

CONTADORES *de agua*



CONTADORES DE AGUA

INSTITUTO ARAGONÉS DEL AGUA

Zaragoza, Marzo 2013

Depósito Legal nº Z 531-2013

Dirección de los trabajos

Ana Montero García

José Ángel Añón Almazán

Equipo redactor

Fernando Bagán Aparici

Laura Gabín Martínez

Contenido

1. Introducción.....	8
2. Necesidad de contabilizar el agua consumida por los usuarios.	10
2.1 Equidad en la distribución de costes.....	10
2.2 Gestión técnica del abastecimiento.....	11
2.2.1. Disponibilidad de recursos hídricos.	11
2.2.2. Balance hídrico.	13
2.2.3. Gestión de la demanda.	14
2.3. Reducción de caudales. Ejemplos reales.....	15
2.3.1. Población.....	15
2.3.2. Población 2.	16
2.3.3. Población 3.	16
2.4. Consideraciones a tener en cuenta en la contabilización del agua.	17
3. Recomendaciones básicas en la gestión del parque de contadores	19
3.1. Obligatoriedad de la facturación mediante contador.....	19
3.2. ¿Quién debe instalar el contador?	19
3.3. ¿Quién debe ser el propietario del contador?	21
3.4. Ubicación del contador.....	22
3.4.1. Bloques de pisos.	22
3.4.2. Viviendas unifamiliares y locales.....	24
3.5. Dimensionamiento del contador.....	25
3.6. Errores frecuentes en la instalación del contador.....	27
3.6.1. Instalación del contador en posición no horizontal.	27

3.6.2. Instalación del contador sin válvulas de aislamiento.....	28
3.6.3. Existencia de elementos perturbadores del flujo.....	28
3.6.4. Instalación en ambientes húmedos de contadores no aptos. Empañamiento.....	29
3.6.5. Instalación de contadores según el diámetro de la conducción.....	29
3.6.6. Instalación de contadores en puntos de evacuación de aire.....	29
3.6.7. Instalación de contadores sin protección.....	29
3.7. ¿Quién debe realizar el mantenimiento del contador?	29
3.8. Inventario del parque de contadores.....	30
3.9. ¿Cuándo cambiar el contador?	31
3.10. ¿Qué contadores se deben cambiar?	32
3.11. La lectura de contadores.....	32
3.11.1. Fiabilidad.....	32
3.11.2. Estabilidad en el periodo de lecturas.....	33
3.11.3. Eficiencia.....	33
3.11.4. Detección de deficiencias.....	34
3.12. El fraude en la medición del consumo de agua.....	34
4. La gestión avanzada del parque de contadores.....	36
4.1. Laboratorio de ensayo de contadores.....	36
4.2. Error de medición de los contadores.....	37
4.3. Patrón de consumo.....	38
4.4. La toma de decisiones. El error medio ponderado.....	39
4.5. Envejecimiento de los contadores. Criterios económicos en la renovación del parque.....	40

4.6. Control de calidad a recepción.....	41
4.7. Los grandes consumidores.....	42
5. Lectura remota de contadores.	44
5.1. Introducción.	44
5.2. Visión general de la telelectura de contadores de agua.....	44
5.3. Tecnologías existentes.	45
5.3.1. Sistemas cableados.....	45
5.3.2. Sistemas radio walk-by.	46
5.3.3. Sistema radio con red fija.	47
5.3.4. Sistemas GSM/GPRS para contadores aislados.....	48
6. Los contadores de agua.	51
6.1. Características que definen a un contador.....	51
6.1.1. Tipos de error.	51
6.1.2. Caudal y clases metrológicas.	52
6.1.2.1. Normativa antigua: Orden Ministerial de 28 de diciembre de 1988.	52
6.1.2.2. Normativa actual: Real Decreto 889/2.006, de 21 de julio.	54
6.1.3. Presión.....	56
6.2. Tipos de contador.	57
6.2.1. Contadores de Velocidad.....	57
6.2.1.1. Contadores de chorro único.	57
6.2.1.2. Contadores de chorro múltiple.....	59
6.2.1.3. Contadores Woltman.....	60

6.2.1.4. Proporcionales.....	61
6.2.1.5. Tangenciales.....	61
6.2.1.6. Contadores combinados.....	62
6.2.2. Contadores volumétricos.....	62
6.2.2.1. Contadores de pistón rotativo.....	63
6.2.2.2. Contadores de disco nutante.....	63
6.2.3. Caudalímetros.....	64
6.2.3.1. Caudalímetros de presión diferencial.....	64
Placa orificio.....	64
Venturi.....	64
6.2.3.2. Caudalímetros electromagnéticos.....	65
6.2.3.3. Caudalímetros de inserción.....	65
Sonda electromagnética.....	65
Sonda tipo turbina.....	66
6.2.3.4. Caudalímetros de ultrasonidos de tiempo de tránsito.....	66
6.3. Dimensionamiento.....	67
6.3.1. Métodos y consideraciones sobre el dimensionado de medidores.....	68
6.3.1.1. Dimensionado mediante la estimación del caudal punta.....	68
6.3.1.2. Dimensionado por volumen mensual registrado.....	68
6.3.1.3. Dimensionado mediante levantamiento del perfil de caudales.....	69
6.3.2. Dimensionado caudalímetros.....	69

1. INTRODUCCIÓN

1. Introducción.

En España la facturación del servicio público de suministro de agua se realiza de forma generalizada mediante la medición del volumen consumido por cada usuario, utilizando para ello contadores. Los ingresos obtenidos para soportar los costes de este servicio tan esencial dependen en gran manera del buen estado del parque de contadores del municipio. Cabría pensar, por lo tanto, que estos equipos son instalados, mantenidos y tratados con gran cuidado por parte de todos los gestores. Desgraciadamente esto no es así; es frecuente encontrar en muchos municipios parques de contadores antiguos, instalados deficientemente y mal dimensionados.

Entre las causas de esta situación se podrían citar las siguientes:

- El precio de venta del agua es muy barato, con lo que la inversión en contadores no siempre se recupera.
- No se destina ninguna partida presupuestaria para el mantenimiento del parque de contadores.
- El personal del servicio de aguas no posee formación tecnológica adecuada acerca de los equipos.
- No existe conciencia de que el conocimiento del agua consumida es fundamental para la gestión técnica del sistema de abastecimiento de agua.

En otros municipios ni siquiera existen contadores, facturándose mediante cuotas fijas independientes del consumo realizado. Evidentemente esto supone una falta de equidad en el reparto del coste entre los usuarios y una pérdida de eficiencia en la gestión hidráulica del abastecimiento.

En este documento se pretende dar, de forma general, una serie de recomendaciones técnicas y administrativas acerca de cómo gestionar adecuadamente el parque de contadores. Asimismo, se tratará la lectura remota de contadores o “telelectura”, la cual progresivamente se va introduciendo en nuestros municipios. Por último, se describen, de forma abreviada, los tipos de contador más utilizados en la actualidad, indicando cuáles son las características que los definen y sus usos más frecuentes.

2. NECESIDAD DE CONTABILIZAR EL AGUA CONSUMIDA POR LOS USUARIOS

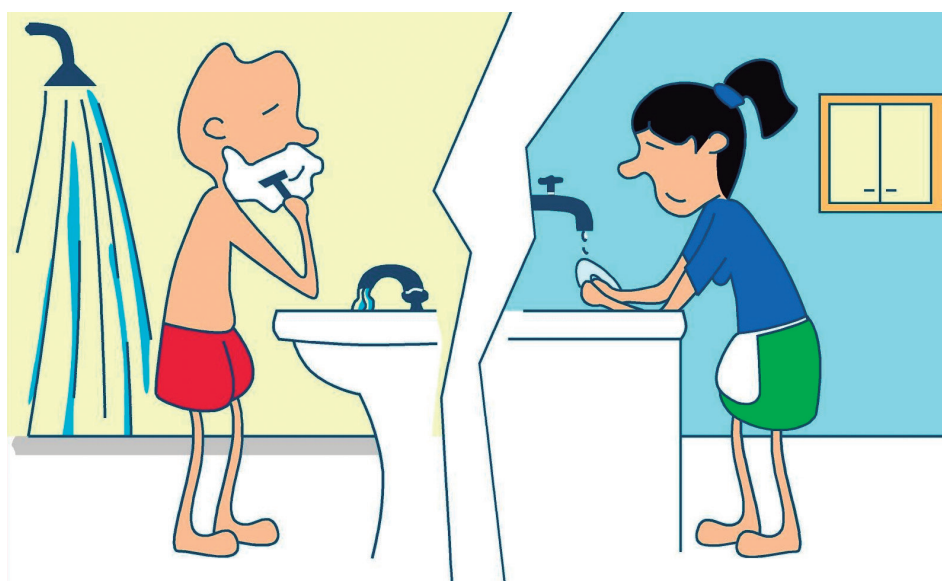
2. Necesidad de contabilizar el agua consumida por los usuarios.

2.1 Equidad en la distribución de costes

La protección del entorno y la preocupación creciente por asegurar un desarrollo sostenible se han convertido en objetivos primordiales de la acción de los poderes públicos a todos los niveles. Por este motivo, las diferentes administraciones incorporan en sus políticas el ahorro eficiente del agua y su uso racional como bien escaso. A tal efecto, se regula la incorporación de instalaciones y mecanismos de ahorro de agua en los edificios y otras construcciones para reducir el consumo y evitar que se malgaste, de manera que se contribuya a hacer un uso sostenible.

Usar el agua racionalmente equivale utilizar aquella que sea estrictamente necesaria, con la calidad y características que correspondan al uso a que se destine. La demanda creciente de agua va indisolublemente unida al aumento del número de habitantes e implica la sobreexplotación de los recursos hídricos, con el consiguiente deterioro del medio ambiente. Por todo ello, en los últimos tiempos, se ha ido estableciendo una base normativa que incentive el uso correcto y el ahorro de este recurso.

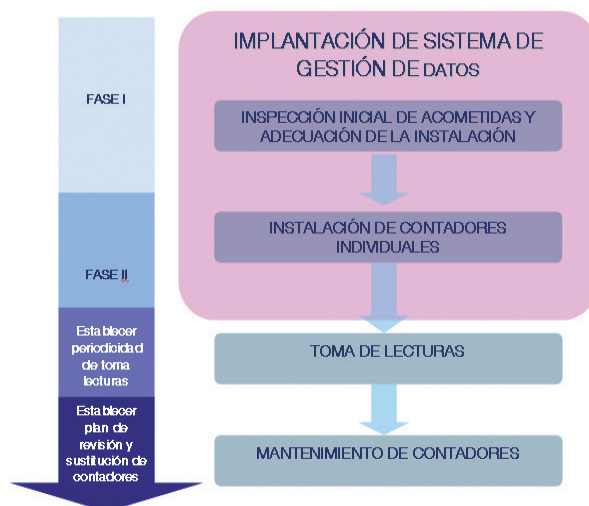
Todas las medidas de ahorro de agua pasan por realizar una estricta contabilidad del uso del recurso hídrico. Sin conocer la cantidad de agua que introducimos en la red de distribución es imposible valorar la eficacia de ahorro; por eso, hemos de considerar absolutamente imprescindible la instalación de contadores en todos los nudos o lugares clave de la distribución. Asimismo, sin aparatos de control, la utilización del agua en cada hogar, está sujeta al hábito de consumo heredado de forma cotidiana. En un municipio en el que no se facture el servicio de agua mediante la lectura de los contadores podemos encontrar hogares en los que se hace un uso desmedido del agua y otros en los que se controla hasta la última gota.



Cuando se da esta situación, los usuarios del servicio municipal de agua pagan por éste el mismo importe, independientemente de los consumos reales de cada uno de ellos. Es decir, paga lo mismo quien consume mucha agua que quien consume poca. Para lograr la equidad en la distribución de los costes derivados del abastecimiento de agua a los usuarios, será necesario, en primer lugar, dotar a los hogares de equipos de medida que permitan repartir los costes en función del uso del recurso que cada uno realice.

La literatura actual sobre mecanismos de ahorro de agua y consumo eficiente, hace referencia a la revisión de las tarifas como herramienta de concienciación social. Sin embargo, esta revisión tarifaria no tiene sentido sin la medición individual de los volúmenes suministrados, ya que en caso contrario, el incremento de los precios se dividiría a partes iguales entre todos los usuarios del servicio. Asimismo, la lectura de los contadores no debe ser un mero instrumento para permitir la facturación a los clientes, sino una herramienta que proporcione mayor información sobre el consumo de agua, dé un mejor servicio a los clientes y contribuya a mejorar la eficiencia de los sistemas de abastecimiento.

En lugares donde no existan contadores la instalación de aparatos de control es un proceso complicado puesto que las instalaciones de los edificios no suelen estar preparadas y los procesos administrativos son laboriosos. Por este motivo, sería necesario establecer plazos de ejecución a la hora de implantar un sistema de gestión basado en la medición de los caudales, siguiendo de forma general el esquema que se presenta a continuación:

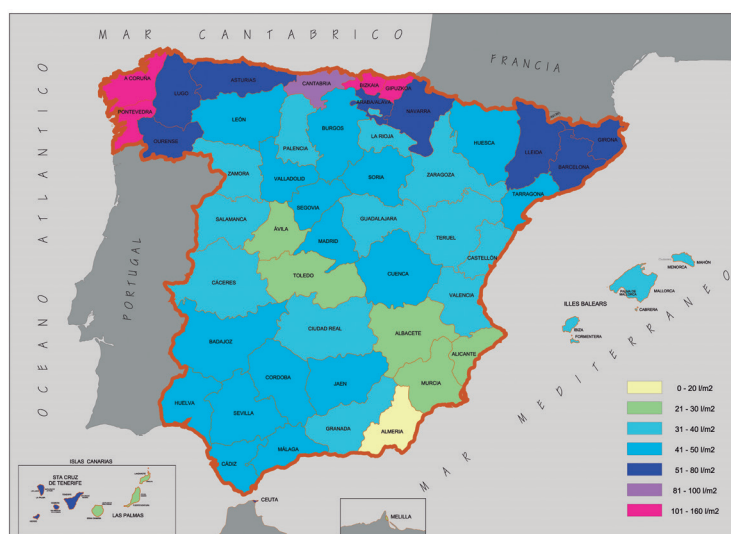


2.2 Gestión técnica del abastecimiento.

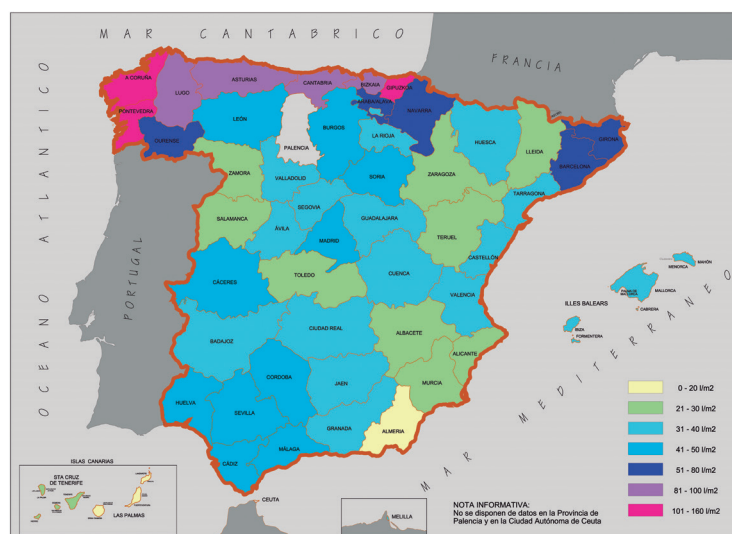
2.2.1. Disponibilidad de recursos hídricos.

El debate surgido en los últimos años sobre la cantidad de recursos hídricos disponibles y la calidad de estos recursos, está cada vez más presente, sobre todo si tenemos en cuenta la escasez de lluvias acontecidas en nuestro país en los últimos años.

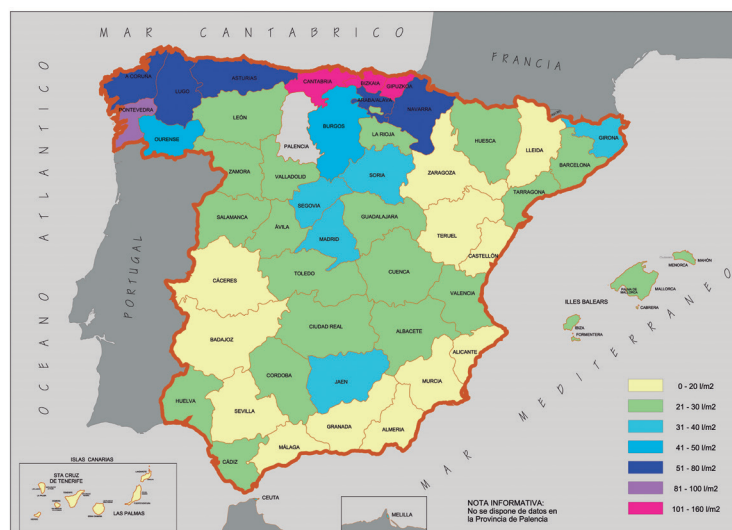
Atendiendo a los mapas de lluvias en España, elaborados a partir de los datos publicados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), desde los años 50, se puede observar la tendencia descendente de precipitaciones. De hecho, la ausencia de lluvias en los últimos meses, ha ocasionado que en algunos puntos de nuestro país, el primer semestre de 2.012 haya sido el más seco, al menos desde que se tienen datos de estos parámetros:



Mapa de precipitaciones década 1950-1959 en $\text{l/m}^2\text{-mes}$.



Mapa de precipitaciones década 1990-1999 en l/m²-mes.



Mapa de precipitaciones primer semestre de 2012 en l/m²-mes.

Para preservar este bien tan escaso, uno de los puntos más importantes en una gestión del agua adecuada corresponde a la medición de los caudales circulantes por las tuberías y los consumos de los usuarios. Solamente a partir de estas mediciones es posible evaluar la cantidad disponible y utilizada de este recurso y trazar las diferentes estrategias de mejora en un sistema de distribución de agua. La instalación de contadores puede mejorar significativamente la gestión técnica de los abastecimientos de agua y reducir las pérdidas en la red. Un buen control desde las tomas de agua hasta los puntos finales de consumo depende de las mediciones que se lleven a cabo a lo largo de todo el tránsito que realiza el fluido, empezando por la captación, pasando por el almacenamiento y distribución y finalizando el usuario.

No obstante, para que el control sea completo, además de la correcta instalación de los equipos de medida propiamente dichos, es fundamental la adecuada selección del instrumento, tanto en cuanto al tipo de tecnología como a su calibre y dimensionado. Asimismo, tanto o más importante se considera el mantenimiento de estos sistemas, teniendo en cuenta que todos los equipos tienen una vida útil por encima de la cual requerirán su sustitución o reparación.

2.2.2. Balance hídrico.

Centrándose en la red de distribución, para mejorar el control de la misma es necesario medir los caudales inyectados mediante caudalímetros. Posteriormente, un buen control del parque de contadores de los usuarios permitirá discriminar de forma acertada entre los consumos de los usuarios, las pérdidas por fugas y los volúmenes incontrolados debido a errores de medición.

A través de este control es posible establecer el balance hídrico de cada uno de los sistemas gestionados, bien sean grandes ciudades, municipios, urbanizaciones, etc.

