entre el caudal y la velocidad a la cual debe entrar el agua en la cámara de la turbina implica una alteración en la curva de error. La diferencia de funcionamiento con respecto a los contadores de chorro único está en cómo incide el agua en la turbina. En los contadores de chorro único el agua entra a través de la tobera e incide directamente sobre la turbina, mientras que en los de chorro múltiple existe una cámara que reparte el agua en varios chorros distribuidos circularmente alrededor de la turbina. Con esta característica se consigue un funcionamiento más equilibrado de la turbina y, en teoría, mayor durabilidad del contador.

Como en el instrumento anterior, los elementos principales de los que consta un contador de chorro múltiple son un totalizador y una turbina. En este caso, la turbina se encuentra alojada dentro de una cámara de distribución plástica con diversas aperturas por donde entra el agua. Esta cámara se protege de sólidos en suspensión y sedimentos con un filtro, tal y como se muestra en la figura.

En los contadores de chorro múltiple, la regulación de la curva de error se logra gracias a la presencia de un circuito en paralelo que ajusta el porcentaje de flujo incidente sobre la turbina dentro de unos márgenes adecuados. Para evitar la obturación de este circuito, el instrumento dispone de un segundo filtro a la entrada. No obstante, en caso de taponarse este by-pass, a causa de precipitaciones calcáreas o sólidos en suspensión de cierto tamaño, la velocidad de circulación del agua por la turbina será superior a la esperada para un determinado caudal, por lo que la turbina girará a mayor velocidad. Es decir, en estos casos, los errores de conteo se volverán positivos.

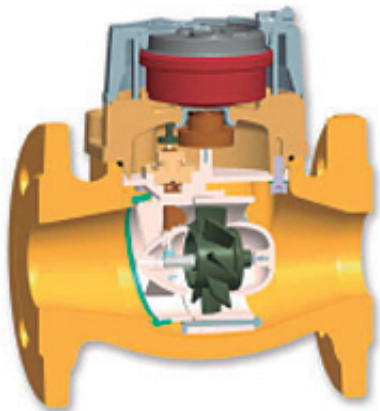


Despiece de un contador de chorro múltiple.

6.2.1.3. Contadores Woltman.

Se denominaron Woltman a este tipo de contadores de agua en homenaje a su inventor Reinhard Woltman que diseñó en 1790 el primer medidor de caudal tipo turbina. Normalmente este tipo de instrumentos de mayor tamaño son utilizados comúnmente en instalaciones de agua donde los caudales circulantes son elevados. Su elemento primario, como en todos los contadores de velocidad, es una hélice sobre la que incide, en dirección axial, el flujo de agua. La velocidad de giro de la misma es función tanto del caudal como de las características constructivas de la hélice, y del ángulo de ataque del agua sobre sus álabes.

Existen tres tipos de contador Woltmann en función de sus características constructivas y del eje de rotación



Corte transversal de un contador Woltmann de eje horizontal.



Interior de la cámara de medición de un Woltmann de eje horizontal.

de la turbina: los de eje horizontal, los de eje vertical y los Woltmann en codo. En los contadores Woltmann de eje horizontal la dirección del flujo de agua coincide con el eje de giro de la turbina, en cambio, los de eje vertical el avance del fluido se produce perpendicularmente al eje de giro. La tecnología en codo es poco habitual y se utiliza para la medición del agua en pozos y en riego.

En los contadores Woltmann de eje horizontal, es lógico pensar que el perfil de velocidades a la entrada juega un papel importante en la metrología del mismo. Estudios realizados en torno a este aspecto muestran la necesidad de establecer cierta longitud de tubería recta para regularizar de nuevo un perfil previamente distorsionado por otro elemento hidráulico.



Contadores Woltmann. Tecnología eje vertical, en codo y válvula-contador.

En ocasiones, fundamentalmente en redes de riego, es posible encontrar una variante de los contadores de eje vertical a la que se le añade una válvula de control o regulación. Esta válvula actúa cuando por el contador ha circulado un determinado volumen de agua o simplemente para limitar el caudal, la presión o ambos parámetros. A estos contadores se les denomina comúnmente válvulas-contador, válvulas volumétricas, o hidrómetros. Su calidad metrológica es baja.

