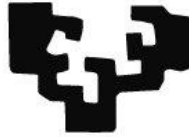


eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LAS CONDICIONES DE
INSTALACIÓN SOBRE EL ERROR DE MEDICIÓN DE LOS
CONTADORES DE AGUA NO-DOMÉSTICOS Y SU
REPERCUSIÓN ECONÓMICA

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

D. IÑIGO ALBAINA LÓPEZ DE ARMENTIA

Dirigida por:

DR. D. FRANCISCO ARREGUI DE LA CRUZ

Bilbao, Octubre 2015

RESUMEN

A pesar del aumento de la producción científica en los aspectos relacionados con la metrología del agua, la mayoría de los estudios e investigaciones se han centrado en los contadores de agua domésticos, que son con mucha diferencia los más numerosos y fáciles de acceder y ensayar, no ocurriendo lo mismo con los no-domésticos, instalados en los grandes consumidores, que son costosos de instalar, manipular y ensayar así como difíciles de conseguir en cantidades apreciables. El objetivo de esta tesis ha sido aportar conocimiento sobre esta parte de la metrología de contadores de agua a la que le faltaban estudios específicos sobre prácticamente todos sus aspectos, recepción de contadores nuevos, influencia de las condiciones de la instalación, curvas de error de los contadores en servicio, periodo de reposición más adecuado, etc.

Ha sido necesario poner en marcha y justificar el correcto funcionamiento de una instalación adecuada para el ensayo de este tipo de contadores cuyo intervalo de trabajo abarca desde los contadores más pequeños hasta los de tamaño DN250 y que sirve de base para el desarrollo de esta tesis. Para conseguir este logro tan importante ha habido que sortear numerosas dificultades, entre las que cabe destacar el desarrollo de una válvula desviadora de flujo que consiguiese trasegar grandes caudales sin un tamaño excesivo y que fuese viable económicamente. Todas estas dificultades han sido superadas con el resultado de una válvula desviadora de flujo patentada que forma parte de un banco de ensayos que está a pleno rendimiento.

Gran parte del trabajo de esta tesis ha estado dedicado a determinar la influencia de las condiciones de la instalación en la lectura de los contadores, se han realizado cerca de 500 ensayos individuales de contadores de DN65 y de DN100 simulando diferentes condiciones de instalación, ensayos que por el tamaño de los medidores resultan complejos y laboriosos de ejecutar. El trabajo realizado aporta gran conocimiento sobre qué comportamiento se puede esperar de cada tipo de contador en cada situación específica, habiendo no solo realizado los ensayos, sino que se han ordenado en diferentes tipos de gráficas y tablas tanto individuales como por accesorio y por tecnología de medición para facilitar su comprensión. Así mismo se ha elaborado una herramienta de trabajo en forma de tablas resumen de todos los ensayos realizados, de fácil utilización, que resulta interesante tanto para el consumidor como para el suministrador de agua. Con una inspección de la instalación de sus contadores pueden no solo detectar la situación del mismo, sino también encontrar la mejor solución ya que las tablas

resumen les proporcionan el resultado esperado de la combinación de los elementos de la instalación que estén pensando ejecutar para mejorar el resultado.

Se han contrastado en campo los ensayos realizados en el laboratorio para comprobar la validez de los resultados obtenidos. Se han visitado 30 instalaciones pertenecientes a una empresa suministradora de agua comprobando las condiciones de la instalación y analizando aspectos tales como situación, estado, accesibilidad, históricos de consumo, etc. También se han ensayado en el banco los contadores que se consideraban necesarios, inicialmente con un ensayo normal y en casos excepcionales con ensayos de larga duración. Estas visitas han permitido detectar un contador en servicio con grandes errores de subcontaje, del que se ha calculado la cantidad de m³ de agua que se han quedado sin contabilizar, lo que traducido supone un perjuicio económico que por sí solo justifica la inversión en un seguimiento activo de la situación del parque de contadores. Estos resultados suponen una aportación muy importante al dar visibilidad a la situación de los parques de contadores no-domésticos con ensayos y pruebas contrastadas.

Han sido importantes las aportaciones realizadas, pero además han surgido nuevas cuestiones no esperadas ni buscadas, como suele ocurrir normalmente a lo largo de todas las investigaciones y que dan mucho que pensar sobre la situación actual del parque de este tipo de medidores, como son la detección de grandes errores en el funcionamiento de medidores nuevos que iban a ser puestos en servicio y que hubiesen causado un gran perjuicio económico a la empresa propietaria del mismo y la detección, gracias a los numerosos ensayos a que han sido sometidos todos los contadores nuevos recibidos, de un defecto de funcionamiento de uno de ellos, que hubiese sido imposible de detectar en un ensayo normal, y que ahonda en la incertidumbre creada de cuál es realmente el porcentaje de contadores nuevos que no funcionan correctamente. Estos descubrimientos abren muchos interrogantes ya que tienen gran repercusión en la gestión integral de un abastecimiento tanto desde el punto de vista económico como de reducción del volumen de agua no registrada.

Se han evaluado las repercusiones económicas de los resultados de las investigaciones realizadas, y se ha estudiado la viabilidad de los procesos propuestos para la mejora de la gestión del parque de contadores no-domésticos, quedando demostrada no solo la necesidad, sino también la viabilidad económica de la implantación de procesos activos de seguimiento y mejora de los parques de contadores de agua no-domésticos incluyendo dentro del mismo tanto un protocolo de recepción de contadores nuevos como un estudio en profundidad de los que están actualmente en servicio.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1-3
1.1	JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.	1-3
1.2	ANTECEDENTES.	1-6
1.3	OBJETIVOS.	1-10
1.4	Estructura de la tesis.	1-12
2	INSTALACIÓN PARA ENSAYO DE MEDIDORES DE CAUDAL	2-3
2.1	INTRODUCCIÓN	2-3
2.2	NECESIDAD DE INSTALACIONES DE ENSAYO DE MEDIDORES DE CAUDAL	2-5
2.3	NORMATIVA	2-7
2.4	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	2-11
2.5	VÁLVULAS DESVIADORAS DE FLUJO, VALIDACIÓN DE SU UTILIZACIÓN FRENTE A DESVIADORES DE FLUJO	2-27
2.6	DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LA INSTALACIÓN	2-38
2.7	COMPROBACIÓN DE LA INSTALACIÓN PARA EL ENSAYO DE CONTADORES	2-51
2.8	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENSAYO DE CONTADORES	2-54
2.9	INFORMES GENERADOS	2-62
ANEXO I	TÍTULO MODELO DE UTILIDAD	2-63
ANEXO II	DATOS TÉCNICOS DE LA INSTALACIÓN	2-66
ANEXO III	INFORMES GENERADOS EN LOS ENSAYOS	2-70
1.	RESUMEN CERTIFICADO	2-72
2.	CERTIFICADO	2-74
3.	BASE DE DATOS GENERAL	2-110
4.	BASES DE DATOS ESPECÍFICAS	2-112

3	NORMATIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTADORES ENSAYADOS. -----	3-3
3.1	INTRODUCCIÓN.....	3-3
3.2	NORMATIVA RELATIVA A LOS CONTADORES DE AGUA.	3-4
3.3	DESCRIPCIÓN DE LOS CONTADORES ENSAYADOS.....	3-11
3.4	CONCLUSIONES.....	3-34
4	INFLUENCIA DE LOS ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN EN LA CURVA DE ERROR DE LOS CONTADORES. -----	4-3
4.1	INTRODUCCIÓN-----	4-3
4.2	ENSAYOS REALIZADOS-----	4-5
4.3	HIPÓTESIS-----	4-12
4.4	ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL CONJUNTO DE LOS RESULTADOS-----	4-14
4.5	ANÁLISIS CUALITATIVO DEL CONJUNTO DE LOS RESULTADOS-----	4-18
4.5.1	ANÁLISIS POR ACCESORIO-----	4-18
4.5.2	ANÁLISIS POR CONTADOR INDIVIDUAL-----	4-71
4.5.3	ANÁLISIS DETALLADO POR MARCA Y TECNOLOGÍA-----	4-89
4.5.4	ANÁLISIS DE CONTADORES COLOCADOS EN SERIE-----	4-96
4.6	RESUMEN DE LOS RESULTADOS-----	4-103
4.7	OTROS ENSAYOS REALIZADOS-----	4-119
4.8	OTROS RESULTADOS-----	4-124
4.9	CONCLUSIONES-----	4-129

5	ANÁLISIS CONTADORES DE AGUA NO-DOMÉSTICOS EN FUNCIONAMIENTO	5-3
5.1	INTRODUCCIÓN	5-3
5.2	RESUMEN GENERAL	5-4
5.3	CONDICIONES GENERALES DE LAS INSTALACIONES	5-15
5.4	INFLUENCIA DE LA INSTALACIÓN SOBRE LA CURVA DE ERROR DEL CONTADOR	5-21
5.5	HISTÓRICO DE CONSUMOS	5-26
5.6	ESTUDIO DE CONSUMOS EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS	5-33
5.7	ENSAYOS DE LOS CONTADORES EN EL BANCO DE PRUEBAS	5-38
5.8	CÁLCULO DE LOS ERRORES GLOBALES	5-44
5.9	ESTIMACIONES ECONÓMICAS	5-57
5.10	CONCLUSIONES	5-59
ANEXO I	INFORMES INSTALACIONES VISITADAS	5-62
1	A3 (POLIDEPORTIVO), D	5-64
2	A17 (VIVIENDAS), D	5-72
3	E5 (VIVIENDAS), D	5-77
4	E6 (VIVIENDAS), D	5-86
5	E11 (VIVIENDAS), D	5-92
6	M1 (VIVIENDAS), D	5-99
7	M3 (VIVIENDAS), D	5-105
8	T17 (VIVIENDAS), D	5-111
9	A12 (BOCA DE INCENDIOS), D	5-125
10	AR3 (BOCA DE INCENDIOS), D	5-127
11	A19 (FÁBRICA), B	5-129
12	M4 (FÁBRICA), B	5-134
13	M10 (CONCESIONARIO), B	5-142
14	M 26 (FÁBRICA), B	5-147
15	M 900 (DEPURADORA), B	5-153
16	A27 (COLEGIO), Z.	5-161
17	E 38 (HOTEL), Z	5-166
18	Z-A17 (COLEGIO), Z.	5-172

ÍNDICE GENERAL

19	Z134 (CAMPING), Z. -----	5-181
20	B20 (FÁBRICA), M-X -----	5-186
21	B21 (OFICINAS), M-X -----	5-192
22	B24 (DEPURADORA), M-X -----	5-197
23	B26 (ESTACIÓN DE SERVICIO), M-X -----	5-202
24	E36 (FÁBRICA), M-X -----	5-207
25	KI1 (FÁBRICA), M-X -----	5-212
26	X10 (CENTRO DE CUIDADO), M-X -----	5-217
27	XE10 (TOMA MUNICIPAL), M-X -----	5-222
28	X12 (ESCUELA), M-X -----	5-228
29	X19 (ESCUELA), M-X -----	5-232
30	BL30 (HOTEL), M -----	5-238
6.	REPERCUSIONES ECONÓMICAS -----	6-3
6.1	INTRODUCCIÓN -----	6-3
6.2	VIABILIDAD ECONÓMICA PROTOCOLO RECEPCIÓN DE CONTADORES NUEVOS -----	6-4
6.3	REPERCUSIÓN ECONÓMICA DE LAS CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN -----	6-11
6.4	ENVEJECIMIENTO DE LOS CONTADORES, PROPUESTA PLAN DE RENOVACIÓN -----	6-15
6.5	CONCLUSIONES -----	6-22
7	CONCLUSIONES. -----	7-3
7.1	INTRODUCCIÓN. -----	7-3
7.2	APORTACIONES. -----	7-4
7.3	CONCLUSIONES -----	7-8
7.4	DESARROLLOS FUTUROS -----	7-10
8	BIBLIOGRAFÍA -----	8-1

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1-3
1.1	JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS	1-3
1.2	ANTECEDENTES.	1-6
1.3	OBJETIVOS	1-10
1.4	ESTRUCTURA DE LA TESIS	1-12

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación de la tesis

Existe una creciente concienciación sobre la insuficiencia de los recursos naturales, la cada vez mayor escasez de agua ha dado lugar a su consideración como recurso limitado, no solo en las regiones en las que tradicionalmente había insuficiencia, sino también en otras en las que casi se consideraba este recurso como ilimitado. Este cambio en la concepción hace surgir la necesidad de una eficiente gestión del agua que compatibilice el aumento de la demanda con el respeto al medio ambiente y al resto de recursos naturales. Es por tanto necesario revisar los modelos actuales de gestión y adaptarlos a las nuevas exigencias.

Según la encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua del año 2012 publicada por el Instituto Nacional de estadística, ese año se suministraron a las redes públicas 4.485 hectómetros cúbicos (hm^3) de agua, de los cuales fueron registrados 3.338, quedando por tanto sin registrar 1.147 hm^3 , lo que supone que el volumen de agua sin registrar en España es del 25,5%, por encima de la media de la Unión Europea con un 17% y muy lejos de países como Holanda y Alemania con pérdidas inferiores al 10%.

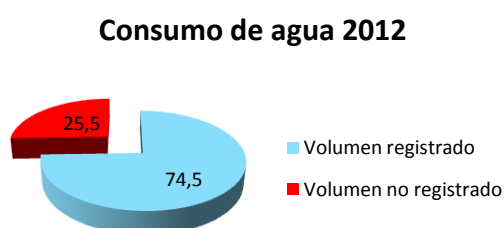


Ilustración 1.1 Volumen registrado de agua

La eficiencia del suministro de agua no solo está lejos de lo deseable, sino que además está empeorando, en el año 2012 la cantidad de agua registrada disminuyó en un 1,3% respecto al año anterior, aumentando sin embargo en un 1,2% la no registrada, el volumen total disminuyó en un -0,6%, con lo que el porcentaje de agua no contabilizada en el año 2011 fue del 25%.

Para poder valorar las pérdidas es necesario conocer la diferencia entre el volumen inyectado y el consumido. Esta diferencia es debida principalmente a cuatro factores; fugas, volúmenes no medidos, fraudes y errores en las mediciones.

Conocer el peso específico de cada concepto dentro del volumen no registrado es imprescindible para poder tomar decisiones sobre cuánto invertir para mejorar cada uno de los apartados con el fin de incrementar el rendimiento de la red y el aprovechamiento de tan valioso recurso (Arregui 1998).

Analizando el último de los factores anteriormente aludidos, el del error en las mediciones, se puede diferenciar en los sistemas de abastecimiento dos tipos de consumidores, los domésticos con contadores normalmente de diámetro nominal (DN) entre 13 y 40 mm y los no-domésticos con contadores de DN igual o superior a 50 mm. En estos últimos el volumen contabilizado por medidor es mucho mayor que en los anteriores por lo que sus errores de medición llevan aparejados grandes volúmenes de pérdidas de agua. La encuesta mencionada anteriormente distingue entre contadores domésticos y no-domésticos en función de las características del usuario del recurso, no del tamaño del contador instalado, siendo la proporción que tienen unos y otros en el cómputo total de un 30,8% para los no-domésticos, con un aumento del 13,5% respecto al año anterior, y de un 69,2% para los domésticos, con una disminución interanual del 3,1%. Si se tiene en cuenta que en algunos casos el consumo doméstico de edificios y comunidades se contabiliza con contadores grandes, (también es cierto que hay casos de suministro no-doméstico con contadores de DN inferior a 50 mm) y que los no-domésticos están creciendo (13,5%) y los domésticos disminuyendo (3,1%), estando además el agua utilizada por la agricultura para regadío, en la que principalmente se utilizan contadores de gran tamaño por los altos caudales que se manejan, que no se ha tenido en cuenta y que en volumen es 3,5 veces la suma de los volúmenes doméstico e industrial, da una idea de la importancia del volumen contabilizado por este tipo de contadores, que en cantidad es muy inferior a los domésticos.

Distribución del consumo de agua 2012

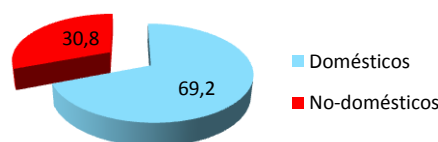


Ilustración 1.2 Distribución del consumo de agua

En esta tesis se pretende revisar de forma integral las instalaciones de medición de agua de los grandes consumidores, ya que la mayoría de las investigaciones realizadas hasta la fecha se han centrado en los consumidores domésticos. Se analizan las situaciones que pueden afectar

a la metrología de los contadores, el estado y adecuación de las instalaciones a las condiciones especificadas por el fabricante, los históricos de consumo, etc., con el fin de poder cuantificar la cantidad de volumen que pueden estar dejando de contabilizar. También se pretende generar una herramienta que permita identificar rápidamente las instalaciones en las que se están cometiendo errores de medición y realizar un estudio económico que compare el coste de la revisión y mejora de estas con el retorno económico esperado de dicha inversión.

1.2 Antecedentes.

Es de sobra conocida la importancia que el agua ha tenido y tiene en la historia de la humanidad. Desde los primeros tiempos los asentamientos humanos estaban cerca del agua, ya que esta aseguraba la supervivencia de la especie, no siendo de extrañar entonces que desde los inicios surgiese también la necesidad de medir un recurso tan valioso.

Cinco mil años antes de Cristo, los Sumerios se situaron entre los ríos Tigris y Éufrates, mostrando ya interés por la medida del agua para su justa distribución. La civilización egipcia se desarrolló a orillas del río Nilo, midiendo su nivel como referencia de la situación económica, para establecer los impuestos y para saber cuánta cosecha se recogería en los campos de cultivo. *“...cuando el ascenso alcanzaba doce codos, hay hambre; en trece hay escasez; catorce trae alegría; quince seguridad y dieciséis abundancia gozo o placer”*. Plinio el Viejo.

La cultura romana desarrolló de una manera extraordinaria el dominio del agua, con inventos y técnicas que actualmente se siguen utilizando. No es trasladable sin embargo, el concepto y uso que se tiene actualmente del caudal como volumen que circula por unidad de tiempo, porque aunque ocasionalmente lo manejaban, no se utilizaba para la medida del agua distribuida, utilizándose la *“quinaria”*, que era una unidad de sección que tenía $5/4$ de dedo o lo que es lo mismo $4,19 \text{ cm}^2$.

Fue el griego Herón de Alejandría en el siglo primero antes de Cristo el primero en tener en cuenta además de la sección la velocidad de circulación.

En 1730 Henri Pitot descubrió el tubo que lleva su nombre, con el que se puede medir de una forma muy sencilla la presión dinámica de un fluido y obtener a partir de ella su velocidad.

Giovanni Venturi (1746-1822), físico italiano que estudió por primera vez las expansiones y contracciones cónicas. El tubo de venturi consta de dos troncos de cono invertidos que se intercalan en la conducción formando parte de la misma. El venturi original fue inventado por el ingeniero americano Clemens Herschel en 1.898. Está incluido dentro del grupo de los elementos deprimógenos. Todos los instrumentos de esta clase constan esencialmente de dos elementos: un elemento deprimógeno, es decir, que provoca una caída de presión, y un manómetro diferencial que mide esta última. Característico de estos instrumentos es que el caudal es proporcional a la raíz cuadrada de la caída de presión provocada por el elemento deprimógeno y es preciso extraer esta raíz cuadrada para medir el caudal.

En 1790, Reinhard Woltmann diseña un medidor tipo turbina para registrar el caudal que circula por un conducto. A los pocos años nacen los contadores que se conocen como tipo Woltmann.

En 1930 aparecieron los primeros caudalímetros electromagnéticos basados en la ley de inducción electromagnética de Faraday, y poco después se empezaron a desarrollar los de ultrasonidos.

Hoy en día las tecnologías de medición de caudal están muy desarrolladas habiéndose complementado, gracias al desarrollo de la electrónica del último siglo, con sistemas de almacenamiento de datos, lectura de consumos a distancia, etc., que hacen que el control y conocimiento de las redes de distribución sea mayor.

Entre los pasos necesarios para la elaboración de este trabajo, está inicialmente la construcción y puesta en marcha de un banco de pruebas independiente, que esté principalmente dedicado a la investigación y que sea capaz de ensayar contadores de medio y gran calibre por encima de DN40, que es el rango hasta el que se llega en la mayoría de los bancos de ensayo y que se corresponde con lo que se denomina contadores domésticos. A nivel nacional está el Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), que cuenta con un banco de ensayos muy completo y de gran capacidad e HIDRALAB, empresa de base tecnológica surgida de la Universidad de Castilla La Mancha y que también cuenta con un banco de ensayos con capacidad para ensayar contadores de hasta 12 pulgadas. La complejidad de estas grandes instalaciones de ensayo reside en que son costosos y se necesita mucho espacio para su implantación.

El elemento principal, en el campo de la hidráulica, de este tipo de bancos es el desviador de flujo, del que se han realizado numerosas investigaciones y desarrollos novedosos como Pöschel et al. (2000), Engel y Klages (2000), Yeh, Yende, Johnson y Espina. (2002), Espina, Yeh y Yende (2003), Schraml y Ruiz (2006), Engel y Baade (2010), dedicados a disminuir la incertidumbre en la medida de los caudales, reduciendo el error del desviador de flujo mediante el aumento de la rapidez de actuación del mismo, aumentando el tiempo de recogida e incidiendo en la simetría del tiempo de actuación (Espina et al. 2003). Marfenko, Yeh, y Wright (2006), incluso desarrollan un sistema que se podría denominar de doble mecanismo, con 2 partes móviles para que la acción del desviador se produzca siempre en el mismo sentido, reduciendo así la asimetría en el tiempo de desviación. Todos estos sistemas buscan disminuir a la mínima expresión la incertidumbre introducida por el desviador en el

ensayo, pero requieren de grandes instalaciones y costosas inversiones al alcance solo de unos pocos.

En este trabajo se desarrolla y patenta una válvula desviadora de flujo que con un tamaño y coste mucho menor, consigue realizar ensayos dentro de lo que marca la normativa, consiguiendo de esta manera un banco de ensayos para grandes calibres no sujeto a necesidades económicas de facturación para amortizar las inversiones y que por lo tanto puede dedicar la mayor parte de su tiempo a tareas de investigación.

Por otra parte se tiene el estudio de cómo afectan las condiciones de la instalación a la lectura de los contadores, aspecto este del que se han realizado pocos estudios. Los fabricantes normalmente se han limitado a ensayar sus contadores tal y como les exige la normativa, con tramos rectos de tubería aguas arriba y abajo, no obstante, es habitual encontrar contadores que no tienen esas condiciones de instalación desconociéndose lo que ocurre con ellos. Como investigaciones independientes están las de Arregui, Cabrera Jr., Cobacho y García-Serra (2005), quienes tratan la influencia en contadores no domésticos de las distorsiones de los perfiles de velocidad producidos por una válvula de compuerta sobre cuatro tecnologías de contadores diferentes, Palau (2005) que ensaya contadores de DN80 con válvulas de mariposa y de compuerta a diferentes distancias y grados de apertura, y desarrolla un modelo teórico de cómo afectan las perturbaciones del flujo a diferentes contadores, Burke y Hannah (2010) que también tratan el tema y Pérez, Madurga y Sánchez de Ribera, (2011), que ensayan 4 contadores en tres situaciones diferentes. Como se puede apreciar, queda mucho trabajo por hacer en este campo, siendo intención el abordar una parte significativa del mismo de manera que en gran parte queden resueltas las incógnitas planteadas.

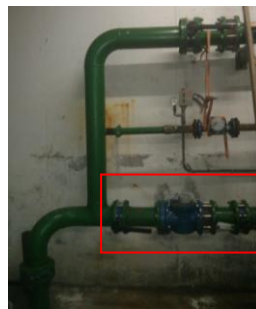
Reseñar que hay bastantes publicaciones que estudian el comportamiento de los contadores, investigando aspectos tales como errores en las lecturas de contadores nuevos, Arregui et al. (2014), de contadores en servicio, Arregui et al. (2013, 2010 y 2007), Barfuss et al. (2011), Beal y Stewart (2011), Díaz y Flores (2007 y 2010), Mutikanga et al. (2011), estando todos estos estudios enfocados y limitados a contadores domésticos. También se encuentran varias referencias en cuanto al periodo de renovación óptima de los contadores, empezando por Allender (1996), siguiendo por Yee (1999), Arregui et al. (2003), Davis (2005), Hill y Davis (2005), Mutikanga et al. (2011), Mukheibir et al. (2012), todos enfocados también a contadores residenciales.

Como investigaciones no enfocadas sólo a contadores domésticos, sino que tratan estos en todas sus dimensiones, se tiene a Arregui et al. (2010) que presentan un método gráfico para calcular el periodo óptimo de reposición de los contadores y Puleo et al. (2013) en la misma dirección. Arregui, Soriano y Gavara (2012), hacen un estudio integral incluyendo a los grandes consumidores, abarcando en su investigación contadores desde DN15 hasta DN100.

Queda patente que hay muchas contribuciones en el campo de los contadores domésticos, pero muy pocas en el de los grandes consumidores, sobre todo a nivel específico, estudiando su comportamiento en servicio y analizando sus características y peculiaridades. A lo largo de esta tesis se van a aportar datos para el conocimiento de este tipo de contadores, analizando y ensayándolos tanto en su recepción inicial cuando son nuevos, en sus condiciones de utilización y a posteriori después de llevar años en funcionamiento.

1.3 Objetivos

Esta tesis nace de la necesidad de dar respuesta a una serie de interrogantes que le han planteado al autor en varias ocasiones. La pregunta venía siempre de la mano de una reclamación, en la que se consideraba que el consumo de agua facturado no se correspondía con lo realmente suministrado. La primera acción por parte de la compañía suministradora suele ser siempre achacar el problema a alguna fuga, para posteriormente, una vez comprobado que esta no existe, revisar el contador ensayándolo en un banco de pruebas y/o colocando uno nuevo. La sorpresa aparece cuando el resultado del ensayo en el banco de pruebas certifica que el contador funciona correctamente y sin embargo el consumo, a juicio del usuario, sigue estando por encima de la realidad.



Fotografía 1-1 Instalación incorrecta

El de la fotografía 1-1 es uno de los casos mencionados en los que tras años de litigios y cambios de contador, la propiedad decide ensayar por sus propios medios el medidor, para demostrar a la empresa suministradora que la facturación no es correcta. Adquieren un depósito de 1000 litros y con la válvula de mariposa, que hay aguas arriba del contador, cerrada conectan una manguera aguas abajo. Introducen la manguera en el depósito y abren un poquito la válvula de mariposa, ya que con la presión de la red el depósito se llena rápidamente. Comprueban lo que marca el contador y este indica que han pasado dos metros cúbicos, el doble de lo recogido en el depósito. La propiedad convoca a la empresa suministradora y esta a su vez al representante del contador instalado y al autor de esta tesis. La propiedad procede a realizar el ensayo, pero esta vez se les indica que no regulen con la válvula sita aguas arriba sino que empleen la que está aguas abajo. Resultado de la prueba, el contador indica los 1000 litros exactamente.

Este ensayo “casero” demuestra que dependiendo de las condiciones de la instalación, las lecturas de un contador, en buenas condiciones de funcionamiento, pueden ser correctas o incorrectas hasta el punto de indicar el doble del volumen realmente trasegado. Para evitar este tipo de situaciones los fabricantes especifican qué distancias de tramo recto de tubería se

deben guardar tanto aguas arriba como abajo, sin embargo, en muchos casos estas condiciones no se respetan, bien por desconocimiento, desidia, imposibilidad física o coste económico.

En este documento se va a tratar de desarrollar una herramienta que permita de manera rápida y funcional establecer los errores que se están cometiendo en las lecturas de los contadores en base a sus condiciones de instalación. Para ello se van a realizar ensayos reproduciendo las condiciones de las instalaciones utilizando los elementos que habitualmente se encuentran en estas. Estos accesorios van a ser ensayados en diferentes posiciones y distancias respecto al contador y colocados aguas arriba y abajo del mismo. Los ensayos se van a realizar con contadores de diferentes tecnologías y marcas. La herramienta a desarrollar pretende además de cuantificar la magnitud y sentido del error, servir para conocer la solución más económica que se puede utilizar para eliminar el error que se está cometiendo.