La IWA (International Water Association) publicó un balance que pretende clasificar el volumen de agua que entra en un sistema, a fin de gestionar adecuadamente cada uno de los bloques. La fiabilidad del balance depende en gran parte de la correcta utilización de los distintos aparatos de medida:

Volumen de entrada al sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Agua facturada exportada	Agua facturada
			Consumo facturado medido	
			Consumo facturado no medido	
	Consumo autorizado no facturado		Consumo no facturado medido	Agua no facturada
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado	
			Errores de medición y de manejo de datos	
		Pérdidas reales	Fugas en las tuberías de aducción y distribución	
			Fugas y reboses en tanques de almacenamiento	
			Fugas en conexiones del servicio hasta el punto del medidor del cliente	

Estimar o medir el volumen que corresponde a cada uno de los bloques permite caracterizar el sistema y establecer las medidas necesarias en caso de que la dimensión de alguno de los bloques no sea la adecuada. Así, por ejemplo, si el bloque de pérdidas reales fuera de tamaño excesivo habría que localizar y reparar fugas en conducciones o depósitos.

A partir de estos valores se pueden establecer multitud de indicadores que determinen el estado de la red gestionada. El más utilizado es el rendimiento hidráulico, que establece una relación entre el volumen de agua inyectado en la red en un periodo determinado y el volumen autorizado en el mismo periodo de tiempo:

$$\text{Rendimiento} = \frac{Q_{\text{Autorizado}}}{Q_{\text{Inyectado}}}$$

Existen otros indicadores que buscan dar una descripción de las pérdidas reales existentes en la red, aunque su cálculo requiere de la utilización de otros parámetros físicos que, en algunos casos pueden ser más difíciles de obtener:

- m³ pérdidas/km/día
- litros pérdidas/acometida/día
- ILL: Índice de fugas estructurales (Infrastructure Leakage Index). Relaciona las fugas con el umbral mínimo de fugas, el cual depende del número de acometidas, la longitud de red, la longitud de las acometidas, y la presión.

Para las pérdidas aparentes no existe ningún indicador definido, aunque suele hablarse de porcentajes de subcuenta, es decir, el porcentaje de agua que consumen los abonados y no somos capaces de contabilizar.

El balance hídrico y los indicadores definidos permiten evaluar el estado de la red de distribución. Su conocimiento posibilitará el diagnóstico preciso del sistema a partir del cual se podrá diseñar un plan de acción que establezca y priorice las distintas actuaciones a llevar a cabo.

2.2.3. Gestión de la demanda.

Tradicionalmente los sistemas de abastecimiento de agua se han desarrollado pensando que el sistema debía satisfacer la demanda. De esta forma el énfasis se ponía en la construcción de las infraestructuras necesarias para obtener los caudales necesarios, tratarlos y transportarlos hasta el usuario final.

En contraposición, en los últimos años ha nacido el concepto de gestión de la demanda. Esta práctica consiste en realizar las acciones adecuadas para reducir o modular la demanda de agua, tanto por parte de los usuarios privados como por los públicos. Las políticas de gestión de la demanda son de especial relevancia en épocas de sequía. En estos episodios se hace necesario restringir aquellos usos de agua que no son prioritarios.

Una correcta gestión de la demanda aporta una serie de mejoras y beneficios notables para el servicio como son:

- Reducir y limitar los requerimientos de agua de los distintos usos (doméstico, industrial, agrícola, institucional, ganadero, etc.).
- Mejorar la eficiencia en el uso del agua y evitar el deterioro de los recursos hídricos.
- Optimizar la planificación para ajustarse a los patrones de consumo.
- La reducción de puntas de consumo permite minimizar las inversiones a realizar.

Algunos ejemplos de herramientas utilizadas para gestionar la demanda son:

- Campañas de concienciación para el ahorro de agua.
- Instalación de equipos domésticos e industriales para la reducción de consumo de agua.
- Penalización tarifaria de consumos excesivos.
- Reutilización de agua.
- Prohibición de consumo de agua para usos no prioritarios en escenarios de sequía (riego de jardines, fuentes públicas, piscinas, etc.)

Es fácil comprender que la demanda sólo puede gestionarse de forma adecuada cuando se conoce el volumen consumido por cada usuario, sea privado o público. De otra forma no se puede más que confiar en que las medidas que se deciden serán seguidas por los usuarios con buena voluntad.

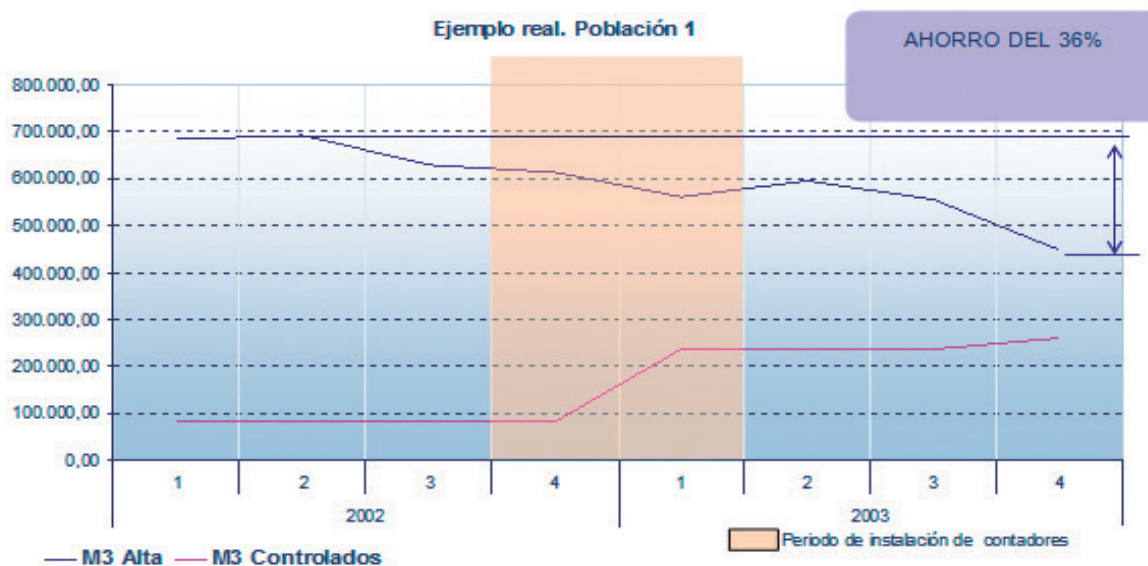
2.3. Reducción de caudales. Ejemplos reales.

Todavía es frecuente encontrar municipios en los que no se realiza la facturación mediante contadores. En ellos es habitual encontrar que el volumen total de agua inyectado a la red es muy elevado en comparación con otros municipios en los cuales se factura en función del volumen de agua consumido por cada inmueble.

Se presentan a continuación algunos casos reales de poblaciones en las que se realizó un proceso de instalación masiva de contadores a todos los abonados. Estos municipios pasaron de facturar el servicio de agua mediante cuotas fijas a facturar mediante el consumo medido por los contadores. Existió un periodo intermedio en el que se produjo la instalación de los contadores, que en las gráficas se ha representado sombreado. En general se observa que el volumen consumido por los usuarios sufrió un drástico descenso tras la instalación de los contadores.

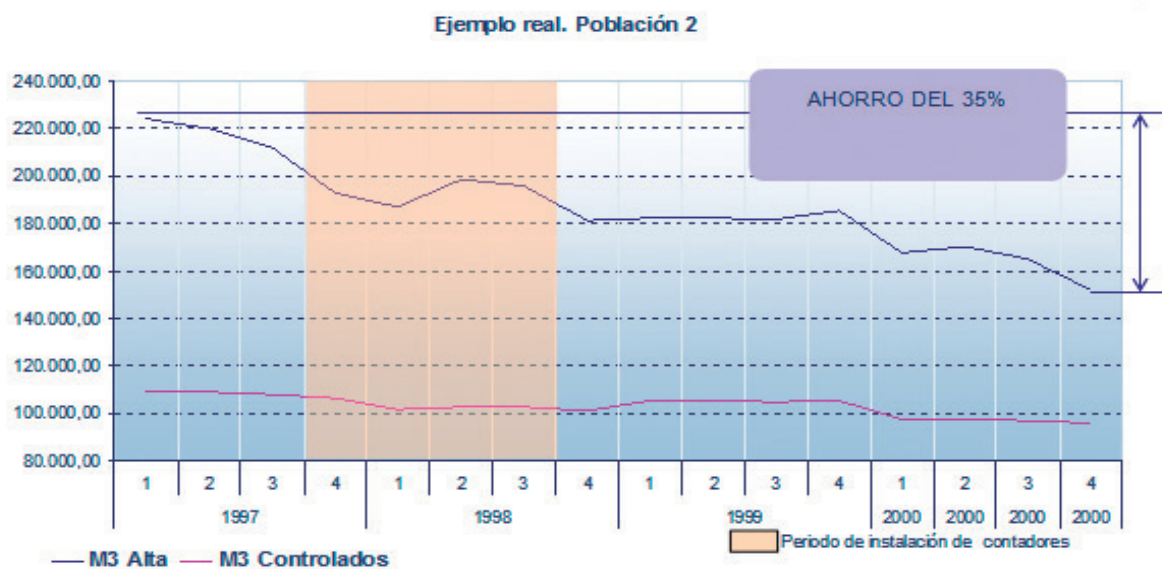
2.3.1. Población.

POBLACIÓN 1		
Tipo de Gestión	Usuarios del servicio	Consumo (m ³ /trimestre)
Sin contador	8.137	84,11
Con contador		54,00



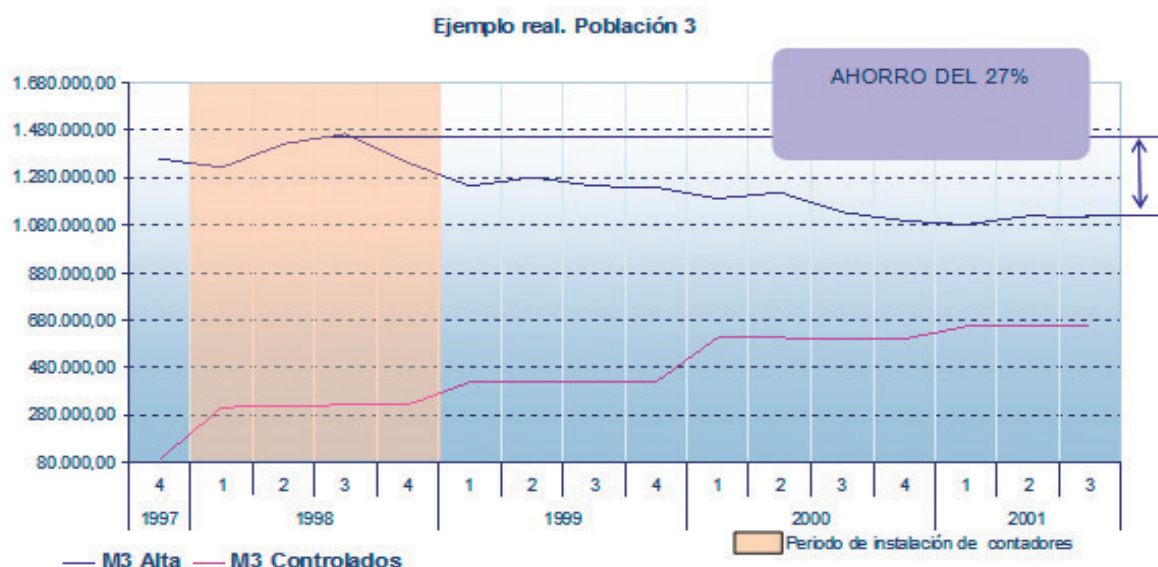
2.3.2. Población 2.

POBLACIÓN 2		
Tipo de Gestión	Usuarios del servicio	Consumo (m ³ /trimestre)
Sin contador	2.572	87,12
Con contador		56,67



2.3.3. Población 3.

POBLACIÓN 3		
Tipo de Gestión	Usuarios del servicio	Consumo (m ³ /trimestre)
Sin contador	19.909	71,51
Con contador		52,00



Nota: El volumen controlado previo a la instalación de contadores corresponde a estimaciones realizadas por el gestor de cada abastecimiento.

2.4. Consideraciones a tener en cuenta en la contabilización del agua.

A la hora de implantar un sistema de gestión basado en la lectura de contadores, independientemente de la tecnología empleada para ello, en detrimento de la gestión basada en el recuento de aforos, previamente se deben realizar una serie de actuaciones como:

- Inspección inicial de acometidas y localización de clientes.
- Salvar las barreras arquitectónicas que permitan la instalación física de los contadores.
- Proceder a la instalación de los contadores propiamente dicha.

Asimismo, se deben disponer de una serie de recursos tales como:

- Terminales portátiles de lectura (TPL).
- Equipo humano dedicado a la toma de lecturas y/o repaso e interpretación de las lecturas recogidas.
- Sistema informático que permita almacenar las lecturas y gestionar la emisión de recibos y el posterior cobro de éstos.
- La facturación es mucho más compleja y requiere mucha más supervisión administrativa que la mera facturación de un importe periódico, por lo que en ocasiones puede ser necesario el incremento de la plantilla.

Por otro lado, el paso de un sistema de gestión por aforos a un sistema de medida de volúmenes, permite la rápida detección de fugas interiores. Esto supone una ventaja, en tanto en cuanto se puede avisar al cliente de esta circunstancia, pero crea situaciones de disconformidad entre el gestor y el cliente dando lugar a reclamaciones que hay que tratar y solucionar.

De forma general, los sistemas de gestión basados en la medición de los volúmenes, requieren un esfuerzo que va más allá de la implantación del sistema propiamente dicho ya que también debe mantenerse en las condiciones óptimas que permitan asegurar la calidad de la medición a lo largo del tiempo. Por este motivo, el mantenimiento del parque de contadores se convierte en un punto fundamental y requiere la dotación de las adecuadas partidas presupuestarias.

3. RECOMENDACIONES BÁSICAS EN LA GESTIÓN DEL PARQUE DE CONTADORES

3. Recomendaciones básicas en la gestión del parque de contadores

En ocasiones los documentos académicos sobre gestión de contadores se centran en aspectos complejos tales como el envejecimiento de los contadores, el período de vida media que los hace rentables, el cálculo del error medio ponderado, etc. Sin embargo, en la realidad muchas veces nos encontramos con problemas mucho más sencillos, que nos impiden gestionar el parque de contadores de la forma idónea y que no siempre se resuelven de la mejor forma posible.

Se pretende en este capítulo dar una serie de recomendaciones, de carácter práctico, que nos proporcionarán la base para que la lectura de los contadores y su mantenimiento se realicen de forma sencilla, rápida y económica. Para la implantación de las medidas que se proponen es fundamental la implicación de la administración local, mediante la aprobación de reglamentos y ordenanzas que den soporte legal a las medidas propuestas.

3.1. Obligatoriedad de la facturación mediante contador.

En la mayoría de municipios de Aragón, y en general de toda España, la facturación del suministro de agua se realiza mediante la medición registrada por el contador, siendo este sistema el único que permite un adecuado control técnico del abastecimiento de agua de la población. Es habitual que la implantación de la medición de los consumos de agua se realizara en algún momento mediante la aprobación de ordenanzas municipales que obligaran a los usuarios a instalar o a permitir la instalación de los contadores.

No obstante es bastante frecuente que después de varios años todavía existan inmuebles a los que ha sido imposible instalar el contador debido a múltiples circunstancias. Así, en ocasiones son los propios usuarios los que se niegan a la instalación por considerar que va a ser económicamente perjudicial para ellos, en otras ocasiones en inmuebles de propiedad horizontal existen disputas entre los propietarios que bloquean los acuerdos necesarios para modificar sus instalaciones. Son muchas las circunstancias que causan que esta situación se perpetúe en el tiempo.

Esto crea un agravio comparativo entre la mayoría de usuarios y estos pocos a los que no se les ha instalado el contador. Es preciso el soporte de la autoridad del Ayuntamiento para solucionar esta situación y ello se puede lograr por diversas vías:

- Instalar el contador en la vía pública aún sin el acuerdo del usuario. El coste de la instalación se puede repercutir a estos usuarios si se crea el soporte legal que permita hacerlo.
- Sancionar a aquellos usuarios que se nieguen a cumplir las ordenanzas. El régimen de sanciones debe estar claramente definido en las ordenanzas o reglamentos.
- Incrementar las tarifas por consumo de agua a aquellos usuarios que se niegan a instalar el contador. Estos usuarios, que pagan una cuota fija, suelen aceptar la instalación del equipo cuando advierten que no les es rentable la ausencia de medidor.

También es importante extender la medición de consumos a aquellos suministros que no son facturables, como en la mayoría de casos son los edificios municipales, parques y jardines. Este registro no tiene ningún reflejo económico directo, ya que suelen ser consumos que no se facturan, pero es importante controlarlos, ya que no es extraño que supongan alrededor del 10% del volumen que se inyecta en la red de distribución. Conociendo el volumen consumido por el ayuntamiento se pueden detectar fugas en las instalaciones municipales, consumos excesivos, riegos en horas punta, etc. La corrección de estas anomalías conlleva tanto ahorro de agua como reducción de los costes del servicio municipal de agua potable.

3.2. ¿Quién debe instalar el contador?

En muchas poblaciones, y especialmente en poblaciones donde la gestión de servicio de agua potable la realiza el ayuntamiento, es frecuente que sean los mismos usuarios los que se instalen su propio contador.

Independientemente de consideraciones sociales, legales o económicas debemos afirmar con rotundidad que esto es una práctica que desde un punto de vista técnico debe evitarse. Es decir, el contador debe ser instalado por el servicio municipal de agua potable. Las razones son evidentes:

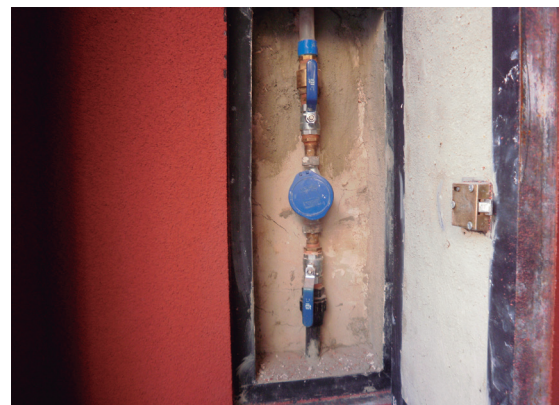
1. El usuario, habitualmente, instalará el contador más barato que encuentre en el mercado, no aquel que técnicamente sea el adecuado. El servicio, en cambio, instalará el contador que vaya a medir con mayor precisión.
2. El contador se debe instalar siguiendo las recomendaciones del fabricante, en un lugar que permita su fácil lectura y su posterior mantenimiento. Estos criterios no se suelen tener en cuenta ni por los usuarios ni por los instaladores privados, pero sí por el servicio de aguas, que es quien posteriormente va a realizar las tareas citadas.
3. El parque de contadores de un municipio donde los usuarios se instalan sus contadores tiene excesiva diversidad de modelos, longitudes de contador, roscas y tecnologías de medición que impiden controlar el estado real del mismo y dificultan su mantenimiento.
4. Para gestionar el parque de contadores es preciso contar con una base de datos en la que se registren los datos básicos de cada contador (marca, calibre, número de serie, fecha de instalación, etc). Si son los usuarios los que se instalan sus propios contadores es muy difícil que la base de datos sea fiable.

En definitiva, el servicio municipal de agua potable está interesado en que el contador sea el mejor posible, esté instalado de forma correcta y queden registrados todos los datos técnicos del equipo y por lo tanto, si es el servicio quien realiza la instalación, ésta será siempre de mayor calidad. En cambio, el principal interés del usuario a la hora de instalar el contador, es superar el trámite al que le obliga la ordenanza municipal para obtener el alta en el suministro de agua.