Los tamaños de los contadores Woltmann oscilan entre 50 mm y 800 mm, aunque es difícil encontrar instrumentos de diámetro superior a 500 mm. También existen contadores Woltmann de pequeños calibres, aunque su uso no está generalizado. Los Woltmann de eje horizontal tienen mayor capacidad de caudal para un mismo diámetro que los de eje vertical y en codo. Sin embargo, su sensibilidad a caudales bajos con respecto a los contadores de eje vertical es inferior.

En estos casos, un Woltmann de calibre, por ejemplo, 80 mm tiene un caudal nominal de 60 m³/h frente a los 40 m³/h de uno de eje vertical, siendo el caudal máximo en ambos instrumentos el doble.

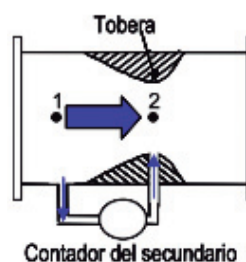
6.2.1.4. Proporcionales.

El particular diseño de los contadores proporcionales les permite ser poco sensibles, al menos en teoría, a la calidad del agua. Están, por tanto, indicados para la contabilización de aguas no filtradas extraídas de pozos y cargadas con partículas sólidas. No obstante, prácticamente ningún modelo de este tipo de tecnología está aprobada dentro del marco de la Directiva europea 75/33/CEE debido a su baja precisión y estrecho rango de medida.

Este tipo de medidor incorpora dos circuitos en paralelo por donde circula el fluido. Caracterizando los circuitos principal y secundario se conoce la relación entre el caudal total que circula por el contador proporcional y el que registra el contador del circuito secundario. Normalmente el contador empleado en el secundario puede ser un contador de chorro único o de chorro múltiple de pequeño calibre, donde el flujo de agua es menor, mientras que en el primario se monta una tobera convergente-divergente, que no supone impedimento al libre paso del agua, y por donde pasa la mayor parte del caudal. En la siguiente figura se muestra el esquema de funcionamiento.



Contador proporcional.



Flujo en el interior de un contador proporcional.

6.2.1.5. Tangenciales.

Este tipo de contador, al igual que los proporcionales, está diseñado especialmente para riego. Su funcionamiento, como en cualquier contador de velocidad, se basa en el movimiento de una turbina situada en la parte superior de la conducción. Este elemento móvil gira proporcionalmente a la velocidad del agua en esa zona. Este hecho puede producir graves imprecisiones en la medida cuando el perfil de velocidades llega a la turbina distorsionado. En la siguiente figura se muestra el instrumento visto desde la sección de entrada del agua.



Contador tangencial.

Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes tiene ciertas ventajas que los hacen atractivos en el mercado. La primera es que el propio diseño del contador permite que se utilice en todo tipo de aguas ya que internamente no presenta impedimentos al paso de sólidos en suspensión. Además, la pérdida de carga producida en este caso será mucho menor en comparación con otras tecnologías de velocidad. Por último, pero no menos importante, es su coste de adquisición comparativamente más bajo que otros modelos.

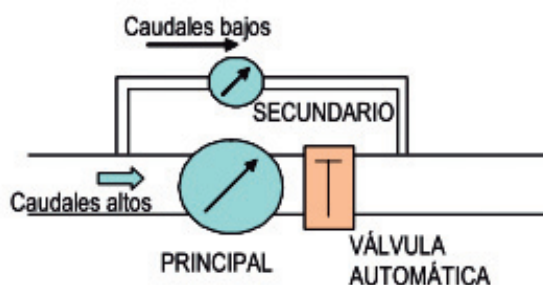
6.2.1.6. Contadores combinados.

Esta tecnología de medición, como su nombre indica, combina dos instrumentos de velocidad de diversos diámetros y capacidades en un mismo aparato. Por ejemplo, un contador Woltmann asociado con uno de chorro múltiple. Ambos instrumentos pueden estar conectados en serie o en paralelo como el caso de la figura.

La ventaja de este diseño frente a un único contador es que amplía el rango de funcionamiento, ya que permite medir caudales en rangos altos, a través del contador principal, y bajos, gracias al secundario de pequeño calibre con una buena precisión.



Contador combinado.



Principio de funcionamiento de un contador combinado en paralelo.