Para poder realizar los ensayos de contadores con un diámetro nominal tan grande y que por lo tanto mueven unos caudales importantes de agua, es necesario contar con la instalación adecuada. Está entre los objetivos de esta tesis el poner en marcha una instalación en el laboratorio de Mecánica de Fluidos de la EUITI de Bilbao, instalación que en tan reducido espacio pueda ensayar contadores hasta DN250. Precisamente por la escasez de espacio, es necesario diseñar una válvula especial que sea capaz de desviar el flujo de agua en las condiciones que marca la normativa.

Una vez puesta en marcha la instalación, se realizan los ensayos mencionados y se desarrolla la herramienta que permita estimar el error de las instalaciones de contadores de medio y gran tamaño que se van a revisar.

Con la visita de las instalaciones de una compañía suministradora de agua y su revisión, se quiere conocer no solo su estado, sino también cuantificar como ha estado leyendo cada contador, cual ha sido el volumen que ha dejado de contabilizar o que ha contabilizado de más, si es que lo ha habido. Se utilizará para ello los históricos de consumo y se ensayarán en el banco de pruebas los contadores que se juzgue necesarios.

Con los datos obtenidos en las revisiones se realiza un estudio económico que valora el volumen de agua que se está dejando de contabilizar y el coste o beneficio económico que tiene la mejora de las instalaciones.

1.4 Estructura de la tesis

Una vez justificada la motivación de la tesis y expuestos los objetivos a alcanzar en el presente capítulo, se irá estructurando esta de una forma racional que vaya dando los pasos necesarios para alcanzar el objetivo final.

Lo primero que se necesita es una instalación fiable donde poder realizar los ensayos, con lo que en el Capítulo 2 se justifica la validez del banco de pruebas que se ha instalado en el laboratorio para ensayar contadores de agua. Se describe la instalación y se aportan sus datos técnicos, se verifica el cumplimiento de la normativa, se calcula su incertidumbre, se muestran los ensayos realizados para validar la misma y finalmente se describe el proceso y la metodología seguidos en la realización de los ensayos.

Luego viene el qué se va a ensayar, por lo que en el Capítulo 3, se describe el funcionamiento de los contadores que van a ser ensayados durante la investigación, sus características, datos técnicos, la normativa que tienen que cumplir y se comparan los resultados de los ensayos realizados en el banco de pruebas con lo especificado por el fabricante.

En el Capítulo 4 se explica inicialmente cuantos ensayos se han realizado, qué hipótesis se han establecido, cómo han sido las condiciones de instalación y qué elementos se han utilizado. Posteriormente se analizan todos los ensayos realizados para detectar la influencia de las condiciones de la instalación en la lectura de los contadores, agrupándolos en gráficas para tener una visión de conjunto y poder estudiarlos mejor. Los resultados se analizan por tecnología de contador, por marca, de forma individualizada para cada medidor y por accesorio. Finalmente se presentan unas tablas, resumen de todos los ensayos, que puedan servir de herramienta de trabajo para consultar de forma rápida y funcional cómo puede afectar a la lectura de un contador sus condiciones de instalación.

En el Capítulo 5 se revisan las instalaciones de 30 contadores, generando para cada una de ellas un informe con los siguientes datos; ubicación y uso, foto y esquema, datos del contador, análisis de la instalación, evolución del consumo, ensayo del contador en el banco, estimación económica y conclusiones. En base a estos informes se realizan resúmenes en formato de tabla en los que se analizan las condiciones generales, el estado y adecuación de las instalaciones a las condiciones especificadas por el fabricante, la influencia de la instalación en la curva de error del contador, los históricos de consumo y los resultados de los ensayos de los medidores en el banco de pruebas. Posteriormente se cuantifica la cantidad de volumen registrado frente al realmente consumido para cada uno de ellos y se realiza una estimación económica.

En el Capítulo 6 se hace un análisis económico de los diferentes aspectos que han surgido a lo largo de la investigación, tales como viabilidad económica de un protocolo de recepción de contadores nuevos, repercusión económica de las condiciones de instalación y del envejecimiento de los contadores, propuesta de un plan de renovación y estudio económico que compare el coste de la revisión y mejora de las instalaciones con el retorno económico esperado de dicha inversión, haciendo incluso una extrapolación de los datos a los 2500 contadores de DN mayor de 50 mm con los que cuenta la compañía de suministro propietaria de las instalaciones visitadas.

Se incluye finalmente un último Capítulo 7 en el que se comentan las conclusiones generales de la tesis, las aportaciones realizadas y los aspectos que quedan pendientes y que sería bueno investigar en el futuro.

CAPÍTULO 2

INSTALACIÓN PARA ENSAYO DE MEDIDORES DE CAUDAL

ÍNDICE

2	INSTALACIÓN PARA ENSAYO DE MEDIDORES DE CAUDAL.....	2-3
2.1	INTRODUCCIÓN.....	2-3
2.2	NECESIDAD DE INSTALACIONES DE ENSAYO DE MEDIDORES DE CAUDAL.....	2-5
2.3	NORMATIVA.....	2-7
2.4	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	2-11
2.5	VÁLVULAS DESVIADORAS DE FLUJO, VALIDACIÓN DE SU UTILIZACIÓN FRENTE A DESVIADORES DE FLUJO.....	2-27
2.6	DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LA INSTALACIÓN.....	2-38
2.7	COMPROBACIÓN DE LA INSTALACIÓN PARA EL ENSAYO DE CONTADORES.....	2-51
2.8	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENSAYO DE CONTADORES.....	2-54
2.9	INFORMES GENERADOS.....	2-62
ANEXO I	TÍTULO MODELO DE UTILIDAD.....	2-63
ANEXO II	DATOS TECNICOS DE LA INSTALACIÓN.....	2-66
ANEXO III	INFORMES GENERADOS EN LOS ENSAYOS.....	2-70
1.	RESUMEN CERTIFICADO.....	2-72
2.	CERTIFICADO.....	2-74
3.	BASE DE DATOS GENERAL.....	2-110
4.	BASES DE DATOS ESPECÍFICAS.....	2-112

2 INSTALACIÓN PARA ENSAYO DE MEDIDORES DE CAUDAL

2.1 Introducción

La construcción y puesta en marcha del banco de ensayo y calibración de contadores es considerado uno de los pilares básicos de esta Tesis. Tal afirmación se fundamenta en que es la base de todos los ensayos que se van a realizar, tanto para el desarrollo del presente trabajo como para futuras investigaciones. Una vez puesta en marcha la instalación, el foco de atención va a estar centrado en los ensayos que se están realizando, qué resultados se están obteniendo y a partir de estos qué nuevos datos o pruebas son necesarios para corroborarlos o desmentirlos. No se va a estar pendiente del funcionamiento del banco más allá de las calibraciones periódicas programadas y del mantenimiento propio de toda instalación.

Además, es una infraestructura científica que puede generar nuevas líneas de investigación, ya que aparte de para ensayar contadores, también se puede utilizar para probar válvulas, (como ya se ha hecho) y otros elementos hidráulicos, y ser útil a la sociedad permitiendo su uso por parte de empresas para el ensayo de sus productos o prototipos que de otra forma no tendrían posibilidad.

Por todo lo mencionado anteriormente se le ha dedicado gran cantidad de tiempo y esfuerzo. Se ha realizado el diseño y la ingeniería de toda la instalación, incluyendo el desarrollo de una válvula desviadora de flujo que ha sido patentada, como en todo proceso de desarrollo, ha habido que hacer varios prototipos con sus planos correspondientes, ensayarlos, corregir los defectos y volverlos a ensayar hasta conseguir el resultado deseado. El montaje de las tuberías, válvulas, depósitos y estructuras metálicas ha sido realizado por una empresa de instalaciones, no así toda la parte electrónica y de instalación y calibración de los diferentes sensores que componen el equipo, que ha sido realizado por el autor en lo que ha supuesto también un considerable esfuerzo con diferentes pruebas, ensayos y cambios de diseño hasta conseguir que la metrología de la instalación funcionase con unos niveles muy altos de exactitud. Finalmente la programación del sistema informático también ha sido realizada por el autor, esta controla todos los ensayos de forma automática, regulando todas las variables significativas que marca la normativa y recogiendo, también de forma automática, en el informe que genera posteriormente y en las bases de datos donde se almacenan todos los resultados para su posterior análisis y estudio.

Cabe señalar que la financiación de todo el banco ha salido de los trabajos y convenios que el autor ha realizado para diversas empresas y compañías dedicadas principalmente al suministro de agua o construcción de válvulas.

2.2 Necesidad de instalaciones de ensayo de medidores de caudal

Actualmente hay pocos laboratorios independientes para ensayo y calibración de contadores de agua. La mayoría de los bancos existentes son los de los propios fabricantes, donde ensayan y ajustan las curvas de error de sus medidores.

Sin embargo, cuando se hacen calibraciones independientes, con frecuencia se detecta una desviación bastante importante entre la curva de error proporcionada por el fabricante y la real. Por este motivo, diferentes colectivos tales como comunidades de regantes, empresas suministradoras de agua, etc, cada vez con más frecuencia, solicitan la calibración independiente de los medidores que utilizan, contándose estos por cientos en muchos casos. El coste anual de ensayar una muestra de tantos contadores es elevado, lento y logísticamente complicado, por lo que con frecuencia se plantea la posibilidad de adquirir un banco de calibración propio para efectuar ellos mismos los ensayos. Entre los motivos que llevan a descartar esta opción están el alto coste de la instalación y el gran espacio que ocupa.

Entre las posibilidades de un banco para ensayo de contadores figuran las siguientes:

- Control de calidad a la recepción de los contadores nuevos, comprobando la veracidad de la curva de error suministrada por el fabricante.
- Ayuda en la gestión de compras de los contadores, ya que existe la posibilidad de ensayar contadores de diferentes marcas analizando y estudiando sus cualidades.
- Ayuda en la selección del tipo de contador más adecuado para cada aplicación comparando entre los diferentes modelos existentes en el mercado.
- Control de calidad en la gestión del parque de contadores realizando ensayos sobre el comportamiento de los contadores instalados según su antigüedad, modelo, marca y aplicación, elaborando a partir de los resultados obtenidos un modelo para la renovación óptima del parque de contadores.

Básicamente estas instalaciones para ensayo de contadores funcionan de la siguiente manera; constan de un depósito donde se almacena el agua que se va a utilizar en el proceso y un sistema de bombeo que hace circular el agua por un tramo recto de tubería donde se coloca el contador objeto de ensayo. Por la instalación se hacen circular varios caudales predeterminados como un porcentaje del caudal total admisible por el contador ensayado. Para saber el caudal que se está ensayando la instalación cuenta con uno o varios caudalímetros de referencia.

En los bancos más sencillos, el caudalímetro de referencia hace de caudalímetro patrón, comparando el caudal medido por el contador objeto de ensayo con el caudalímetro patrón, y por lo tanto estando limitados los ensayos por la incertidumbre de este último y sus posibles errores.

En las instalaciones más avanzadas el caudalímetro sólo sirve de referencia para fijar el caudal de ensayo, contando la instalación con depósitos volumétricos o gravimétricos donde se recoge el agua que pasa por el contador ensayado. En el primero de los casos se conoce su volumen y en el segundo su masa.

Según el método de ensayo del contador se puede distinguir entre dos tipos de instalaciones, a contador parado y a contador lanzado.

Si el ensayo se hace a contador parado, toda el agua que circula por las tuberías es recogida en los depósitos volumétricos, incluida la utilizada hasta alcanzar el caudal que se quiere ensayar y cuyo punto de la curva de error del contador se quiere obtener.

Sin embargo en los ensayos a contador lanzado no se tiene este problema, ya que lo que se hace es poner en circulación el agua por la instalación en circuito cerrado, de forma que el agua retorna al depósito de almacenamiento. Cuando el caudalímetro de referencia indica que hemos alcanzado el caudal que se quiere ensayar, se mantiene estable y entonces se utiliza un sistema de desvío de flujo de forma que se pase a recoger el agua en los depósitos volumétricos o gravimétricos durante un periodo de tiempo que se tiene que controlar, volviendo después de este periodo a desviar el flujo para que vuelva al depósito de almacenamiento.

El desviador de flujo tiene que funcionar de manera que no cambie en absoluto las características del flujo, ya que si lo hace, el caudal de circulación cambiaría, alejándose del caudal consigna y por lo tanto introduciendo un error en el ensayo.

Las instalaciones cuentan con transductores de presión, caudalímetros, sondas de temperatura, de nivel, células de carga, barómetro, cilindros neumáticos, finales de carrera y un largo etcétera de elementos de control gobernados por un PLC o similar de forma que se puedan controlar todas las variables que exige la normativa y se pueda obtener una incertidumbre de medida aceptable, esto es inferior a $\pm 0,5\%$.

2.3 Normativa

El banco de calibración y ensayo de contadores está realizado según la Norma **ISO 4185:1980** y la **UNE-EN ISO 4064-2: 2015**

Otras normas que tiene que cumplir para poder ensayar contadores y caudalímetros de agua son las siguientes:

Procedimiento ME-008 para la calibración de caudalímetros de líquidos del Centro Español de Metrología.

UNE-EN ISO 4064-1/2/3/4/5: 2015

DIRECTIVA 2004/22/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a los instrumentos de medida.

ISO 4185: 1980

RD 889 del 21 de julio de 2006

Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments (EURAMET/cg-18/v.02)

Su diseño sigue el método de calibración por pesada estática con alimentación directa de las bombas. El esquema de la instalación coincide con el de la página 5 de la norma **ISO 4185:1980** y es el siguiente:

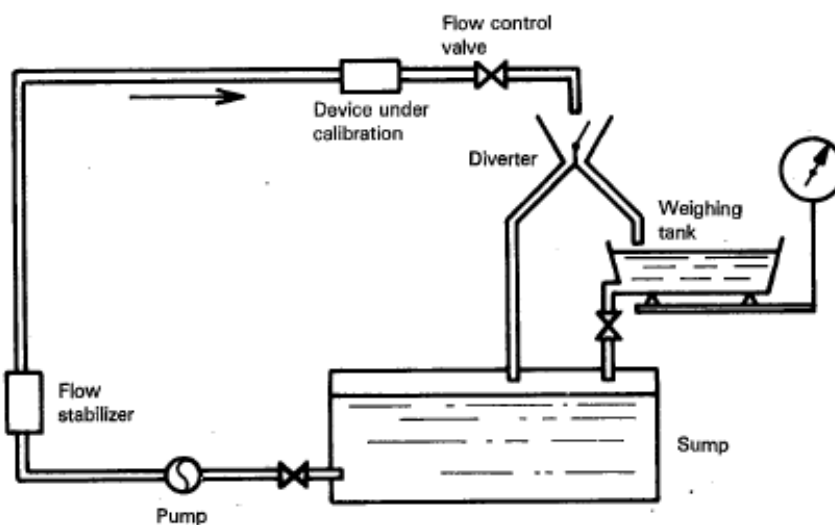


Ilustración 2.1 Esquema instalación banco contadores

Otros requisitos exigidos por esta la norma son los siguientes:

Instalación

- Ausencia de fugas en el circuito hidráulico o flujo de líquido no medido a través del desviador de caudal.
- No hay salpicaduras ni goteos en la recolección del caudal en los depósitos.
- No hay acumulación de líquido por contracciones térmicas o por cambios de fase.
- Se hacen correcciones por el empuje de la presión atmosférica.
- El sistema de pesaje y de medida del tiempo tienen la exactitud necesaria.

Depósitos gravimétricos.

El tiempo de llenado para el caudal más elevado previsto será de al menos 30 s. **ISO 4185; apartado 3.3, página 14.**

Se tiene que realizar con pesas patrón una prueba de carga por el valor total de la masa a medir. Cuando esto no sea posible, se puede usar cualquier carga que satisfaga las condiciones descritas en el apartado 4.3.2 de la misma normativa para sustituirla. **Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments (EURAMET/cg-18/v.02); apartado 4.3.3, página 9.**

Desviador de flujo

El movimiento del desviador debe ser rápido ($\leq 0,1$ s), con el fin de reducir la posibilidad de un error importante sobre la medida del tiempo de llenado. **ISO 4185; apartado 3.1, página 7.**

*La incertidumbre introducida en el volumen puede considerarse insignificante si los tiempos de movimiento del desviador de flujo en cada dirección son idénticos dentro de un 5% y este tiempo es menor de 1/50 del tiempo total del ensayo. **UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.5.3, página 21.***

Variación temperatura del agua.

El intervalo de temperatura del agua de ensayo debe de estar comprendido entre 0,1 y 30°C para contadores de clase T30. **UNE-EN ISO 4064-1-2015; apartado 4.2.4, página 17.**

Durante los ensayos el cambio de temperatura del agua debe ser menor a 5 °C. La máxima incertidumbre en la medición de la temperatura no debe exceder 1°C. **UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.4, página 22**

Variación de la presión.

Se puede utilizar cualquier método conocido de suministro que no cause pulsaciones de presión que excedan las logradas mediante un depósito con altura de lámina constante como por ejemplo un tanque presurizado. Para el resto de los ensayos la presión aguas arriba del contador no debe variar durante el ensayo más de un 10%. La máxima incertidumbre ($k=2$) en la medida de presión debe ser el 5% del valor medido. **UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.2, página 21.**

El intervalo de la presión relativa del agua en condiciones nominales de funcionamiento deberá ser de al menos 0,3 bar hasta una presión máxima de 10 bar a Q3. **DIRECTIVA 2004/22/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a los instrumentos de medida; ANEXO MI-001, 3, página 42.**

Variación del caudal

El caudal debe permanecer a un valor constante, a lo largo del ensayo, en el valor escogido. La variación relativa en el caudal durante cada ensayo (sin incluir el comienzo o la parada) no debe exceder de:

- $\pm 2,5$ % desde Q1 a Q2 (no inclusive).
- $\pm 5,0$ % desde Q2 (inclusive) a Q4.

Esta condición de variación del caudal es aceptable si la variación relativa de la pérdida de presión no supera:

- ± 5 % de Q1 a Q2 (no inclusive).
- ± 10 % de Q2 (inclusive) a Q4.

UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.3, página 22

Tramos rectos de tubería aguas arriba y abajo del contador.

El contador debe instalarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Las conexiones de tuberías deben tener un diámetro nominal interno que encaje con la conexión correspondiente del contador.

UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.4.2, página 19

2.4 Descripción de la instalación

La instalación cuenta con un **depósito de almacenamiento** en el subsuelo del laboratorio donde se almacenan 50 m³ de agua, cantidad suficiente para cumplir con la normativa “UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.4, página 22”, que especifica que durante un ensayo, el cambio de temperatura del agua debe ser menor a 5 °C.

El laboratorio está situado en el sótano -1 y el depósito en el -2, ambos sótanos están bajo tierra, lo que permite que la variación de la temperatura del agua en el depósito a lo largo del año sea muy pequeña y esté dentro de lo establecido en la normativa “UNE-EN ISO 4064-1-2015; apartado 4.2.4, página 17”, que indica que el intervalo de temperatura del agua de ensayo debe de estar comprendido entre 0,1 y 30°C para contadores de clase T30.

Los ensayos se realizan en circuito cerrado de forma que toda el agua utilizada está en recirculación, por lo que el gasto se reduce al vaciado anual del depósito y a la reposición de pérdidas.

La temperatura del agua en el depósito y la del agua en circulación están monitorizadas por dos **sensores de temperatura** de tubo rígido con cabezal tipo Pt-100, clase A, con un rango de temperatura de -50 a +150 °C. Con estas sondas se comprueba que la temperatura está dentro de los límites marcados por la normativa y que se acaban de exponer.

Se cuenta con otra tercera sonda para medir la temperatura ambiente y la humedad del laboratorio para junto con la presión atmosférica determinar la densidad del aire.

Todas las sondas de temperatura utilizadas cumplen con lo establecido en “UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.4, página 22”, que la incertidumbre en la medida de la temperatura del agua no exceda de 1 °C.



Fotografía 2-1 Sensor de temperatura del agua en circulación



Fotografía 2-3 Sensor de temperatura y humedad ambiente

Para aspirar el agua del depósito y ponerla en circulación por la instalación, se dispone de un **grupo de bombeo** que consta de dos bombas centrífugas de diferente tamaño, cuyas características son las siguientes:

Bomba pequeña: CM65-160C caudal 109 m³/h a 24.5 m.ca, potencia 12.5 CV, velocidad giro2900 rpm.

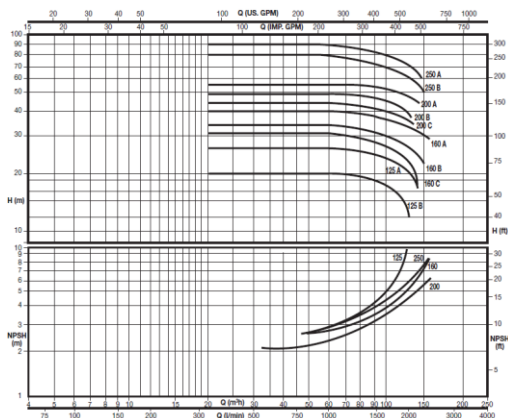
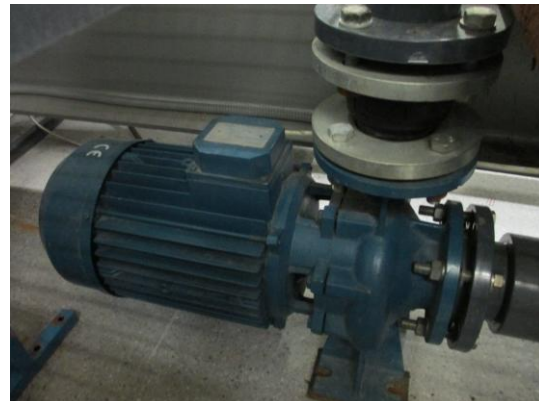


Ilustración 2.2 Curvas características bomba pequeña



Fotografía 2-4 Bomba pequeña

Bomba grande: CM125A caudal 250 m³/h a 17 m.ca, potencia 18.5 CV, velocidad giro 1450 rpm.

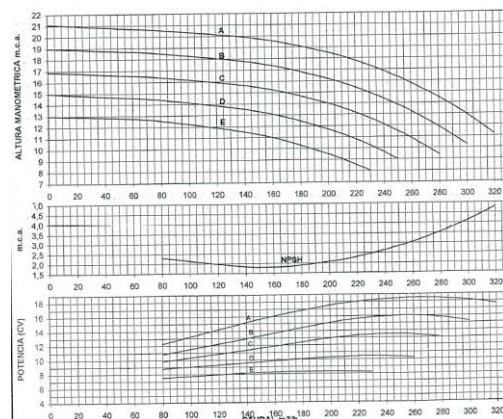


Ilustración 2.3 Curvas características bomba grande



Fotografía 2-5 Bomba grande

Ambas bombas están gobernadas por sendos variadores de frecuencia que nos permiten la regulación de sus puntos de funcionamiento. El programa informático que regula el sistema establece qué bomba entra en marcha y su velocidad de giro en función del caudal que queremos ensayar.

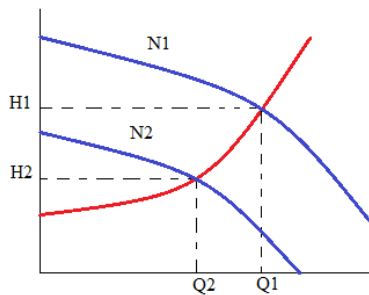
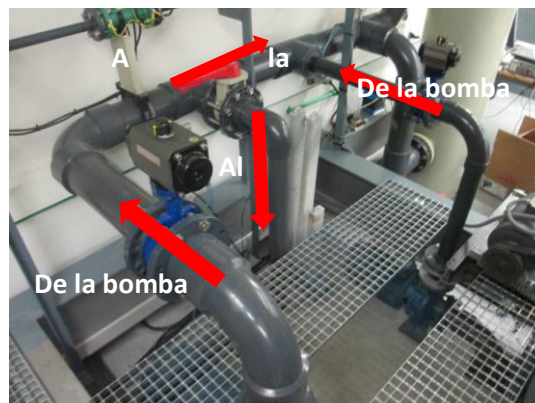


Ilustración 2.4 Curvas de funcionamiento de la bomba con el variador de frecuencia frente a la curva característica de la instalación.



Fotografía 2-6 Variadores de frecuencia de la bomba grande y pequeña, respectivamente

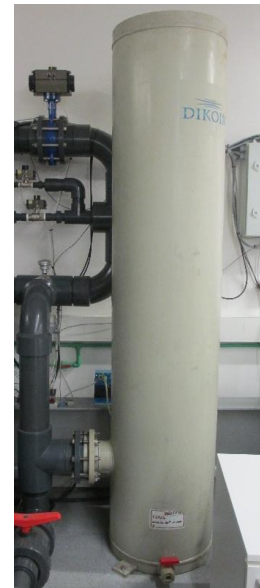
El **tubo de desviación o bypass** conecta la impulsión de las bombas directamente con el depósito de almacenamiento. Cuenta con una válvula de mariposa con la que regular la recirculación del agua de la impulsión de la bomba al depósito de almacenamiento, disminuyendo así el caudal que circula a través de la instalación. Con este sistema disponemos de más opciones de regulación de caudal si fuese necesario en alguna circunstancia especial.



Fotografía 2-7 Esquema tubo de desviación

La instalación cuenta con un **depósito sobrepresor** que cumple con dos funciones, por un lado hace las veces de estabilizador del flujo, amortiguando los picos de presión producidos por las bombas, consiguiendo de esta forma un régimen de flujo más uniforme, y por otro lado, sirve para inyectar agua en el circuito sin necesidad de utilizar las bombas en los ensayos con caudales pequeños, consiguiendo así cumplir con la normativa en cuanto a la variación del caudal dentro de un mismo ensayo, que de otra forma sería imposible para caudales pequeños por las oscilaciones de presión generadas por las bombas.

El sistema funciona de la siguiente forma, la bomba introduce el líquido en el depósito presurizado, la presión en él se incrementa a medida que entra el agua, ya que la presurización se consigue mediante colchón de aire. La presión aumenta hasta un valor consigna previamente fijado que es detectado por un transductor de presión. A partir de ese momento el consumo es atendido exclusivamente por el líquido que se encuentra almacenado en el depósito presurizado; como consecuencia la presión va descendiendo poco a poco.



El colchón de aire, que debe de poseer en todo momento un volumen superior a un mínimo, se va disolviendo poco a poco en el agua, por lo que es necesario introducir aire del exterior periódicamente.

La capacidad del sobrepresor es de 350 litros y soporta una presión máxima de 10 bares.

Fotografía 2-8 Depósito sobrepresor

Este elemento nos ayuda a cumplir con las siguientes especificaciones:

ISO 4185:1980 Necesidad de un estabilizador de flujo después de las bombas.

UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.2, página 21 La presión aguas arriba del contador no debe variar más de un 10 %.

UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.3, página 22; El caudal debe ser mantenido constante al valor nominal durante el ensayo. La variación relativa en el caudal durante cada ensayo (sin incluir el inicio o el final) no debe exceder:

± 2.5 % desde Q_1 hasta Q_2 (sin incluir).

± 5.0 % desde Q_2 (incluido) hasta Q_4 .

Esta variación es aceptable si la variación de pérdida de presión no excede:

± 5 % desde Q_1 hasta Q_2 (sin incluir).

± 10 % desde Q_2 (incluido) hasta Q_4 .

La instalación cuenta con válvulas de corte para aislar circuitos, depósitos, zonas de diferentes caudales, desagües, etc. Algunas de ellas son manuales, otras neumáticas y otras eléctricas.

Desde el punto de vista de su funcionamiento hay de dos tipos diferentes de válvulas:

Válvula de bola es un mecanismo que regula el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada. Se abre mediante el giro del eje unido a la esfera o bola perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada la perforación con la entrada y la salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero está perpendicular a la entrada. La posición de la manilla de actuación indica el estado de la válvula (abierta o cerrada). Este tipo de válvulas no ofrecen una regulación precisa al ser de $\frac{1}{4}$ de vuelta. Su ventaja es que la bola perforada permite la circulación directa en la posición abierta con una pérdida de carga muy reducida con respecto a otros tipos de válvulas.



Fotografía 2-9 Válvula de bola

Válvula de mariposa es un dispositivo para interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto, cuyo elemento de cierre es un disco montado en un eje rotativo aumentando o reduciendo la sección de paso mediante este que es denominado «mariposa». El funcionamiento básico de este tipo de válvulas es sencillo pues sólo requiere una rotación de 90° del disco para abrirla por completo. Cuando la válvula está completamente cerrada, el disco bloquea totalmente la línea. Cuando está completamente abierta, el disco se encuentra paralelo al flujo. Normalmente son más baratas de fabricar y mantener, además de ser ligeras. A diferencia de las válvulas de bola, el disco siempre está expuesto al flujo, con lo cual siempre crea una pequeña pérdida de carga y afecta al flujo.