Veamos algunos ejemplos de contadores instalados por los usuarios:



Contador de velocidad en posición vertical. Se reduce la precisión metrológica del equipo.



Contador de velocidad en posición vertical. Se reduce la precisión metrológica del equipo.



Contador excesivamente alto. Dificultad para leer el totalizador.



El contador está tan alto que para poder leerlo se ha instalado boca abajo. Pérdida de precisión.

3.3. ¿Quién debe ser el propietario del contador?

Habitualmente, en las diversas ordenanzas y reglamentos existentes en toda España, se suelen dar dos soluciones a esta cuestión. En la mayoría de los municipios el propietario del aparato medidor es el servicio de aguas potables, quien se responsabiliza de esta forma de su mantenimiento. En este caso lo más común es que los usuarios abonen, dentro de las facturas periódicas emitidas por el consumo de agua, una cantidad en concepto de alquiler del equipo medidor.

En otros muchos municipios se estipula, por el contrario, que el contador es propiedad del usuario, puesto que ha abonado su coste íntegro al realizar el alta en el servicio. Esta propiedad, sin embargo, no suele dar derecho al usuario a nada más que a disponer del contador cuando se realice la baja, teniendo prohibida por los reglamentos municipales la manipulación del equipo. En el caso de que el servicio tenga la exclusividad del mantenimiento de los contadores el usuario suele abonar una cantidad, incluida de nuevo en las facturas por consumo de agua, en concepto de “mantenimiento de contador”.

Así encontramos casos en los que las ordenanzas establecen que el contador es propiedad del servicio:

“El contador es facilitado por el prestador del servicio y conserva su propiedad, sin perjuicio de los importes que en concepto de alquiler y conservación pueda percibir el abonado, de acuerdo con los precios aprobados por el Ayuntamiento.” REGLAMENTO MUNICIPAL TIPO DEL SERVICIO DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE PARA MUNICIPIOS Grup de treball sobre Recursos Hídrics Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat. Consorci per a la Gestió d'Aigües de Catalunya (CONGIAC).

“Todo punto de suministro ubicado dentro del término municipal de Zaragoza al que se le presten los servicios de abastecimiento y/o saneamiento de agua deberá estar controlado por un contador de propiedad municipal, previa contratación de la preceptiva póliza, independientemente de la finalidad a que se destinen los consumos (abastecimiento, agua caliente, calefacción, riego, incendios, piscina, limpieza, etc.), o su procedencia (red municipal, pozo, canal superficial, etc). Ordenanza Municipal para la Ecoeficiencia y la Calidad de la Gestión Integral del Agua. Ayuntamiento de Zaragoza.”

Pero también encontramos otros municipios en los que el contador es propiedad del usuario:

“Todos los contadores que se instalen con ocasión de los nuevos contratos de suministro serán propiedad de los respectivos usuarios.” ORDENANZA REGULADORA DEL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO A LOS USUARIOS DEL CONSORCIO DE AGUAS BILBAO BIZKAIA (AÑO 2009).

E incluso podemos encontrar reglamentación en la que se admiten ambos casos, como por ejemplo en Valencia:

“En el caso de contadores de nueva instalación para nuevos suministros, el contador instalado quedará afecto al Servicio y podrá ser adquirido en régimen de propiedad o en régimen de alquiler.”

La colocación e instalación del contador, así como su conservación, se realizará por la Empresa Suministradora, corriendo los gastos por cuenta del abonado, incluso el coste del contador cuando éste sea de su propiedad.

En caso de que el contador sea propiedad del abonado, la Entidad Suministradora cobrará una cantidad fija cada mes, suficiente para sufragar los gastos originados por la conservación del contador (cuota conservación). Al final de la vida útil del contador el abonado propietario del mismo deberá costear la reposición de éste o alquilar uno nuevo. En caso de contadores en régimen de alquiler se establece una cuota única (cuota de mantenimiento integral) que cubrirá tanto los costes de conservación como los costes de alquiler. Estos últimos han de ser suficientes para cubrir tanto el coste inicial del contador como las sucesivas reposiciones del mismo en el futuro al final de su vida útil, tal coste quedará reflejado en la correspondiente tarifa.”

Podemos decir que la cuestión de la propiedad del equipo medidor no es una cuestión crítica, que sólo adquiere importancia en casos de conflicto tales como robo del contador, rotura del equipo no debida a su uso normal o manipulación del mismo. Y aún en estos casos finalmente los conflictos se resuelven de forma muy similar. Por ejemplo, en caso de un contador dañado por el usuario de forma intencionada, en caso de ser propiedad del usuario la ordenanza le obligará pagar la instalación de uno nuevo, mientras que si pertenece al servicio éste le reclamará los daños causados a una de sus propiedades. El resultado final es muy similar.

No tiene excesiva importancia de quién es propiedad el contador sino la cuestión que se abordará posteriormente: ¿quién es el responsable del mantenimiento del contador?

En cualquier caso, si hemos de elegir una opción para desarrollar la reglamentación municipal pensamos que es más coherente optar por otorgar la propiedad de los contadores al servicio. De esta forma aseguramos el cumplimiento de diversos procesos sin que haya ambigüedad ninguna:

- El contador instalado será el que decida el servicio.
- El servicio podrá cambiar el contador según considere.
- Al realizar la baja el contador queda en propiedad del servicio.

3.4. Ubicación del contador.

La ubicación del contador es de suma importancia para el desempeño de la actividad de un servicio municipal de agua. De ella va a depender la posibilidad de que el servicio pueda acceder al contador y por lo tanto la facilidad con la que se desarrolle el proceso de lectura y el de mantenimiento de los contadores. También será clave en la exactitud de los volúmenes registrados en cada periodo de facturación.

3.4.1. Bloques de pisos.

En muchos edificios de viviendas antiguos es habitual que el contador esté ubicado en el interior de los inmuebles, en lugares tales como la cocina o el baño. Esta situación tiene su origen en que muchos de estos inmuebles originalmente no disponían de contador y cuando se decidió pasar a facturar en base a los consumos medidos por contador se consideró que la única opción viable era instalar el contador en cada una de las viviendas ya que solía existir una única conducción montante que distribuía el agua por el edificio.



Contador instalado en el interior de la vivienda en el patio de luces de la misma.

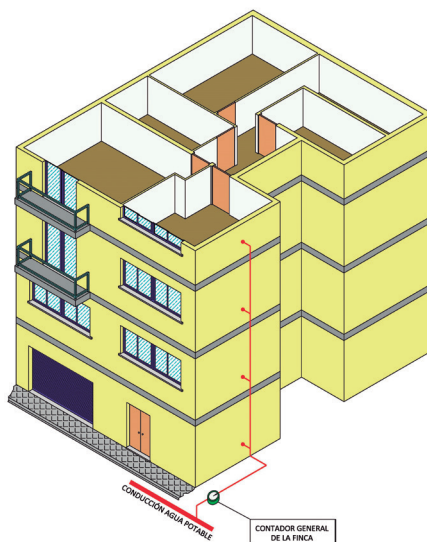


Contador instalado en el baño de la vivienda.

Esta ubicación plantea muchos inconvenientes para el servicio:

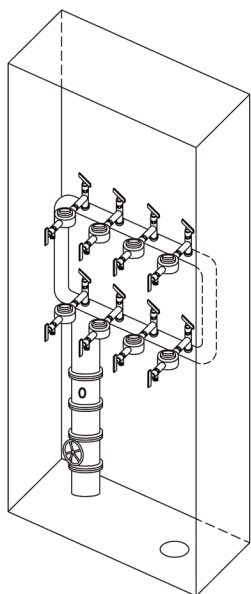
1. No siempre es posible tomar la lectura del contador, dado que en ocasiones las viviendas se encuentran cerradas o los habitantes de las mismas ausentes. En estos casos son éstos quienes deben comunicar la lectura al servicio, aunque en muchas ocasiones no se toman la molestia de hacerlo.
2. El mantenimiento de los contadores no siempre es posible dado que puede que no se permita el acceso al interior de la vivienda a los operarios del servicio.
3. La existencia de fugas en toda la instalación interior común del edificio no es detectada por ningún contador y mucho menos facturada por lo que no existen incentivos para su reparación.
4. El contador está insertado en la instalación interior del usuario. Si ésta se encuentra en malas condiciones puede que sufra daños al sustituir el contador. Esto da origen a numerosas reclamaciones.
5. El contador no es visible habitualmente por los operarios del servicio lo que facilita la realización de fraudes.
6. La suspensión de suministro por falta de pago u otro tipo de sanción es casi imposible de realizar, puesto que el ocupante del inmueble no suele permitir el acceso.

En algunas ciudades se optó por una opción diferente, que fue la instalación de un único contador en zona accesible a nombre de la comunidad de propietarios. De esta forma el servicio minimiza sus costes y tiene un control exacto del volumen de agua entregado a los usuarios, si bien a costa de trasladarles a estos el problema del reparto de caudales entre los diferentes propietarios de los pisos del edificio.



Esquema de edificio con contador comunitario.

Hoy en día la mayoría de edificios de viviendas disponen de una centralización de contadores situada en la planta baja o el sótano. Así el agua es distribuida entre cada uno de los propietarios apenas ésta penetra en la propiedad privada. La centralización de contadores suele disponer del equipo denominado batería de contadores, que no es más que una estructura de conducciones, habitualmente en circuito cerrado, la cual alimenta de agua a todos los contadores del edificio, que se instalan sobre ella. De cada contador parte una conducción que alimenta única y exclusivamente a cada una de las viviendas y locales del edificio. Con este sistema se consigue que el servicio pueda acceder a todos los contadores del edificio de forma sencilla, tanto para su lectura como para su mantenimiento. El único inconveniente de este sistema es que incrementa la longitud de las conducciones del interior del edificio, las cuales quedan bajo la responsabilidad de cada uno de los propietarios.



Esquema batería contadores.



Batería de contadores.

Es importante establecer una serie de requisitos relativos a las centralizaciones de contadores que se deben cumplir a la hora de construir este tipo de edificios:

1. La centralización de contadores no debe estar alejada de la entrada de agua en el edificio. De otra forma existe una excesiva longitud de conducciones en propiedad privada que pueden sufrir fugas no detectadas por ningún contador.
2. La centralización de contadores debe estar ubicada en un cuarto dotado de iluminación, desagüe y espacio suficiente para realizar las tareas de lectura y mantenimiento, que se mantenga limpio. En definitiva, un espacio con una cierta dignidad.
3. Si existen bombas u otros equipos eléctricos deben estar separados de la batería de contadores para evitar accidentes eléctricos a los operarios del servicio.
4. El acceso a la batería de contadores debe realizarse mediante llaves que posea el servicio, preferentemente de tipo triángulo o allen.
5. La batería debe ser del tipo prefabricada (UNE 19.900 ó UNE 53.943), dado que ofrecen una mayor calidad. Si bien la batería pertenece a la instalación privada del edificio son los operarios del servicio los que habitualmente van a manipularla, por lo que se debe garantizar su durabilidad.

En ocasiones se opta por una solución alternativa, especialmente en edificios de elevada altura. En esos casos es frecuente establecer varias centralizaciones de contadores ubicadas a diferentes alturas. Con esto se consigue reducir la presión en los pisos inferiores, estableciendo grupos de bombeo también distribuidos por el edificio, al mismo tiempo que se reduce la longitud de las tuberías interiores.

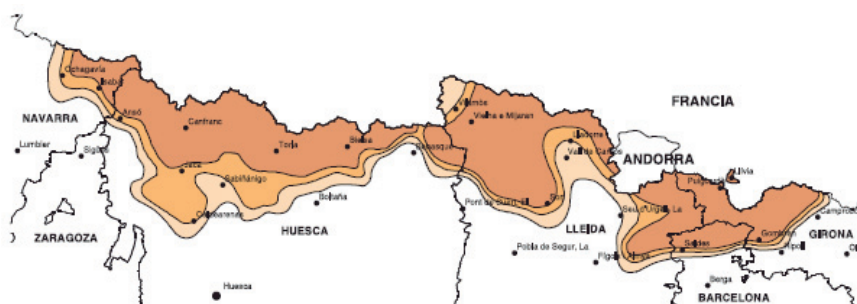
3.4.2. Viviendas unifamiliares y locales.

Este tipo de inmuebles suelen poseer fachada en la vía pública, en la que habitualmente se encontrarán las conducciones de la red de distribución de agua potable. En este caso la mejor opción es siempre colocar el contador en la fachada del inmueble, en una hornacina de las dimensiones suficientes para permitir la lectura y mantenimiento del contador, dotada de puerta de fácil apertura y con cerradura normalizada (allen o triángulo).

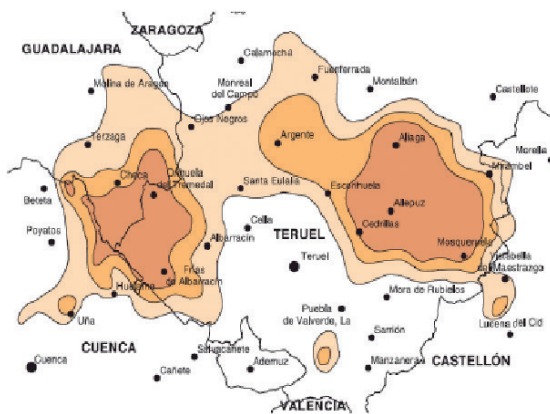
En casos excepcionales puede permitirse sustituir la instalación en fachada por la instalación en arqueta ubicada en la vía pública. Estos casos suelen obedecer a la imposibilidad de realización de obras en fachadas protegidas por su valor arquitectónico u otros casos similares. De todas maneras esto debe ser la excepción y no la norma.

Otro caso en el que puede ser problemática la instalación en fachada corresponde a las zonas en que se producen heladas que pueden llegar a congelar el contador y las tuberías adyacentes si estas se encuentran faltas del adecuado aislamiento. Esto puede causar la rotura del contador o reducir su precisión.

Según la Orden Circular 17/2003, Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera, del ministerio de Fomento, y la Orden FOM/3460/2003 de 28 de Noviembre. Norma G.1 IC secciones del firme, se define claramente como zona de helada todas las ubicaciones por encima de los 1.500 metros sobre el nivel del mar de altitud y también en función del clima y orografía se delimitan perfectamente 3 áreas de diferente intensidad de helada (H1, H2 y H3). Concretamente en Aragón encontramos dos regiones de heladas, la zona pirenaica y la zona del sistema ibérico.



Región Pirenaica.



Zona del Sistema Ibérico.

En estas zonas, es recomendable aislar el contador y la mejor solución es utilizar arquetas en el suelo o armarios aislados tipo hornacina, pues los dos tienen aporte de calor del terreno:



Armario aislado u hornacina.



Arqueta en el suelo.

En zonas frías hay que proteger el tubo del frente de hielo y conviene instalar las acometidas a partir de los 55 cm de profundidad. Por su parte el contador debe estar instalado de manera que sea accesible para el lector y fácil de leer. Por ello, se recomienda que el contador se instale en una arqueta aislada que permita la entrada de calor aprovechando la geotermia del terreno.

Otra alternativa sería la instalación del contador en el interior de la vivienda. En este caso, se aconseja que la gestión se realice a través de telelectura, a fin de evitar el acceso a la vivienda para la toma de lecturas. En cualquier caso, sea cual sea el modelo de gestión, que el contador esté en el interior de la vivienda puede generar problemas a la hora de realizar el mantenimiento sobre el mismo ya que requiere la presencia del usuario en la vivienda.

3.5. Dimensionamiento del contador.

La primera cuestión que se debe abordar es la siguiente: ¿Quién debe dimensionar el contador? A nuestro juicio el único que posee los datos suficientes como para realizar este dimensionamiento de forma correcta es el gestor del abastecimiento. Además se puede afirmar que es el mayor interesado en que el dimensionamiento se realice de forma correcta, puesto que si no es así va a sufrir las consecuencias o bien de la falta de precisión del contador en caso de sobredimensionamiento o bien de desgaste prematuro del mismo en caso de infradimensionamiento.

Un error cometido con mucha frecuencia por personal no especializado es instalar el contador del mismo calibre que la conducción. Esto no tiene ninguna justificación. Los contadores se dimensionan a partir de los caudales que van a circular por él.

Naturalmente el usuario debe proporcionar los datos de su instalación interior con el fin de conocer los caudales que se suministrarán. El proceso a seguir para dimensionar el contador debería ser el siguiente:



El siguiente paso es preguntarnos ¿con qué criterios hay que dimensionar el contador? En la mayoría de los casos nuestros objetivos serán los siguientes:

1. Que el cliente no vea reducido el caudal y la presión disponibles por el uso de un contador excesivamente pequeño. Es decir el usuario no debe notar que tiene instalado un contador.
2. Que el contador mida razonablemente bien en todo el rango de caudales que va a utilizar el usuario.
3. Que el contador sea capaz de resistir el volumen de agua utilizado por el usuario sin desgastarse prematuramente.

Los puntos 1 y 3 nos empujan a utilizar un contador lo más grande posible, mientras que el punto 2 nos limita el tamaño que podemos utilizar ya que contadores de calibre alto nos harán perder precisión a caudales bajos y dejaremos de contabilizar una parte del consumo del usuario.

Para resolver de forma certera este problema necesitaríamos conocer con cierta exactitud cuánto y cómo va a consumir el cliente el agua. Sin embargo, esto es un dato que a priori podemos estimar, pero rara vez conocer. El dimensionamiento que se realice será más o menos acertado pero probablemente no tendremos la seguridad de haber dado con la respuesta perfecta.

Afortunadamente la mayoría de los contadores que se instalan suelen ser de tipo doméstico, para apartamentos, pisos y viviendas unifamiliares. En estos casos la solución es el contador de calibre 13 ó 15 mm, con un caudal nominal de 2,5 m³/h. Este calibre de contador es, con diferencia, el más común en España y en Europa. Ha sido diseñado para soportar consumos anuales que rondan entre los 100 y los 200 m³/año, lo que lo convierte en el adecuado para la mayoría de hogares y actividades de poco consumo de agua.



En el caso de actividades industriales, grandes actividades comerciales, instalaciones deportivas, comunidades de propietarios, etc. nos encontramos con mayores dificultades para dimensionar el contador. Es necesario realizar un cálculo basado en los caudales estimados que nos debe proporcionar el usuario, ya que es imposible que el gestor del servicio tenga conocimiento de lo que va a consumir un proceso industrial, un

centro comercial o cualquier actividad que se salga de lo habitual. Una vez estimado ese caudal se debe realizar el dimensionamiento del contador, según los criterios técnicos que se indican en el apartado “6.3.1 Métodos y consideraciones sobre el dimensionado de medidores”, del presente documento.

En cualquier caso, y a modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra los contadores que de forma más frecuente se emplean en función del uso final:

CALIBRE	CAUDAL NOMINAL	USO HABITUAL
13 ó 15 mm.	1,5 m ³ /h	Domiciliario
20 mm.	2,5 m ³ /h	Domiciliario
25 mm.	3,5 m ³ /h	Semi-industrial
30 mm.	6 m ³ /h	Semi-industrial
40 mm.	10 m ³ /h	Semi-industrial
50 mm.	15 m ³ /h	Semi-industrial
65 mm.	25 m ³ /h	Industrial
80 mm.	40 m ³ /h	Industrial
100 mm.	60 m ³ /h	Industrial, sistemas de abastecimiento
150 mm.	150 m ³ /h	Industrial, sistemas de abastecimiento
250 mm.	200 m ³ /h	Industrial, sistemas de abastecimiento
400 mm.	250 m ³ /h	Industrial, sistemas de abastecimiento

3.6. Errores frecuentes en la instalación del contador.

En la norma UNE-EN 14154-2:2005+A2 se recoge como requisitos de instalación que el contador seleccionado y sus subconjuntos deben asegurar:

- La correcta medición cumpliendo las características metrológicas específicas.
- Protección del contador.
- La seguridad del personal y de los usuarios.
- La comodidad del personal durante la instalación, retirada y mantenimiento del contador.
- La facilidad de lectura del índice del contador y de los marcajes relevantes tanto por el personal como por los usuarios.