Habitualmente, esta tecnología se instala en lugares donde existe una diferencia elevada entre los caudales máximos y mínimos que se demandan. Por ejemplo, un colegio donde durante ciertas horas el consumo de agua es muy alto y cuando los alumnos están en casa los fines de semana, disminuye de forma brusca, o en un hospital, con grandes diferencias entre el consumo diario y el nocturno.

La derivación del caudal por un circuito u otro se realiza mediante una válvula automática instalada aguas abajo del contador principal. Cuando el caudal es bajo, la válvula está cerrada y el agua circula por el contador secundario. A medida que aumenta el caudal la pérdida de carga en el contador de menor calibre aumentará provocando la apertura de la válvula de regulación y la circulación del fluido por ambos instrumentos. El funcionamiento de la válvula automática es clave para que el equipo sea preciso y esto no siempre se consigue en la práctica, por lo que debe usarse con cautela.

Existen también combinaciones en serie. En estos casos, la válvula automática desvía el agua por uno de los dos circuitos en función del caudal. Cuando el caudal es bajo, cierra la salida del circuito principal haciendo pasar el agua por el secundario, al contrario, en el caso de caudales altos donde se inhabilita la salida del contador más pequeño.

6.2.2. Contadores volumétricos.

Los contadores volumétricos basan su principio de funcionamiento, a diferencia de los contadores de velocidad, en el conteo del número de llenados y vaciados de una o dos cámaras de volumen conocido. Existen dos tecnologías, los de pistón rotativo, que suelen ser más comunes, y los de disco oscilante. La diferencia entre ellos se encuentra en el elemento móvil, los primeros poseen un pistón rotativo que gira excéntricamente mientras que el movimiento en los segundos lo realiza un disco giratorio.

6.2.2.1. Contadores de pistón rotativo

Esta tecnología consta del cuerpo de medición donde se encuentra alojada la cámara de volumen calibrado, el pistón rotativo y el plato de división. Generalmente, se fabrica en plástico de alta densidad aunque modelos antiguos todavía se pueden encontrar en latón o bronce. Otro elemento fundamental en este instrumento es el filtro dispuesto aguas arriba de la cámara de medición. Este elemento protege al pistón rotativo de impurezas o partículas de arena que puedan impedir su rotación. El agua se acumula mediante totalizadores de transmisión magnética o mecánica.

El funcionamiento del instrumento se inicia cuando entra el agua dentro de la cámara. Debido a la mayor presión aguas arriba, el pistón tiende a girar excéntricamente cambiando el agua de cada compartimiento. De este modo, se produce el llenado por un lado y, al mismo tiempo, el vaciado por otro. Cada rotación implica el desplazamiento de un volumen de agua conocido.



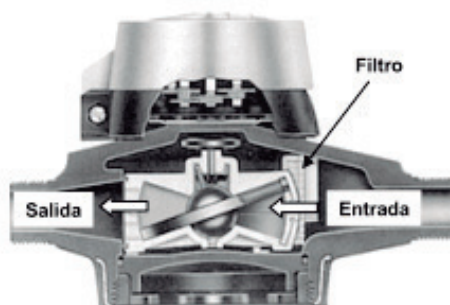
Contador volumétrico con tecnología de pistón rotativo.

Estos instrumentos, de clase metrológica C, con caudales de arranque de incluso inferiores a 1 l/h, son capaces de registrar un amplio rango de caudales que los hacen interesantes a la hora de describir los caudales de consumo de un usuario.

Un inconveniente a mencionar, es que estos equipos son sensibles a las impurezas o partículas sólidas del agua que se introducen en los huecos y holguras del interior de la cámara. A su vez, estas partículas pueden colmatar el filtro de entrada al instrumento.

6.2.2.2. Contadores de disco nutante.

La tecnología de disco nutante no es muy habitual en Europa. Su elemento móvil es un disco que gira alrededor a un eje con un movimiento similar al de una peonza. De igual forma, el agua se traslada por el interior del compartimiento de una parte a otra girando excéntricamente en torno al vástago y reconduciendo al agua desde el punto de entrada hasta la salida. De nuevo, en cada rotación del disco se trasiega desde la entrada a la salida el mismo volumen de agua. Las ventajas e inconvenientes son prácticamente similares a las de pistón rotativo.



Corte transversal de un contador volumétrico de disco nutante.