Fotografía 2-10 Válvula de mariposa

La geometría de la válvula de mariposa es sencilla, compacta y de revolución, por lo que es una válvula barata de fabricar, tanto por el ahorro de material como por la mecanización. El menor espacio que ocupan facilita su montaje en la instalación. En este sentido, las válvulas de compuerta resultan muy pesadas y de geometría compleja. Por todo ello, las válvulas de mariposa son especialmente atractivas en grandes tamaños respecto a otro tipo de válvulas.



Fotografía 2-11 Válvulas de corte manuales de mariposa la superior y de bola las dos inferiores



Fotografía 2-12 Válvulas de corte neumáticas, la superior de mariposa y las dos inferiores de bola

Aguas abajo del sobrepresor la instalación se divide en 4 circuitos de DN 125, DN 25, DN 6 y DN 3. Cada uno de estos ramales cuenta con sus correspondientes válvulas de corte y con un medidor de caudal, electromagnético en los tres primeros casos y volumétrico en el último. El programa informático utiliza el circuito adecuado para el caudal que estamos ensayando aislando los otros tres con sus correspondientes válvulas neumáticas en los tres primeros casos y eléctrica en el último.



Fotografía 2-13 Válvulas de corte circuitos DN125, DN25 y DN6



Fotografía 2-14 Válvula de corte DN3

Cada uno de los ramales anteriores tiene un **medidor de caudal de referencia** para cumplir con la normativa UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.3, página 22, que establece que la variación relativa en el caudal durante cada ensayo (sin incluir el inicio o el final) no debe exceder $\pm 2.5 \%$ desde Q_1 hasta Q_2 (sin incluir) y $\pm 5.0\%$ desde Q_2 (incluido) hasta Q_4 . En los tres

primeros casos son caudalímetros electromagnéticos y en el último volumétrico. En la línea de DN125 hay un ISOIL DN125 con sensor MS 2500 y exactitud $\pm 0,4\%$, en la de DN25 hay un ISOIL DN25 con sensor MS 2500 y exactitud $\pm 0,4\%$, en la de DN6 hay un ISOIL DN6 con sensor MS 600 exactitud $\pm 0,4\%$ y en la de DN3 hay un contador volumétrico modelo VZS 005-ALU de Biotech.



Fotografía 2-15 Medidores de caudal

Durante los ensayos, los caudalímetros leen el caudal en tiempo real y proporcionan los valores al programa informático que regula las válvulas de control para mantener el caudal constante dentro del intervalo especificado por la normativa.

Después de los caudalímetros llegamos a las dos zonas de ensayo que están conectadas en paralelo y que son totalmente independientes. Ambas cumplen con la normativa UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.4.2, página 19, que dice que el contador debe instalarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Las conexiones de tuberías deben tener un diámetro nominal interno que encaje con la conexión correspondiente del contador.

La **zona de ensayo grande**, con tubería de DN 125, está diseñada para el ensayo de contadores que van desde DN 50 hasta DN 250, con una longitud total de 3650 mm aguas arriba y 1825 mm aguas abajo. En la siguiente tabla se muestran las distancias en diámetros de tubería de todas las combinaciones posibles.



Fotografía 2-16 Zona de ensayo grande

Tabla 2.1 Longitudes carretes zona ensayo grande

DN (mm)	Diámetros aguas arriba	Diámetros aguas abajo
250	15	7,3
200	18	9,1
150	24	12
125	29	15
100	37	18
80	46	23
65	56	28
50	73	37

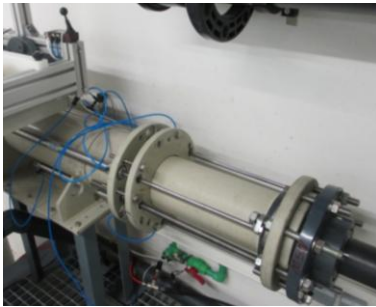
La **zona de ensayo pequeña** está pensada para ensayar contadores desde DN 13 hasta DN 40. Cuenta con tramos de tubería rectos específicos para cada DN, de forma que el tramo recto de tubería aguas arriba y abajo es siempre de 10D. La longitud total de la mesa de trabajo es de 1600 mm.



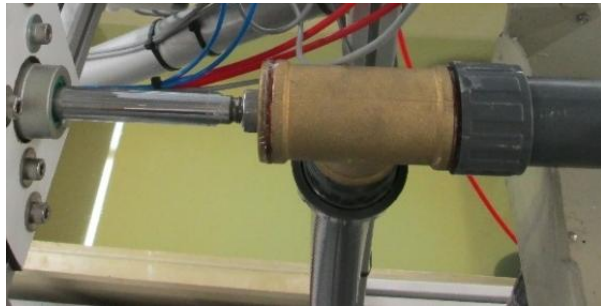
Fotografía 2-17 Zona de ensayo pequeña

Para poder intercalar con facilidad los diferentes contadores a ensayar, utilizamos en el caso de la zona de ensayo grande un **carrete telescópico** que está formado por dos tubos que se deslizan uno dentro del otro quedando la estanqueidad de ambos garantizada por una junta tórica unida a una brida deslizante. El conjunto queda fijado a la longitud deseada mediante varillas roscadas y tuercas.

La zona de ensayo pequeña cuenta con un cilindro neumático que empuja una “T”, comprimiendo los tubos de conexión que fijan los contadores objeto de ensayo.



Fotografía 2-18 Carrete telescópico zona grande



Fotografía 2-19 Carrete telescópico zona pequeña

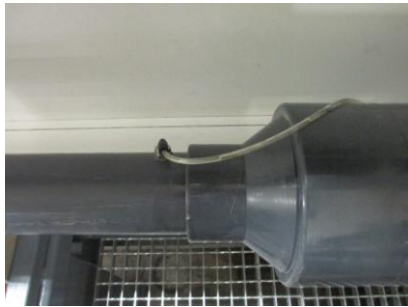
A lo largo de la instalación se utilizan **transductores o sensores de presión** que son elementos que transforman la presión en una señal eléctrica analógica. Deben de cumplir con la normativa UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.2, página 21, que nos dice que la incertidumbre máxima en la medición de la presión no debe ser mayor al 5 % del valor medido. Estos sensores se usan para medir la presión en las tuberías y en el depósito sobrepresor. Es necesario conocer este último valor en las situaciones descritas anteriormente en las que el depósito sobrepresor es el que inyecta agua a la instalación, el transductor que se utiliza es el modelo Keller PR 21 con una incertidumbre del $\pm 0,25\%$ FE.



Fotografía 2-20 Transductor de presión depósito sobrepresor

En lo que respecta a la presión en las tuberías, ambas zonas de ensayo cuentan con un transductor de presión aguas arriba, modelo Setra 206 con incertidumbre $\pm 0,13\%$ FE para la zona de ensayos grande y modelo Keller PR 21 incertidumbre $\pm 0,25\%$ FE para la pequeña, y otro aguas abajo modelo Keller PR 21 incertidumbre $\pm 0,25\%$ FE para ambas zonas. Como diferencia de las lecturas de los sensores aguas arriba y abajo se determina la pérdida de carga del contador para cada caudal, el programa informático registra cada aproximadamente 50

milisegundos la presión durante todo el ensayo y nos devuelve el valor mínimo de todas las lecturas asegurando así que este valor está por encima del mínimo que marca la normativa.



Fotografía 2-21 Toma de presión aguas arriba



Fotografía 2-22 Transductor de presión aguas arriba

DIRECTIVA 2004/22/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a los instrumentos de medida; ANEXO MI-001, 3, página 42. El intervalo de la presión relativa del agua en condiciones nominales de funcionamiento deberá ser de al menos 0.3 bar hasta una presión máxima de 10 bares a Q_3 .

UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.2, página 21. La variación de pérdida de presión no debe exceder:

- ± 5 % desde Q_1 hasta Q_2 (sin incluir).
- ± 10 % desde Q_2 (incluido) hasta Q_4 .

Finalmente, también hay un sensor de presión (barómetro), modelo Keller PAA 21 con incertidumbre $\pm 0,25\%$ FE que mide la presión atmosférica del laboratorio, necesaria para determinar la densidad del aire.



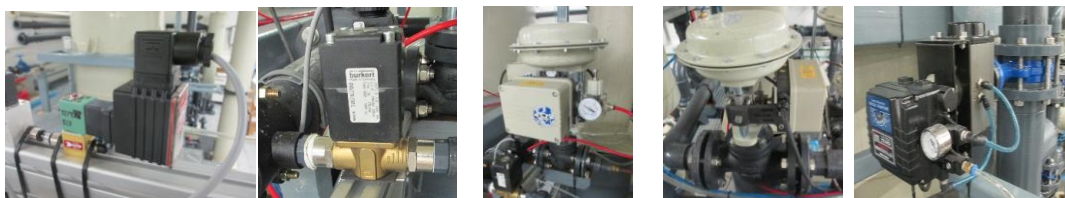
Fotografía 2-23 Barómetro

Una vez pasada la zona de ensayo y antes de llegar a los depósitos, necesitamos regular el caudal, para ello contamos con cinco **válvulas reguladoras**, de las cuales tres son neumáticas y dos eléctricas. Mediante un control PID el programa informático las regula para mantener en

todo momento el caudal dentro de los valores de ensayo permitidos por la normativa UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.7.3, página 22. La variación relativa en el caudal durante cada ensayo (sin incluir el inicio o el final) no debe exceder $\pm 2.5 \%$ desde Q_1 hasta Q_2 (sin incluir); $\pm 5.0 \%$ desde Q_2 (incluido) hasta Q_4 . ISO 4064-3-2005; apartado 5.7.2, página 9.

Además, el cierre progresivo de las mismas permite detener el flujo sin que se produzca golpe de ariete.

Una válvula reguladora controla el caudal de cada depósito, excepto en el caso del depósito pequeño que requiere de dos válvulas para controlar con suficiente precisión su rango de caudales.



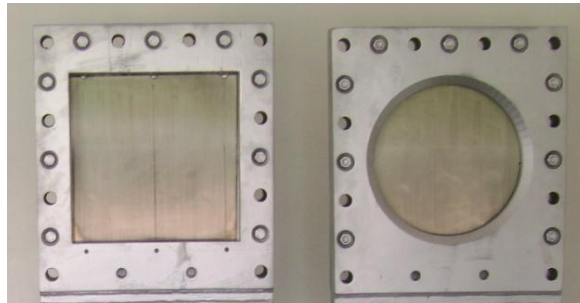
Fotografía 2-24 Válvulas reguladoras de caudal

Pasadas las válvulas reguladoras de caudal, se puede hacer que el caudal de agua o bien retorne al depósito de almacenamiento o se recoja en uno de los 4 depósitos gravimétricos con los que cuenta la instalación. Para derivar el agua se cuenta con unas válvulas especialmente diseñadas para que desvíen el flujo sin que se modifique el caudal de circulación. De esta forma podemos hacer el ensayo a contador lanzado, es decir estableciendo un caudal de circulación y ensayando el contador para ese caudal determinado. El sistema de desviación de flujo funciona de manera que no cambian las características del flujo, ya que si lo hiciese, el caudal de circulación cambiaría, desviándose del caudal de referencia, e introduciendo un error en el ensayo.

Los elementos que posibilitan esta modalidad de ensayo son los **desviadores de flujo**. Estos dispositivos tienen que cumplir con la norma ISO 4185; apartado 3.1, página 7, que especifica que el movimiento del desviador debe ser rápido (≤ 0.1 s), con el fin de reducir la posibilidad de un error importante sobre la medida del tiempo de llenado, y la norma UNE-EN ISO 4064-2-2015; apartado 7.4.2.2.5.3, página 21, que dice que la incertidumbre introducida en el volumen puede considerarse insignificante si los tiempos de movimiento del desviador de flujo en cada dirección son idénticos dentro de un 5% y este tiempo es menor de 1/50 del tiempo total del ensayo.

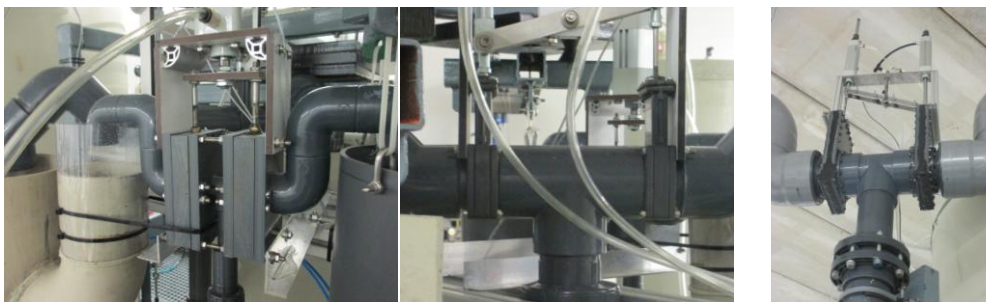
Se han diseñado unas **válvulas desviadoras de flujo**, que permiten de una manera económica y sin ocupar mucho espacio, variar rápidamente la trayectoria de grandes cantidades de líquido minimizando el efecto de la acción de la válvula en el flujo, garantizando que siempre se restrinja el paso del fluido por una sección, simultáneamente y en la misma proporción se permita el paso por la otra, todo ello sin ningún tipo de fugas de líquido ni hacia el exterior ni entre las distintas secciones de paso. En un circuito hidráulico diseñado para que haya dos trayectorias posibles del fluido, si ambas tienen el paso abierto se bifurcará el flujo por ambos lados, en el caso de que los dos pasos estén completamente cerrados no habrá circulación de fluido.

Las válvulas están diseñadas para que mientras se produce la apertura de la compuerta A, simultáneamente se esté cerrando la compuerta B, siendo además las dos secciones, la de apertura y la de cierre, iguales en todo momento, con lo que el flujo siempre tiene la misma sección de paso total, no afectándole desde el punto de vista hidráulico, (variación de la presión, velocidad y caudal) el accionamiento de la válvula. Esto se consigue con compuertas de sección rectangular, en las que el área de apertura o cierre es para la misma distancia siempre la misma.



Fotografía 2-25 Ejemplo diferentes tipos de guillotina

Para conseguir que varíen simultáneamente, las dos compuertas tipo guillotina, están unidas a través de un balancín pivotado en el centro, de forma que mientras una compuerta se está abriendo la otra se está cerrando y viceversa.



Fotografía 2-26 Válvulas desviadoras de flujo

Los cilindros neumáticos que accionan las válvulas desviadoras de flujo tienen **detectores magnéticos de posición** de forma que se puede medir el tiempo que tardan en actuar. Este tiempo nos sirve para verificar que el tiempo de apertura y cierre es similar dentro de lo que estipula la normativa. Además como contamos con estas variables, las utilizamos para calcular de una forma más precisa el tiempo de llenado del depósito como la suma del tiempo de ensayo mas la mitad del tiempo de apertura de la válvula de guillotina y la mitad del tiempo de cierre de la misma.

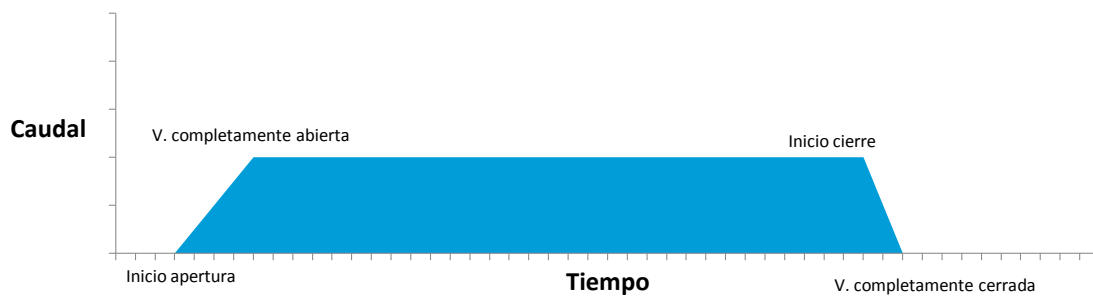
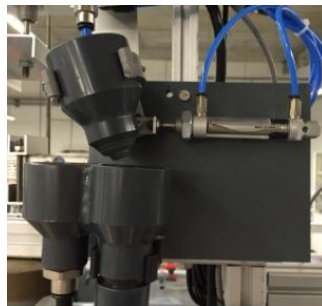


Ilustración 2.5 Cálculo tiempo llenado depósito

En el caso del depósito de 1 litro la instalación cuenta con un desviador de flujo tradicional, en el que un cilindro neumático hace pivotar un embudo que dirige el agua o bien al depósito de pesada gravimétrica o al de almacenamiento o retorno.



Fotografía 2-27 Desviador de flujo depósito de 1 L

Hay 4 **depósitos gravimétricos**, el más grande tiene una capacidad de 4500 litros, los medianos de 180 y 6 litros y el más pequeño de 1 litro. El depósito grande descansa sobre 4 células de carga, los otros tres sobre una única célula de carga. Los cuatro depósitos cuentan con unas pesas calibradas y un sistema automático de calibración, de tal manera que por medio de unos cilindros neumáticos los depósitos se cargan con las pesas calibradas. En el caso del depósito

grande y del mediano, y tal y como establece la normativa, no es necesario contar con la totalidad de la capacidad de pesada del depósito en pesas calibradas, sino que solamente es necesario contar con un 25%, pudiendo el resto de la calibración realizarse sustituyendo progresivamente las pesas por agua. *“Se debe realizar una prueba por la carga completa en valor de masa convencional con pesas patrón. Pero donde esto no sea posible, se puede usar cualquier carga que satisfaga las condiciones descritas en la normativa para sustituirla. Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments (EURAMET/cg-18/v.02); 4.3.3, página 9”.*

Otro de los aspectos con los que tienen que cumplir los depósitos es que el tiempo de llenado para el caudal más elevado previsto sea de al menos 30s. ISO 4185; 3.3, página 14., siendo este dato el que nos marca el caudal máximo que podemos utilizar con cada depósito. El caudal mínimo por depósito viene determinado por el tiempo máximo que se quiere emplear en la lectura de uno de los puntos del ensayo.

Depósito con capacidad para 4500 litros.
Descansa sobre 4 células de carga de capacidad máxima 3000 kg cada una, y con una lectura mínima de 12000 puntos.
Dispone de 1421,73 kg en pesas calibradas.



Fotografía 2-28 Depósito 4500 L

Depósito con capacidad para 180 litros.
Cuelga de una célula de carga de capacidad máxima 300 kg, y con una lectura mínima de 10000 puntos. Dispone de 117,796 kg en pesas calibradas.



Fotografía 2-29 Depósito 180 L

Depósito con capacidad para 12 litros. Cuelga de una célula de carga de capacidad máxima 20 kg, y con una lectura mínima de 10000 puntos. Dispone de una pesa calibrada de 11,844 kg.



Fotografía 2-30 Depósito 12 L

Depósito con capacidad para 1 litros. Cuelga de una célula de carga de capacidad máxima 6 kg, y con una lectura mínima de 10000 puntos. Dispone de una pesa calibrada de 0,960 kg.



Fotografía 2-31 Depósito 1 L

Para el **control y adquisición de datos** de los diferentes elementos se utilizan tarjetas de adquisición de datos de 22 bits, lo que proporciona una alta resolución. Toda la electrónica está alojada en un armario donde además de la tarjeta mencionada están las fuentes de alimentación, los amplificadores de tensión, convertidores de frecuencia, temperatura y corriente, tarjetas de relés, etc.

Todo el banco está gobernado por un **sistema informático** que gestiona todas las variables y elementos de control y establece alarmas de forma que una vez realizado el ensayo se asegure de que todos los parámetros estén dentro del rango permitido por la normativa y se pueda concluir que el ensayo ha sido válido.

De esta forma el proceso de calibración está completamente automatizado evitando en gran parte los errores humanos.

En el apartado 2.7 se describe de forma más detallada todo el proceso de ensayo.

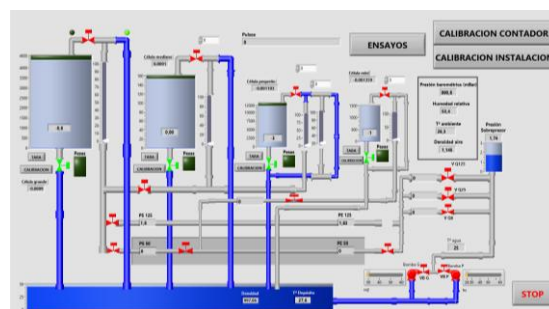


Ilustración 2.6 Pantalla principal programa informático

2.5 Válvulas desviadoras de flujo, validación de su utilización frente a desviadores de flujo

En la Norma ISO 4185:1980, se describen los desviadores de flujo que se pueden utilizar para el ensayo de contadores, siendo en principio o bien tuberías o canales pivotantes o placas desviadoras de una lámina de agua. Los sistemas descritos requieren de grandes dimensiones, ya que se trabaja a presión atmosférica y uno de los aspectos fundamentales es evitar las salpicaduras de agua al exterior, por lo que la velocidad del agua debe de ser muy pequeña. Estas grandes dimensiones hacen que sea muy difícil implementarlos para grandes caudales, pero sobre todo en laboratorios pequeños, es por eso por lo que se ha desarrollado una válvula de tres vías con la función de desviador de flujo. Este sistema permite alcanzar grandes caudales en un espacio reducido y evita los problemas de salpicaduras.

El desarrollo de esta válvula se ha protegido mediante el Modelo de utilidad Nº Solicitud 201400795, Nº Publicación ES1135594, siendo el Titular Iñigo Albaina López de Armentia y con Fecha Expedición 09/09/2015, cuyo título se adjunta en el ANEXO I.

La válvula desarrollada sirve para desviar la trayectoria del flujo de un líquido en una instalación hidráulica cuando se requiere que tal desviación se produzca lo más rápidamente posible y sin ninguna pérdida de líquido. Está diseñada para utilizarla en bancos de ensayo en los que es necesario conocer el volumen de líquido circulante a determinados caudales y la medida del mencionado volumen se hace recogiendo el líquido en depósitos gravimétricos o volumétricos.

Existen en el mercado numerosas válvulas para la desviación del flujo en una instalación hidráulica, las comúnmente denominadas válvulas de 3 vías, las hay incluso de 4 vías, etc. En este tipo de válvulas el objetivo principal es conseguir que el flujo tome un camino diferente dentro de una instalación hidráulica. En el funcionamiento de estas válvulas no es importante la rapidez con la que se produzca el cambio, más bien al contrario, normalmente se requiere que este cambio sea lo más gradual posible para evitar golpes de ariete en la instalación. Tampoco es importante que durante el cambio de trayectoria, parte del caudal continúe durante un tiempo indeterminado circulando por la trayectoria primitiva, ni que éste cambie durante el accionamiento de la válvula. Sin embargo, cuando lo que se quiere conseguir es determinar el caudal que está circulando por una instalación para un caudal fijado previamente, entonces es necesario que la desviación del flujo se produzca lo más rápidamente posible, (para conocer con precisión el tiempo de inicio de la recogida de

volumen), que de forma casi instantánea se produzca la desviación de la totalidad del flujo para medir el volumen exacto y que no haya una variación del caudal, que previamente habíamos fijado como consigna, para no perturbar las condiciones de ensayo.

En la actualidad cuando se quiere desviar el flujo de un líquido que circula por una conducción para recogerlo en un depósito por ejemplo, y esto se quiere hacer lo más rápidamente posible y de forma que no afecte al caudal en circulación, se recurre a complejos desviadores de flujo que suelen contar con un colector o distribuidor donde el líquido se homogeniza saliendo al exterior en forma de lámina o chorro de agua a presión atmosférica, y una placa que pivota respecto a un eje por un dispositivo mecánico produciendo con su movimiento la desviación de la lámina o chorro a la salida del colector haciendo que éste tome un camino u otro, normalmente o bien hacia un depósito donde se recoge el líquido para su contaje o hacia la recirculación del mismo en el circuito hidráulico. Con el fin de evitar salpicaduras, que significarían una pérdida de volumen de agua y por lo tanto un error en el contaje de la misma, en estos desviadores el agua no suele tener velocidades elevadas a la salida, por lo que para grandes caudales suelen ser bastante voluminosos, complejos y costosos.

La válvula que se ha desarrollado tiene como objetivo permitir de una manera económica y poco voluminosa variar lo más rápidamente posible la trayectoria de grandes cantidades de líquido minimizando el efecto de la acción de la válvula en el flujo, garantizando los siguientes aspectos:

- Que siempre que se restrinja el paso del fluido por una sección, simultáneamente y en la misma proporción se permita el paso por la otra sección, todo ello sin ningún tipo de fugas de líquido ni hacia el exterior ni entre las distintas secciones de paso.
- Que el tiempo de accionamiento sea mínimo y sobre todo el mismo en ambos sentidos.
- Que no haya ningún volumen de agua que pueda variar entre acciones consecutivas de la válvula porque la cantidad almacenada sea cada vez diferente.

En un circuito hidráulico diseñado para que haya dos trayectorias posibles del fluido, si ambas tienen el paso abierto se bifurcará el flujo por ambos lados, en el caso de que los dos pasos estén completamente cerrados no habrá circulación de fluido, si ambos pasos están parcialmente cerrados, el flujo se bifurcará por cada uno de ellos en la proporción de sus secciones de paso. Para resolver el primero de los aspectos mencionados anteriormente, este dispositivo está diseñado de forma que mientras se produce la apertura de la compuerta A,

simultáneamente y en la misma proporción se esté cerrando la compuerta B. Las guillotinas de cierre son rectangulares, con lo que se consigue que ambas secciones, la de apertura y la de cierre, sean iguales en todo momento, con lo que el flujo siempre tiene la misma sección de paso total, no afectándole desde el punto de vista hidráulico, (variación de la presión, velocidad y caudal) el accionamiento de la válvula. Para conseguir que varíen simultáneamente, las dos compuertas tipo guillotina están unidas a través de un balancín pivotado en el centro, de manera que mientras una compuerta se está abriendo la otra se tiene que estar cerrando y viceversa.

El segundo de los aspectos se soluciona utilizando cilindros neumáticos para accionar las guillotinas unidas por el balancín. Con este sistema conseguimos la rapidez necesaria en la acción de abrir y cerrar las guillotinas, pero para que el tiempo de accionamiento sea el mismo, hay que utilizar cilindros de doble vástago, de forma que la sección del cilindro sobre la que actúa la presión del aire y por lo tanto la fuerza ejercida sea la misma. En los cilindros de doble efecto habituales, de un solo vástago, las secciones de trabajo son diferentes en un sentido que en otro porque precisamente en uno de los lados hay que restar la sección del vástago a la total del cilindro.

Para resolver el tercero y último de los aspectos, se ha añadido a la salida de la válvula un doble codo de 90º por cada lado con el objetivo de que la cantidad de agua almacenada sea siempre la misma después de cada uso, y la posible diferencia de volúmenes no afecte a la exactitud de las lecturas.

A continuación se realiza una descripción detallada del conjunto que se compone de dos válvulas tipo guillotina (3) unidas por una te. Las válvulas cuentan en su interior con unas placas que se desplazan verticalmente guiadas por unas ranuras verticales. Con estas placas se obtura el paso del líquido a través de las secciones. Estas placas son desplazadas por unas varillas unidas a una pletina que trabaja a modo de balancín (2) y es la encargada de conectar ambas guillotinas y garantizar el movimiento relativo entre ambas válvulas. De esta forma nos aseguramos que cuando una guillotina abre la otra cierra, siendo la suma de la sección total de paso del fluido la misma en todo momento, ya que la sección de cierre de una de ellas es siempre igual a la sección de apertura de la otra. El balancín es accionado mediante cilindros neumáticos que cuentan sólo con dos posiciones posibles, paso de todo el flujo o por una de las secciones de salida o por la otra.