Algunos de los principales errores que se detectan en la instalación de los contadores son los siguientes:

3.6.1. Instalación del contador en posición no horizontal.

Es frecuente observar contadores de chorro único o múltiple (los más habituales) que han sido instalados en posición vertical o con el totalizador inclinado para facilitar la lectura. Esto supone una grave pérdida de precisión, habitualmente hacia el subcontaje.

Este tipo de contadores, ofrecen el menor error en posición perfectamente horizontal, estando la turbina en ese caso apoyada únicamente en el extremo inferior del eje. Si el contador está inclinado, o incluso vertical, la superficie lateral del eje está rozando con el alojamiento del mismo, causando tanto una pérdida de precisión como un desgaste no previsto.



Batería instalada en vertical.



Eje desgastado.

De darse esta práctica pueden realizarse algunas acciones correctoras:

- Formar al personal que instala los contadores para que eviten esta práctica.
- No aceptar la realización de altas si el alojamiento del contador no permite su instalación horizontal.
- En aquellos casos en los que la instalación no cumple las condiciones necesarias para que el contador quede alojado de manera horizontal, se instalarán contadores con el totalizador inclinado 45° o bien contadores de otras tecnologías (volumétricos, woltmann,...) a los que afecta en menor medida la posición.
- Dotar a los lectores de pequeños espejos que permitan la lectura de totalizadores no visibles de forma normal. Si bien es necesaria mucha práctica para tomar lecturas de esta forma sin cometer errores.

3.6.2. Instalación del contador sin válvulas de aislamiento.

El contador debe estar dotado de válvulas de corte antes y después, amén de válvula antirretorno que evite la circulación de agua en sentido inverso. Las válvulas de corte son necesarias para el mantenimiento del contador. Sin la válvula situada a la entrada del contador vendría agua de la red y no sería posible el desmontaje. Sin la válvula antirretorno al desmontar el contador se vaciaría el contenido de las conducciones de la instalación interior, lo que en ocasiones puede causar daños al entorno del contador. Es conveniente que exista una válvula adicional de corte a la salida del contador para prevenir un posible fallo de la válvula antirretorno y posibilitar la sustitución de la misma. Esta válvula debe estar dotada de purga, de manera que permita la comprobación del contador "in situ", con el equipo correspondiente, o para la comprobación del correcto funcionamiento del antirretorno sin riesgo de devolver agua a la red general.

3.6.3. Existencia de elementos perturbadores del flujo.

Los cuerpos de los contadores domésticos suelen integrar un pequeño tramo recto de conducción antes y después de la cámara de medición, destinado a forzar que el flujo de agua llegue a la cámara en unas condiciones homogéneas, independientemente de la existencia de elementos perturbadores, tales como codos, válvulas u otros accesorios.

Sin embargo los contadores de mayor calibre suelen requerir la existencia de tramos rectos de tubería antes y después de los mismos. En la práctica es fácil encontrar casos en los que el instalador no ha respetado esos tramos de tranquilización, a pesar de la insistencia de los fabricantes al respecto. Si fuera imposible, por escasez de espacio, instalar esos tramos de tranquilización, se recomienda la instalación de estabilizadores de flujo o modelos de tecnologías que reduzcan o no necesiten estos tramos de estabilización.

3.6.4. Instalación en ambientes húmedos de contadores no aptos. Empañamiento.

Cuando se instala un contador en una arqueta u otro emplazamiento de ambiente húmedo frecuentemente éste causa que se empañe el totalizador por condensación de la humedad en el interior del mismo.

El problema no es menor ya que si no es posible leer el contador de forma fiable este pierde toda su utilidad.

La solución consiste en la utilización de contadores especialmente adaptados para su instalación en arquetas. En muchos de estos equipos el totalizador va encapsulado en un recipiente de cobre con la parte superior de cristal, en lugar del plástico habitual. En otros equipos se sumerge todo el mecanismo del totalizador en un fluido que lo aísla del agua.

3.6.5. Instalación de contadores según el diámetro de la conducción.

Como se menciona repetidamente en este documento los contadores deben dimensionarse según los caudales que van a medir. El diámetro de la acometida no tiene ninguna relación directa con el diámetro adecuado para el contador. Sin embargo en la vida real es frecuente encontrar este tipo de dimensionamiento, realizado por personal que no ha recibido la adecuada formación en este aspecto.

3.6.6. Instalación de contadores en puntos de evacuación de aire.

Los contadores son un punto de salida de la conducción. Lo habitual es que a través de ellos salga el agua que demanda el consumidor. No obstante si se instalan en puntos altos de la red o en lugares en los que se acumula aire, frecuentemente estarán realizando la función de una ventosa. El aire proviene fundamentalmente de las operaciones de vaciado de la red para reparaciones, pero también está disuelto en el agua, separándose de la misma al disminuir la presión.

El paso de aire a través del contador creará dos problemas. Por un lado al usuario se le va a facturar un consumo que no es real ya que la salida de aire provocará el giro a gran velocidad de la turbina del contador. Por otro lado el contador va a sufrir un desgaste muy alto, llegando incluso a recalentarse debido a la elevada velocidad que toma.

La solución a este problema es, o bien cambiar la ubicación del contador por otra en la que no exista acumulación de aire, o bien disponer de ventosas u otros accesorios en la red para evacuar el aire antes de que llegue al contador. Asimismo, es posible utilizar en estos casos, contadores con tecnologías que no miden el aire circulante por el mismo.

3.6.7. Instalación de contadores sin protección.

Los contadores de velocidad pueden verse afectados por la distorsión del perfil de velocidad esto puede eliminarse fácilmente por medio de un seguimiento escrupuloso de los procedimientos de instalación como puede ser:

- Colocar centradas las juntas en las conexiones para evitar obstruir el paso del agua y variar la metrología del contador.
- Utilizar filtros aguas arriba del contador ya que, de esta manera, se evitará la introducción de partículas que puedan dañar el correcto funcionamiento del contador.
- Seguir escrupulosamente las instrucciones de instalación dadas por el fabricante.

3.7. ¿Quién debe realizar el mantenimiento del contador?

Se ha mencionado anteriormente que el contador debía ser instalado por el servicio, dado que es el agente que está interesado en que la instalación sea la más correcta posible. Análogo razonamiento cabe aplicar al mantenimiento del contador: teniendo en cuenta que la mayoría de contadores al envejecer pasan a contar menor volumen del realmente consumido el servicio será el mayor interesado en que el parque de contadores se mantenga en un buen estado.

Cuando hablamos de mantenimiento del parque de contadores nos referimos básicamente a la sustitución de los contadores de los usuarios por otros nuevos, dado que la reparación es, hoy en día, económicamente

inviable. Es decir, el servicio debe poder cambiar los contadores de los usuarios en el momento en que lo considere adecuado. Puesto que el mantenimiento de los contadores forma parte habitualmente de los costes asumidos por el servicio esta sustitución no suele suponer ningún coste directo para el usuario.

Existen municipios en los que el mantenimiento de los contadores se deja en manos de los usuarios, de forma que, si el usuario o el servicio consideran que el contador se debe sustituir es el propio usuario quien cambia el contador existente por uno nuevo. No hace falta decir que el usuario no suele tener incentivos para realizar este gasto que finalmente lo más probable es que conlleve que se le facture más agua, por lo que en muy pocas ocasiones la renovación del contador es realizada de motu propio. Asimismo, si el servicio es quien le indica al usuario que debe cambiar su contador, éste puede que no lo lleve a cabo (y no suele haber acciones sancionadoras si no cumple las indicaciones del servicio) y si lo cambia instalará el contador más barato posible, tal como se mencionó anteriormente.

Creemos que la única opción técnicamente sostenible es que el mantenimiento del parque de contadores sea gestionado por el servicio municipal de agua potable.

La mayoría de reglamentos y ordenanzas así lo recogen. Veamos algunos ejemplos:

“Para mantener un parque de contadores actualizado la Entidad suministradora procederá a su cargo a la sustitución de los contadores que por su antigüedad o estado así lo consideren sus servicios técnicos.” REGLAMENTO DEL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO DE AGUAS DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA.

“Con independencia de su estado de conservación, ningún contador o aparato de medida podrá permanecer ininterrumpidamente instalado por un espacio de tiempo superior a diez años. Transcurrido ese tiempo, los contadores deberán ser sustituidos. A tal efecto, el Ayuntamiento llevará a cabo las revisiones y cambios que considere necesarios para asegurar la renovación y el correcto funcionamiento de los contadores sin que sea precisa notificación expresa al usuario. Cuando el estado de la instalación no permita la sustitución del contador, será obligación del abonado su reparación dando cuenta posteriormente al Ayuntamiento.” ORDENANZA MUNICIPAL PARA LA ECOEFICIENCIA Y LA CALIDAD DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA. AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA.

Establecida esta premisa es patente que el mantenimiento del parque de contadores debe considerarse como uno más de los costes que debe soportar el servicio. Por ello debe ser soportado por las tarifas o tasas que reporten los ingresos ordinarios del mismo. En ocasiones este coste se recupera mediante los ingresos fijos o variables tarifarios (cuota de servicio y cuota de consumo). Es bastante habitual, sin embargo, que exista una cuota específica en las tarifas destinada a sufragar el mantenimiento del parque de contadores y que suele denominarse “cuota de mantenimiento del contador” o “alquiler del contador”.

En definitiva lo importante es que exista una financiación adecuada para el mantenimiento del parque de contadores, de forma que el servicio pueda realizar el mismo de la forma que técnicamente sea más eficiente.

3.8. Inventario del parque de contadores.

Una herramienta clave para la adecuada gestión de un abastecimiento de agua potable es el programa de administración de abonados. Este programa es el que contiene la base de datos de todos los usuarios del sistema y mediante el cual se realizan los procesos administrativos propios de un abastecimiento de agua potable: altas, bajas, facturación periódica, cobro, etc. Las compañías de agua suelen poseer programas propios, mientras que los ayuntamientos o bien han desarrollado sus propios sistemas o bien los adquieren en el mercado.

En muchas ocasiones no basta con poseer el programa adecuado, sino que además es preciso alimentarlo con los datos suficientes para obtener provecho de todas las prestaciones que pudiera poseer. Esto no siempre es tarea fácil puesto que hay que diseñar los diferentes procesos del servicio de forma que siempre sea obligatorio la introducción por parte de los operarios y administrativos de los datos requeridos.

La realización de una gestión correcta de los contadores del abastecimiento requerirá que en la base de datos se incluyan los campos que permitan la caracterización adecuada de los equipos medidores. Los datos que es imprescindible que se recojan en la base de datos de abonados para realizar una adecuada gestión del parque de contadores son los siguientes:

1. Modelo de contador
2. Calibre o caudal nominal o permanente.
3. Fecha de instalación
4. Número de serie
5. Ubicación del contador
6. Uso (doméstico, industrial, riego,...)

También es de ayuda que se introduzca información adicional sobre la instalación interior del usuario, destinada a conocer si el contador es el adecuado para el perfil de caudales que cabe esperar de dicha instalación. Por ejemplo, es de utilidad saber si el contador suministra directamente al consumo o bien existe un depósito de acumulación en la instalación interior y, en ese caso, el tipo de boya que controla su llenado, ya que en el caso de boyas proporcionales el patrón de consumo se desplaza hacia caudales bajos.

En el caso de que no se posean estos datos es necesario realizar una toma de datos en el campo, visitando cada uno de los contadores y recogiendo los valores de los campos antes mencionados. Si ya se poseen estos datos es importante formar al personal para conseguir el adecuado mantenimiento de la base de datos: introducción del modelo correcto de contador en la base de datos al realizar un alta o sustitución, escritura del número de serie de forma correcta, etc. Esto no es tan sencillo como pudiera parecer si tenemos en cuenta, por ejemplo, que muchos fabricantes de contadores ni siquiera rotulan en el contador el nombre del modelo, por lo que el administrativo y/o operario debe poseer unos ciertos conocimientos del mercado de contadores.

Teniendo una base de datos completa y fiable es posible realizar toda una serie de consultas a la misma que permitirán gestionar el parque de una manera más adecuada:

- Contadores que hayan superado una determinada edad.
- Contadores de un determinado modelo.
- Contadores de un determinado calibre o caudal nominal o permanente.
- Combinaciones de las anteriores.

También se obtiene información de gran interés cruzando estos datos con los procedentes de la facturación:

- Contadores con poco consumo.
- Contadores cuyo consumo supera al esperado para su calibre o caudal nominal o permanente.
- Grandes consumidores que hay que revisar con mayor frecuencia y detalle.
- Evolución del consumo medio de un modelo en función de la edad.

3.9. ¿Cuándo cambiar el contador?

Quien espere encontrar una respuesta simple y clara a esta respuesta va a verse decepcionado. Frecuentemente nos veremos abocados a tomar la decisión de cambiar o no un contador basándonos en información incompleta, con bastante incertidumbre y casi siempre con escasa seguridad de que la decisión tomada sea la óptima.

Habitualmente la decisión de sustituir un contador obedece a dos criterios diferentes: por un lado el personal encargado de supervisar la facturación periódica de los consumos detecta usuarios que presentan un descenso gradual o brusco de su consumo habitual. Cuando esto se produce, y a no ser que se posea alguna información adicional que justifique el descenso, el personal administrativo suele sospechar que existe algún problema con el equipo medidor por lo que ordena su sustitución. La rentabilidad de esta forma de trabajar dependerá en gran medida de la habilidad que posea el administrativo que tenga a su cargo la tarea.

Por otro lado en muchos abastecimientos existe una preocupación por que su parque de contadores se renueve periódicamente y no alcance una edad excesiva que redunde en un descenso de la facturación. Es por ello que se suelen ordenar sustituciones masivas de contadores en base a diferentes criterios, como pueden ser:

- Sustitución de los contadores que superen una determinada edad.
- Sustitución de contadores que hayan superado un volumen acumulado determinado.
- Sustitución de los contadores de algún modelo determinado.
- Sustitución de los contadores de una zona.
- Combinación de los criterios anteriores.
- Etc.

Como ya hemos mencionado ninguna de estas vías de decisión nos va a proporcionar la seguridad de que hemos actuado correctamente. En el primer caso, después de haber cambiado el contador a un usuario por un descenso de consumo, comprobaremos en muchas ocasiones que el descenso era real y no se debía a ningún fallo del equipo. En el segundo caso, en que sustituimos masivamente contadores que cumplen el criterio fijado, esperaríamos obtener un incremento de la facturación. En la práctica estos incrementos son apenas apreciables y pueden quedar enmascarados por tendencias de variación del consumo que tienen que ver con la situación socio-económica y no con los contadores. Tras esta reflexión nos preguntamos ¿vale la pena cambiar los contadores? En cualquier caso la respuesta es SI.

Planteemos la cuestión en sentido opuesto: ¿qué ocurre si no cambiamos los contadores? La situación es que

a corto plazo nos ahorraríamos el coste del mantenimiento pero a largo plazo acabaríamos por tener un parque de contadores envejecido y habitualmente situado en el subcontaje. Este parque nos estaría proporcionando año tras año menores ingresos de los que serían posibles, además de proporcionarnos datos engañosos sobre el volumen de agua que sale de nuestro sistema. Llegaría un momento en que la situación sería insostenible y habría que acometer una renovación masiva de casi todo el parque de contadores, situación que posiblemente suponga en ese momento un problema financiero.

3.10. ¿Qué contadores se deben cambiar?

La planificación de una política de renovación de los contadores mediante criterios técnicos y económicos requiere de una serie de datos cuya obtención es compleja y laboriosa (ver apartado 4 La gestión avanzada del parque de contadores). Si no se posee toda esa información igualmente se ha de proceder a renovar los contadores con criterios más generalistas. Algunos de los criterios más utilizados son los siguientes:

- Sustitución de los contadores que el personal administrativo sospeche que pueden estar averiados. La sospecha suele nacer cuando se advierten descensos en la facturación o consumos excesivamente bajos.
- Sustitución de modelos problemáticos. En ocasiones se consigue establecer que un determinado modelo de contador, o determinadas partidas servidas del mismo, dan problemas metrológicos. En ese caso, si la información de la base de datos contiene los datos necesarios, se seleccionan para su sustitución.
- Sustitución de contadores que superen una determinada edad. Esta es la práctica más habitual entre los gestores que realizan un mantenimiento estable del parque de contadores. La edad tope depende de cada gestor, siendo bastante habitual tomar la edad de 10 años como límite.
- Sustitución de contadores que superen un volumen tope. Los fabricantes diseñan los contadores domésticos para soportar el consumo habitual de una familia durante un periodo de alrededor de 10 años, si bien estos datos no suelen publicarlos. A modo de ejemplo un contador de 15 mm que haya superado un volumen totalizado de 3.000 m³, prácticamente habría duplicado el volumen medio que se esperaba de él y sería conveniente cambiarlo pues es de esperar que sus componentes presentaran signos de desgaste.
- Sustitución de contadores por zonas geográficas. Los gestores que así actúan buscan minimizar los costes de sustitución, optimizando el desplazamiento de los operarios y creando una economía de escala en las operaciones de mantenimiento.

3.11. La lectura de contadores.

Nos hemos centrado hasta ahora en los contadores, en cómo instalarlos y mantenerlos. Falta un aspecto clave en el proceso, y este es la lectura de los contadores, sin la cual nada de lo anterior tiene sentido. Las cualidades que debe reunir el proceso de lectura de contadores son las siguientes:

- Fiabilidad.
- Estabilidad en el periodo de lecturas.
- Eficiencia.
- Detección de deficiencias.

Pasamos a estudiar en qué consiste cada una de estas cualidades y cómo obtener los resultados deseados.

3.11.1. Fiabilidad.

Al hablar de fiabilidad nos referimos a la confianza que tenemos en que las lecturas que obtenemos son las correctas y que por lo tanto nos van a proporcionar la base necesaria para realizar una facturación correcta.

Uno de los factores fundamentales para conseguir esta fiabilidad es que la mayoría de las lecturas sean fruto de la lectura directa por parte del personal especializado encargado de esta tarea, y no provengan directamente de los usuarios, los cuales con frecuencia cometen errores en la toma de lecturas, en la identificación del contador o toman la lectura fuera de las fechas establecidas por el servicio. El método fundamental para conseguir aumentar la fiabilidad será, por lo tanto, que los lectores tengan acceso directo al contador, lo cual se consigue

ubicando los aparatos de forma accesible desde la vía pública o bien en concentraciones de contadores, y evitando siempre que sea posible la instalación de contadores en el interior de los inmuebles.

Otra herramienta que ayuda a incrementar la fiabilidad es que el proceso de recolección de las lecturas se realice mediante terminales portátiles de lectura (TPL) y no mediante listados en papel. Estos equipos suelen poseer utilidades para avisar al lector de que la lectura que está tomando se desvía excesivamente respecto a lo esperado para ese cliente. Además se evita la posterior transcripción manual de todas las lecturas a los sistemas informáticos de facturación.

Por último existen los sistemas de lectura remota, conocidos habitualmente como telelectura, los cuales transmiten las lecturas sin la necesidad de intervención humana directa, evitando de esa forma errores en el proceso de toma de lecturas de los contadores.

3.11.2. Estabilidad en el periodo de lecturas.

La estabilidad en el periodo de lecturas significa que el periodo de tiempo entre dos lecturas consecutivas de un mismo contador debe ser aproximadamente el mismo que el periodo de tiempo entre facturaciones. Así, si nuestro servicio realiza facturación trimestral, a cada cliente deberemos tomarle la lectura aproximadamente 91 días después de la última vez que las tomamos ($365 \text{ días} / 4 \text{ trimestres} = 91,25 \text{ días}$).

Esta estabilidad es especialmente importante si las tarifas del municipio están estructuradas en bloques, de forma que el precio se incrementa conforme el volumen total consumido es mayor. Si nos retrasamos en la toma de lecturas estaremos aumentando, de forma injusta, el importe de la factura del usuario. En un ejemplo lo podemos apreciar fácilmente:

De 0 a 50 m³	0,3 €/m ³
Más de 50 m³	0,8 €/m ³

El cliente consume 1 m³ cada día.

Si tomamos la lectura, como corresponde, 91 días después de la anterior habrá acumulado un consumo de 91 m³ y su factura ascenderá a:

$$50 \text{ m}^3 \cdot 0,3 \text{ €} + 41 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \text{ €} = 47,80 \text{ €}$$

Es decir a $47,80 / 91 = 0,5253 \text{ €/m}^3$

En cambio si tomamos la lectura 110 días después de la anterior el consumo acumulado será de 110 m³ y por lo tanto se le facturará un importe superior:

$$50 \text{ m}^3 \cdot 0,3 \text{ €} + 60 \text{ m}^3 \cdot 0,8 \text{ €} = 63,00 \text{ €}$$

Es decir a $63,00 / 91 = 0,6923 \text{ €/m}^3$

Por lo tanto el usuario está pagando un precio un 31% superior por el mismo servicio.

3.11.3. Eficiencia.

El proceso de toma de lecturas supone un coste para el servicio y por lo tanto es obligación del mismo realizarlo de la forma más eficiente posible. Para conseguirlo se recomienda seguir las siguientes recomendaciones:

- El personal que se dedica a esta tarea es conveniente que no realice otro tipo de trabajos, al menos mientras dure el proceso de toma de lecturas. Si es el mismo personal que realiza el mantenimiento de la red lo más probable es que si surge una avería mientras toma lecturas abandone esta tarea y se vaya a solucionar la avería, perdiéndose la estabilidad en el periodo

de lectura.

- Es mejor utilizar equipos informáticos portátiles para anotar las lecturas. Además de ser fiables y robustos, estos equipos evitan la posterior transcripción de las lecturas y proporcionan datos adicionales que son de utilidad como la fecha y hora exactas a la que se tomó cada lectura.
- Establecer rutas de lecturas que minimicen el desplazamiento del lector. Estas rutas no siempre coinciden con las calles y es conveniente que el lector, directa o indirectamente pueda intervenir en el diseño de las rutas.
- Anotar todos los datos posibles que ayuden al proceso de toma de lecturas, especialmente referidas a la ubicación del contador. De esa forma, en caso de baja o vacaciones del lector habitual otra persona puede sustituirlo sin necesidad de perder excesivo tiempo buscando donde se sitúa cada contador.

3.11.4. Detección de deficiencias.

El lector es el único empleado del servicio que visita regularmente todos los inmuebles del municipio. Si esta persona es perspicaz y observadora puede ser de gran utilidad y detectar situaciones anómalas, tanto referidas al fraude en el consumo de agua como al funcionamiento anómalo de los contadores. Así, por ejemplo, si el lector observa que en una vivienda existe un frondoso jardín pero los consumos de agua son muy bajos, hay que sospechar que el contador no funciona bien, que existe alguna toma de agua no controlada, o bien que la vivienda posee un suministro de agua de otro origen.

De la misma forma el lector puede anotar la existencia de contadores que externamente se encuentren en mal estado, instalaciones interiores inseguras o insalubres, denegación de acceso al inmueble para tomar la lectura, etc.

3.12. El fraude en la medición del consumo de agua.

No es objeto de este documento mostrar cada una de las técnicas detectadas para realizar fraude en la medición de caudales, las cuales son numerosas e incluso, en ocasiones, ingeniosas. Sin embargo, no es posible luchar contra el infractor sin conocer sus métodos, por lo que se comentará de forma sucinta las técnicas más habituales. Así, pues las más corrientes son las siguientes:

- Realización de acometidas ocultas o derivaciones de la acometida previas al contador. Es un método de ejecución complicado pero de difícil detección por parte del servicio.
- Desmontaje del contador y sustitución temporal por un tubo. Cuando se acerca la fecha de la lectura o tras haber realizado un consumo elevado, como el llenado de una piscina, se vuelve a instalar el contador. En ocasiones incluso instalan el contador al revés para que descunte el consumo realizado, aunque esto requiere una cierta habilidad por parte del defraudador.
- Bloqueo del mecanismo del contador mediante métodos diversos como la inserción de cuerpos extraños, deformación del totalizador, imanes potentes,...
- Consumo a caudales muy bajos para que el contador se sitúe en la zona de baja precisión.

La lucha contra el fraude es complicada, fuente de conflictos con los usuarios y en ocasiones frustrante ya que muchos reglamentos y ordenanzas no dan el adecuado soporte legal para sancionar a los infractores y desincentivar ese tipo de comportamientos.

Algunas recomendaciones que conseguirán minorar el problema del fraude son:

- Precintar los contadores de forma que sea imposible su desmontaje o manipulación sin romper el precinto.
- Tener personal dedicado a la inspección de contadores o al menos formar a los lectores en la detección de situaciones sospechosas.
- Dotarse una reglamentación municipal que dé soporte a la estimación del cálculo del volumen defraudado para proceder a su facturación posterior.
- Dotarse de una ordenanza que establezca sanciones a los defraudadores. Estas sanciones, que serán impuestas por el ayuntamiento, deben ser de cuantía suficiente como para que el fraude deje de ser rentable.

4. LA GESTIÓN AVANZADA DEL PARQUE DE CONTADORES

4. La gestión avanzada del parque de contadores.

En los capítulos anteriores se han establecido criterios relativos a la gestión del parque de contadores basados en conceptos generales: hay que renovar el parque de contadores, si hay consumos a caudales bajos conviene instalar contadores de mayor precisión, etc. Sin embargo, existen preguntas que se plantea el gestor de un abastecimiento y que son difíciles de contestar:

- ¿A qué caudales consumen el agua los usuarios?
- ¿Cuánta agua estamos dejando de registrar por el error de los contadores instalados?
- ¿Cuánto aumentará el volumen registrado con cada modelo de contador?
- ¿Cada cuanto tiempo debo cambiar los contadores para obtener la máxima rentabilidad económica?

Las respuestas a estas preguntas y otras muchas no son fáciles de obtener y si queremos que tengan una base requieren de la realización de numerosos ensayos, muestreos y registro de datos en campo. Es un proceso muy laborioso pero que una vez realizado proporciona al gestor las herramientas con las que actuar con un criterio basado en datos y no en conceptos generalistas.

La gestión que hemos llamado “avanzada” no suele estar al alcance de los pequeños abastecimientos pero sí de las compañías de agua y de los gestores de grandes ciudades.

No es objeto de este documento describir al detalle las técnicas mencionadas, sino dar una explicación somera de las mismas. Para un mayor desarrollo remitimos a la excelente publicación *GESTIÓN INTEGRAL DE CONTADORES DE AGUA* (F.Arregui, E. Cabrera Rochera y Ricardo Corbacho) publicado en 2007 por el Instituto Tecnológico del Agua de la Universidad Politécnica de Valencia.

4.1. Laboratorio de ensayo de contadores.

Para la realización de los estudios necesarios sobre los contadores nuevos y usados deberemos tener acceso a un equipo de ensayo de contadores. Estos equipos consisten en una bancada en la que se ubican los contadores a ensayar. Se fuerza el paso de agua a través de ellos a diversos caudales. Para cada uno de los caudales ensayados se compara el registro del contador con el volumen de agua que realmente ha circulado a través de los equipos. Este se conoce bien por existir un recipiente aforado o bien por pesaje del agua acumulada, según el tipo de laboratorio.



Naturalmente estos ensayos deben realizarse en condiciones ambientales controladas, con metodologías estandarizadas que permitan asegurar la repetibilidad de los resultados y realizando calibraciones e intercomparaciones periódicas.

Es conveniente que el banco sea manejado por personal especializado y que se guarde registro de los ensayos mediante sistemas informáticos que permitan almacenar, indexar y homogeneizar los resultados de los ensayos.

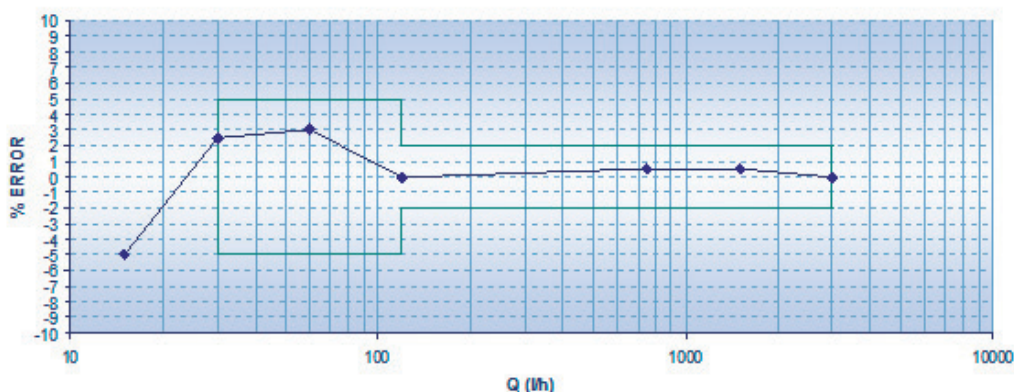
La adquisición de un laboratorio de este tipo y los costes del personal a su cargo suponen una inversión considerable.

Existen métodos alternativos para el ensayo de contadores como puede ser el uso de un pistón patrón calibrado o de contadores patrón instalados en serie y calibrados periódicamente, si bien no proporcionan la misma seguridad que el banco de ensayos arriba descrito.

4.2. Error de medición de los contadores.

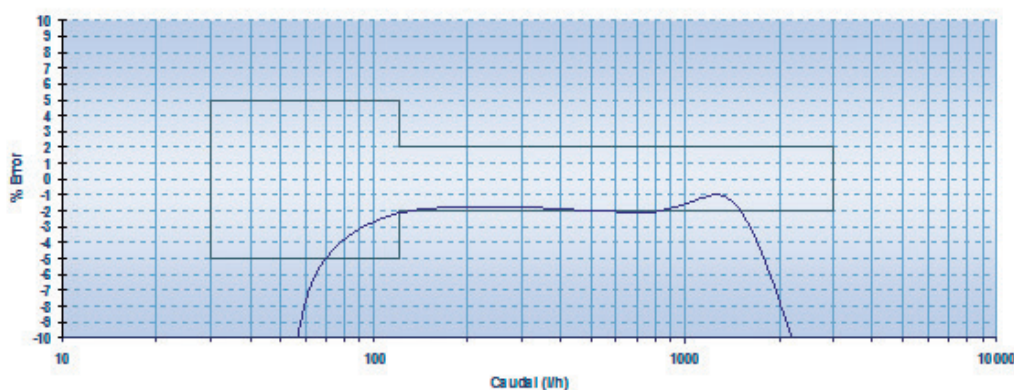
En el banco de contadores para cada uno de los contadores ensayados se realiza la medición de error a diferentes caudales. El error entre los caudales ensayados se interpola, obteniéndose una curva que nos permite caracterizar el error de medición global del contador:

Curva de error de contador a partir de puntos de ensayo



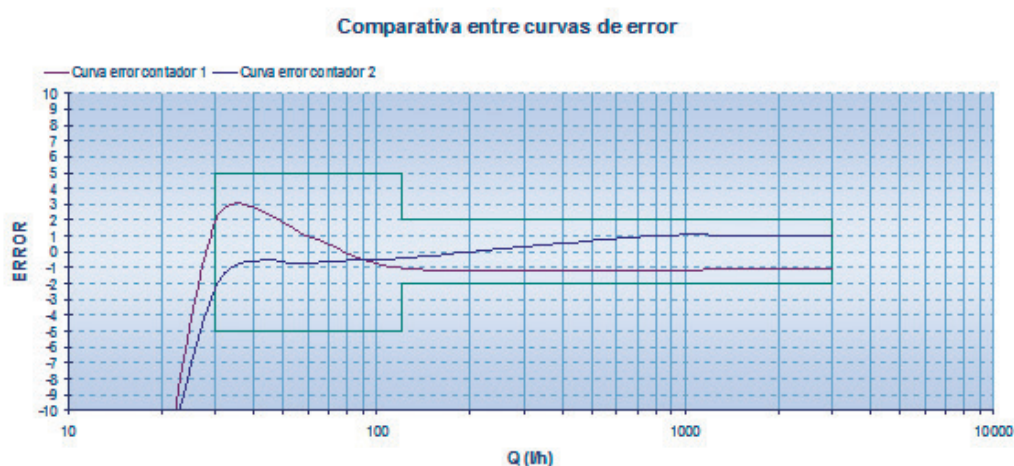
La curva de un único contador no sirve más que para informarnos sobre ese contador concreto. Sin embargo, si realizamos una segmentación de nuestro parque de contadores, extraemos una muestra de esos contadores estadísticamente significativa y los ensayamos en el banco obtendremos la curva media de cada uno de los grupos segmentados. Así de esa forma podremos afirmar, por ejemplo, que el modelo X de calibre 15 mm de edad 8 años tiene la curva media de error siguiente:

Curva media error



Cuanto más detallada sea la segmentación realizada mayor será la información que tengamos sobre nuestros contadores, pero también aumentará el número de ensayos necesarios.

Así pues, llegados a este punto somos capaces de conocer cómo se comportan nuestros contadores, pero ¿qué contador nos conviene instalar? No es evidente. Veamos la curva real de ensayo de dos contadores:

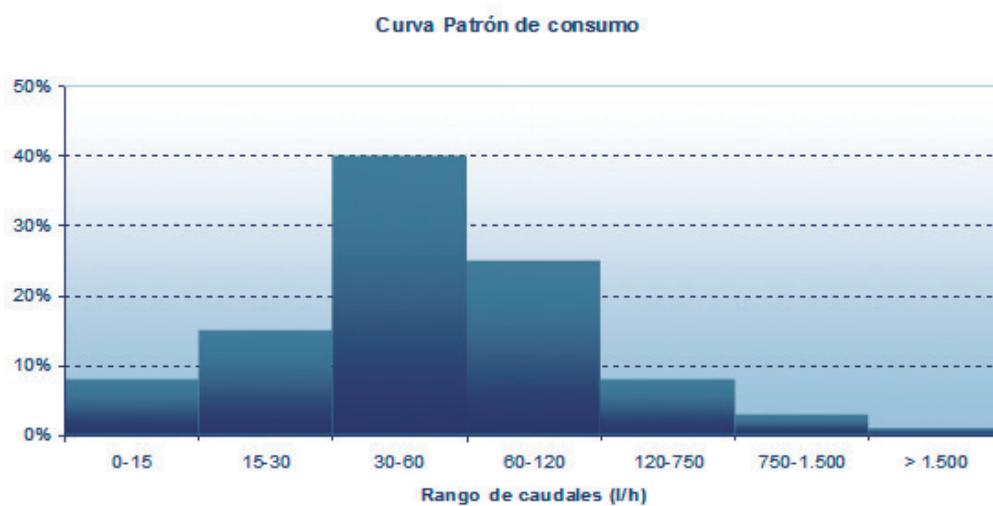


Sólo observando estas curvas no somos capaces de determinar el contador que minimizará el error de medición.

4.3. Patrón de consumo.

Para completar la información necesaria se precisa conocer cómo consumen agua los usuarios. Así, si consumieran una parte significativa del volumen a bajos caudales, sería necesario instalar contadores que tuvieran poco error en la zona de caudales bajos. En cambio, si los usuarios consumen fundamentalmente a caudales muy altos no es necesaria esta precisión, pero sí contadores robustos y que no sufran problemas de desacople entre la turbina y el totalizador.

La distribución de consumos a diferentes caudales se denomina patrón de consumo y suele expresarse como el porcentaje del volumen total consumido para cada una de las franjas de caudal establecidas:

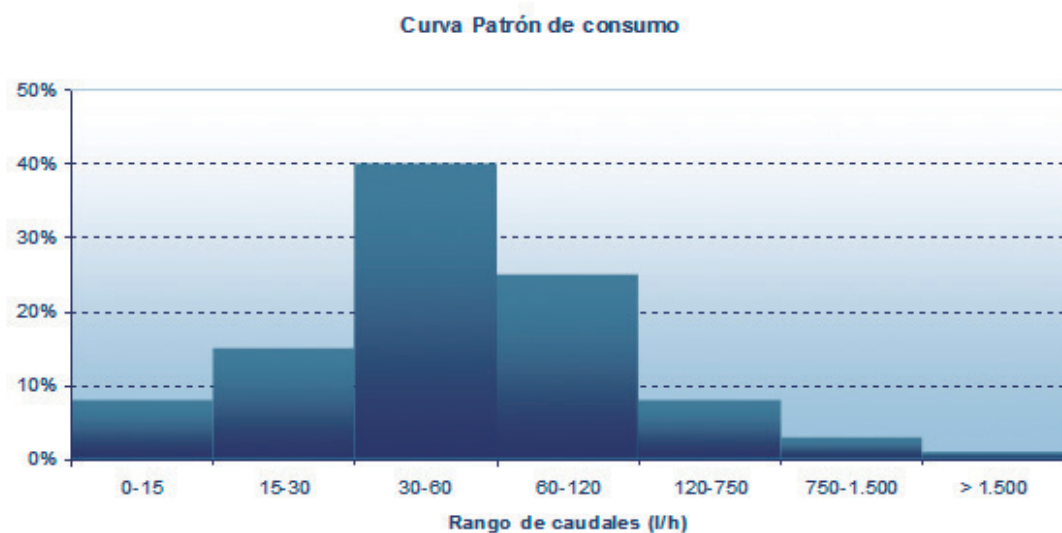


La obtención del patrón de consumo es un proceso laborioso que se desarrolla en campo. En primer lugar se debe realizar una segmentación de los usuarios en función de las características que se decidan: tipo de inmueble, existencia de depósito de acumulación, zona geográfica, etc. De cada uno de los segmentos se selecciona una muestra estadísticamente significativa y a estos usuarios se les instala un contador de alta precisión (habitualmente de tipo volumétrico) y se registra su consumo mediante un equipo registrador (data-logger) durante un tiempo, habitualmente de una a dos semanas, aunque en caso de existir estacionalidad, este plazo debería ampliarse.



Contador con data-logger.

Una vez obtenidos los registros de muchos usuarios de un mismo tipo se descartan aquellos usuarios que pueden alterar indebidamente los resultados, como por ejemplo aquellos que tienen fugas en su instalación o cuyo contador ha sufrido alguna avería mientras se realizaba la medición.



Gráfica de caudal obtenida con data-logger.

Los datos validados se promedian obteniendo de esta forma el patrón de consumo del grupo estudiado.