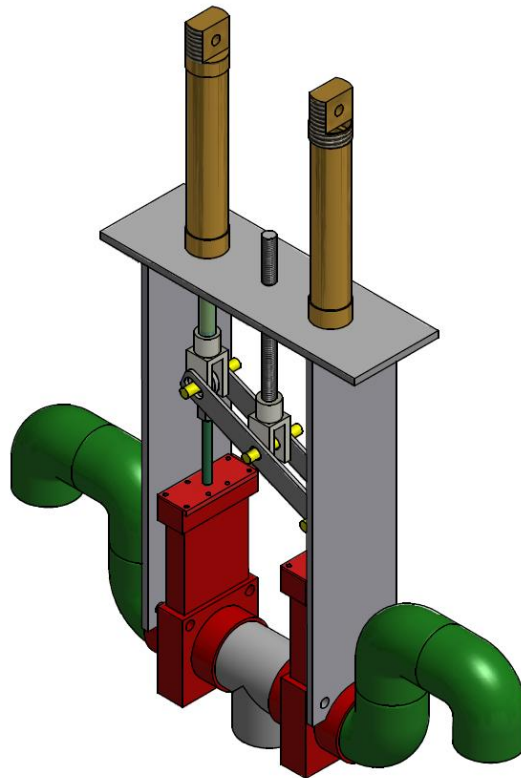


Ilustración 2.7 Dibujo en 3D válvula desviadora de flujo

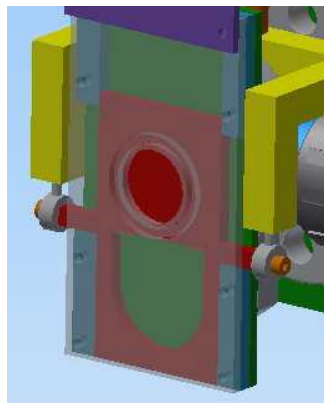


Ilustración 2.8 Detalle de guillotina

En la siguiente figura se muestra una vista de la válvula, en ella se visualizan la disposición de los elementos que la conforman. El elemento 1 son los accionadores que en este caso son cilindros neumáticos, el elemento 2 es el balancín, los elementos 3 son las válvulas tipo guillotina en cuyo interior van alojadas las placas, estas, como puede apreciarse en la figura 2, son rectas y no curvadas en la parte frontal que recorre la sección de flujo para cumplir con la premisa de que la sección de apertura/cierre sea siempre la misma en las dos secciones. Finalmente el elemento 4 son las horquillas que permiten la unión entre los accionadores y el balancín.

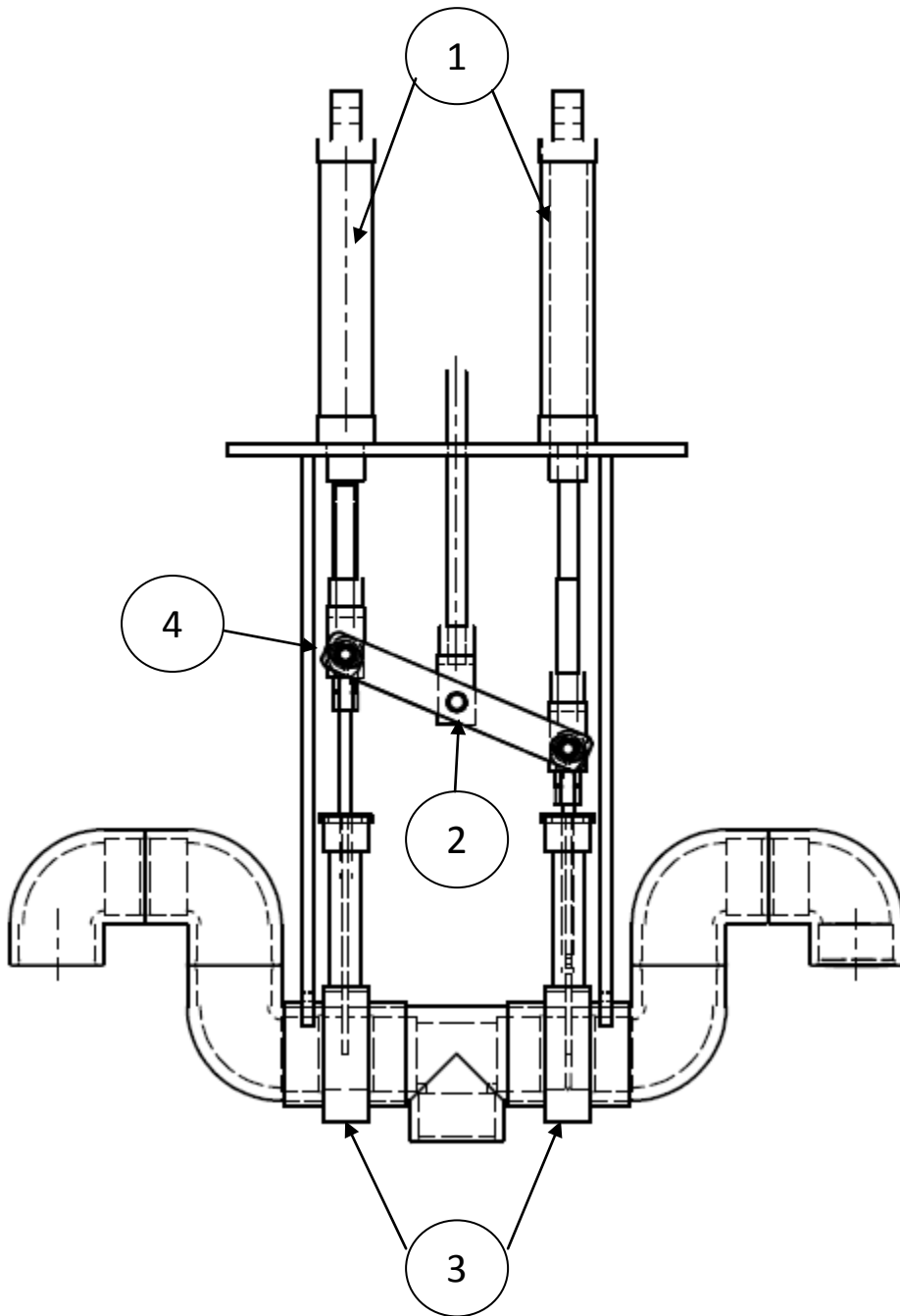


Ilustración 2.9 Plano Válvula desviadora de flujo

Ensayos

Para probar el correcto funcionamiento de este tipo de sistema como desviador de flujo, se han realizado una serie de ensayos.

En el primero de ellos, se ha desarrollado un pequeño programa para medir los tiempos de apertura y cierre de cada una de ellas, asegurando que se está dentro de lo que marca la normativa.



Ilustración 2.10 Pantallas programa lectura tiempos apertura/cierre válvulas desviadoras de flujo

Con este programa se han obtenido los datos reflejados en la tabla siguiente donde se muestran los tiempos medios de desviación de las tres válvulas desviadoras de flujo y el porcentaje de variación entre ambos.

Tabla 2.2 Tiempos apertura/cierre válvulas desviadoras de flujo

DN (mm)	Tiempo apertura (ms)	Tiempo cierre (ms)	% Variación
125	272	232	14
50	170	136	22
20	138	135	2,1

Se ha comprobado también como afecta el accionamiento de las válvulas al caudal en circulación, ya que para cumplir con la normativa, en todo el proceso esta variación tiene que ser como máximo un $\pm 2,5\%$ desde Q1 a Q2 (no inclusive) y $\pm 5,0\%$ desde Q2 (inclusive) a Q4. Para ello el sistema realiza lecturas del caudal cada como máximo 50 milisegundos y refleja sus valores en un gráfico y los almacena, devolviendo, después de terminado el ensayo, el valor máximo y mínimo alcanzado incluido el instante de accionamiento de la válvula, con lo que en todo instante está monitorizada la posible repercusión de la válvula en el ensayo.

Se muestran a continuación las gráficas para dos caudales diferentes con la misma válvula, la de **DN50**.

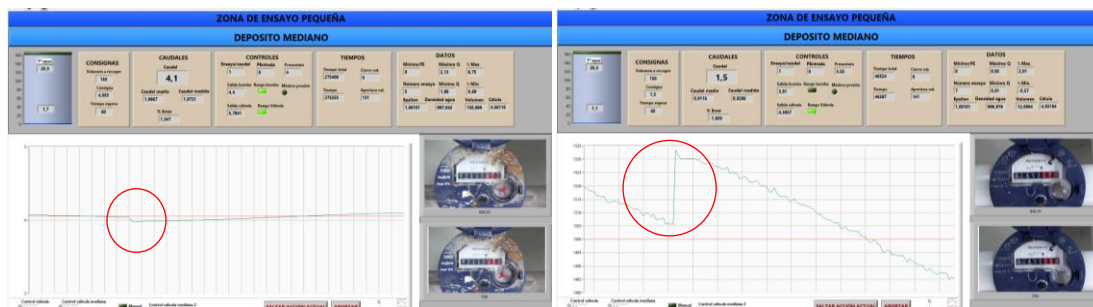


Ilustración 2.11 Comportamiento válvulas desviadoras de flujo en apertura

Aparentemente son comportamientos dispares, pero en realidad son prácticamente el mismo resultado, todo tiene que ver con el escalado de los datos. En el caso de la izquierda la consigna, la línea roja, es un caudal de $4,1\text{ m}^3/\text{h}$ que es el que estamos leyendo, línea verde. En el instante del accionamiento de la válvula se produce un pequeño escalón, descendiendo el caudal hasta aproximadamente $4\text{ m}^3/\text{h}$, lo que supone una variación porcentual del $2,4\%$.

En el caso de la derecha el salto va desde 1506 a 1533 l/h o lo que es lo mismo una variación del $1,76\%$.

Se ha realizado otro programa para hacer el ensayo que se indica en el Anexo A de la norma ISO 4185-1980, método 1 para corregir el error cometido por el desviador de flujo en la determinación del tiempo de ensayo.

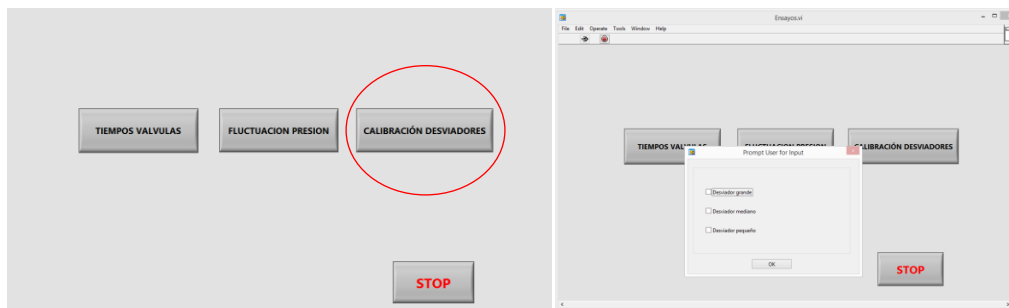


Ilustración 2.12 Programa calibración desviadores de flujo

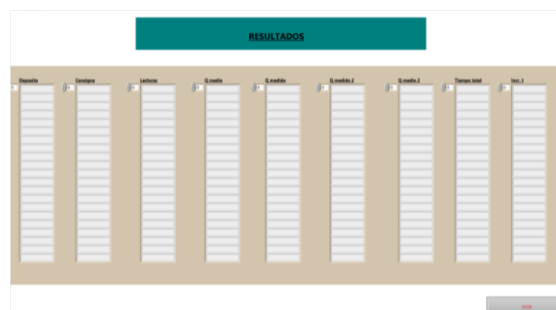
The image shows a screenshot of a results table titled 'RESULTADOS'. The table has a header row with the following columns: 'Desviador', 'Carga', 'Lectura', 'Q. medida', 'Q. medida 2', 'Q. medida 3', 'Q. medida 4', 'Tiempo total', and 'Rta. 1'. Below the header, there are several rows of data, each with a small 'x' icon in the first column. The table is displayed in a light beige color with a dark green header bar.

Ilustración 2.13 Programa calibración, tabla de resultados

Se muestran a continuación los resultados obtenidos.

Tabla 2.3 Datos válvula desviadora DN125

Consigna	Lecturas	Qmedio (m ³ /h)	Qmedido (m ³ /h)	Qmedio2 (m ³ /h)	Qmedido2 (m ³ /h)	Tiempo total (ms)	Δt (ms)
120	26	120,12	120,05	120,25	119,63	134812	11,9
120	26	120,17	119,96	120,19	119,68	134630	6,68
						Promedio	9,29
90	26	90,21	89,86	90,21	89,53	179340	12,93
90	26	89,98	89,76	90,09	90,36	179641	-18,7
90	26	90,15	89,77	90,34	90,41	179316	-17,24
90	26	90,28	89,94	90,17	90,18	179736	-13,2
90	26	90,23	89,84	90,34	89,55	179378	15,09
						Promedio	-4,22
50	26	50,3	49,99	50,23	49,91	321794	1,07
60	26	60,78	59,91	60,75	59,99	266213	-10,36
60	26	60,91	60,02	60,68	60,55	266412	-63
60	26	60,81	59,93	60,62	60,36	266772	-50,88
60	26	60,66	60	60,54	60,02	267190	-11,38
						Promedio	-26,91
30	26	29,92	30,03	30,09	29,89	536690	0,34
30	26	30,42	30,12	30,08	29,94	536869	-0,18
30	26	30,32	29,98	30,08	29,98	536765	-80,66
30	26	30,28	29,98	30,21	30,05	534560	-47,88
30	26	30,29	29,98	30,26	29,99	533778	-13,46
30	26	30,32	29,99	30,23	29,91	534152	-4,8
						Promedio	-29,39

Tabla 2.4 Datos válvula desviadora DN25

Consigna	Lecturas	Qmedio (m ³ /h)	Qmedido (m ³ /h)	Qmedio2 (m ³ /h)	Qmedido2 (m ³ /h)	Tiempo total (ms)	Δt (ms)
15	25	15,02	15	14,8	15,03	36848	-12,46
15	25	15	14,99	14,8	14,97	36956	-8,73
15	25	14,99	15	14,76	15,01	37024	-12,2
15	25	14,98	15	14,75	15,01	37106	-12,31
						Promedio	-11,42
10	25	9,98	10	9,93	9,96	55032	-2,38
10	25	9,95	10	9,83	9,95	55577	-7,14
10	25	9,93	10	9,89	9,99	55318	-3,33
10	25	9,99	10	9,93	9,97	55032	-2,78
10	25	9,99	10	9,91	9,97	55050	-6,28
						Promedio	-4,38
6	25	5,45	5,5	5,45	5,5	100179	1,92
6	25	5,99	6,01	5,98	5,99	91406	0,99
6	25	5,98	6,01	5,95	5,98	91642	-2,02
6	25	6	6	5,96	6,01	91738	-12,71
6	25	5,98	6	5,97	6	91442	-2,03
						Promedio	-2,77
3	25	2,99	3	2,98	2,98	183150	13,93
3	25	2,99	3	2,99	3,02	181945	-13,55
3	25	2,99	3	3,01	3	181238	24,89
3	25	2,99	3	2,98	3,01	182681	-11,45
3	25	2,99	3	3	2,99	181903	21,04
						Promedio	6,97

Tabla 2.5 Datos válvula desviadora DN20

Consigna	Lecturas	Qmedio (m ³ /h)	Qmedido (m ³ /h)	Qmedio2 (m ³ /h)	Qmedido2 (m ³ /h)	Tiempo total (ms)	Δt (ms)
1	25	1,02	0,99	1,04	0,99	40202	22,85
1	25	1,02	0,99	1,04	0,99	40158	20,91
1	25	1,02	0,99	1,04	0,99	40346	16,58
1	25	1,02	0,99	1,04	0,99	40203	23,05
1	25	1,02	0,99	1,05	0,99	40072	23,95
						Promedio	21,47
0,7	25	0,71	0,7	0,72	0,7	58096	20,03
0,7	25	0,71	0,7	0,73	0,7	57631	23,84
0,7	25	0,71	0,7	0,73	0,7	57784	21,39
0,7	25	0,71	0,7	0,73	0,7	57660	18,75
0,7	25	0,71	0,7	0,73	0,7	57526	27,79
0,7	25	0,71	0,7	0,73	0,7	57662	22,81
						Promedio	22,44
0,35	25	0,35	0,35	0,36	0,34	117430	55,98
0,35	25	0,35	0,35	0,35	0,34	118004	38,88
0,35	25	0,35	0,35	0,36	0,34	117262	48,74
0,35	25	0,35	0,35	0,35	0,34	117714	40,67
						Promedio	46,07

Con este método se pretende reducir el error cometido por la instalación en la determinación del tiempo de recogida del volumen de agua del ensayo. La obtención de este error es importante cuando se quiere determinar el caudal de circulación, es decir cuando se están ensayando caudalímetros. No lo es tanto en el caso en el que lo que se pretende determinar es el volumen realmente trasegado, caso de los contadores.

Como podemos apreciar en las tablas de resultados, los tiempos de corrección son pequeños, siendo el más desfavorable de todos ellos el caso del caudal más pequeño del depósito de 12 litros en el que se alcanza un promedio de 46 milisegundos.

2.6 Determinación de la incertidumbre de la instalación

Se sigue el procedimiento establecido en ISO 4185-1980E en el apartado 6 que se basa a su vez en ISO 5168 y las pautas recomendadas en la “Guía para la expresión de la incertidumbre de medida”, recogidas en “Procedimiento ME-008 para la calibración de caudalímetros de líquidos” del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Incertidumbre típica asociada al instrumento de pesaje

Del historial de calibraciones de los depósitos obtenemos la deriva máxima en porcentaje como la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de los valores de la pendiente entre la media de esta.

$$\text{Deriva máxima (\%)} = \frac{(\text{Máximo valor de la pendiente} - \text{mínimo valor de la pendiente})}{\text{valores de la pendiente}}$$

La repetibilidad se obtiene como el producto de la desviación estándar de las lecturas de las células de carga con las masas patrón por la media de la pendiente.

$$\text{Desviación estándar } s_{\alpha v} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_{vi} - \bar{\alpha}_v)^2}{(n-1)}}$$

$$\text{Repetibilidad} = s_{\alpha v} * \overline{\text{pendiente}}$$

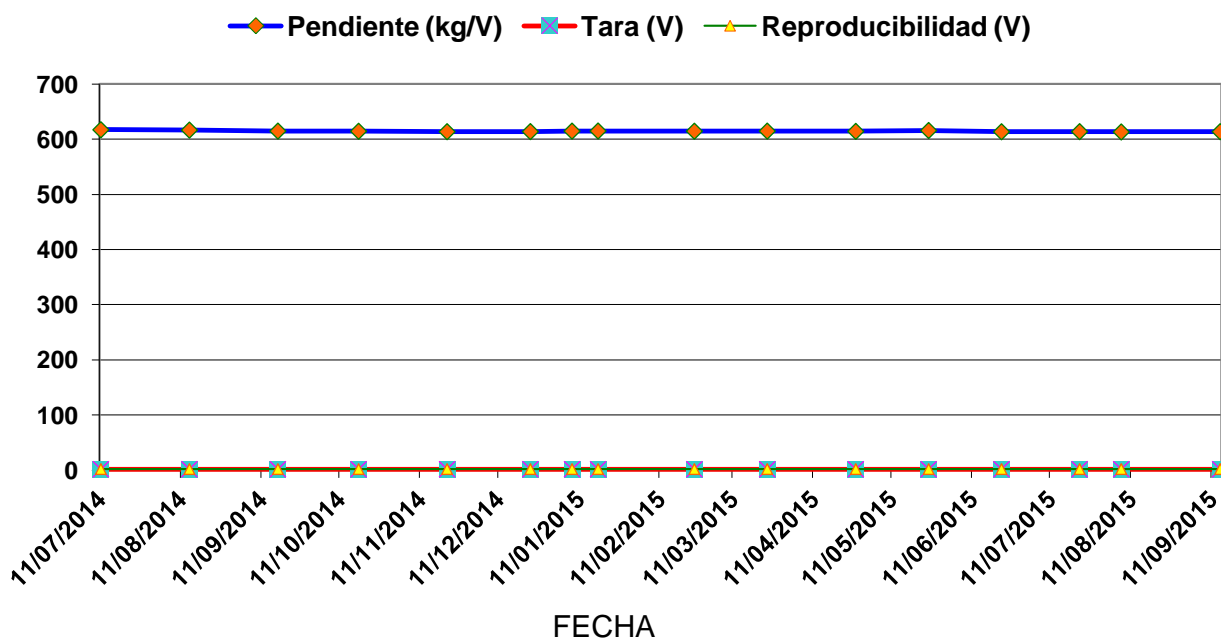


Ilustración 2.14 Historial de calibración depósito 4500 L

Tabla 2.6 Datos historial calibración depósito 4500 L

	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
11/07/2014	617,217	1,962	2,333
14/08/2014	616,669	1,962	2,336
17/09/2014	614,853	1,962	2,339
18/10/2014	614,524	1,962	2,339
21/11/2014	613,728	1,962	2,339
23/12/2014	613,915	1,962	2,339
08/01/2015	614,808	1,963	2,333
18/01/2015	614,995	1,961	2,339
24/02/2015	614,609	1,961	2,340
24/03/2015	614,823	1,961	2,339
27/04/2015	614,324	1,961	2,338
25/05/2015	615,915	1,961	2,339
22/06/2015	613,656	1,959	2,338
22/07/2015	613,834	1,960	2,338
07/08/2015	613,280	1,962	2,338
14/09/2015	613,764	1,959	2,338

Incertidumbre deriva máxima	= 5257,07 g
Incertidumbre deriva máxima	= 0,12 %
Desviación estándar pendiente	=0,18 %
Desviación estándar tara	=0,06 %
Reproducibilidad	=1308,40 g

Errores Sistemáticos

Incertidumbre certificado de calibración	$\mu_{CAL} = \pm 20 \text{ g}$	$\mu_{CAL} = \pm 0.006 \%$
Incertidumbre resolución instrumento	$\mu_{RES} = \pm 144 \text{ g}$	$\mu_{RES} = \pm 0.005 \%$

$$[\mu_M]_{SIST} = \sqrt{\mu_{CAL}^2 + \mu_{RES}^2} = 146 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{SIST} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{CAL}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{RES}}{m}\right]^2} = 0.01 \%$$

Errores Aleatorios

Incertidumbre variación temperatura instrumento	$\mu_{TEMP} = \pm 39 \text{ g}$	$\mu_{TEMP} = \pm 0.0013 \%$
Incertidumbre deriva del instrumento	$\mu_{DER} = 5257 \text{ g}$	$\mu_{DER} = 0.12\%$
Incertidumbre sistema adquisición datos	$\mu_{DAT} = \pm 12 \text{ g}$	$\mu_{DAT} = \pm 0.0004 \%$
Incertidumbre repetibilidad instrumento	$\mu_{REP} = 1308 \text{ g}$	$\mu_{REP} = 0.09\%$

$$[\mu_M]_{ALE} = \sqrt{\mu_{TEMP}^2 + \mu_{DER}^2 + \mu_{DAT}^2 + \mu_{REP}^2} = 5418 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{ALE} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{TEMP}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DER}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DAT}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{REP}}{m}\right]^2} = 0.15 \%$$

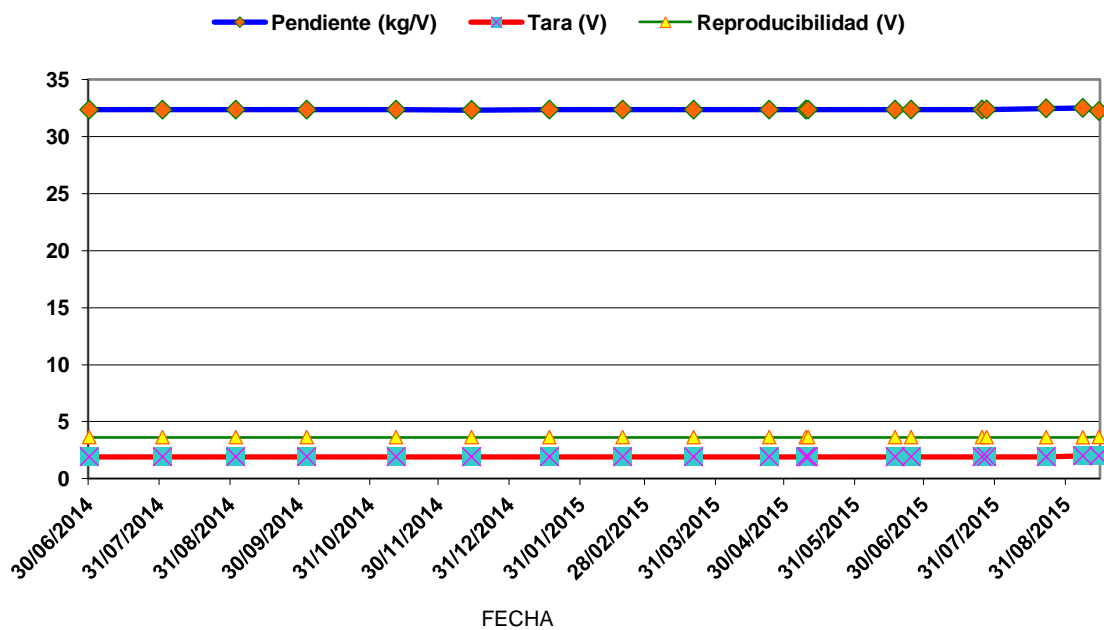


Ilustración 2.15 Historial calibración depósito 180 L

Tabla 2.7 Datos historial de calibración depósito 180 L

	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
30/06/2014	32,358	1,913	3,635
01/08/2014	32,358	1,914	3,635
02/09/2014	32,360	1,913	3,634
03/10/2014	32,360	1,914	3,634
11/11/2014	32,364	1,913	3,634
14/12/2014	32,343	1,914	3,636
17/01/2015	32,363	1,914	3,634
18/02/2015	32,372	1,913	3,633
21/03/2015	32,358	1,913	3,635
23/04/2015	32,363	1,913	3,634
09/05/2015	32,367	1,913	3,634
10/05/2015	32,368	1,913	3,633
17/06/2015	32,365	1,912	3,634
24/06/2015	32,372	1,913	3,633
25/07/2015	32,373	1,913	3,633
27/07/2015	32,379	1,913	3,632
22/08/2015	32,474	1,909	3,622
07/09/2015	32,514	1,995	3,618
14/09/2015	32,239	1,990	3,642

Incertidumbre deriva máxima =577,80 g
 Incertidumbre deriva máxima =0,39 %
 Desviación estándar pendiente =0,16 %
 Desviación estándar tara =1,31 %
 Reproducibilidad =161,33 g

Sistemáticos

Incertidumbre certificado de calibración $\mu_{CAL} = \pm 10 \text{ g}$ $\mu_{CAL} = \pm 0.008 \%$
 Incertidumbre resolución del instrumento $\mu_{RES} = \pm 17 \text{ g}$ $\mu_{RES} = \pm 0.006 \%$

$$[\mu_M]_{SIST} = \sqrt{\mu_{CAL}^2 + \mu_{RES}^2} = 20 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{SIST} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{CAL}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{RES}}{m}\right]^2} = 0.01 \%$$

Aleatorios

Incertidumbre variación temperatura instrumento	$\mu_{TEMP} = \pm 3.9 \text{ g}$	$\mu_{TEMP} = 0.0013 \%$
Incertidumbre deriva instrumento	$\mu_{DER} = \pm 578 \text{ g}$	$\mu_{DER} = \pm 0.39\%$
Incertidumbre sistema adquisición datos	$\mu_{DAT} = \pm 1.2 \text{ g}$	$\mu_{DAT} = \pm 0.0004 \%$
Incertidumbre repetibilidad instrumento	$\mu_{REP} = \pm 161 \text{ g}$	$\mu_{REP} = \pm 0.14\%$

$$[\mu_M]_{ALE} = \sqrt{\mu_{TEMP}^2 + \mu_{DER}^2 + \mu_{DAT}^2 + \mu_{REP}^2} = 600 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{ALE} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{TEMP}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DER}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DAT}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{REP}}{m}\right]^2} = 0.41 \%$$

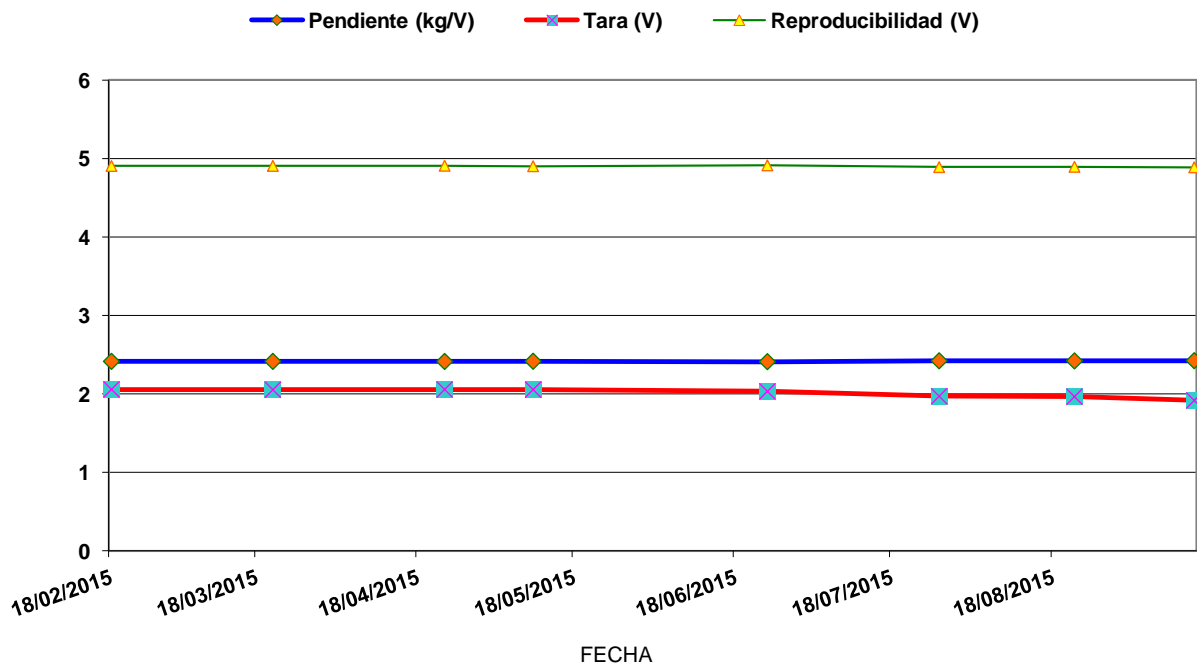


Ilustración 2.16 Historial de calibración depósito 12 L

Tabla 2.8 Datos historial de calibración depósito 12 L

	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
18/02/2015	2,415	2,057	4,904
21/03/2015	2,415	2,053	4,905
23/04/2015	2,414	2,057	4,907
10/05/2015	2,416	2,055	4,901
24/06/2015	2,411	2,032	4,912
27/07/2015	2,422	1,971	4,890
22/08/2015	2,420	1,965	4,894
14/09/2015	2,423	1,916	4,887

Incertidumbre deriva máxima	=35,03 g
Incertidumbre deriva máxima	=0,30 %
Desviación estándar pendiente	=0,18 %
Desviación estándar tara	=2,73 %
Reproducibilidad	=21,49 g

Errores Sistemáticos

Incertidumbre certificado calibración	$\mu_{CAL} = \pm 1 \text{ g}$	$\mu_{CAL} = \pm 0.008 \%$
Incertidumbre resolución instrumento	$\mu_{RES} = \pm 1 \text{ g}$	$\mu_{RES} = \pm 0.006 \%$

$$[\mu_M]_{SIST} = \sqrt{\mu_{CAL}^2 + \mu_{RES}^2} = 1 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{SIST} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{CAL}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{RES}}{m}\right]^2} = 0.01 \%$$

Aleatorios

Incertidumbre variación temperatura instrumento	$\mu_{TEMP} = \pm 0.2 \text{ g}$	$\mu_{TEMP} = \pm 0.0013 \%$
Incertidumbre deriva instrumento	$\mu_{DER} = 35 \text{ g}$	$\mu_{DER} = 0.3 \%$
Incertidumbre sistema adquisición datos	$\mu_{DAT} = \pm 0.06 \text{ g}$	$\mu_{DAT} = \pm 0.0004 \%$
Incertidumbre repetibilidad instrumento	$\mu_{REP} = \pm 21 \text{ g}$	$\mu_{REP} = \pm 0.18 \%$

$$[\mu_M]_{ALE} = \sqrt{\mu_{TEMP}^2 + \mu_{DER}^2 + \mu_{DAT}^2 + \mu_{REP}^2} = 41 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{ALE} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{TEMP}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DER}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DAT}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{REP}}{m}\right]^2} = 0.35 \%$$

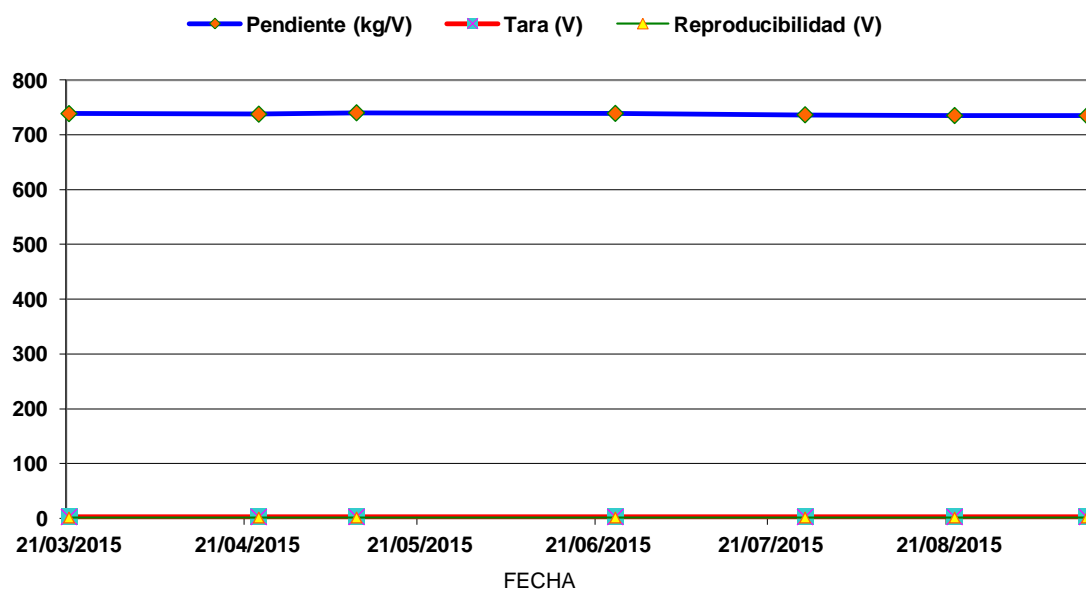


Ilustración 2.17 Historial de calibración depósito 1 L

Tabla 2.9 Datos historial de calibración depósito 1 L

	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
21/03/2015	738,765	2,372	1,336
23/04/2015	737,729	2,373	1,337
10/05/2015	740,232	2,404	1,333
24/06/2015	739,126	2,376	1,335
27/07/2015	736,621	2,367	1,333
22/08/2015	735,251	2,377	1,335
14/09/2015	734,907	2,383	1,336
16/09/2015	735,655	2,387	1,334

Incertidumbre deriva máxima =4,09 g
 Incertidumbre deriva máxima =0,41 %
 Desviación estándar pendiente =0,26 %
 Desviación estándar tara = 0,48 %
 Reproducibilidad = 1,14 g

Errores Sistemáticos

Incertidumbre certificado calibración	$\mu_{\text{CAL}} = \pm 0.1 \text{ g}$	$\mu_{\text{CAL}} = \pm 0.01 \%$
Incertidumbre resolución instrumento	$\mu_{\text{RES}} = \pm 1 \text{ g}$	$\mu_{\text{RES}} = \pm 0.006 \%$

$$[\mu_{\text{M}}]_{\text{SIST}} = \sqrt{\mu_{\text{CAL}}^2 + \mu_{\text{RES}}^2} = 1 \text{ g}$$

$$[\mu_{\text{M}}]_{\text{SIST}} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{\text{CAL}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{RES}}}{\text{m}}\right]^2} = 0.01 \%$$

Aleatorios

Incertidumbre variación temperatura instrumento	$\mu_{\text{TEMP}} = \pm 0.2 \text{ g}$	$\mu_{\text{TEMP}} = \pm 0.0013 \%$
Incertidumbre deriva instrumento	$\mu_{\text{DER}} = 4.09 \text{ g}$	$\mu_{\text{DER}} = 0.13 \%$
Incertidumbre sistema adquisición datos	$\mu_{\text{DAT}} = \pm 0.06 \text{ g}$	$\mu_{\text{DAT}} = \pm 0.0004 \%$
Incertidumbre repetibilidad instrumento	$\mu_{\text{REP}} = \pm 10 \text{ g}$	$\mu_{\text{REP}} = \pm 0.08 \%$

$$[\mu_{\text{M}}]_{\text{ALE}} = \sqrt{\mu_{\text{TEMP}}^2 + \mu_{\text{DER}}^2 + \mu_{\text{DAT}}^2 + \mu_{\text{REP}}^2} = 18 \text{ g}$$

$$[\mu_{\text{M}}]_{\text{ALE}} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{\text{TEMP}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{DER}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{DAT}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{REP}}}{\text{m}}\right]^2} = 0.15 \%$$

Incertidumbre típica asociada al instrumento de medida del tiempo

El control del tiempo se va a hacer vía programación, utilizando el reloj interno del ordenador, por lo tanto podemos considerar despreciables tanto el error sistemático asociado a la medida del tiempo durante el periodo de desviación del flujo como el error sistemático asociado al dispositivo de lectura.

Errores Sistemáticos

Incertidumbre resolución del instrumento	$\mu_{\text{RES}} = \pm 0.29 \text{ ms}$	$\mu_{\text{RES}} = \pm 0.001 \%$
------------------------------------------	------------------------------------------	-----------------------------------

$$[\mu_{\text{t}}]_{\text{SIST}} = \sqrt{\mu_{\text{RES}}^2} = \pm 0.29 \text{ ms} \quad [\mu_{\text{t}}]_{\text{SIST}} = \sqrt{\left[\frac{\mu_{\text{RES}}}{\text{t}}\right]^2} = 0.001 \%$$

Incertidumbre típica asociada al cálculo de la densidad del aire húmedo

La densidad del aire, se va a obtener a partir de las lecturas de las variables de temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, por lo que el error puede considerarse despreciable.

Para su cálculo se emplea la versión simplificada de la ecuación recomendada por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) para la determinación de la densidad del aire húmedo (ecuación CIPM 2007).

$$\rho_a = \frac{0.348444 * p - h_r * (0.00252 * t - 0.020582)}{273.15 + t}$$

Los rangos de presión y temperatura recomendados con la cual la ecuación del CIPM-2007 debe ser usada son:

$$\begin{aligned} 600 \text{ hPa} &\leq p \leq 1100 \text{ hPa} \\ 15 \text{ }^\circ\text{C} &\leq t \leq 27 \text{ }^\circ\text{C} \\ 20\% &\leq h_r \leq 80\% \end{aligned}$$

Bajo estas condiciones, la fórmula tiene una incertidumbre relativa de $68 \cdot 10^{-5}$

Incertidumbre de los aparatos de medida

Temperatura del aire

$$\text{Resolución} = 0.01 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Calibración} = 0.5 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Repetibilidad} = 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_{\text{TEMP AIRE}} = \sqrt{\frac{\mu_{\text{RES}}^2}{12} + \mu_{\text{CAL}}^2 + \mu_{\text{REP}}^2} = 0.51 \text{ }^\circ\text{C}$$

Humedad del aire

$$\text{Resolución} = 0.03 \% \quad \text{Calibración} = 3.5 \% \quad \text{Repetibilidad} = 0.1 \%$$

$$\mu_{\text{Hr AIRE}} = \sqrt{\frac{\mu_{\text{RES}}^2}{12} + \mu_{\text{CAL}}^2 + \mu_{\text{REP}}^2} = 1.8 \%$$

Barómetro

$$\text{Calibración} = 200 \text{ Pa} \quad \mu_{\text{BAR}} = \sqrt{\mu_{\text{CAL}}^2} = 200 \text{ Pa}$$

Temperatura del agua

Resolución = 0.01 °C Calibración = 0.15 °C

$$\mu_{\text{TEMP AGUA}} = \sqrt{\frac{\mu_{\text{RES}}^2}{12} + \mu_{\text{CAL}}^2} = 0.15 \text{ °C}$$

Sistemáticos

Incertidumbre temperatura aire	$\mu_{\text{TEMP AIRE}} = (-4 \cdot 10^{-3} \cdot 0.51)^2 = \pm 0.000004$
Incertidumbre humedad relativa	$\mu_{\text{HR AIRE}} = (-9 \cdot 10^{-3} \cdot 1.8)^2 = \pm 0.00024$
Incertidumbre barómetro	$\mu_{\text{BAR}} = (10^{-5} \cdot 200)^2 = \pm 0.000004$
Incertidumbre fórmula	$\mu_{\text{FOR}} = (68 \cdot 10^{-5})^2 = \pm 0.0000004$

$$[\mu_{\rho \text{Aire}}]_{\text{SIST}} = \sqrt{\mu_{\text{TEMP}}^2 + \mu_{\text{HR}}^2 + \mu_{\text{BAR}}^2 + \mu_{\text{FOR}}^2} = 0.016 \%$$

Incertidumbre típica asociada al cálculo de la densidad del agua

Según la normativa ISO 4185-1980 “*Measurement of liquid flow in closed conduits- Weighing method*”, en el apartado 3.5 establece que si el líquido utilizado es agua razonablemente limpia, es aceptable obtener la densidad de la misma en tablas a partir de la lectura de la temperatura del agua en el circuito de calibración con un elemento medidor de la temperatura con una exactitud superior a 0,5°C. Esto garantiza un error inferior a 10^{-4} en la determinación de la densidad del agua.

El sensor utilizado para medir la temperatura del agua en el circuito es el siguiente:

Sensor de temperatura rígido con cabezal. Tipo Pt-100 Clase A

Clase A	$\pm 0,15^{\circ}\text{C}$
---------	----------------------------

Tabla para la obtención de la densidad del agua obtenida del Anexo B de la normativa ISO 4185-1980 “*Measurement of liquid flow in closed conduits- Weighing method*”

Tabla 2.10 Densidad del agua a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad agua (kg/m ³)
0	999,84
2	999,94
4	999,97
6	999,94
8	999,85
10	999,70
12	999,50
14	999,24
16	998,94
18	998,60
20	998,20
22	997,77
24	997,30
26	996,78
28	996,23
30	995,65
32	995,03
34	994,37

Incertidumbre de los aparatos de medida

Temperatura del agua

Incertidumbre = $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$

$\mu_{\rho\text{Agua}} = 0.01\%$

Incertidumbre típica asociada al cálculo del factor corrector del empuje del aire

Respecto al error en la determinación del factor de corrección ξ por el efecto del empuje del aire, como no se van a utilizar los valores estándar, sino que se va a obtener ξ a partir de las lecturas de las variables: temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, obteniéndose a partir de estas la densidad del aire, y la densidad del agua se va a determinar en función de la temperatura, podemos considerar que este error es despreciable.

Incertidumbre sistemática asociada

Densidad del agua $\mu_{\rho\text{Agua}} = 0.01 \%$ Densidad del aire $\mu_{\rho\text{Aire}} = 0.016 \%$

$$\mu_{\xi} = \mathbf{0.01 \%}$$

Incertidumbre típica asociada al desviador de flujo de agua

Se procede según el Anexo A de la Norma ISO 4185 para el cálculo de la incertidumbre asociada al sistema de desviación de flujo. Los resultados de los ensayos se han mostrado en el apartado anterior, siendo el más desfavorable de todos ellos el siguiente $\Delta t = 46\text{ms}$.

Errores Sistemáticos

Incertidumbre desviador de flujo $\mu_{\text{DES}} = 0.046 \text{ s}$ $\mu_{\text{DES}} = 0.092 \%$

Aleatorios

Incertidumbre desviador de flujo $\mu_{\text{DES}} = 0.03 \text{ s}$ $\mu_{\text{DES}} = 0.1 \%$

Incertidumbre de la instalación

$$[E]_{\text{SIST}} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_M}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_t}{t}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\rho\text{Aire}}}{\rho\text{Aire}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\rho\text{Agua}}}{\rho\text{Agua}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\xi}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{DES}}}{t}\right]^2} = 0.1 \%$$

$$[E]_{\text{ALE}} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_M}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\rho\text{Agua}}}{\rho\text{Agua}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{DES}}}{t}\right]^2} = 0.43 \%$$

Incertidumbre debida a la resolución de lectura del contador ensayado

Esta incertidumbre depende del sistema de indicación que tenga el contador ensayado y está regulado por la norma UNE-EN ISO 4064-1 en la que se determina que *“las subdivisiones de la escala de verificación deben ser lo suficientemente pequeñas para que el error de resolución del dispositivo indicador no exceda del 0,25% para contadores de clase de precisión 1, y del 0,5% para contadores de clase de precisión 2, del volumen correspondiente a 90 minutos de Q_1 ”*.

Para el caso de la realización de dos lecturas, utilizamos la siguiente expresión, donde d_c es la resolución mínima y V_{ensayo} es el volumen de agua recogido en el ensayo.

$$\mu_{\text{contador}} = \frac{d_c}{V_{\text{ensayo}} \sqrt{3} \sqrt{2}} = 0.8 \%$$

Incertidumbre combinada asociada al ensayo

Es la incertidumbre total del ensayo, teniendo en cuenta la instalación y el contador.

$$\mu_{\text{ensayo}} = \sqrt{\mu_{\text{instalación}}^2 + \mu_{\text{Contador}}^2} = 0.91 \%$$

Incertidumbre expandida

Finalmente calculamos la incertidumbre expandida como el producto de la incertidumbre combinada por el factor de cobertura k . Se ha adoptado un valor de 2 para este factor, con lo que aseguramos una probabilidad de cobertura del 95%.

$$\mu = k * \mu_{\text{ensayo}} = 1.82 \%$$

2.7 Comprobación de la instalación para el ensayo de contadores

Para comprobar el correcto funcionamiento del banco de ensayo de contadores, además de haberse hecho una serie de ensayos, se ha implementado un sistema de registro de marcadores que nos indiquen si los ensayos se han realizado con normalidad y dentro de lo que indica la normativa o ha habido algún contratiempo o incidencia que hagan dudar de la validez de los datos obtenidos.

Comparación con los caudalímetros electromagnéticos

Siempre que se realiza un ensayo se obtiene el caudal medio registrado por el caudalímetro patrón y se compara con el caudal obtenido con los depósitos gravimétricos. La diferencia porcentual de ambos valores se registra sirviendo como marcador, ya que si todo funciona correctamente durante el ensayo, este valor tiene que permanecer dentro de un intervalo determinado. Si no es así es que ha sucedido algo durante el ensayo, como una fuga u otra incidencia.

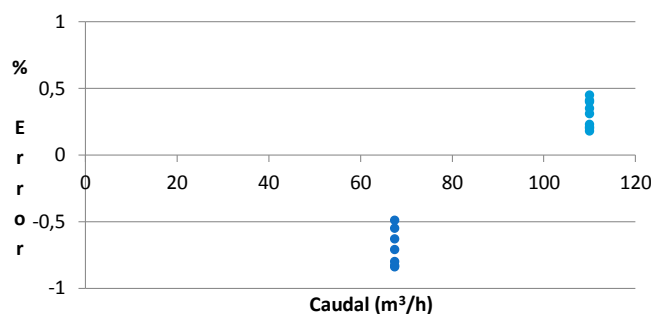


Ilustración 2.18 Intervalo depósito de 4500 L para los puntos certificado de calibración del caudalímetro de referencia de DN125

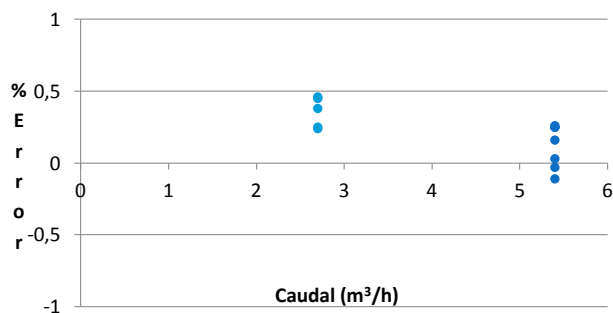


Ilustración 2.19 Intervalo depósito de 150 L para los puntos certificado de calibración del caudalímetro de referencia de DN25.

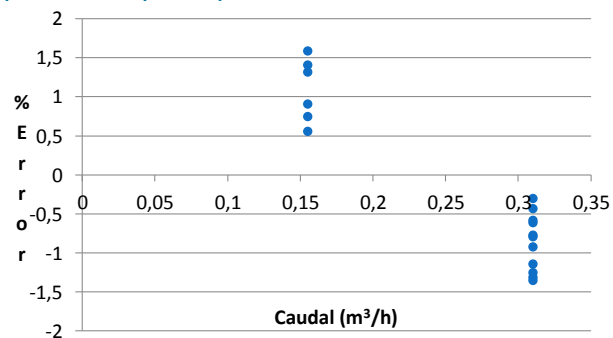


Ilustración 2.20 Intervalo depósito de 12 L para los puntos certificado de calibración del caudalímetro de referencia de DN25.

Reproducibilidad de la instalación.

Para comprobar la reproducibilidad de la instalación, se han realizado ensayos a los mismos contadores con un par de meses de diferencia, obteniéndose unos resultados razonablemente parecidos teniendo en cuenta que el propio contador puede tener mucha influencia en la variación de los resultados dado que además de la repetibilidad propia del mismo, ha estado almacenado durante los meses de espera y eso puede afectar al mecanismo del mismo y por lo tanto a su funcionamiento.

Contador DN50 usado

RESULTADOS DE CALIBRACION					
T° media agua (°C)		ρ media agua (kg/m³)		ρ media aire (Kg/m³)	
23,12		997,6889		1,1867	
Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas (%)	Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas (%)
1	0,53	-18,02	8	18,65	0,52
2	0,53	-15,55	9	18,64	0,57
3	1,90	16,71	10	24,75	0,73
4	3,28	0,74	11	24,94	0,61
5	3,29	1,38	12	29,89	0,81
6	9,23	0,57	13	29,86	0,78
7	9,26	0,16			

Ilustración 2.21 Datos ensayo Julio

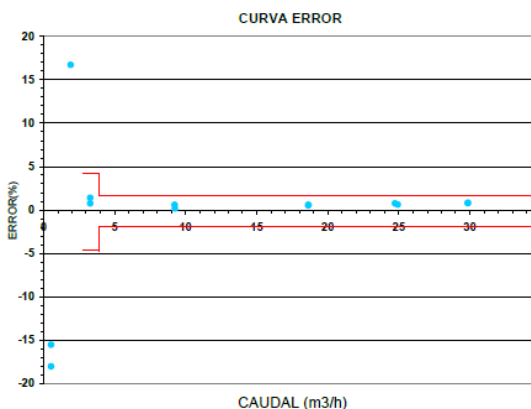


Ilustración 2.23 Curva error ensayo Julio

RESULTADOS DE CALIBRACION					
T° media agua (°C)		ρ media agua (kg/m³)		ρ media aire (Kg/m³)	
23,12		997,6889		1,1867	
Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas (%)	Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas (%)
1	0,51	-12,16	8	9,26	0,69
2	0,51	-10,47	9	18,73	0,78
3	1,90	8,54	10	18,60	0,82
4	1,89	7,35	11	24,93	0,83
5	3,28	0,93	12	24,93	0,85
6	3,29	0,89	13	29,88	1,01
7	9,21	0,4	14	30,07	0,97

Ilustración 2.22 Datos ensayo Septiembre

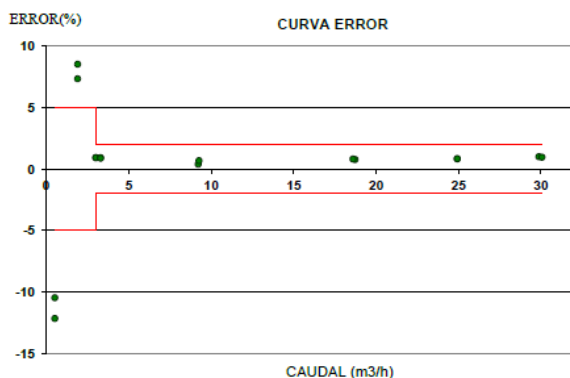


Ilustración 2.24 Curva error ensayo Septiembre

Contador DN65 nuevo

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,7650	-5,4550
2	3,1650	-2,8600
3	5,4850	-1,8450
4	14,8550	-1,5050
5	30,2700	-0,9050
6	40,0500	-0,7750
7	50,1350	-0,6450

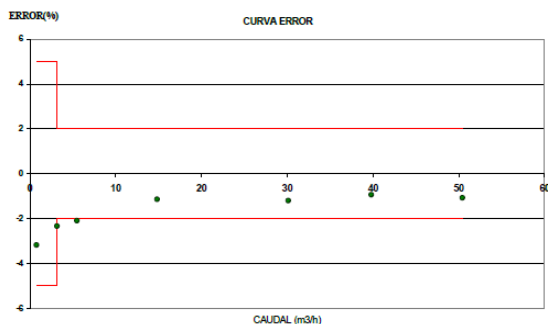


Ilustración 2.25 Ensayo Julio

RESULTADOS DE CALIBRACION		
T° media agua (°C)	P media agua (kg/m³)	P media aire (Kg/m³)
23,5100	997,4205	1,1655
Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,765	-5,455
2	3,165	-2,860
3	5,485	-1,845
4	14,855	-1,505
5	30,27	-0,905
6	40,05	-0,775
7	50,135	-0,645

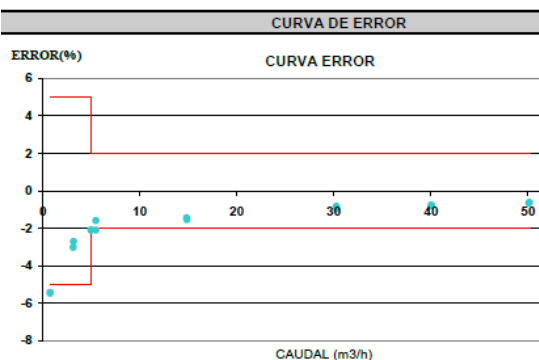


Ilustración 2.26 Ensayo Septiembre

Comparación con otros bancos de ensayo.

Otra forma de verificar el correcto funcionamiento de la instalación es comparando el resultado obtenido por diferentes instalaciones ensayando el mismo contador. Es difícil que los resultados coincidan en su totalidad, ya que además de la incertidumbre propia del contador y de la instalación, hay que añadir además de los aspectos mencionados anteriormente a comprobar la reproducibilidad de la instalación, el transporte del contador entre instalaciones.

Para llevar a cabo esta comprobación con un mínimo de garantías, habría que ensayar cada contador entre tres y cinco veces en cada instalación y con los mismos caudales de ensayo, y hacerlo en al menos tres instalaciones para poder comparar los resultados. Se muestra a continuación la comparación entre un ensayo realizado en la EUITI de Bilbao, línea azul, y en el banco de pruebas de Contazara, línea verde.

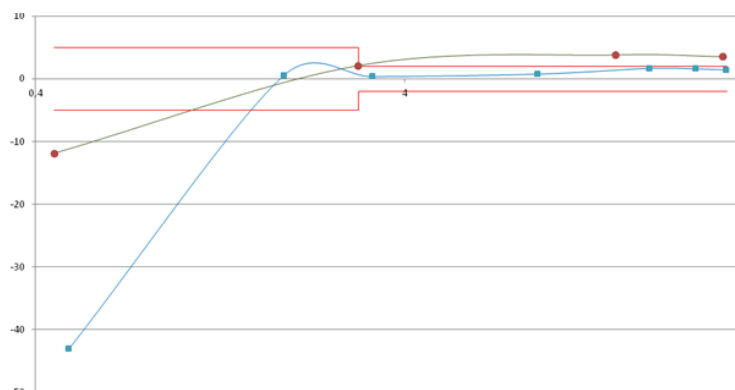


Ilustración 2.27 Ensayo mismo contador en diferentes bancos de ensayo

El parecido es razonable, sobre todo para caudales altos que es donde hay menos incertidumbre, teniendo en cuenta que solo se ha realizado un ensayo en cada instalación y que los caudales utilizados son diferentes.