4.4. La toma de decisiones. El error medio ponderado.

Conociendo la curva de error de los contadores y el patrón de consumo de los usuarios ya estamos en condiciones de obtener el error de medición. Así, para cada uno de los bloques de consumo del patrón, podemos conocer el error que ese tipo de contador nos va a proporcionar. Puesto que el patrón asigna un peso a cada rango de consumos podemos ponderar estos errores y obtener el error de medición total. Veamos un ejemplo:

Rango de caudales (l/h)	Patrón de consumo. Tipo de consumidor	Error de medición del contador	Volumen registrado
0 -15	8%	-30%	5,60%
15 - 30	15%	-10%	13,50%
30 – 60	40%	2%	40,80%
60 - 120	25%	0,10%	25,03%
120 - 750	8%	0,01%	8,00%
750 – 1.500	3%	-0,13%	3,00%
>1.500	1%	-0,49%	1,00%
TOTAL			96,92%
ERROR			-3,08%

Para cada rango de caudales se detrae al porcentaje que indica el patrón el error de medición correspondiente. Por ejemplo para el rango de 0-15 l/h el peso que indica el patrón es del 8%. Dado que el error es del -30% eso indica que sólo vamos a registrar el 70% del consumo real. Por lo tanto registraremos $8\% \cdot 0,70 = 5,60\%$

Procediendo de esta forma para cada rango de caudales obtenemos, en este caso hipotético, que vamos a registrar el 96,92% del consumo, o lo que es lo mismo, que el error de medición es del -3,08%.

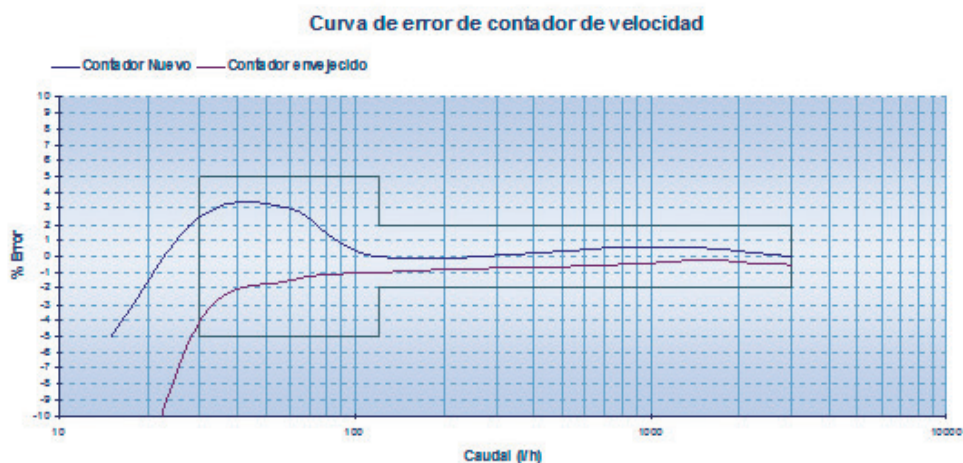
Hay que destacar la importancia que supone este punto ya que hemos obtenido un valor de un parámetro que nos proporciona información sobre la mayor o menor bondad de cada una de las tecnologías por las que podemos optar, es decir, que a partir de este momento podemos comparar diversas soluciones entre sí desde el punto de vista técnico.

Si un contador X estimamos que nos proporciona un error medio ponderado del -4% y el contador Y nos proporciona un error medio ponderado del -8%, evidentemente el contador X es mejor que el Y, al menos desde un punto de vista puramente técnico.

También podemos estimar mediante esta metodología el volumen de agua que se pierde por la submedición de los contadores. Para ello obtenemos la curva media de error de los contadores instalados, mediante muestreo de los mismos, y la cruzamos con el patrón de consumo de los abonados. El resultado nos dará un porcentaje de error que podemos convertir en volumen relacionándolo con el volumen de agua registrado.

4.5. Envejecimiento de los contadores. Criterios económicos en la renovación del parque.

Con el paso del tiempo y el desgaste producido por el uso, los contadores envejecen, perdiendo precisión en la medida, razón por la cual es necesaria su renovación periódica. Habitualmente el envejecimiento se traduce en una caída de la precisión a caudales bajos. Esto es razonable dado que a pequeños caudales el empuje que el agua ejerce sobre las piezas móviles del contador es mucho menor y éste sólo es capaz de reaccionar a estas débiles fuerzas, si todas las partes de su mecanismo se encuentran en perfecto estado. En la siguiente gráfica se aprecia la evolución de la curva de error de un contador de velocidad:



Dependiendo del patrón de consumo de los usuarios este decaimiento en la precisión se traducirá en un incremento más o menos pronunciado del error medio ponderado. Así, si el patrón de consumo muestra una parte considerable del consumo a bajos caudales, hecho frecuente si las viviendas disponen de depósitos de acumulación, el error aumentará rápidamente. En cambio si los consumos se producen a caudales altos la pérdida de precisión del contador no nos afectará en gran medida.

A la hora de establecer la frecuencia con que vamos a renovar el parque de contadores desde el punto de vista de la rentabilidad debemos tener en cuenta que cada sustitución de un contador va a suponer un coste (contador, mano de obra, piezas accesorias) y por otro lado va a suponer un incremento de los ingresos puesto que el nuevo contador es de esperar que sea capaz de medir volúmenes que el contador viejo ya no detectaba. En este cálculo será clave el precio de venta del agua. Con precios bajos, aunque midamos unos metros cúbicos más que antes, el ingreso adicional será bajo y no justificará la inversión en un nuevo contador. En cambio, con precios de venta del agua altos, el periodo de retorno de la inversión será inferior a la vida útil del aparato.

Este cálculo de la rentabilidad se complica desde el momento en que la precisión del nuevo contador también va decayendo con el tiempo y el uso, por lo que el volumen adicional que supone su instalación no es constante sino que va cambiando con el paso de los años.

Para determinar la frecuencia de renovación de nuestros contadores deberemos tener en cuenta diversos factores:

- El error medio ponderado a origen.
- La pérdida de precisión de los contadores.
- El precio del agua.
- El consumo medio de nuestros usuarios.

Con estos datos, algunos de los cuales es muy difícil conocer con precisión, se puede calcular el denominado VANC (Valor Actual Neto de la Cadena de renovaciones), el cuál nos indicará la rentabilidad de la renovación de contadores. Para el detalle de su cálculo nos remitimos al libro *GESTIÓN INTEGRAL DE CONTADORES DE AGUA* (F.Arregui, E. Cabrera Rochera y Ricardo Corbacho) publicado en 2007 por el Instituto Tecnológico del Agua de la Universidad Politécnica de Valencia.

En cualquier caso, y al margen de las premisas puramente económicas, existe la necesidad de limitar la edad del parque de contadores ya que de otra forma se perderá la fiabilidad de los equipos, obteniendo datos de consumo que van a ser engañosos y pueden provocar que se tomen decisiones equivocadas.

4.6. Control de calidad a recepción.

Como parte de la gestión avanzada del parque de contadores se ha incluido la realización de controles sobre los contadores enviados por los fabricantes. Aunque el fabricante, en su línea de producción, verifica el contador, hay una posterior fase de manipulado del mismo, empaquetado, almacenamiento y transporte que, si se realiza inadecuadamente puede alterar el estado del contador. Es conveniente proceder a comprobar el estado de los mismos al recepcionarlos. Esto sirve también para verificar que los controles de calidad realizados por el fabricante son adecuados y rigurosos.

Por otro lado la información que proporcionan los fabricantes acerca de la curva de error de sus contadores es muy genérica y se limita a los tres caudales que marca la normativa. Si estamos interesados en conocer con mayor detalle la curva de error de los contadores se hace necesario realizar ensayos a la recepción de los pedidos.

En el caso de que se hayan fijado al fabricante requerimientos en las características de los contadores más restrictivos que el mero cumplimiento de la legislación, es imprescindible realizar un control del cumplimiento de estos requisitos.

Para evaluar si un lote debe ser admitido o rechazado debe seguirse un método estandarizado y es aconsejable firmar acuerdos previos con los suministradores de contadores para que éstos sean conscientes de que sus envíos pueden no ser aceptados. Los controles se realizan siguiendo métodos normalizados (ISO 3951), mediante muestreo de los lotes de contadores recibidos y ensayo de las muestras en el laboratorio de contadores. En función del tamaño del lote y del nivel de inspección elegido (reducido, normal o riguroso), se elige un tamaño de muestra. Se deben fijar los criterios de aceptación, es decir, los rangos dentro de los cuales consideramos aceptables los errores. Con todo ello se calculan los parámetros estadísticos de calidad y se comparan con los valores límite de aceptabilidad según la metodología establecida por la ISO 3951. En caso de que los parámetros de calidad estén dentro de los rangos se acepta el lote. En caso contrario se rechaza.

4.7. Los grandes consumidores.

Los usuarios de tipo doméstico son muy numerosos y presentan un comportamiento bastante homogéneo, lo que permite estudiarlos mediante la realización de muestreos y la extrapolación de los datos elaborados al global de la población.

En el caso de grandes consumidores este sistema no es válido. Nos referimos aquí a industrias con gran consumo de agua, hospitales, centros comerciales y en general a cualquier usuario con un consumo de agua muy elevado. Este tipo de usuarios presentan comportamientos muy heterogéneos y es imposible caracterizarlos de forma genérica. Se hace necesario estudiar a cada uno de estos grandes consumidores de forma individual, llegando a conocer a qué caudales consume el agua y cómo es su instalación interior.

La sistemática propuesta es la siguiente:

1. Selección de los grandes consumidores. Es un criterio subjetivo, pero se aconseja empezar por los mayores consumidores y continuar progresivamente.
2. Visita a la instalación, si es posible tanto la del contador como la interior del usuario. Es interesante conocer si tiene depósito de acumulación, si lo llena con boya todo nada o progresiva, etc.
3. Instalación de un contador de la mayor precisión posible equipado con un registrador de datos (data-logger).
4. Registro de datos durante una o dos semanas, en periodo normal (evitar periodos como vacaciones, puentes, etc.).
5. Descarga de los datos y elaboración del patrón de consumo.
6. Selección del contador más adecuado para el patrón de consumo obtenido e instalación del mismo.

Habitualmente los contadores para este tipo de consumidores son de precio elevado, pero si su uso es intensivo su amortización suele conseguirse de forma relativamente rápida.

5. LECTURA REMOTA DE CONTADORES

5. Lectura remota de contadores.

5.1. Introducción.

En los últimos años ha habido un gran incremento en la oferta de sistemas de lectura remota de contadores de agua, también denominada telelectura. Esto ha despertado el interés de los distintos gestores por llevar a cabo proyectos de implantación de estos sistemas. En algunas ocasiones se ha tratado de experiencias piloto, de mayor o menor envergadura, mientras que en otros casos los gestores se han lanzado a su implantación masiva, especialmente por parte de empresas abastecedoras de grandes ciudades.

No cabe duda de que esta tecnología ha madurado enormemente en los últimos años, siendo en la actualidad plenamente operativa. Es decir, a día de hoy no hay inconveniente técnico para realizar la lectura de prácticamente el 100% de los clientes de forma automática.

A grandes rasgos, las ventajas que aportan los sistemas de telelectura son los siguientes:

- Mejora la gestión puesto que además de la lectura nos aporta más información sobre el consumo como: fecha y hora exacta de la lectura, alarma por consumo elevado, inversión de flujo, etc.
- Permite conocer con mayor frecuencia los consumos, lo que facilita la obtención de indicadores sobre el estado de la red de distribución y con ello detección precoz de fugas.
- Se minimiza la presencia de personal para la toma de lecturas.
- Mayor eficacia en la gestión y mantenimiento del parque de contadores.
- Optimización del ciclo de facturación.
- Mayor fiabilidad de los datos de facturación.
- Mayor transparencia y mejor atención al cliente.
- Obtención de patrones de consumo.

No obstante existen algunas sombras que frenan la implantación masiva de estos sistemas:

- Disparidad en los protocolos de comunicación, frecuencias e información transmitida por los equipos que existe entre los diferentes fabricantes de contadores. Esto obliga al gestor a utilizar únicamente equipos de un fabricante, con lo que se convierte en cliente cautivo de ese proveedor, o bien a tener varios sistemas paralelos de recogida y tratamiento de los datos, lo que encarece y complica el mantenimiento. La falta de un estándar industrial es sin duda uno de los grandes frenos existentes para la implantación masiva de estos sistemas.
- Inversión elevada. Todavía es más caro pagar la amortización de los equipos que el coste equivalente de la lectura manual. Es de suponer que en el futuro el coste del personal se encarecerá mientras que los equipos se abaratarán. No obstante de momento no existe rentabilidad económica directa.
- Para que la implantación de estos sistemas sea exitosa, es fundamental que el personal que lo gestione tenga una especialización adecuada.
- Con este sistema se elimina la inspección visual de las instalaciones de contadores, lo que puede dar lugar a fraudes, instalaciones inadecuadas, u otras situaciones imposibles de detectar a través de la telelectura.

5.2. Visión general de la telelectura de contadores de agua.

La telelectura de contadores consiste en la recogida de la lectura de los contadores de agua de forma remota. Naturalmente para ello es necesario que los contadores tengan totalizador electrónico o bien que a los equipos tradicionales mecánicos se les acople un pequeño equipo que transforme el giro de los engranajes en señales digitales. Estas señales son transmitidas por diferentes vías hasta el sistema informático del gestor.

Por supuesto, además de la lectura, los equipos transmiten más información, y es aquí donde radica la potencia de estos sistemas. Aunque no exista un estándar en la industria, es habitual que se transmitan informaciones tales como:

- Alarma de fuga.
- Alarma de manipulación (desmontaje del equipo electrónico).
- Caudales máximos y mínimos.

- Detección de flujo inverso.
- Consumo a diferentes caudales.
- Consumo a diferentes horas.
- Estado de la batería.
- Lectura en fechas predeterminadas.

A esta información se une la capacidad para tomar las lecturas en un plazo muy breve de tiempo, lo que posibilita la realización de balances hídricos en el sistema con mayor frecuencia y fiabilidad que con los sistemas de lectura manual, donde la recolección de todas las lecturas lleva semanas.

Los contadores, para ser capaces de realizar el registro y posterior transmisión de los datos, requieren estar dotados de baterías, cuya duración suele ser superior a los 10 años, según datos de los fabricantes.

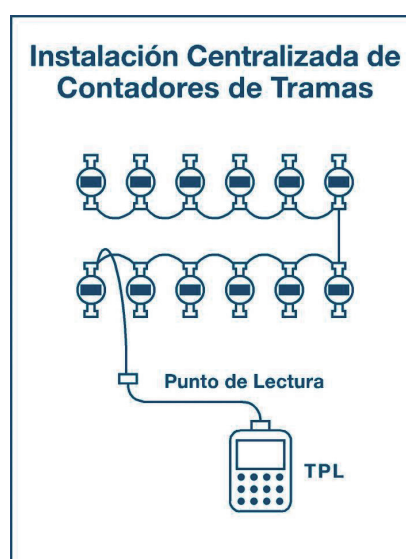
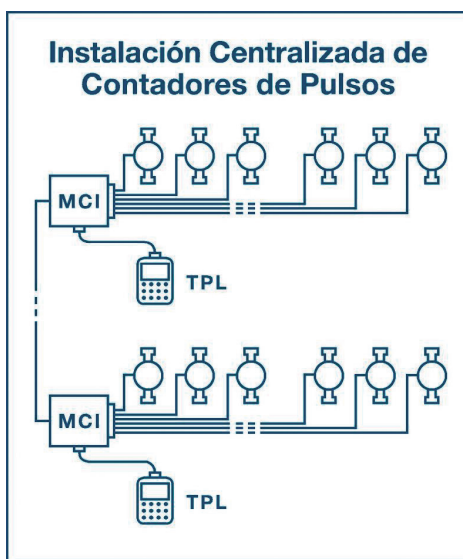
En el caso de que un determinado gestor elija un único proveedor de sistemas de telectura se optimiza la utilización de toda esta información, dado que es posible comprar su programa de recolección de datos o bien desarrollar la aplicación sobre los programas de facturación propios. En cambio, si se tienen varios proveedores, esto se complica enormemente ya que la información que envía cada marca de contadores es diferente, con lo que es casi imposible aprovechar toda la información generada y debe uno conformarse con aquella información que es común a todas las marcas: lectura, fecha de lectura y algunas alarmas.

5.3. Tecnologías existentes.

Podemos distinguir varios sistemas de telectura, cada uno de ellos con sus ventajas e inconvenientes, así como con aplicaciones diferentes. Inicialmente nos centraremos en los sistemas para contadores domiciliarios.

5.3.1. Sistemas cableados.

La lectura remota masiva se inició mediante este sistema. Consiste básicamente en unir los diferentes contadores (contadores electrónicos o contadores mecánicos equipados con pulsolector) mediante cables de señal (mbus u otros) a un punto final donde se conecta un terminal portátil de lectura (TPL). El TPL interroga a los contadores y recoge los datos que estos le envían.



La evolución de estos sistemas consiste en sustituir la conexión del TPL por un equipo concentrador que automáticamente recoge las lecturas y las transmite al sistema informático mediante conexión telefónica o GPRS.

Esta tecnología, si se realiza utilizando concentradores, permite la interrogación rápida de un elevado número de contadores y tiene una alta fiabilidad en la transmisión de datos. Sin embargo presenta el problema de que es costoso realizar el cableado y sólo podría llegar a ser rentable en las concentraciones de contadores.

Este tipo de contadores han sido masivamente instalados en Sevilla, Málaga, Gandia y en algunos lugares de Barcelona y Madrid.

Este sistema es competitivo para centralizaciones de contadores, pero no tanto en caso de que existan contadores dispersos (viviendas unifamiliares).

5.3.2. Sistemas radio walk-by.

En los sistemas basados en la transmisión de señal por radio cada uno de los contadores tiene un pequeño equipo que capta el giro de las agujas del totalizador, almacena esta información, la analiza en un grado básico y envía esa información por medio de una señal de radio. Los equipos que se adicionan al contador mecánico van equipados con baterías cuya duración, según fabricantes y según el régimen de lecturas oscila entre 10 y 15 años.



La información de los contadores es recogida por un lector equipado con un terminal TPL adaptado para comunicarse por radio con los contadores. El lector debe acercarse a una determinada distancia del contador para poder captar la señal de radio que éste emite. Dependiendo de la ubicación del contador y de las características del edificio la señal puede sufrir diferentes grados de atenuación. Así, en ocasiones es posible realizar todas las lecturas de un edificio desde la calle, mientras que en otros casos hay que situarse a unos metros del contador, entrando en el inmueble.



En condiciones muy favorables la toma de lectura puede ser realizada desde un vehículo, en lugar de realizarse mediante un lector que se desplaza caminando. Esta posibilidad depende principalmente de la calidad de la señal, la cual viene determinada tanto por los equipos como por las construcciones que pueden atenuar la misma. En ese caso, en lugar de walk-by se suele hablar de drive-by.

En la mayoría de las marcas el lector, por medio del TPL, lanza una interrogación a los contadores. Los contadores interrogados responden con sus datos, los cuales son recogidos y almacenados por el TPL. En otros fabricantes el sistema funciona mediante la emisión continua de los datos por parte de los contadores, limitándose el TPL a recoger estos datos cuando capta la señal emitida, es decir, no existe interrogación sino únicamente una comunicación unidireccional.

Podríamos resumir las ventajas e inconvenientes de esta tecnología:

Ventajas:

- Es la forma más barata de implantar la telelectura ya que sólo se necesitan los módulos emisores sobre los contadores.
- Es una tecnología probada y fiable.
- Su implantación es rápida ya que no requiere ninguna infraestructura.
- No requiere de personal con alta especialización.
- Es escalable. Es decir puede convertirse posteriormente en una red fija simplemente añadiendo los concentradores de lecturas necesarios.

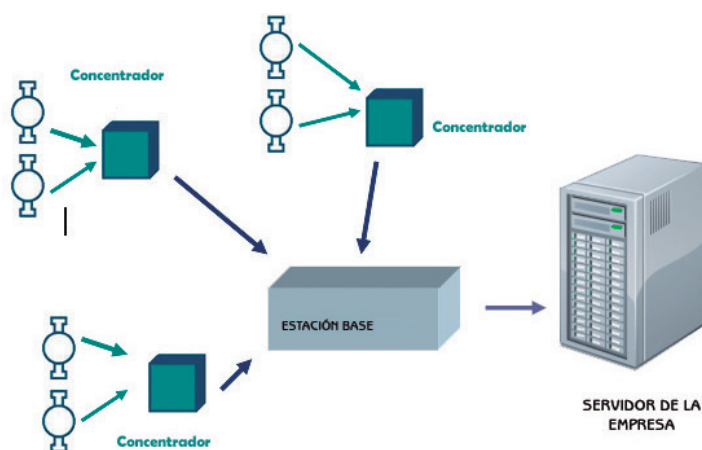
Inconvenientes:

- No permite toma de lecturas tan frecuente como la red fija (ver punto siguiente), ya que el lector debe realizar una ruta de lecturas.
- La limitación en la frecuencia de lecturas no permite la realización de un control "en continuo" de la eficiencia de la red de distribución.

5.3.3. Sistema radio con red fija.

Podemos considerar estos sistemas como una evolución del sistema walk-by, en el que el lector ha sido sustituido por un equipo fijo en el edificio (o en la zona) que recoge las lecturas y las transmite mediante tecnología GPRS o por la red telefónica al servidor informático del gestor.

Realmente casi todos los fabricantes establecen un paso intermedio entre los contadores y el equipo que se comunica con el servidor. Estos equipos intermedios reciben diferentes nombres (concentradores, repetidores, colectores,...) y suelen ser equipos de coste relativamente bajo encargados de recopilar los datos de unos cuantos contadores y transmitir por radio frecuencia esa información a la estación base que se comunica con el servidor de la empresa por GPRS u otra vía de transmisión de datos.

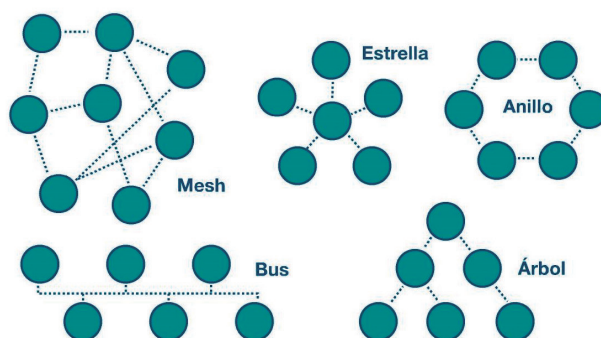


Red de telelectura fija.

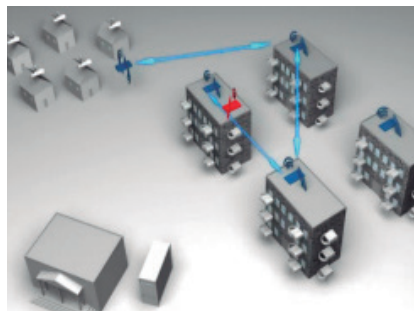
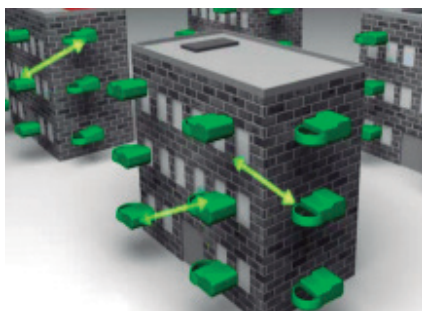
Este es el esquema más habitual en el que se configura una red de telelectura fija, con una topología en estrella entre los contadores y los concentradores.

Una alternativa a esta configuración es la de implementar una red de tipo mesh mediante el protocolo

Zigbee es la que los contadores pueden realizar la función de repetidores. Esta red se auto-organiza, de forma que si un contador no puede hacer llegar los datos hasta el concentrador los otros contadores intermedios hacen de puente. Este sistema facilita la transmisión de lecturas hasta el concentrador pero a costa de penalizar las baterías de los equipos que actúan como repetidores, si bien, según los fabricantes, el tiempo de transmisión es tan breve que este gasto apenas tiene efecto sobre la vida de la batería.



La red mesh tipo Zigbee no sólo se establece entre los contadores sino también entre los concentradores.



Un aspecto que los gestores deben evaluar a la hora de decidirse por un fabricante u otro es la información que proporciona cada uno de ellos. Así, hay algunos que optan por recoger la información básica de la lectura y algunas alarmas adicionales mientras que otros fabricantes dotan de mayor potencia a la electrónica de los contadores y se suministra información ya semi-analizada. Por ejemplo, algunos modelos tienen ciertas funciones muy básicas de data-logger lo que permite conocer consumos a ciertas franjas horarias (consumos nocturnos, tarificación horaria, conocimiento del comportamiento del consumidor, etc).

Las ventajas e inconvenientes de los sistemas de red fija son las siguientes:

Ventajas:

- No es necesaria la presencia de personal para la toma de lecturas.
- Pueden realizarse interrogaciones frecuentes, con lo que podemos calcular el rendimiento de la red con la frecuencia que deseemos.
- Tenemos información continua de lo que está ocurriendo en las instalaciones de los clientes (fugas, inversión del flujo, etc).

Inconvenientes:

- La inversión requerida es mucho mayor que con el sistema walk-by debido a la necesidad de instalar concentradores y estaciones base.
- Para su instalación y mantenimiento se requiere personal especializado.

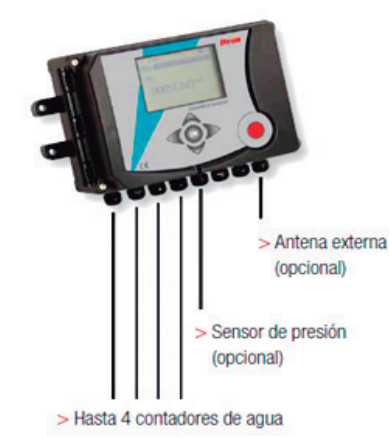
5.3.4. Sistemas GSM/GPRS para contadores aislados.

Estos son sistemas en los que para un solo contador existe un equipo que recoge los datos, los almacena, los elabora y los transmite a un servidor. Se orientan a la gestión y supervisión de grandes consumidores.

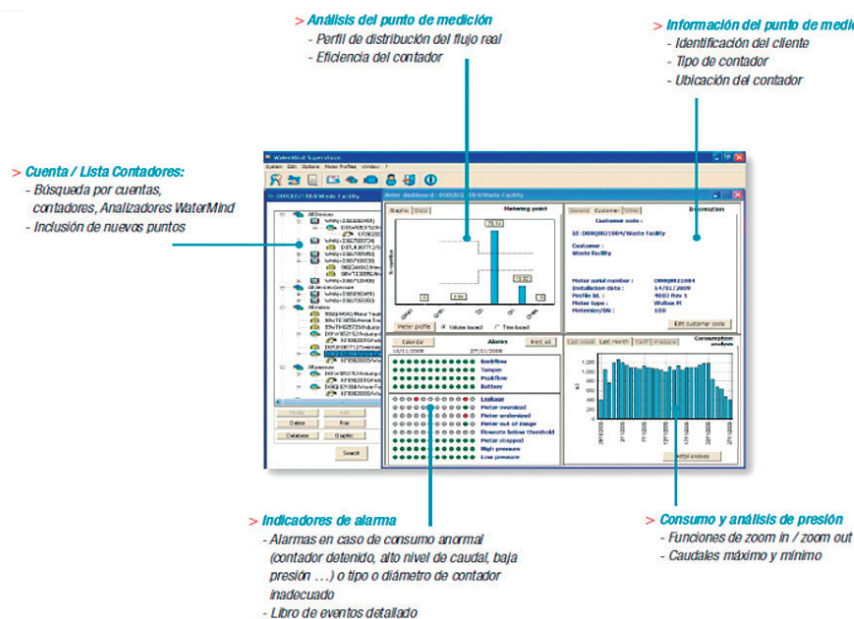
Consisten en un equipo alimentado a baterías que se conecta a la salida de pulsos del contador. El equipo

registra, almacena los pulsos y elabora la información, de forma que no sea necesario transmitir todos los datos en bruto. La mayor parte del tiempo el equipo permanece aislado limitándose a la recogida de pulsos. Cada cierto tiempo (normalmente una vez al día) se abre una ventana de comunicación y el equipo transmite mediante GSM o GPRS los datos al servidor del gestor. Allí existe un software que permite la consulta de los datos, los elabora gráficamente y calcula ciertos indicadores útiles relativos al sobre o infradimensionamiento, existencia de fugas, etc.

En caso de que se active alguna de las alarmas que puede configurar el usuario el equipo envía una alarma tanto al software como al teléfono móvil que se le indique.



Los datos son recogidos y tratados mediante un software orientado a la supervisión del correcto funcionamiento y dimensionamiento del contador del cliente:



En general, para este tipo de sistema existen una serie de ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Permite una supervisión diaria de los grandes consumidores.
- Es un sistema fiable.
- Se pueden realizar informes que se ponen a disposición del cliente.

Inconvenientes:

- La inversión por contador es elevada.
- En ocasiones puede haber problemas de cobertura móvil.

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:

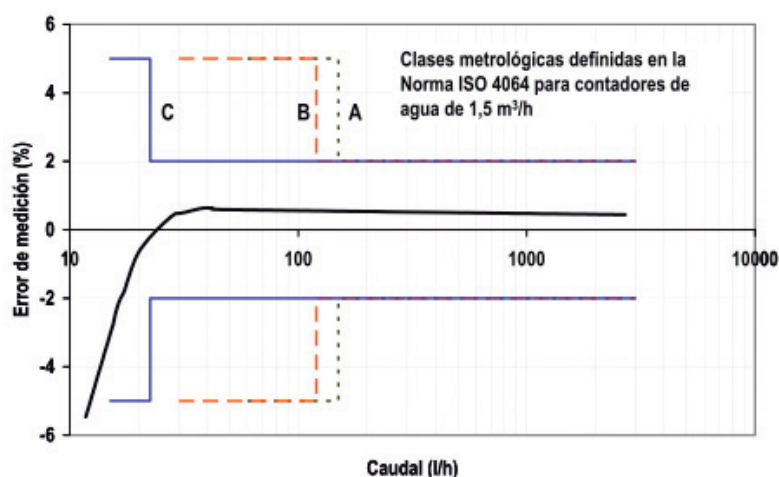
Equivalencia de clases metrológicas		
Normativa Antigua	Normativa Nueva (para $Q_3 = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$)	Uso habitual
Clase A	$R < 80$	Riego
Clase B	$80 < R < 160$	Uso doméstico habitual (Unifamiliares y bloques de viviendas)
Clase C	$R > 160$	Usos donde se espera la presencia importante de caudales 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_{\min}): Por encima de este caudal, el error de medida no puede ser superior al $\pm 5\%$ del caudal realmente trasgado.
- Caudal de transición (Q_t): Por encima de este caudal el error de medida no puede ser superior al $\pm 2\%$ del caudal realmente trasgado.
- El caudal máximo (Q_{\max}) 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.

Cuando 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	$< 15 \text{ m}^3/\text{h}$	$\geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$
A (CEE/ISO)	Mínimo	$0,04 Q_n$	$0,08 Q_n$
	Transición	$0,10 Q_n$	$0,30 Q_n$
B (CEE/ISO)	Mínimo	$0,02 Q_n$	$0,03 Q_n$
	Transición	$0,08 Q_n$	$0,20 Q_n$
C (CEE/ISO)	Mínimo	$0,01 Q_n$	$0,006 Q_n$
	Transición	$0,015 Q_n$	$0,015 Q_n$

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.

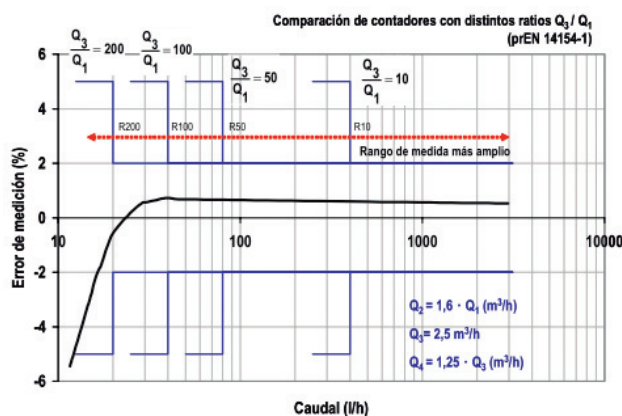
Asimismo, la clasificación metrológica se basa en ratios de caudal que definen los límites de error. De esta forma, se determinan tres ratios (Q3/Q1, Q2/Q1, Q4/Q3) estableciendo como base de cálculo el caudal permanente que puede oscilar entre 1 y 6300 m³/h.

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

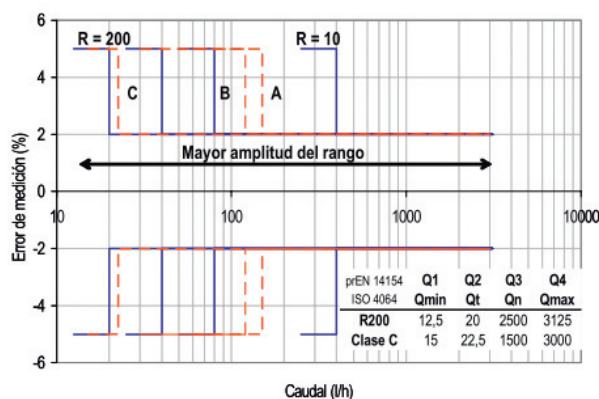
La relación entre el caudal máximo y el permanente será siempre la misma de 1,25, mientras que el ratio entre el caudal de transición y el mínimo será constante e igual a 1,6. De esta manera, cualquier variación del ratio Q_3/Q_1 modificará también el caudal de transición. Así pues, la siguiente gráfica 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, ΔP 40, ΔP 25, ΔP 16 y ΔP 10. 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.

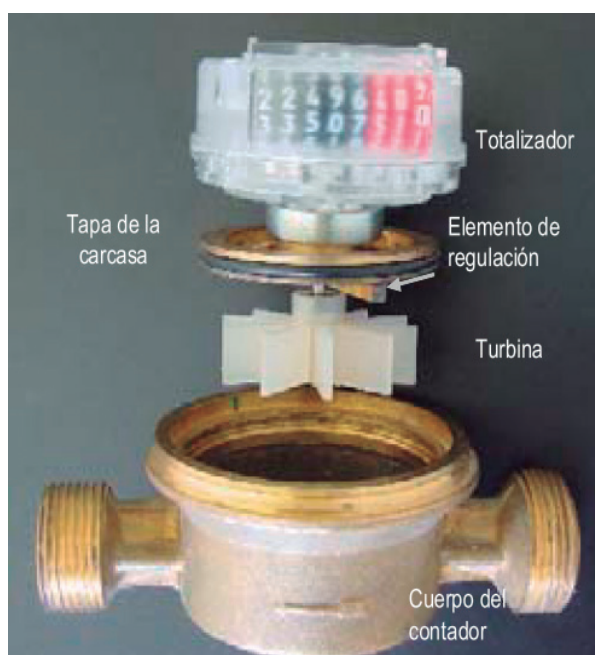
En principio, estos contadores están pensados para funcionar en posición horizontal, con el eje de la turbina totalmente vertical. No obstante, existen modelos homologados para funcionar en cualquier posición, aunque en ocasiones en detrimento de su precisión.

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.

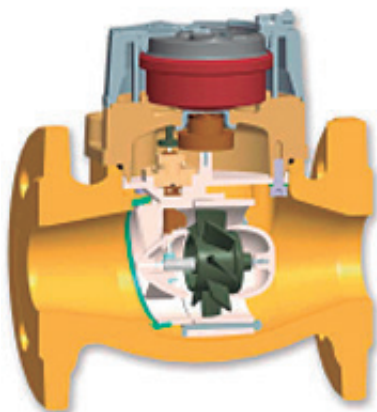


Despiece de un contador de chorro múltiple.

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.

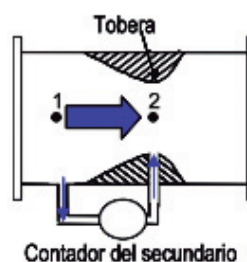
6.2.1.4. Proporcionales.

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.

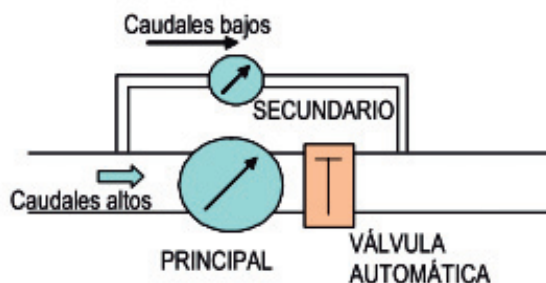
6.2.1.6. Contadores combinados.

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.



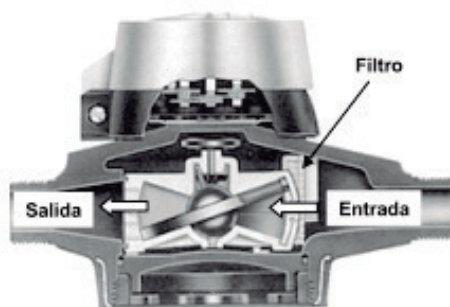
Contador volumétrico con tecnología de pistón rotativo.

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.

6.2.3. Caudalímetros.

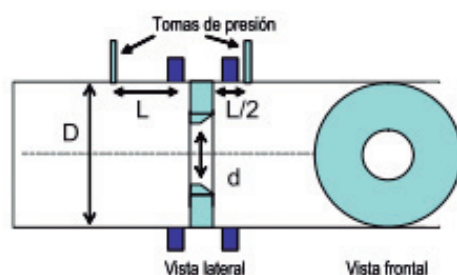
Llamamos caudalímetros a aquellos equipos que registran el caudal instantáneo circulante. Realmente la mayoría de ellos permiten incorporar totalizadores electrónicos o mecánicos que integran esta medida proporcionando volúmenes acumulados al igual que un contador.

Los caudalímetros aquí citados suelen utilizarse en la medición de grandes caudales.

6.2.3.1. Caudalímetros de presión diferencial.

Placa orificio.

La placa orificio es un instrumento capaz de medir el caudal en base a la presión diferencial entre dos puntos. A partir de la diferencia de alturas de presión en la entrada y la salida de este dispositivo se calcula el caudal circulante por la conducción.

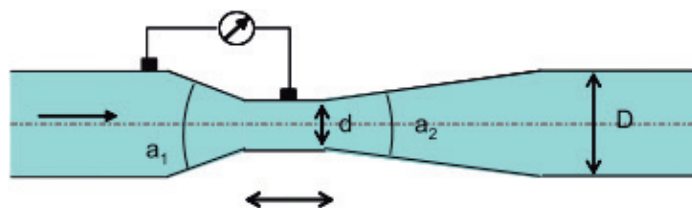


Principio de funcionamiento de una placa orificio.