2.8 Descripción del proceso de ensayo de contadores

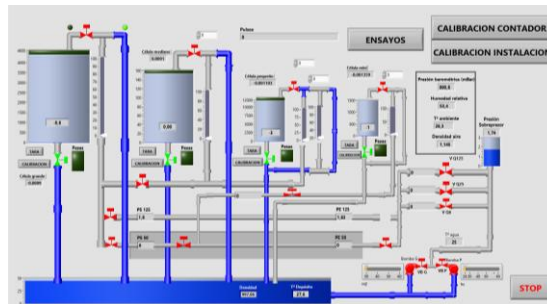
Proceso general

1. Calibración automática de las células de carga de los cuatro depósitos gravimétricos utilizando para ello sus correspondientes masas calibradas.
2. Introducción de todos los datos identificativos del contador a calibrar.
3. Selección del tipo de ensayo a realizar.
4. Con los datos del contador y el tipo de ensayo seleccionado, el sistema calcula los caudales que se van a utilizar durante el ensayo.
5. Para cada uno de los caudales a utilizar el sistema elige el caudalímetro de referencia, la válvula reguladora y el depósito gravimétrico más conveniente, consiguiendo de esta manera cumplir con lo especificado por la normativa durante el ensayo y que la incertidumbre en la medida de cada caudal esté por debajo del 0,1%.
6. Mediante un control PID se alcanza cada uno de los caudales del ensayo, dándose estos por buenos cuando la diferencia frente al caudal de referencia sea inferior al 2,5%.
7. Alcanzado el caudal objetivo, el sistema acciona la válvula desviadora de flujo, capta con una videocámara la lectura inicial del indicador del contador que se está ensayando y activa el cronómetro, que es el propio ordenador, todo con la misma orden dada por el programa informático.
8. Una vez obtenido el volumen de líquido estipulado por el sistema informático para cada depósito gravimétrico, se acciona la válvula desviadora de flujo en sentido inverso, se capta con la videocámara la lectura final del indicador del contador ensayado y se detiene el cronómetro, todo con la misma orden.
9. Se espera un tiempo previamente conocido a que cesen las oscilaciones de los depósitos producidas por la recogida de agua en los mismos.
10. El sistema lee el peso aplicando las correcciones debidas al empuje del aire, cuya densidad calcula en función de las variables atmosféricas, calcula la densidad del agua recogida en función de la temperatura del agua obteniendo con estos datos el volumen, que junto con el tiempo nos proporciona el caudal.
11. Se repite el proceso para cada uno de los puntos de ensayo previamente establecidos.
12. Generación de un informe en el que se muestran todos los datos del ensayo realizado y almacenamiento de estos en bases de datos.

Proceso detallado

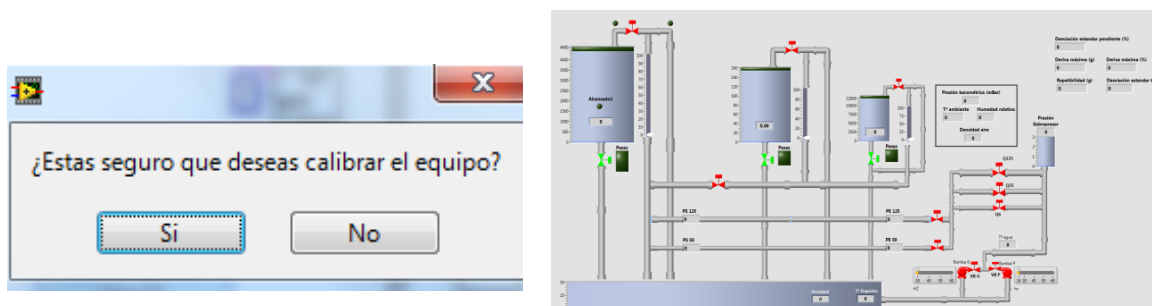
Comprobación instalación

1. Puesta en marcha de la instalación y comprobación visual de que no hay ninguna fuga en el circuito ni goteos en las válvulas desviadoras del flujo.



2. Calibración instalación
 - i. Depósito 4500 L; Pesadas sucesivas con 2 sustituciones por agua.
 - 1) Apertura de la válvula de vaciado del depósito gravimétrico.
 - 2) Comprobación mediante pesada de que el depósito está vacío.
 - 3) Espera de 120 segundos a que el depósito se estabilice.
 - 4) Tara del depósito.
 - 5) Colocación pesas sobre depósito.
 - 6) Espera de 120 segundos para que el depósito se estabilice.
 - 7) Toma de lectura.
 - 8) Retirada de las pesas.
 - 9) Llenado del depósito con agua hasta la lectura anterior.
 - 10) Espera de 120 segundos para que el depósito se estabilice.
 - 11) Toma de nueva lectura.
 - 12) Repetición del proceso desde el apartado 5.
 - 13) Colocación de pesas sobre depósito.
 - 14) Espera de 120 segundos para que el depósito se estabilice.
 - 15) Toma de lectura final.
 - ii. Depósito 180 L; Pesadas sucesivas con 1 sustitución por agua.
Mismo proceso que para el depósito 4500 L sin el apartado 12.

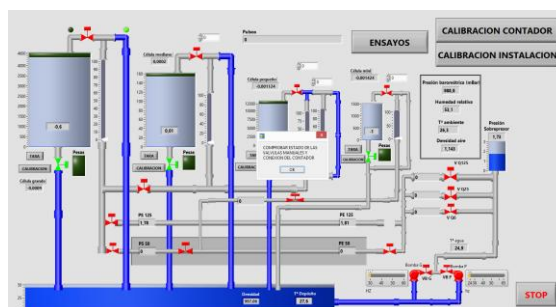
- iii. Depósito 12 L. Una única pesada.
Mismo proceso que para el depósito 4500 L hasta el apartado 7.
- iv. Depósito 1 L. Una única pesada.
Mismo proceso que para el depósito 12 L.



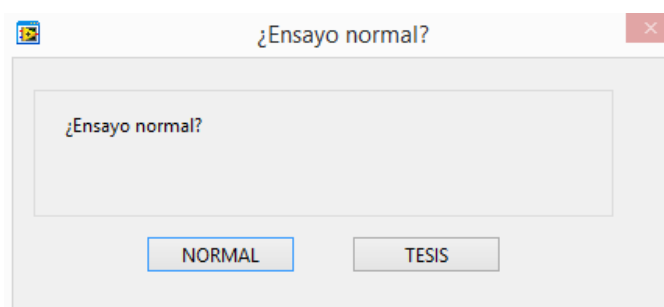
- 3. Generación informe con el historial de las calibraciones realizadas.

Ensayo contador

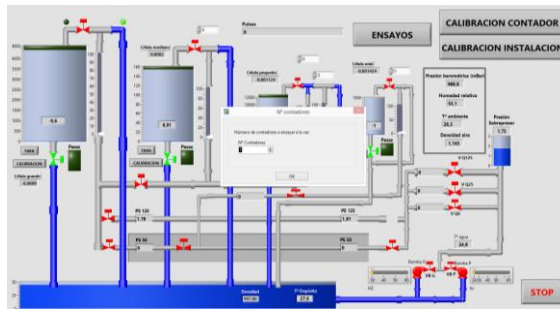
- 1. Puesta en marcha de la instalación y comprobación visual de que están bien conectados y no hay ninguna fuga en los contadores a ensayar.



- 2. Seleccionar tipo de ensayo.



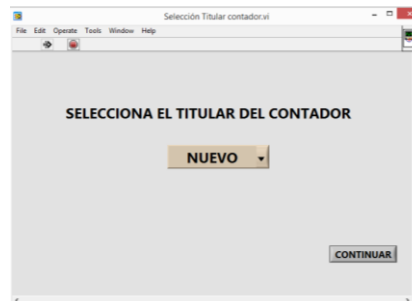
- Número de contadores a ensayar.



- Ajuste de las cámaras para la visualización identificativa de los contadores.



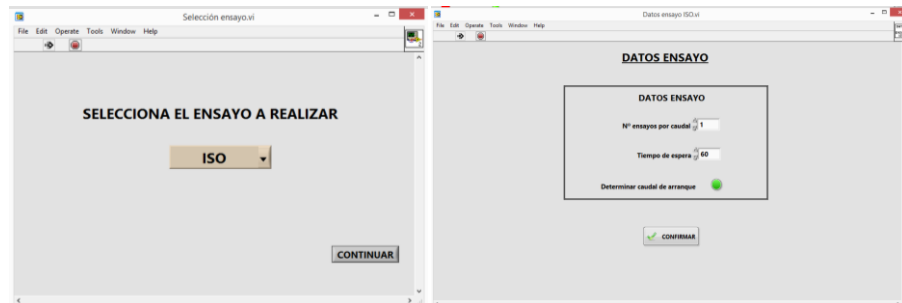
- Introducción de los datos del titular contador.



- Introducción de las características del contador. Foto identificación contador. Selección del tamaño de la instalación a utilizar, grande (DN>40) o pequeña.



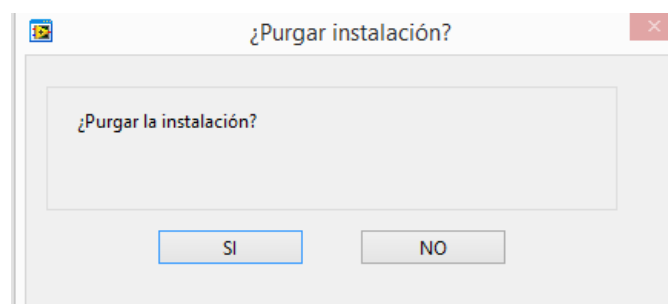
7. Introducción de los datos de ensayo a realizar (caudales a ensayar y número de ensayos por caudal).



8. Ajuste de las cámaras para que se lean los dígitos del contador.



9. Purgado de la instalación.



10. Obtención del caudal de arranque.

- i. Puesta en marcha de la instalación.
- ii. Comprobación instalación llena y sin aire.
- iii. Cierre de válvula.
- iv. Espera hasta que el caudal se iguale a 0.
- v. Apertura progresiva de la válvula.
- vi. Visualización del contador por la cámara.
- vii. Detención del proceso cuando el contador empiece a moverse.



11. Selección del tipo de lectura, mediante cámara o por pulsos.



12. Proceso ensayo contador

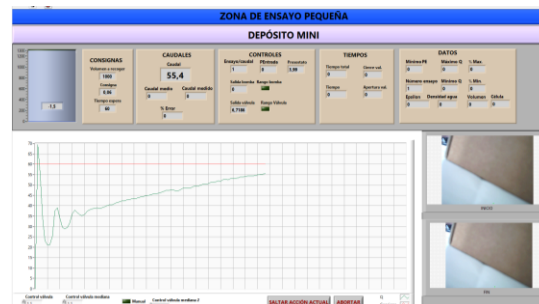
- i. Selección del caudalímetro de referencia y del depósito gravimétrico a utilizar en función del caudal a ensayar.
- ii. Comprobación de que el depósito está vacío.
- iii. Tarado del depósito.
- iv. Puesta en marcha de la instalación.
- v. Utilización bomba o sobrepresor en función del caudal.

Sobrepresor

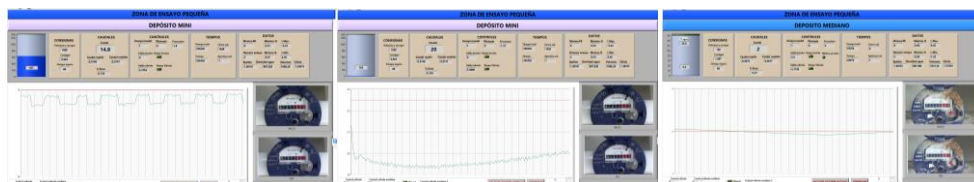
Funciona la bomba hasta alcanzar la presión consigna.

Bomba

- a. Regulación PID hasta estar dentro de un intervalo del 10% en torno a un caudal superior en un 5% al caudal consigna.
- b. Si bomba al mínimo > 20 segundos establece mínimo bomba.
- c. Si bomba al máximo > 20 segundos establece máximo bomba.
- d. Si presión entrada < 0,5 bares utiliza salida prefijada.



- vi. Regulación PID válvula de control hasta alcanzar caudal consigna dentro de un intervalo del $\pm 2,5\%$.
- vii. Alcanzado el caudal consigna, se lee éste cada 50 milisegundos y se comprueba que durante 20 segundos ningún valor del caudal supere el $\pm 2,5\%$ de desviación.



- viii. Foto lectura inicial contador y apertura válvula de guillotina.
- ix. Lectura del tiempo de apertura válvula de guillotina.
- x. Control del caudal cada 50 ms durante todo el proceso de llenado.
- xi. Llenado del depósito hasta su máxima capacidad.
- xii. Una vez lleno depósito cierre válvula de guillotina y foto lectura final contador.
- xiii. Lectura del tiempo de cierre de la válvula de guillotina.
- xiv. Parada de la instalación.
- xv. Espera de 60 segundos para que el depósito se estabilice.
- xvi. Lectura del volumen de agua recogido.
- xvii. Cálculo de todas las variables.
- xviii. Vaciado del depósito gravimétrico.
- xix. Repetición del proceso para el siguiente caudal.

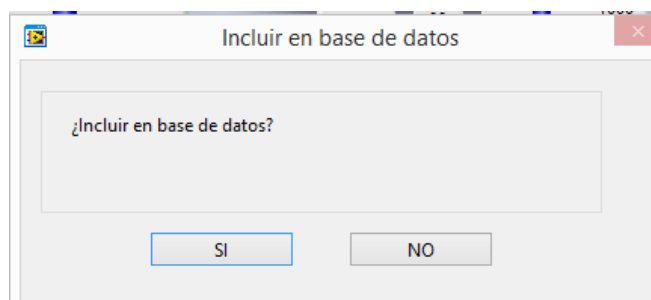
- xx. Introducción de las lecturas obtenidas por las cámaras. En el modo de pulsos del contador esto es automático.



- xxi. Obtenidos todos los caudales se genera el siguiente informe:

- Datos del propietario
- Datos características contador
- Procedimiento de calibración
- Tabla resumen con los datos principales
- Condiciones ambientales y de calibración
- Instalación de calibración
- Incertidumbre
- Resultados
- Gráfica calibración
- Curva de error
- Gráfica pérdida de carga
- Trazabilidad metrológica
- Anexo I Historial calibración instalación
- Anexo II Determinación de la densidad del agua
- Anexo III Determinación de la densidad del aire
- Anexo IV Factor corrector tiempo desviadores de flujo
- Anexo V Cálculo de las incertidumbres
- Anexo VI Lecturas contador ensayado

- xxii. Se introducen los resultados en una base de datos.



2.9 Informes generados

Después de cada ensayo el programa informático genera automáticamente un certificado y un resumen del certificado. En el primero se recogen los datos de todas las variables que intervienen en el ensayo, esto es necesario porque como la prueba se realiza de forma automática la finalidad se tiene que, poder comprobar que todo ha transcurrido según el procedimiento especificado y que no se ha producido ninguna anomalía que pueda pervertir los datos obtenidos.

El certificado consta de los siguientes apartados

- Datos del propietario
- Datos características contador
- Procedimiento de calibración
- Tabla resumen con los datos principales
- Condiciones ambientales y de calibración
- Instalación de calibración
- Incertidumbre
- Resultados
- Gráfica calibración
- Curva de error
- Gráfica pérdida de carga
- Trazabilidad metrológica
- Anexo I Historial calibración instalación
- Anexo II Determinación de la densidad del agua
- Anexo III Determinación de la densidad del aire
- Anexo IV Factor corrector tiempo desviadores de flujo
- Anexo V Cálculo de las incertidumbres
- Anexo VI Lecturas contador ensayado

Además, guarda los resultados en dos bases de datos, una general donde se almacenan todos los resultados de todos los ensayos realizados en la instalación, y otra específica de cada grupo de ensayos. El objetivo de las bases de datos es contar con información tanto para la presente investigación como para futuras, teniendo así gran recopilación de datos e información.

ANEXO I

TÍTULO MODELO DE UTILIDAD



Iñigo ALBINA LÓPEZ DE ARMENTIA
landuri n. 17
48112 Maruri
Bizkaia

Madrid, a 9 de septiembre de 2015

Entrega de Título de concesión de la solicitud de Modelos de Utilidad 201400795

La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) le remite el Título acreditativo de la concesión del Modelo de Utilidad de referencia.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ana R', is written over a large, faint watermark of the Spanish coat of arms.

Fdo.: Ana María Redondo Mínguez
El Director del Departamento de Patentes e Información Tecnológica
P.D. El Jefe/a de Servicio de Actuaciones Administrativas



Nº SOLICITUD 201400795
Nº PUBLICACIÓN ES1135594
TITULAR/ES
Iñigo ALBINA LÓPEZ DE ARMENTIA

FECHA EXPEDICIÓN 09/09/2015

**TÍTULO
DE
MODELO DE UTILIDAD**

Cumplidos los requisitos previstos en la vigente Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes, se expide el presente CERTIFICADO-TÍTULO, acreditativo de la concesión del Modelo de Utilidad.

Se otorga al titular un derecho de exclusiva en todo el territorio nacional, bajo las condiciones y con las limitaciones en la Ley de Patentes. La duración del modelo de utilidad será de diez años contados a partir del 03/10/2014.

El modelo de utilidad se concede sin perjuicio de tercero y sin garantía del Estado en cuanto a la validez y a la utilidad del objeto sobre el que recae.

Para mantener en vigor el modelo de utilidad concedido, deberán abonarse las tasas anuales establecidas, a partir de la tercera anualidad. Asimismo, deberá explotarse el objeto de la invención, bien por su titular o por medio de persona autorizada de acuerdo con el sistema de licencias previsto legalmente, dentro del plazo de cuatro años a partir de la fecha de solicitud del modelo de utilidad, o de tres años desde la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ana R.', with a horizontal line underneath.

Fdo.: Ana María Redondo Mínguez
El Director del Departamento de Patentes e Información Tecnológica
P.D. El Jefe/a de Servicio de Actuaciones Administrativas

ANEXO II

DATOS TÉCNICOS DE LA INSTALACIÓN

Datos técnicos de la instalación

Depósito de almacenamiento:

Situado en el subsuelo del laboratorio, lo que garantiza un buen aislamiento térmico, capacidad de almacenamiento de 50 m³ de agua.

Grupo de bombeo: consta de dos bombas:

Bomba pequeña: CM65-160C, caudal 109 m³/h a 24,5 m.ca, potencia 18,5CV, velocidad de giro 1450 r.p.m.

Bomba grande: CM125 caudal 250 m³/h a 17 m.ca, potencia 12,5CV, velocidad de giro 2900 r.p.m.

Caudal máximo de ensayo: 225 m³/h

Medida del caudal de referencia:

Caudalímetros electromagnéticos ISOIL DN125 y DN25 con sensores MS 2500 y una incertidumbre de $\pm 0,4\%$

Caudalímetro electromagnético ISOIL DN6 y sensor MS 600 con una incertidumbre de $\pm 0,4\%$

Contador volumétrico modelo VZS 005-ALU de Biotech.

Zona de ensayo contadores DN 50 hasta DN 250:

Longitud total de todos los carretes: aguas arriba 3650 mm y aguas abajo 1825 mm.

DN (mm)	Diámetros aguas arriba	Diámetros aguas abajo
250	15	7,3
200	18	9,1
150	24	12
125	29	15
100	37	18
80	46	23
65	56	28
50	73	37

Zona de ensayo contadores DN 13 hasta DN 40:

Tramo recto de tubería aguas arriba del contador 10 diámetros y aguas abajo 5 diámetros.

Sistema desviación del flujo:

Válvulas desviadoras del flujo DN 125, DN 50 y DN 20.

Desviador de flujo convencional de DN6.

Depósitos gravimétricos:

Depósito con capacidad para 4500 litros. Descansa sobre 4 células de carga de capacidad máxima 3000 kg cada una, y con una lectura mínima de 12000 puntos. Dispone de 1421,73 kg en pesas calibradas.

Depósito con capacidad para 180 litros. Cuelga de una célula de carga de capacidad máxima 300 kg., y con una lectura mínima de 10000 puntos. Dispone de 117,796 kg en pesas calibradas.

Depósito con capacidad para 12 litros. Cuelga de una célula de carga de capacidad máxima 20 kg, y con una lectura mínima de 6000 divisiones. Dispone de una pesa calibrada de 11,844 kg.

Depósito con capacidad para 1 litros. Cuelga de una célula de carga de capacidad máxima 6 kg, y con una lectura mínima de 5000 divisiones. Dispone de una pesa calibrada de 0,960 kg.

Control de variables:

Temperatura del agua en el depósito y en la tubería: sensores de temperatura de tubo rígido con cabezal tipo Pt-100, clase A. Rango de temperatura -50+150 °C.

Presión aguas arriba zona de ensayo para contadores grandes: Transductor de presión modelo Setra 206 exactitud $\pm 0,13\%FE$.

Presión aguas abajo zona de ensayo contadores grandes y aguas arriba y abajo zona de ensayo contadores pequeños: Transductor de presión modelo Keller PR 21 exactitud $\pm 0,25\%FE$.

Densidad del agua: Mediante pesada de inmersor colgante y por temperatura del agua.

Control de la instalación, sistema informático:

Tarjetas de adquisición de datos de 22 bits.

Control PID para la regulación del caudal de referencia con desviación inferior al 2%.

Proceso de calibración completamente automatizado.

Auto calibración de las células de carga.

ANEXO III

INFORMES GENERADOS EN LOS ENSAYOS.

INDICE

1. RESUMEN CERTIFICADO
2. CERTIFICADO
3. BASE DE DATOS GENERAL
4. BASES DE DATOS ESPECÍFICAS

1. RESUMEN CERTIFICADO

CERTIFICADO CONTADOR AGUA

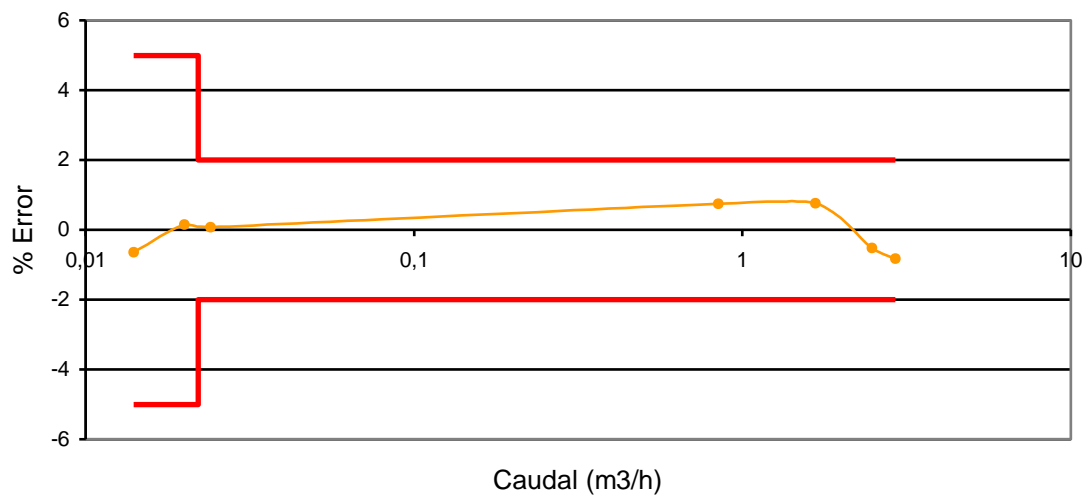
- TITULAR: CA
- MODELO: SV-RTK
- NUMERO DE SERIE: 14-362521
- DIAMETRO NOMINAL: 13
- FECHA DE RECEPCION: 1-2015
- FECHA CALIBRACION: 07/04/2015
- CAUDAL DE ARRANQUE: 0,81 l/h

RESULTADOS DE CALIBRACION

Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
17,91	998,62	1,20

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,014	-0,64
2	0,020	0,15
3	0,024	0,07
4	0,845	0,75
5	1,668	0,76
6	2,476	-0,52
7	2,924	-0,82

CURVA DE ERROR



2. CERTIFICADO

CERTIFICADO

TITULAR DEL CONTADOR

Nombre o razón social	Compañía Aguas
Dirección	Calle 1
Localidad	Bilbao
Código postal	48001
Provincia	Bizkaia
Persona de contacto	Pedro García
Teléfono	944 44 44 44
Correo Electrónico	pedro.garcía@compañíaaguas.com

DATOS IDENTIFICATIVOS CONTADOR

DN	13
Tipo de contador	Volumétrico
Fabricante/Marca	FLOW SYSTEMS
Modelo y versión	SV-RTK
Clase	Clase C
Nº de serie	14-362521
Lugar de instalación	
Volumen actual	
Fecha de recepción	1-2015
Año puesta servicio	



PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

El procedimiento seguido es el especificado en la normativa que se detalla a continuación:

- **Boletín Oficial del Estado ORDEN del 28 de Diciembre de 1.988.**
- **UNE-EN ISO 4064:2015.**
- **International Standard Organization 4185: 1.980.**
- **Procedimiento ME-008 para la calibración de caudalímetros de líquidos del Centro Español de Metrología.**

El procedimiento específico se encuentra registrado como **PCCA**.

OBSERVACIONES:

- ◇ Cualquier desviación, adición o exclusión del procedimiento de calibración.

NINGUNA

- ◇ Cualquier información relativa a la calibración específica.

NINGUNA

TABLA RESUMEN

CONDICIONES AMBIENTALES Y DE ENSAYO MEDIAS

T ^a media agua (°C)	ρ media agua (kg/m ³)	T ^a media aire (°C)	Hr media (%)	Presión atmosférica media (mbar)	ρ media aire (kg/m ³)	Coef. Corrector. empuje medio	Presión entrada mínima (Bar)	Desviación máxima caudal referencia (%)
18,18	998,5661	21,60	42,96	1023,33	1,2048	1,00106	1,48	5,99

RESULTADOS ENSAYO

Punto n ^o	Volumen Vertido (litros)	Tiempo Vertido (s)	Caudal Patrón (m ³ /h)	Volumen Mesurando (Litros)	Coef. Corrector	Diferencias de lecturas (litros)	Diferencia de lecturas (%)
1	1,01	251,227	0,014	1,00	1,0064	-0,01	-0,64
2	1,01	178,528	0,020	1,01	0,9985	0,00	0,15
3	1,01	153,389	0,024	1,01	0,9993	0,00	0,07
4	11,97	50,981	0,845	12,06	0,9926	0,09	0,75
5	150,60	324,961	1,668	151,74	0,9925	1,14	0,76
6	150,71	219,134	2,476	149,93	1,0052	-0,78	-0,52
7	150,74	185,580	2,924	149,51	1,0082	-1,23	-0,82

CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CALIBRACION

Diámetros aguas arriba **10**
 Diámetros aguas abajo **10**
 Número de lecturas por cada caudal de ensayo **1**

ATMOSFERA

Punto nº	T ^a ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mBar)	Densidad aire (kg/m ³)
1	21,48	43,19	1022,51	1,204348
2	21,52	42,86	1022,51	1,204207
3	21,61	42,67	1023,15	1,204585
4	21,69	42,55	1024,43	1,205759
5	21,68	42,75	1023,15	1,204265
6	21,66	43,01	1023,79	1,205082
7	21,55	43,66	1023,79	1,205498

FLUIDO

Punto nº	Tipo	T ^a fluido depósito (°C)	T ^a fluido tubería (°C)	Diferencia T ^a (°C)	Densidad fluido (Kg/m ³)
1	AGUA	18,41	17,91	-0,50	998,6162
2	AGUA	18,39	18,00	-0,39	998,5998
3	AGUA	18,42	18,04	-0,38	998,5927
4	AGUA	18,25	18,41	0,15	998,5228
5	AGUA	18,23	18,09	-0,14	998,5832
6	AGUA	18,25	18,36	0,10	998,5325
7	AGUA	18,31	18,45	0,14	998,5154

INSTALACION DE CALIBRACION

CELULAS DE CARGA

IDENTIFICACION: Depósito grande	Nº serie: 0026610 – 0026611 – 0026612 - 00600941
FECHA DE CALIBRACION: 20/10/2015	RESOLUCIÓN: ±0,005%
IDENTIFICACION: Depósito mediano	Nº serie: 0025931
FECHA DE CALIBRACION: 20/10/2015	RESOLUCIÓN ±0,006%
IDENTIFICACION: Depósito pequeño	Nº serie: 889473
FECHA DE CALIBRACION: 20/10/2015	RESOLUCIÓN: ±0,006%

JUEGO MASAS PATRON

IDENTIFICACION: Juego 4 masas patrón	Nº certificado: Metropein 437
FECHA DE CALIBRACION: 22/03/2013	INCERTIDUMBRE: ±20g
IDENTIFICACION: Juego 2 masas patrón	Nº certificado: Metropein 438
FECHA DE CALIBRACION: 22/03/2013	INCERTIDUMBRE: ±20g

ADQUISICIÓN DE DATOS

IDENTIFICACION: T7-PRO DAQ Multifunción	RESOLUCIÓN SIN RUIDO: 0.000407 %
------------------------------------------------	-----------------------------------------

SONDAS TEMPERATURA DE AGUA

IDENTIFICACION: Sensor de temperatura tipo rígido con cabezal. Tipo Pt-100 Clase A
INCERTIDUMBRE: ±0.15 °C

SONDA TEMPERATURA DE AIRE

IDENTIFICACION: EI-1050	INCERTIDUMBRE: ±0.51 °C
--------------------------------	--------------------------------

SONDA HUMEDAD RELATIVA

IDENTIFICACION: EI-1050	INCERTIDUMBRE: ±3.5 %
--------------------------------	------------------------------

BARÓMETRO

IDENTIFICACION: EI-1050	INCERTIDUMBRE: ±200 Pa
--------------------------------	-------------------------------

INSTALACION DE CALIBRACION

Punto nº	Depósito Utilizado	P. entrada (Bar)	T cierre guill. (ms)	T cierre guill. (ms)	Q consigna (m3/h)	Q min. consigna (m3/h)	Q max. consigna (m3/h)	% Desv. min.	% Desv. max.
1	Pequeño	1,68	0	2438	0,01	0,01	0,02	5,95	0,12
2	Pequeño	1,64	0	2433	0,02	0,02	0,02	4,34	5,99
3	Pequeño	1,60	1	2459	0,03	0,02	0,02	5,72	0,20
4	Pequeño	1,48	136	134	0,83	0,83	0,84	0,87	0,73
5	MEDIANO	1,84	136	178	1,69	1,59	1,80	5,15	5,26
6	MEDIANO	3,92	136	177	2,50	2,41	2,59	3,72	3,77
7	MEDIANO	4,01	135	177	3,00	2,90	3,04	3,46	1,39

INCERTIDUMBRE DE LA CALIBRACION

La incertidumbre está calculada según la siguiente normativa:

- **International Standard Organization 5168 de 1.978.**
- **Documento SCI nº 9, traducción de WECC, documento nº 19.**

La incertidumbre es menor de 1,64% del caudal patrón, con unos límites de confianza del 95 %.

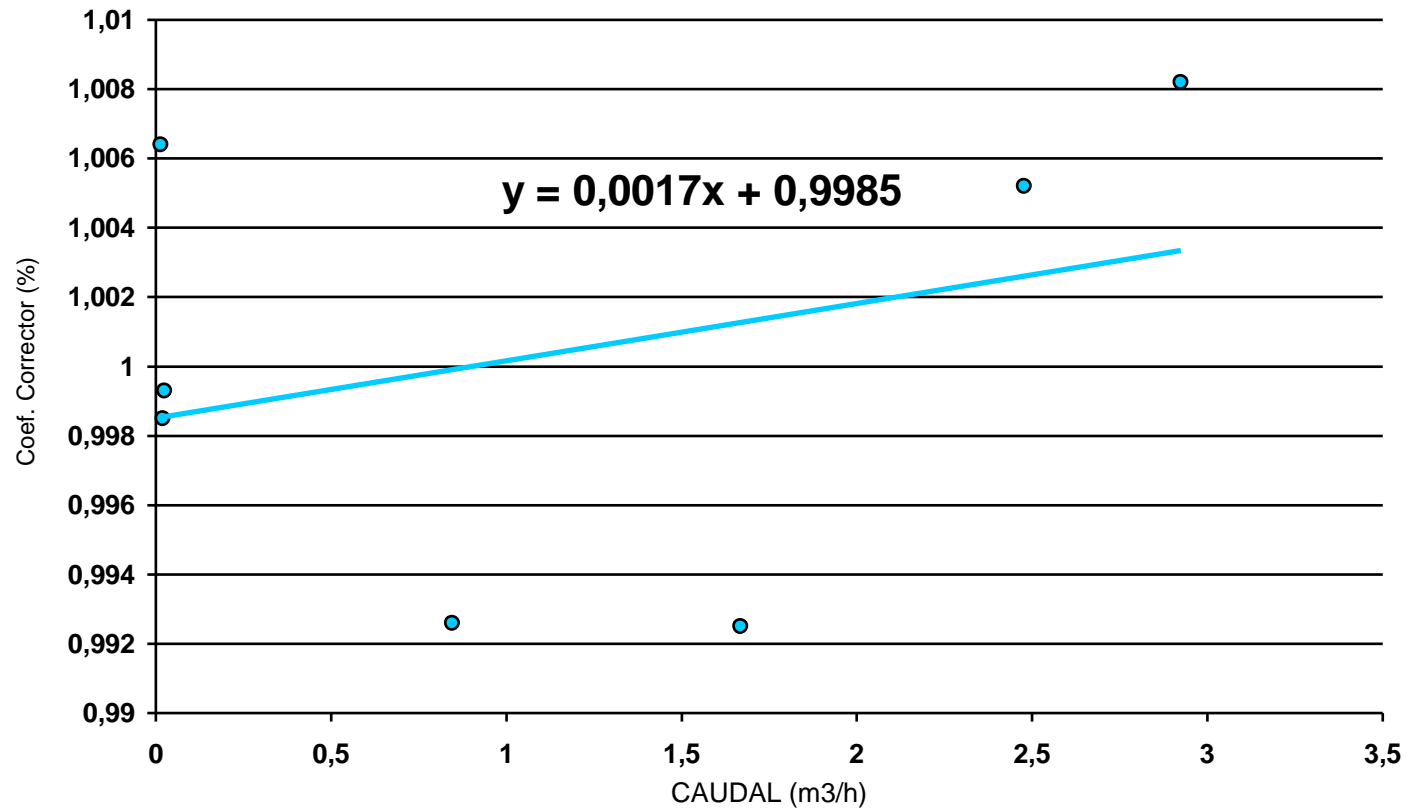
RESULTADO DE LA CALIBRACION

Caudal de arranque = 0,81 l/h

RESULTADO CALIBRACION

Punto nº	Volumen Vertido (litros)	Tiempo Vertido (s)	Caudal Patrón (m3/h)	Volumen Mesurando (Litros)	Coef. Corrector	Diferencias de lecturas (litros)	Diferencia de lecturas (%)
1	1,01	251,227	0,014	1,00	1,0064	-0,01	-0,64
2	1,01	178,528	0,020	1,01	0,9985	0,00	0,15
3	1,01	153,389	0,024	1,01	0,9993	0,00	0,07
4	11,97	50,981	0,845	12,06	0,9926	0,09	0,75
5	150,60	324,961	1,668	151,74	0,9925	1,14	0,76
6	150,71	219,134	2,476	149,93	1,0052	-0,78	-0,52
7	150,74	185,580	2,924	149,51	1,0082	-1,23	-0,82

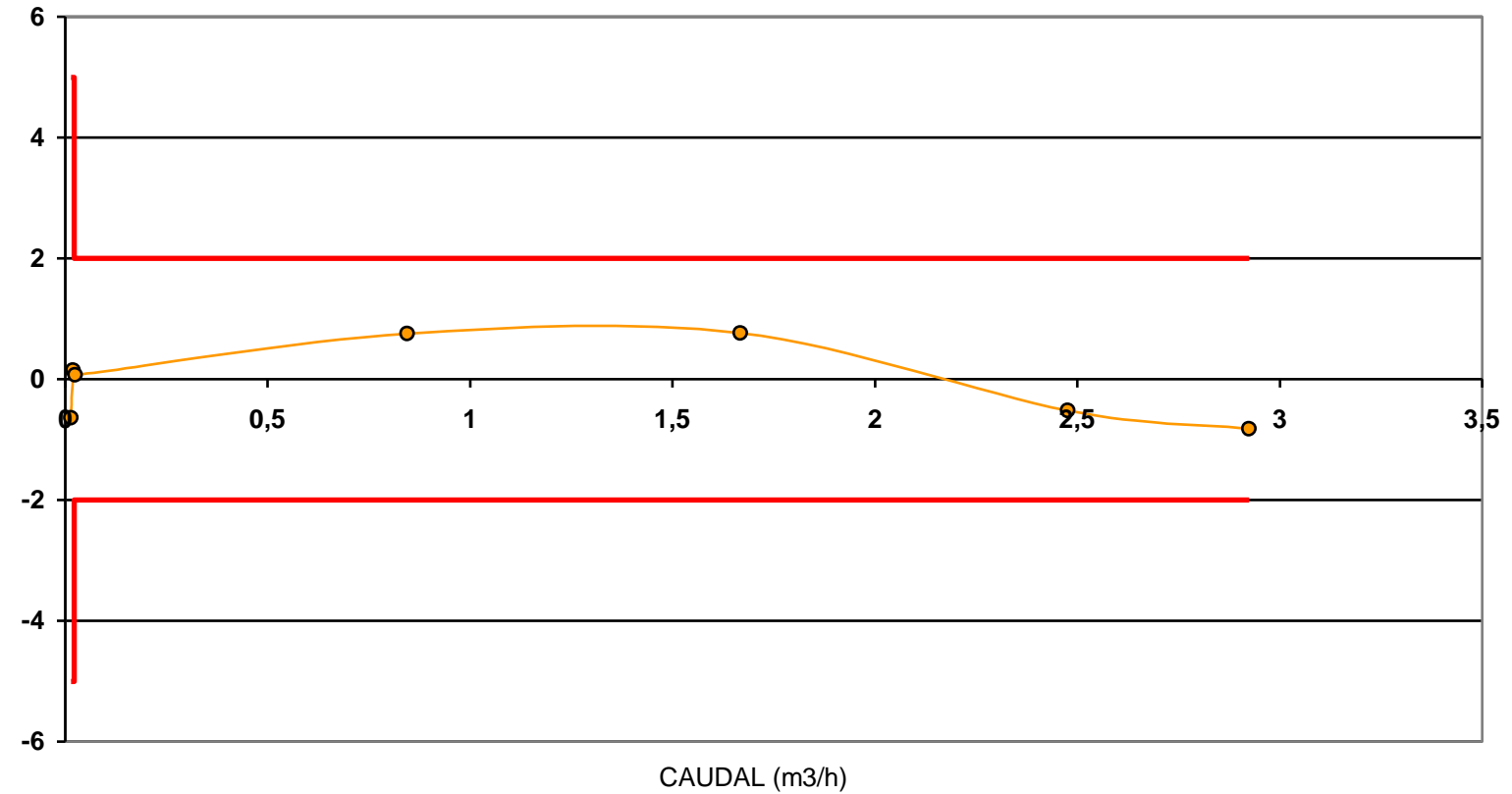
GRAFICA Y ECUACION DE CALIBRACION





ERROR(%)

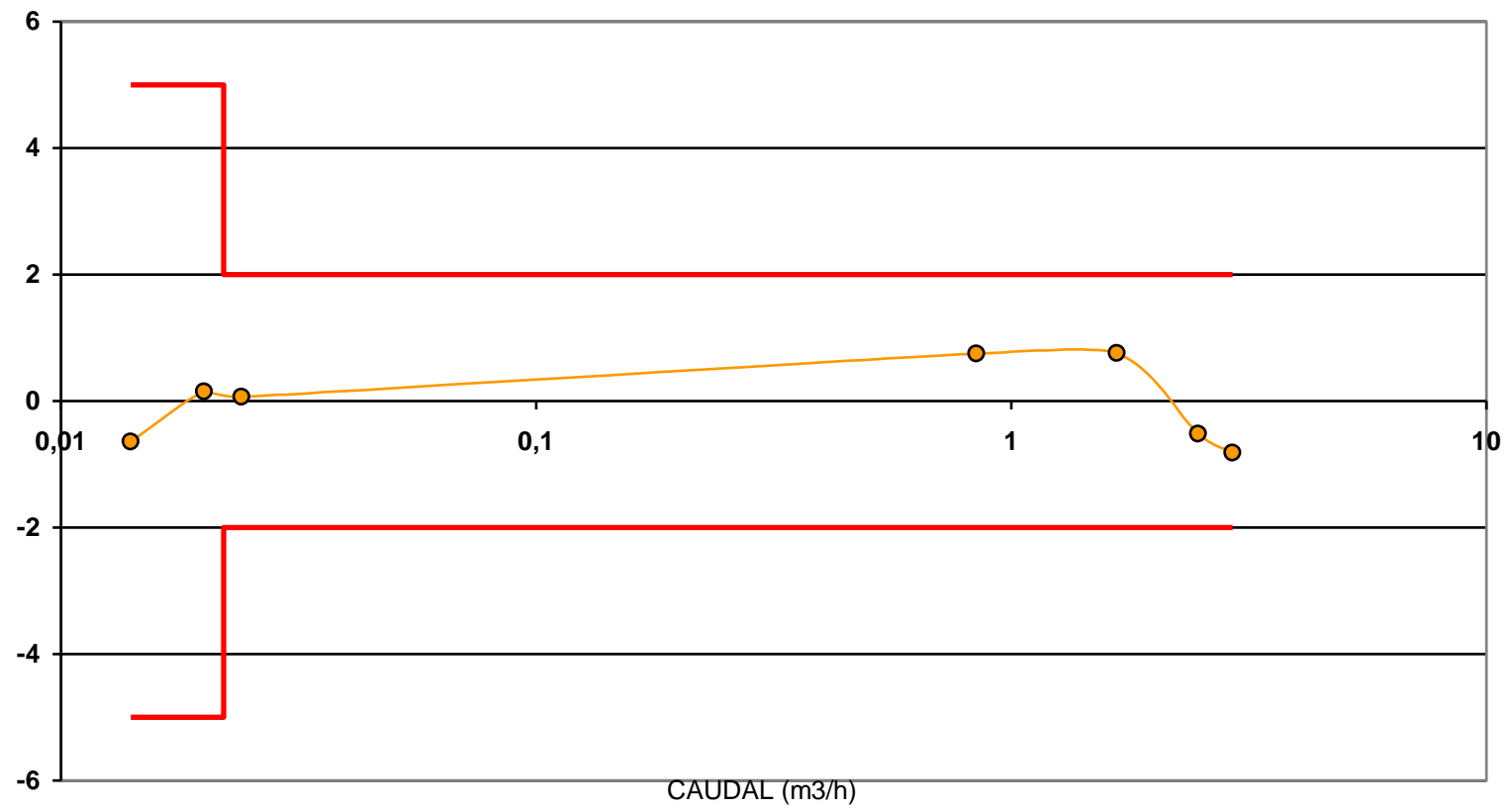
CURVA ERROR





ERROR(%)

CURVA ERROR



TRAZABILIDAD METROLOGICA

En este apartado se indica la trazabilidad metrológica.

OBSERVACIONES

- Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.
- El presente documento, Certificado de Calibración, concierne, única y exclusivamente, al equipo calibrado.
- Este certificado expresa fielmente el resultado de las medidas realizadas.
- No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso por escrito.

En los Anexos de este certificado están recogidos aspectos como:

- Historial de la calibración de la instalación.
- Determinación de la densidad del agua.
- Determinación de la densidad del aire
- Factor corrector tiempo desviadores de flujo
- Cálculo de las incertidumbres
- Lecturas contador ensayado

En Bilbao a 7 de abril de 2015

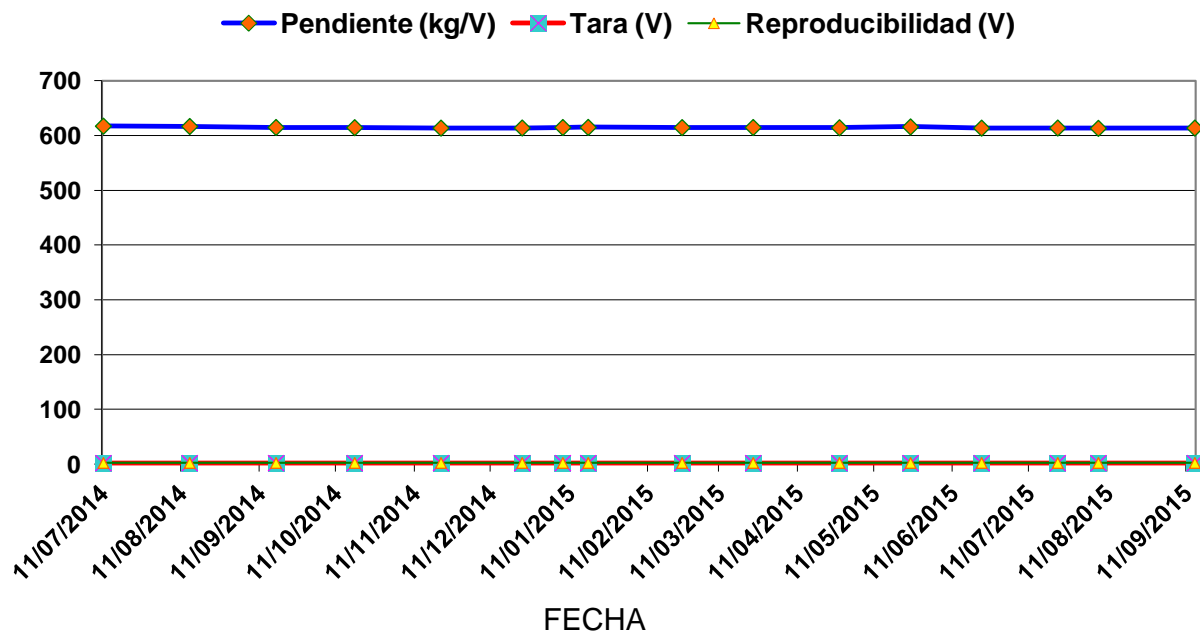


Fdo: Iñigo Albaina López de Armentia

ANEXO I

HISTORIAL CALIBRACIÓN INSTALACIÓN

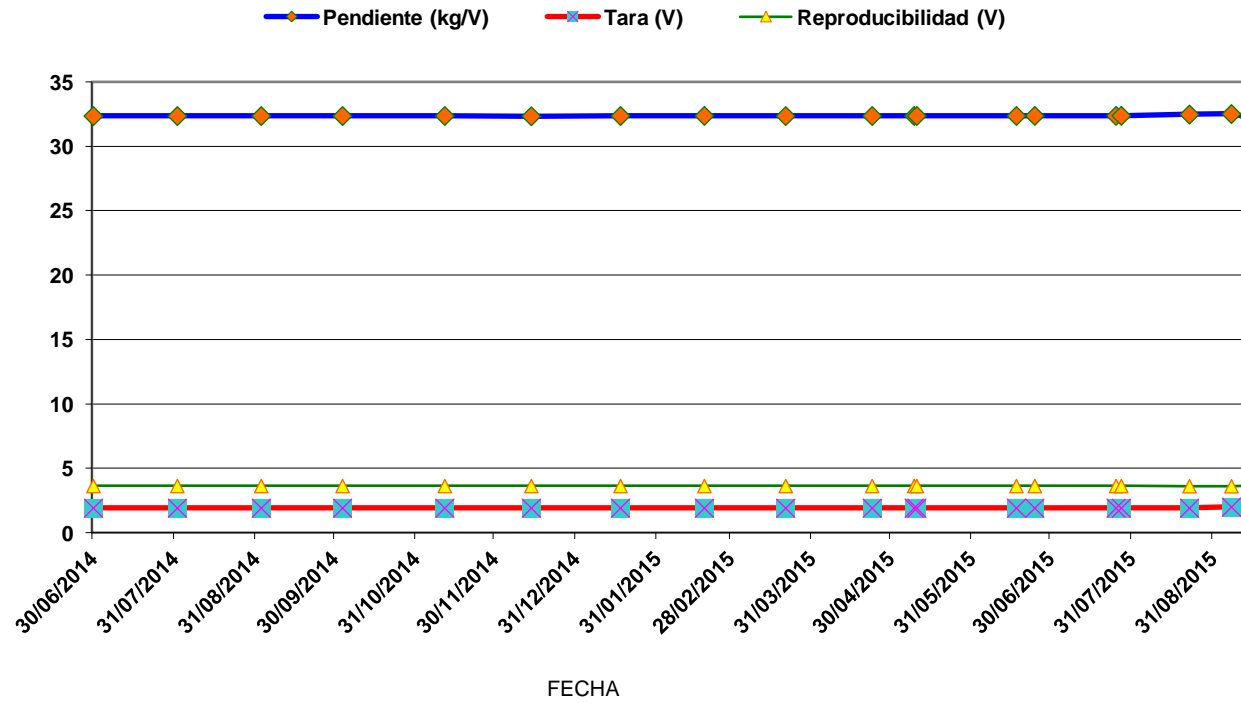
DEPÓSITO 4500 L



	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
11/07/2014	617,217	1,962	2,333
14/07/2014	616,669	1,962	2,336
17/07/2014	614,853	1,962	2,339
18/07/2014	614,524	1,962	2,339
21/07/2014	613,728	1,962	2,339
23/07/2014	613,915	1,962	2,339
01/09/2014	614,808	1,963	2,333
18/09/2014	614,995	1,961	2,339
24/09/2014	614,609	1,961	2,340
24/09/2014	614,823	1,961	2,339
27/10/2014	614,324	1,961	2,338
25/03/2015	615,915	1,961	2,339

Incertidumbre deriva máxima = 4656 g
Incertidumbre deriva máxima = 0,11%
Desviación estándar tara = 0,04 %
Desviación estándar pendiente = 0,17 %
Reproducibilidad = 1525 g

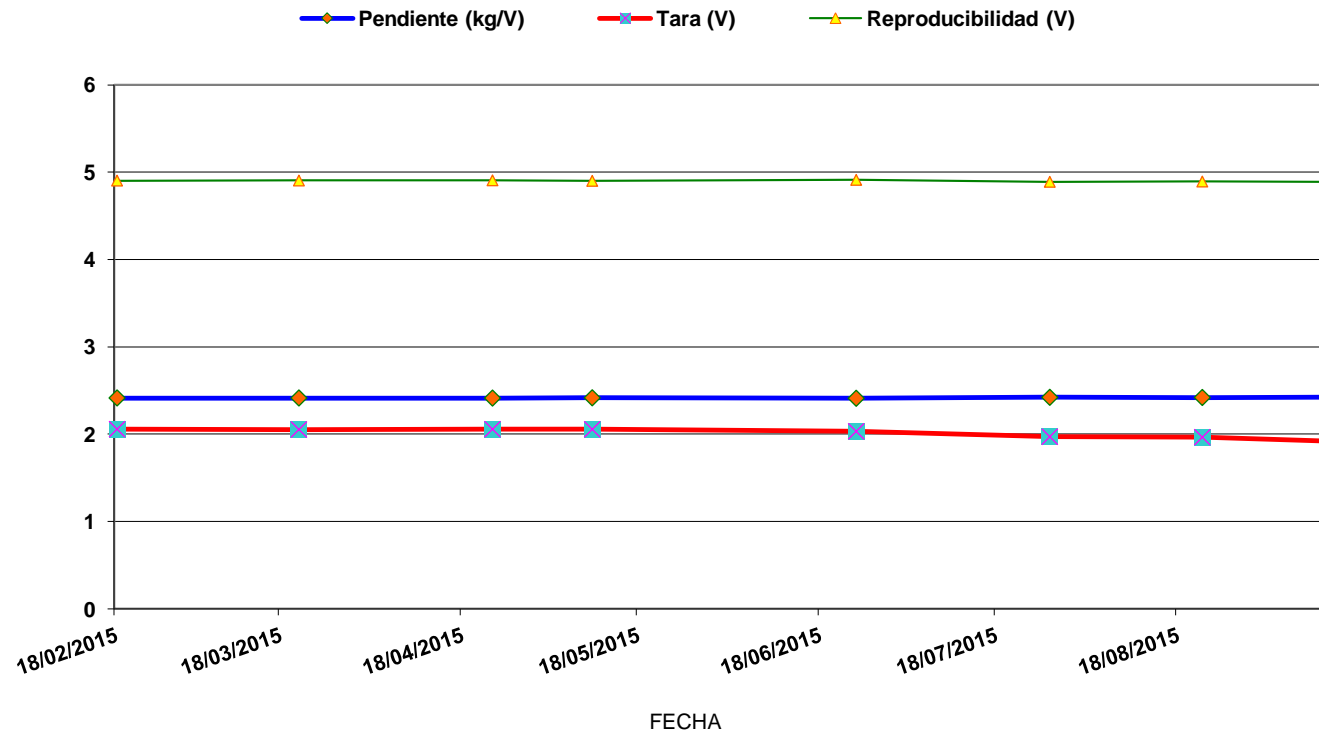
DEPÓSITO 180 L



	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
30/06/2014	32,358	1,913	3,635
01/07/2014	32,358	1,914	3,635
02/07/2014	32,360	1,913	3,634
03/07/2014	32,360	1,914	3,634
11/07/2014	32,364	1,913	3,634
14/07/2014	32,343	1,914	3,636
17/07/2014	32,363	1,914	3,634
18/07/2014	32,372	1,913	3,633
21/07/2014	32,358	1,913	3,635
23/07/2014	32,363	1,913	3,634
09/09/2014	32,367	1,913	3,634
09/09/2014	32,368	1,913	3,633
17/09/2014	32,365	1,912	3,634
24/09/2014	32,372	1,913	3,633
24/09/2014	32,373	1,913	3,633
27/10/2014	32,379	1,913	3,632

Incertidumbre deriva máxima = 75 g
 Incertidumbre deriva máxima = 0,05 %
 Desviación estándar pendiente = 0,03 %
 Desviación estándar tara = 0,03 %
 Reproducibilidad = 30 g

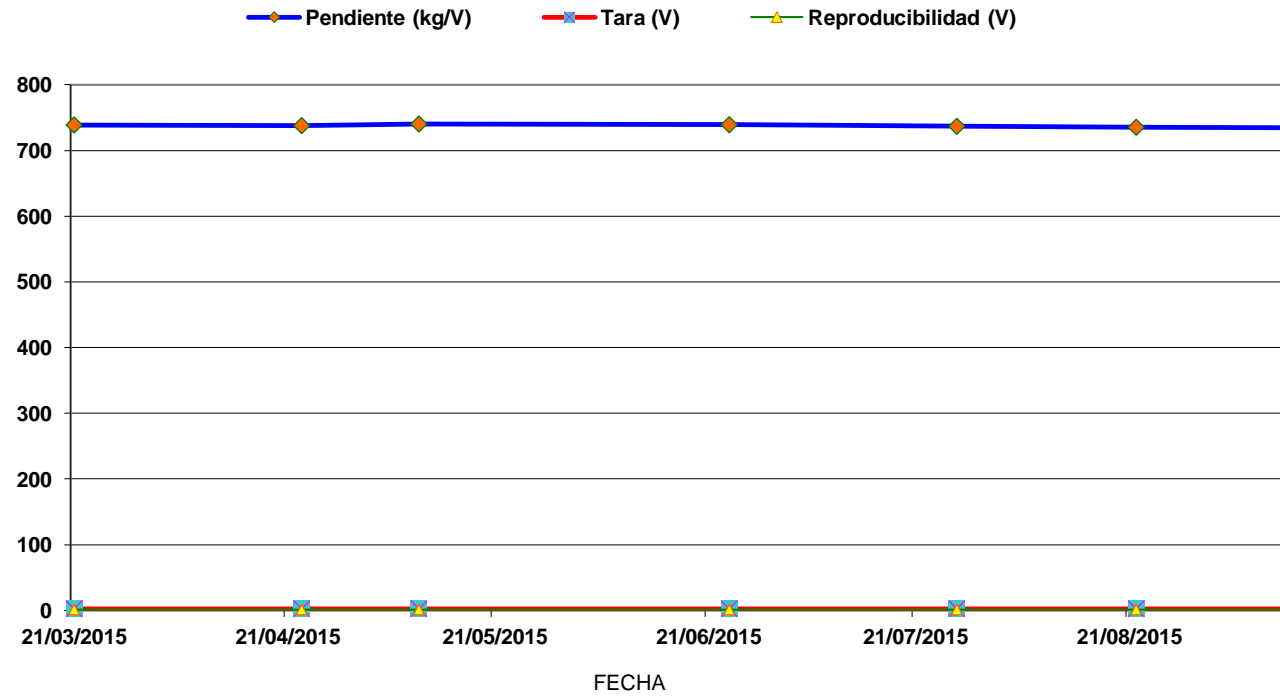
DEPÓSITO 12 L



	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
09/01/2015	2,415	2,057	4,904
12/01/2015	2,415	2,053	4,905
13/01/2015	2,414	2,057	4,907
15/01/2015	2,416	2,055	4,901
26/02/2015	2,411	2,032	4,912

Incertidumbre deriva máxima = 15 g
Incertidumbre deriva máxima = 0,13 %
Desviación estándar pendiente = 0,08 %
Desviación estándar tara = 0,52 %
Reproducibilidad = 10 g

DEPÓSITO 1 L





	Pendiente (kg/V)	Tara (V)	Reproducibilidad (V)
21/03/2015	738,765	2,372	1,336
23/04/2015	737,729	2,373	1,337
10/05/2015	740,232	2,404	1,333
24/06/2015	739,126	2,376	1,335
27/07/2015	736,621	2,367	1,333
22/08/2015	735,251	2,377	1,335
14/09/2015	734,907	2,383	1,336
16/09/2015	735,655	2,387	1,334

Incertidumbre deriva máxima = 4,09 g
Incertidumbre deriva máxima = 0,41 %
Desviación estándar pendiente = 0,26 %
Desviación estándar tara = 0,48 %
Reproducibilidad = 1,14 g



ANEXO II

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AGUA

Según la normativa ISO 4185-1980 "*Measurement of liquid flow in closed conduits- Weighing method*", en el apartado 3.5 establece que si el líquido utilizado es agua razonablemente limpia, es aceptable obtener la densidad de la misma en tablas a partir de la lectura de la temperatura del agua en el circuito de calibración con un elemento medidor de la temperatura con una exactitud superior a 0,5°C garantiza un error inferior a 10^{-4} en la determinación de la densidad del agua.