Venturi.

Esta tecnología de medición fue creada por el físico e inventor italiano Giovanni Battista Venturi (1.746 – 1.822). Su principio de funcionamiento es similar al de una placa orificio. Un tubo Venturi está constituido por un convergente, un cuello y un difusor que retorna gradualmente la sección de paso a la original. Este dispositivo mide el gasto de un fluido, es decir, la cantidad de flujo por unidad de tiempo, a partir de una diferencia de presión entre dos secciones, una a la entrada y otra la de menor área de paso.

Los parámetros geométricos del tubo de Venturi para medición de caudales, tal como las estableció Clemens Herschel, son los establecidos en la norma ISO 5167-1. Por lo general, la forma clásica de un tubo Venturi y los parámetros internos más importantes se muestran en la siguiente figura:



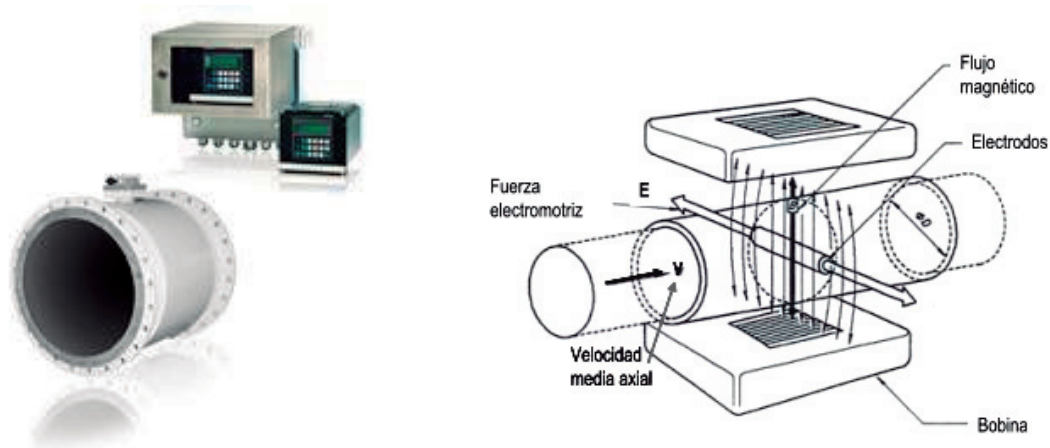
Características dimensionales de un tubo Venturi.

Cuando el fluido entra por el convergente, aumenta progresivamente la velocidad a medida que se estrecha la sección, consecuentemente el término cinético. Este hecho origina una caída de presión en el cuello del Venturi. A partir de la diferencia de presión entre la entrada y el cuello, es posible obtener la velocidad de circulación en cualquiera de las dos secciones y relacionarlas con el caudal circulante.

A diferencia de las placas de orificio, la pérdida de carga permanente en este caso es menor ya que el convergente de entrada redondeado distorsiona menos las partículas del fluido que el acabado afilado de la placa de orificio. La altura piezométrica del flujo se recupera, en parte, tras su paso por el Venturi.

6.2.3.2. Caudalímetros electromagnéticos

El principio de funcionamiento de un caudalímetro electromagnético está basado en la ley enunciada por Faraday en 1832, según la cual entre los extremos de cualquier conductor que atravesase un campo electromagnético se induce una fuerza electromotriz perpendicular al campo y a la dirección de circulación del líquido que actúa como conductor.



Caudalímetro electromagnético.

En cuanto a su construcción, este instrumento está constituido por dos partes bien diferenciadas, un elemento primario por el que circula el fluido y que proporciona como salida una señal alterna de baja intensidad proveniente de los electrodos situados en la conducción, y otro secundario integrado por componentes electrónicos, que amplifican y transforman esa señal en una salida eléctrica normalizada.

Con los avances tecnológicos se han comercializado caudalímetros electromagnéticos alimentados mediante baterías, lo que facilita su instalación al no requerir alimentación eléctrica, de este modo se abre un abanico importante en cuanto a posibilidades de instalación.

6.2.3.3. Caudalímetros de inserción.

Sonda electromagnética

Este tipo de sonda obtiene la velocidad local del fluido, en las proximidades del cabezal, por el mismo principio físico que los caudalímetros electromagnéticos, la Ley de Faraday. La propia sonda incorpora unas bobinas que generan un campo magnético. El agua al circular con cierta velocidad alrededor de la sonda, genera una diferencia de potencial en los electrodos que resulta proporcional a su velocidad en esta zona. El caudal se obtiene ponderando las velocidades medidas con el área de la conducción y ciertos parámetros correctores.



Principio de funcionamiento de una placa orificio.

Sonda tipo turbina

Son caudalímetros autónomos donde la velocidad local del fluido se obtiene a partir de la velocidad de rotación de una turbina. El eje de giro de la misma es transversal al eje de la conducción y debe estar perpendicular al flujo de agua para obtener mediciones fiables. La velocidad de giro de la turbina se recoge mediante sensores magnéticos que detectan cada paso de los álabes.



Sonda de inserción de turbina.

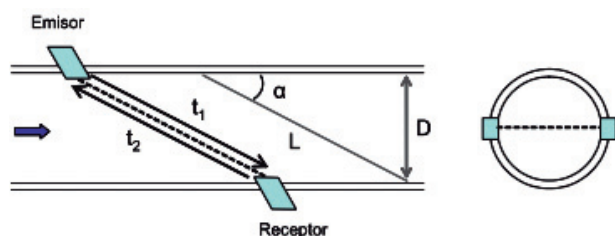
6.2.3.4. Caudalímetros de ultrasonidos de tiempo de tránsito.

Los caudalímetros de ultrasonidos de tiempo de tránsito obtienen una estimación de la velocidad de circulación del agua a partir de la velocidad de propagación del sonido en un medio en movimiento. Este instrumento registra el tiempo transcurrido desde que las ondas sonoras generadas desde el punto emisor llegan al punto receptor en un medio transmisor para relacionarlo con el caudal circulante por la tubería. Este tiempo de tránsito depende de múltiples factores como la velocidad de propagación del sonido en el medio, de la dirección del flujo, de la instalación y las características geométricas del instrumento, etcétera.

En general, este tipo de tecnología consta de dos transductores piezoeléctricos cerámicos que actúan indistintamente como receptores y como emisores de ondas sonoras. Como emisores se excitan mediante pulsos eléctricos que seguidamente convierten en una señal acústica, y como receptores el proceso es justamente el contrario, captan las variaciones de presión debidas a las ondas sonoras creadas por el emisor transformándolas en impulsos eléctricos.

Existen diferentes tipos de transductores, los que están en contacto directo con el medio transmisor, denominados wetted transducers, que son más precisos, y los que se instalan exteriormente, clamp-on transducers, que generalmente se utilizan como caudalímetros portátiles.

Los caudalímetros de tiempo de tránsito sitúan estos focos de emisión y recepción a cierta distancia en línea recta de la tubería formando un ángulo α entre el eje de la conducción y la línea ficticia de ondas sonoras. De ésta disposición se tiene, una longitud L entre transductores, un ángulo α y el diámetro D de la tubería que forman un triángulo, base para el cálculo del tiempo de tránsito del tren de ondas sonoras.



Principio de funcionamiento de un caudalímetro de tiempo de tránsito.



Caudalímetro de Ultrasonidos.

El transductor situado aguas arriba manda una señal que tarda un tiempo t_1 en llegar al transductor aguas abajo que, en este caso, actúa como receptor y que invierte el proceso emitiendo ondas sonoras que tardan un tiempo t_2 en alcanzar el transductor aguas arriba.

Cuando la velocidad de circulación del fluido es nula, ambos tiempos son iguales, pero cuando el fluido se encuentra en movimiento estos tiempos se ven influenciados por la velocidad del agua. Es decir, el perfil de velocidades de la cuerda entre transductores provocará que las ondas sonoras viajen a mayor o menor velocidad, y en consecuencia, el tiempo de tránsito disminuya o aumente. Las ondas de presión que se transmiten en el sentido del flujo tendrán un tiempo de tránsito menor (t_1) que aquellas que viajan en sentido contrario al flujo de agua (t_2).

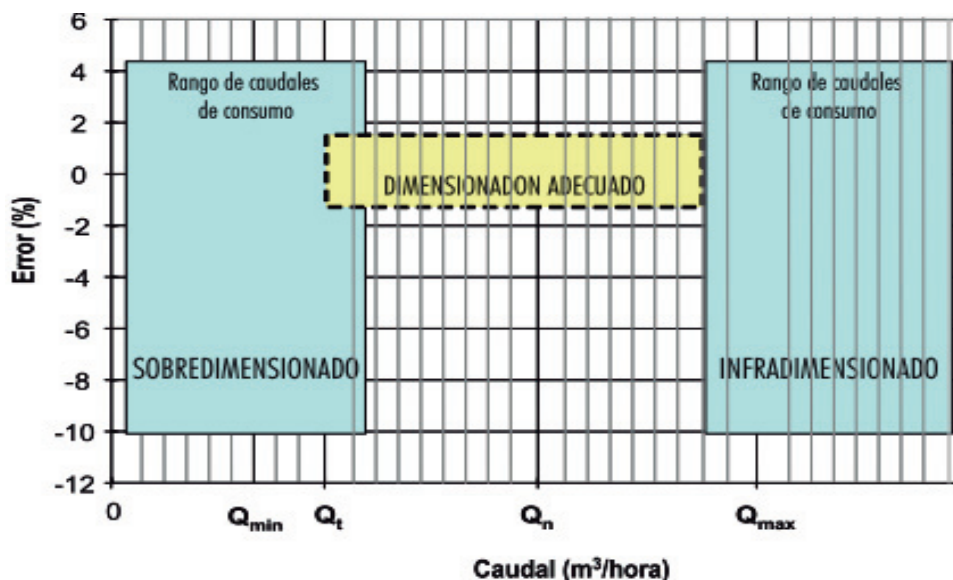
6.3. Dimensionamiento.

El dimensionado de instrumentos de medida de caudal, especialmente contadores de agua, se efectúa teniendo en cuenta su caudal nominal. Este caudal, como se ha comentado en repetidas ocasiones, es aquel para el cual el contador puede funcionar de manera normal sin deterioro alguno en su funcionamiento.

Cada fabricante tiene su propio diseño de contador que, aun siendo del mismo tamaño, puede tener capacidades de caudal diferentes. Por ejemplo, dentro de una misma tecnología de medición se comprueba que se comercializan instrumentos del mismo tamaño con rangos de caudal y características metrológicas desiguales.

Además, como se ha visto, el error de estos instrumentos de medición es dependiente del caudal demandado por el consumidor. Por tanto, una adecuada elección de la capacidad de caudal del instrumento, revisando que las especificaciones técnicas aportadas por cada fabricante se ajusten al máximo a sus condiciones de funcionamiento. Esta práctica resulta fundamental en la selección de cualquier aparato de medida ya que aumenta su vida útil y garantiza una correcta medición del consumo de agua.

En el caso de los contadores de agua, un infradimensionado implica que por el instrumento circulan caudales excesivamente altos para su capacidad máxima de funcionamiento, lo que puede dañar en un periodo corto de tiempo sus elementos internos, deteriorando su curva de error. Por el contrario, un contador está sobredimensionado cuando su rango de funcionamiento habitual se encuentra en la zona inferior del rango de medida donde los errores de medición son más elevados, y consecuentemente los volúmenes de agua que quedan sin registrar son significativos.



Criterio de dimensionado de contadores de agua.

Por tanto un incorrecto dimensionado puede ocasionar graves inconvenientes en los instrumentos de medición:

- Errores en la medición del consumo, provocando un incremento del agua incontrolada.
- En caso de infradimensionado del aparato se produce una disminución de la capacidad de suministro a una acometida.
- En caso de sobredimensionado, pérdidas económicas por el mayor coste del instrumento.
- Los caudales excesivamente altos para la capacidad del instrumento provocan un deterioro acelerado del aparato con el consecuente aumento en el coste de mantenimiento.
- Escasa fiabilidad de las medidas.

De este modo, para dimensionar correctamente un contador se debe conocer primero la magnitud de los caudales de agua que circularán por él y, segundo, el tiempo durante el cual circularán estos caudales. Un tiempo de uso prolongado a caudales altos hace recomendable elegir un contador cuyo caudal nominal esté cercano a los caudales circulantes. En cambio, si el periodo donde el consumo a caudales elevados es más corto y disperso en el tiempo, es admisible el uso de contadores de calibres más pequeños, siempre y cuando los caudales circulantes no superen el Q_{\max} del mismo y las pérdidas de carga que originen estén dentro de los valores admisibles en el sistema.

Generalmente, los instrumentos sobredimensionados registran menor volumen de agua diario ya que el usuario consume unos caudales reducidos para ese calibre de contador, es decir, consume en rangos de caudal donde los errores de registro son mayores. No obstante, hay que ser conscientes de que cuando el volumen diario registrado es anormalmente bajo puede ser debido a otros factores, como por ejemplo un instrumento con una curva de error deteriorada, un medidor parado o manipulado, un consumo realmente bajo, etc.

El siguiente apartado revisa los métodos existentes y las consideraciones que se deben tener en cuenta para dimensionar correctamente estos sistemas y evitar que una elección incorrecta del aparato afecte a su medición y a su vida útil.

6.3.1. Métodos y consideraciones sobre el dimensionado de medidores.

Estrictamente, la elección de un medidor debe estar basada únicamente en los caudales que circulan por él, es decir, en la demanda de agua del usuario. Criterios de dimensionado basados en la pérdida de carga o aquellos que adoptan directamente el mismo diámetro o uno inferior que la conducción pueden ocasionar errores de medición que afecten significativamente a la facturación y al control de los caudales en las líneas de distribución. Durante el dimensionado de un instrumento de medición se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Ajustar, siempre que sea posible, el rango de funcionamiento del instrumento a los caudales de consumo del usuario, abarcando entre el caudal de transición y el nominal tanto los caudales más bajos como los más altos de consumo.
- Los caudales máximos admisibles o caudal de sobrecarga del aparato no se deben sobrepasar.
- No provocar una pérdida de carga excesivamente alta y siempre tener presente la disponibilidad de presión en cada instalación.

A la hora de elegir el medidor es importante examinar las especificaciones técnicas de cada aparato. Fundamentalmente, su rango de medición, su caudal nominal y la pérdida de carga que produce. Algunas de las técnicas que se pueden aplicar son las siguientes:

6.3.1.1. Dimensionado mediante la estimación del caudal punta.

En caso de suministrar principalmente a usuarios particulares, es posible calcular el caudal punta de la instalación a partir del caudal instalado. Este método es el que habitualmente se utiliza en el cálculo de los caudales punta en las instalaciones interiores de edificios. Tiene en cuenta el número de aparatos de consumo y la posible simultaneidad de uso de los mismos.

6.3.1.2. Dimensionado por volumen mensual registrado.

A pesar de que esta aproximación no es tan directa como la anterior (caudal instalado) es muy utilizada por ser los datos del consumo mucho más fáciles de obtener, a partir de la lectura periódica de los medidores,

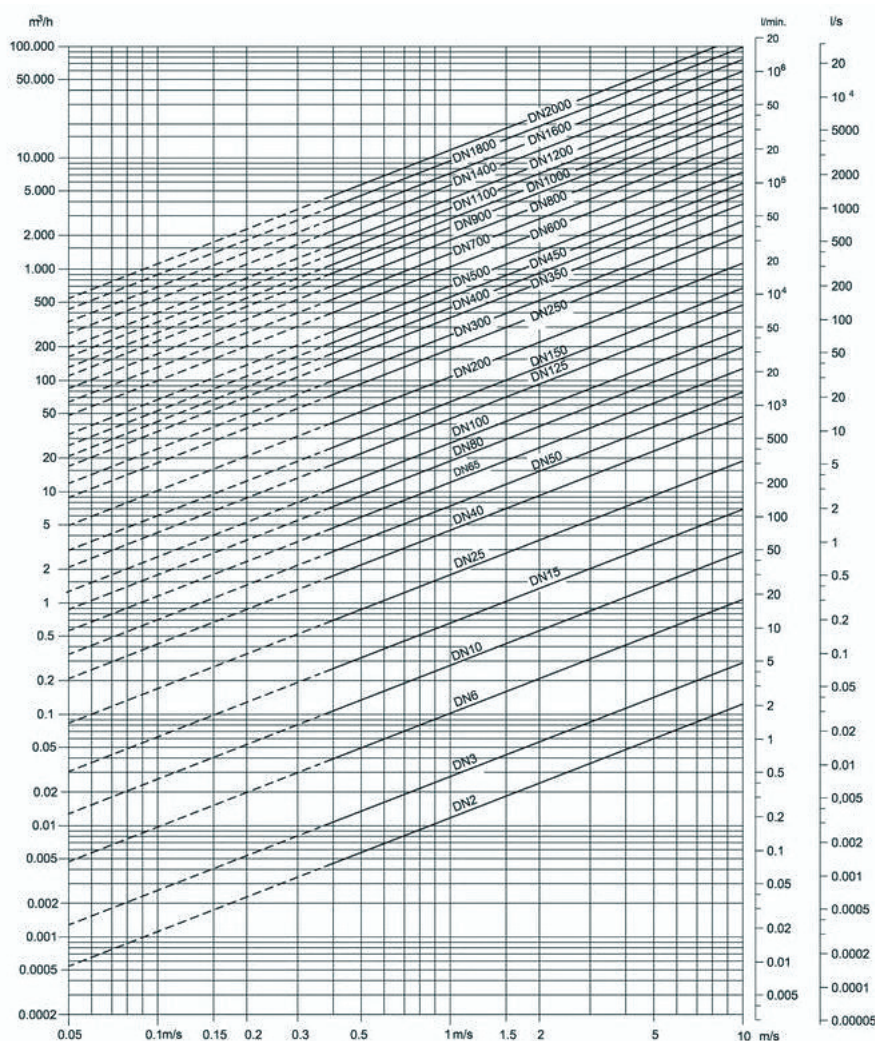
que aportan informaciones fiables en cuanto a las instalaciones internas de los consumidores. Es un método recomendado por algunos fabricantes de contadores, en la medida que permite estimar por la lectura acumulada y tiempo de uso si el medidor estaba sujeto a caudales mayores o menores que los recomendados que, como se ha dicho, es una de las circunstancias que lleva al subregistro de consumos.

6.3.1.3. Dimensionado mediante levantamiento del perfil de caudales.

Es el método más preciso, y se basa en el levantamiento de un perfil de caudales para conocer realmente los caudales circulantes por la conducción. Solamente se debe tener la precaución de corregir las mediciones con el posible sesgo que pueda introducir el caudalímetro o contador empleado en el levantamiento del perfil. Por ejemplo, si se utiliza un contador Woltman ya instalado para verificar si es adecuado o no, dados los caudales circulantes, puede suceder que el contador esté deteriorado y no proporcione una imagen real de lo que realmente circula por la conducción. No registrar consumos a caudales bajos no necesariamente implica que no los haya. Puede ser que el medidor no los registre por no tener suficiente sensibilidad o estar averiado.

6.3.2. Dimensionado caudalímetros.

Son aplicables los criterios expuestos en el apartado anterior, pero cabe señalar que muchos fabricantes recomiendan el dimensionado mediante los datos del caudal circulante:





CONTADORES DE AGUA

Instituto Aragonés del Agua
Avenida José Atarés, 101, Planta 4ª
Tf: 976716655
E mail: iaa@aragon.es
www.aragon.es