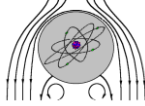
El sensor utilizado para medir la temperatura del agua en el circuito es el siguiente:

Sensor de temperatura tipo rígido con cabezal. Tipo Pt-100 Clase A

Clase A	$\pm 0,15^{\circ}\text{C}$
----------------	----------------------------

Tabla para la obtención de la densidad del agua obtenida del Anexo B de la normativa ISO 4185-1980 "*Measurement of liquid flow in closed conduits- Weighing method*"

Temperatura (°C)	Densidad agua (kg/m ³)
0	999,84
2	999,94
4	999,97
6	999,94
8	999,85
10	999,70
12	999,50
14	999,24
16	998,94
18	998,60
20	998,20
22	997,77
24	997,30
26	996,78
28	996,23
30	995,65
32	995,03
34	994,37



ANEXO III

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL AIRE

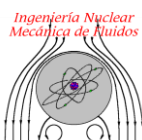
Para el cálculo de la densidad del aire húmedo se emplea la versión simplificada de la ecuación recomendada por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) para la determinación de la densidad del aire húmedo (ecuación CIPM 2007).

$$\rho_a = \frac{0.348444 * p - h_r * (0.00252 * t - 0.020582)}{273.15 + t}$$

Los rangos de presión y temperatura recomendados con la cual la ecuación del CIPM-2007 debe ser usada son:

$$\begin{aligned} 600 \text{ hPa} &\leq p \leq 1100 \text{ hPa} \\ 15 \text{ }^\circ\text{C} &\leq t \leq 27 \text{ }^\circ\text{C} \\ 20\% &\leq h_r \leq 80\% \end{aligned}$$

Bajo estas condiciones, la fórmula tiene una incertidumbre relativa de $68 \cdot 10^{-5}$



ANEXO V

CÁLCULO DE LAS INCERTIDUMBRES

Se sigue el procedimiento establecido en ISO 4185-1980E

Incertidumbre típica asociada al instrumento de pesaje

Depósito 4500 L

Sistemáticos

Incertidumbre certificado de calibración	$\mu_{CAL} = \pm 20 \text{ g}$	$\mu_{CAL} = \pm 0.006 \%$
Incertidumbre resolución instrumento	$\mu_{RES} = \pm 144 \text{ g}$	$\mu_{RES} = \pm 0.005 \%$

$$[\mu_M]_{SIST} = \sqrt{\mu_{CAL}^2 + \mu_{RES}^2} = 146 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{SIST} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{CAL}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{RES}}{m}\right]^2} = 0.01 \%$$

Aleatorios

Incertidumbre variación temperatura instrumento	$\mu_{TEMP} = \pm 39 \text{ g}$	$\mu_{TEMP} = \pm 0.0013 \%$
Incertidumbre deriva del instrumento	$\mu_{DER} = 4656 \text{ g}$	$\mu_{DER} = 0,11\%$
Incertidumbre sistema adquisición datos	$\mu_{DAT} = \pm 12 \text{ g}$	$\mu_{DAT} = \pm 0.0004 \%$
Incertidumbre repetibilidad instrumento	$\mu_{REP} = 1525 \text{ g}$	$\mu_{REP} = 0,11\%$

$$[\mu_M]_{ALE} = \sqrt{\mu_{TEMP}^2 + \mu_{DER}^2 + \mu_{DAT}^2 + \mu_{REP}^2} = 4900 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{ALE} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{TEMP}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DER}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DAT}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{REP}}{m}\right]^2} = 0,15 \%$$



Depósito 180 L

Sistemáticos

Incertidumbre certificado de calibración $\mu_{CAL} = \pm 10 \text{ g}$ $\mu_{CAL} = \pm 0.008 \%$

Incertidumbre resolución del instrumento $\mu_{RES} = \pm 17 \text{ g}$ $\mu_{RES} = \pm 0.006 \%$

$$[\mu_M]_{SIST} = \sqrt{\mu_{CAL}^2 + \mu_{RES}^2} = 20 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{SIST} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{CAL}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{RES}}{m}\right]^2} = 0.01 \%$$

Aleatorios

Incertidumbre variación temp. instrumento $\mu_{TEMP} = \pm 3.9 \text{ g}$ $\mu_{TEMP} = 0.0013 \%$

Incertidumbre deriva instrumento $\mu_{DER} = \pm 75 \text{ g}$ $\mu_{DER} = \pm 0.05 \%$

Incertidumbre sistema adquisición datos $\mu_{DAT} = \pm 1.2 \text{ g}$ $\mu_{DAT} = \pm 0.0004 \%$

Incertidumbre repetibilidad instrumento $\mu_{REP} = \pm 30 \text{ g}$ $\mu_{REP} = \pm 0.03 \%$

$$[\mu_M]_{ALE} = \sqrt{\mu_{TEMP}^2 + \mu_{DER}^2 + \mu_{DAT}^2 + \mu_{REP}^2} = 81 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{ALE} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{TEMP}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DER}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DAT}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{REP}}{m}\right]^2} = 0.06 \%$$

Depósito 12 L

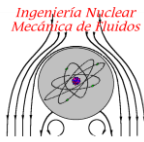
Sistemáticos

Incertidumbre certificado calibración $\mu_{CAL} = \pm 1 \text{ g}$ $\mu_{CAL} = \pm 0.008 \%$

Incertidumbre resolución instrumento $\mu_{RES} = \pm 1 \text{ g}$ $\mu_{RES} = \pm 0.006 \%$

$$[\mu_M]_{SIST} = \sqrt{\mu_{CAL}^2 + \mu_{RES}^2} = 1 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{SIST} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{CAL}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{RES}}{m}\right]^2} = 0.01 \%$$



Aleatorios

Incertidumbre variación temperatura instrumento	$\mu_{TEMP} = \pm 0.2 \text{ g}$	$\mu_{TEMP} = \pm 0.0013 \%$
Incertidumbre deriva instrumento	$\mu_{DER} = 15 \text{ g}$	$\mu_{DER} = 0,13 \%$
Incertidumbre sistema adquisición datos	$\mu_{DAT} = \pm 0.06 \text{ g}$	$\mu_{DAT} = \pm 0.0004 \%$
Incertidumbre repetibilidad instrumento	$\mu_{REP} = \pm 10 \text{ g}$	$\mu_{REP} = \pm 0,08\%$

$$[\mu_M]_{ALE} = \sqrt{\mu_{TEMP}^2 + \mu_{DER}^2 + \mu_{DAT}^2 + \mu_{REP}^2} = 18 \text{ g}$$

$$[\mu_M]_{ALE} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{TEMP}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DER}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{DAT}}{m}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{REP}}{m}\right]^2} = 0,15 \%$$

Incertidumbre típica asociada al instrumento de medida del tiempo

Sistemáticos

Incertidumbre resolución del instrumento $\mu_{RES} = \pm 0.29 \text{ ms}$ $\mu_{RES} = \pm 0.001 \%$

$$[\mu_t]_{SIST} = \sqrt{\mu_{RES}^2} = \pm 0.29 \text{ ms} \quad [\mu_t]_{SIST} = \sqrt{\left[\frac{\mu_{RES}}{t}\right]^2} = 0.001 \%$$

Incertidumbre típica asociada al cálculo de la densidad del aire húmedo

Incertidumbre de los aparatos de medida

Temperatura del aire

Resolución = 0.01 °C Calibración = 0.5 °C Repetibilidad = 0.1 °C

$$\mu_{TEMP \text{ AIRE}} = \sqrt{\frac{\mu_{RES}^2}{12} + \mu_{CAL}^2 + \mu_{REP}^2} = 0.51 \text{ °C}$$

Humedad del aire

Resolución = 0.03 % Calibración = 3.5 % Repetibilidad = 0.1 %

$$\mu_{Hr \text{ AIRE}} = \sqrt{\frac{\mu_{RES}^2}{12} + \mu_{CAL}^2 + \mu_{REP}^2} = 1.8 \%$$

Barómetro

$$\text{Calibración} = 200 \text{ Pa} \quad \mu_{BAR} = \sqrt{\mu_{CAL}^2} = 200 \text{ Pa}$$



Temperatura del agua

$$\text{Resolución} = 0.01 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Calibración} = 0.15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \mu_{\text{TEMP AGUA}} = \sqrt{\frac{\mu_{\text{RES}}^2}{12} + \mu_{\text{CAL}}^2} = 0.15^\circ\text{C}$$

Sistemáticos

$$\text{Incertidumbre temperatura aire} \quad \mu_{\text{TEMP AIRE}} = (-4 \cdot 10^{-3} \cdot 0.51)^2 = \pm 0.000004$$

$$\text{Incertidumbre humedad relativa} \quad \mu_{\text{HR AIRE}} = (-9 \cdot 10^{-3} \cdot 1.8)^2 = \pm 0.00024$$

$$\text{Incertidumbre barómetro} \quad \mu_{\text{BAR}} = (10^{-5} \cdot 200)^2 = \pm 0.000004$$

$$\text{Incertidumbre fórmula} \quad \mu_{\text{FOR}} = (68 \cdot 10^{-5})^2 = \pm 0.0000004$$

$$[\mu_{\rho\text{Aire}}]_{\text{SIST}} = \sqrt{\mu_{\text{TEMP}}^2 + \mu_{\text{HR}}^2 + \mu_{\text{BAR}}^2 + \mu_{\text{FOR}}^2} = 0.016 \%$$

Incertidumbre típica asociada al cálculo de la densidad del agua

Incertidumbre de los aparatos de medida

$$\text{Temperatura del agua} \quad \text{Incertidumbre} = \pm 0.15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \mu_{\rho\text{Agua}} = 0.01 \%$$

Incertidumbre típica asociada al cálculo del factor corrector empuje del aire

Incertidumbres asociadas

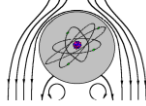
$$\text{Densidad del agua} \quad \mu_{\rho\text{Agua}} = 0.01 \% \quad \text{Densidad del aire} \quad \mu_{\rho\text{Aire}} = 0.016 \%$$

$$\mu_{\varepsilon} = 0.01 \%$$

Incertidumbre de la instalación

$$[E]_{\text{SIST}} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{\text{M}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\varepsilon}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{t}}}{\text{t}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\rho\text{Aire}}}{\rho\text{Aire}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\rho\text{Agua}}}{\rho\text{Agua}}\right]^2} = 0.18 \%$$

$$[E]_{\text{ALE}} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{\mu_{\text{TEMP}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{DER}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{DAT}}}{\text{m}}\right]^2 + \left[\frac{\mu_{\text{RER}}}{\text{m}}\right]^2} = 0,15 \%$$



Incertidumbre debida a la resolución de lectura del contador ensayado

$$\mu_{\text{contador}} = \frac{d_c}{V_{\text{ensayo}} \sqrt{3} \sqrt{2}} = 0,8 \%$$

Incertidumbre combinada asociada al ensayo

$$\mu_{\text{ensayo}} = \sqrt{\mu_{\text{Instalación}}^2 + \mu_{\text{Contador}}^2} = 0,82 \%$$

Incertidumbre expandida

$$\mu = k * \mu_{\text{ensayo}} = 1,64 \%$$

ANEXO VI

LECTURAS DEL CONTADOR CALIBRADO

Imagen contador fin11

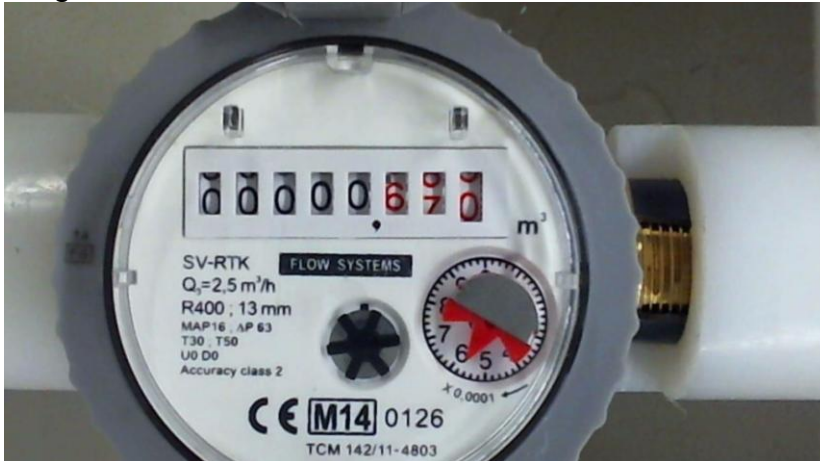
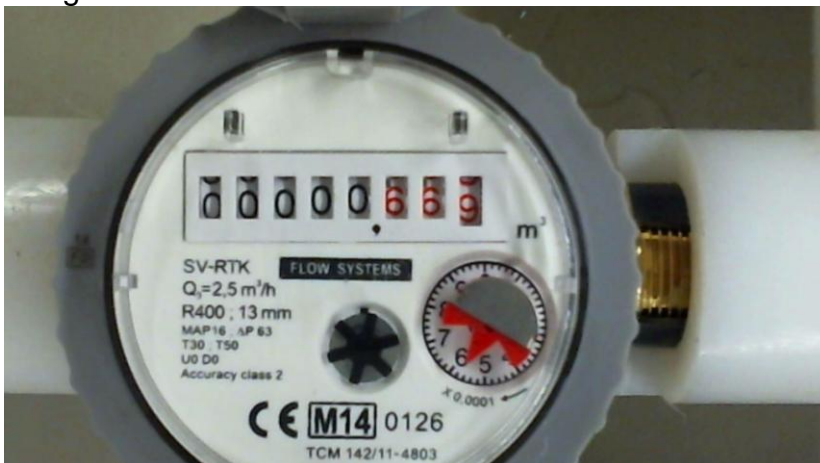


Imagen contador inicio11



LECTURA FINAL =69,57

LECTURA INICIO =68,57

VOLUMEN CONTADO =1,00

Imagen contador fin21

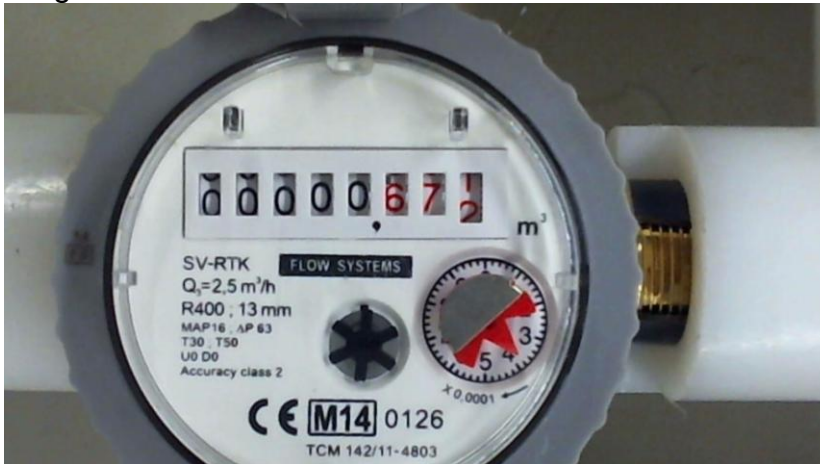
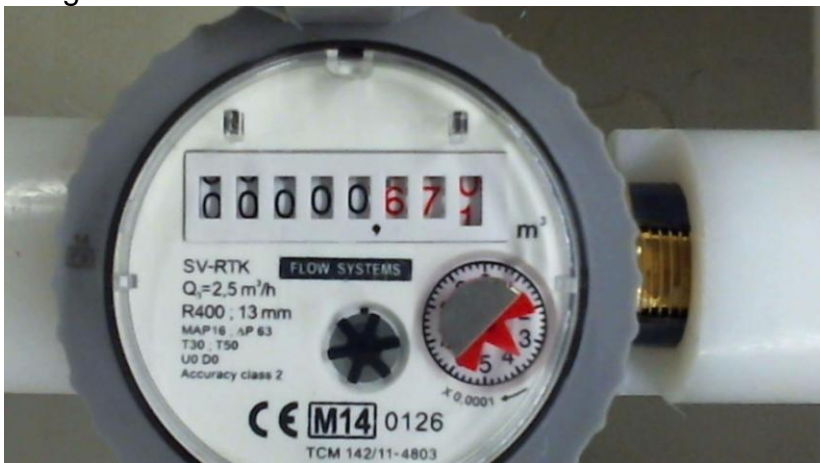


Imagen contador inicio21



LECTURA FINAL =71,38

LECTURA INICIO =70,37

VOLUMEN CONTADO =1,01

Imagen contador fin31

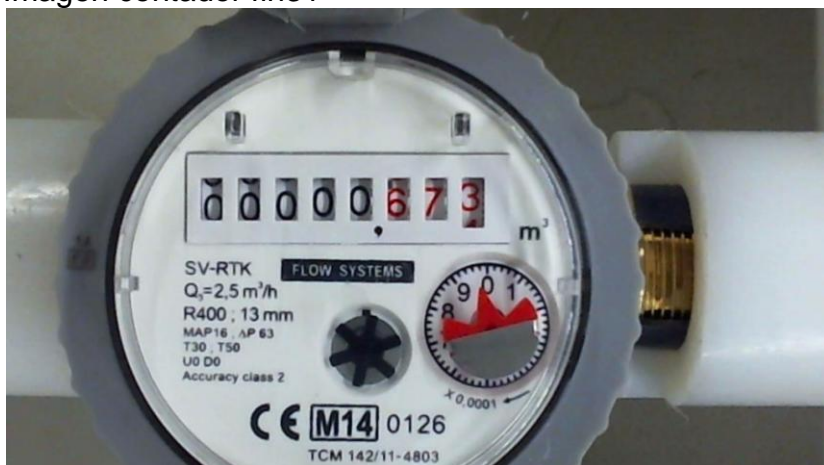
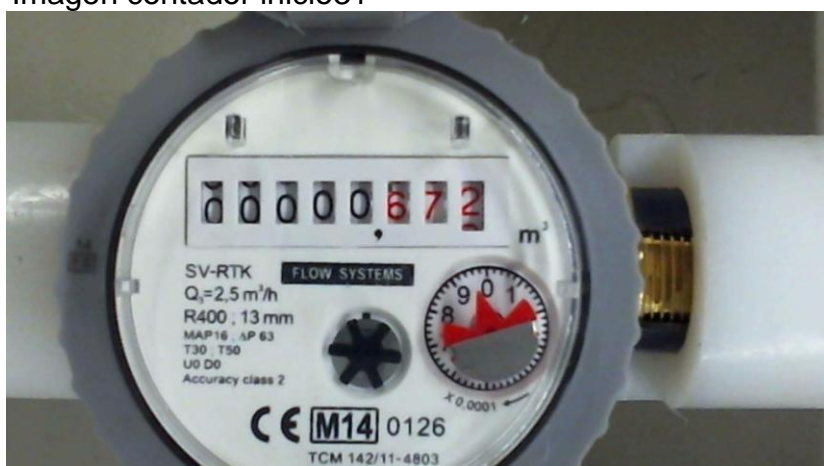


Imagen contador inicio31



LECTURA FINAL =72,97

LECTURA INICIO =71,96

VOLUMEN CONTADO =1,01

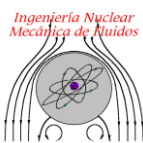


Imagen contador fin41

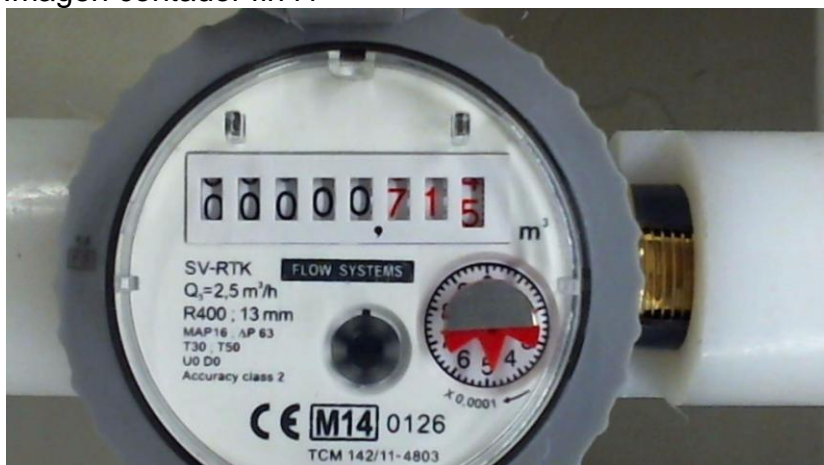
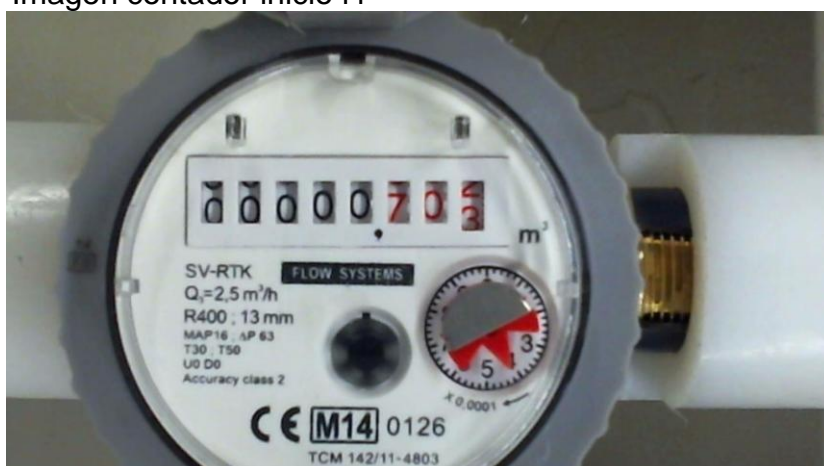


Imagen contador inicio41



LECTURA FINAL =714,48

LECTURA INICIO =702,42

VOLUMEN CONTADO =12,06

Imagen contador fin51

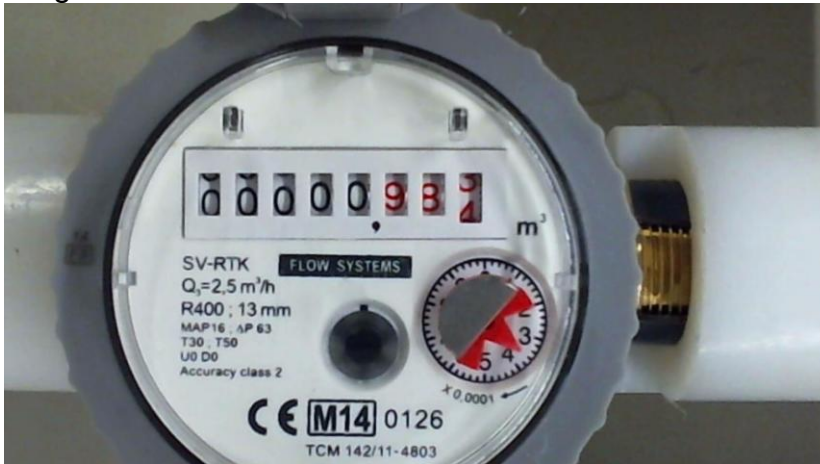


Imagen contador inicio51



LECTURA FINAL =983,36

LECTURA INICIO =831,62

VOLUMEN CONTADO =151,74

Imagen contador fin61

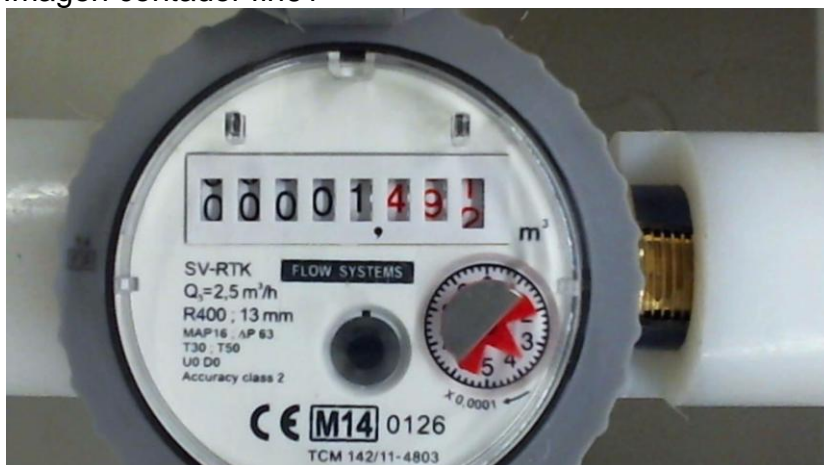
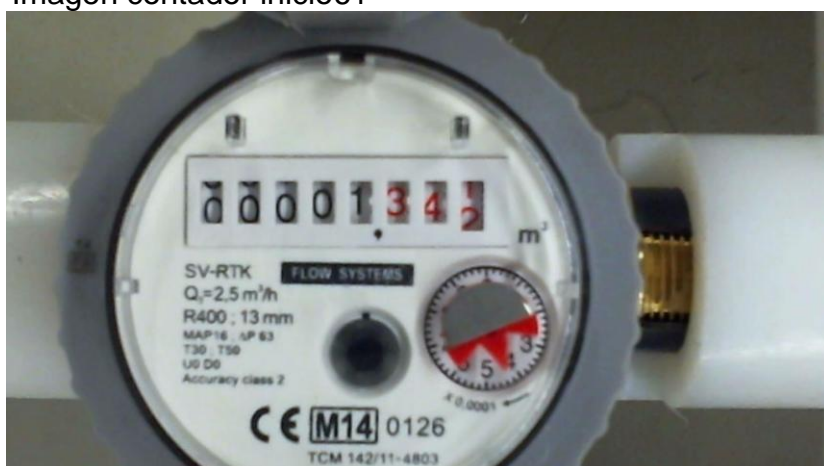


Imagen contador inicio61



LECTURA FINAL =1491,37

LECTURA INICIO =1341,44

VOLUMEN CONTADO =149,93



Imagen contador fin71

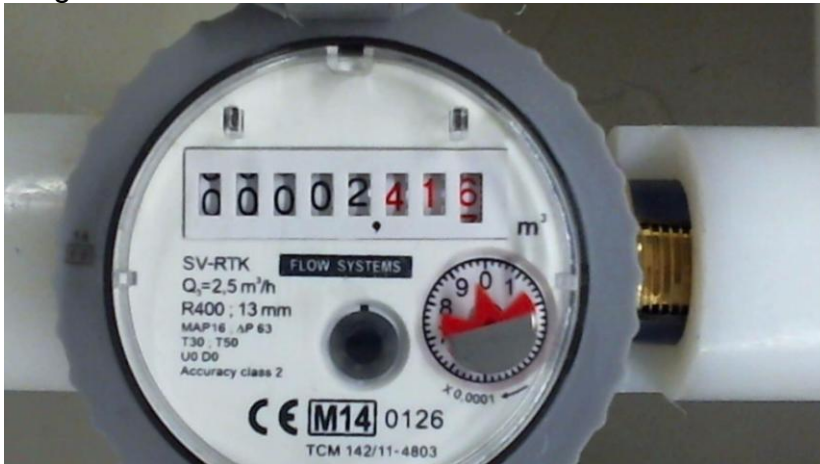


Imagen contador inicio71



LECTURA FINAL =2415,96

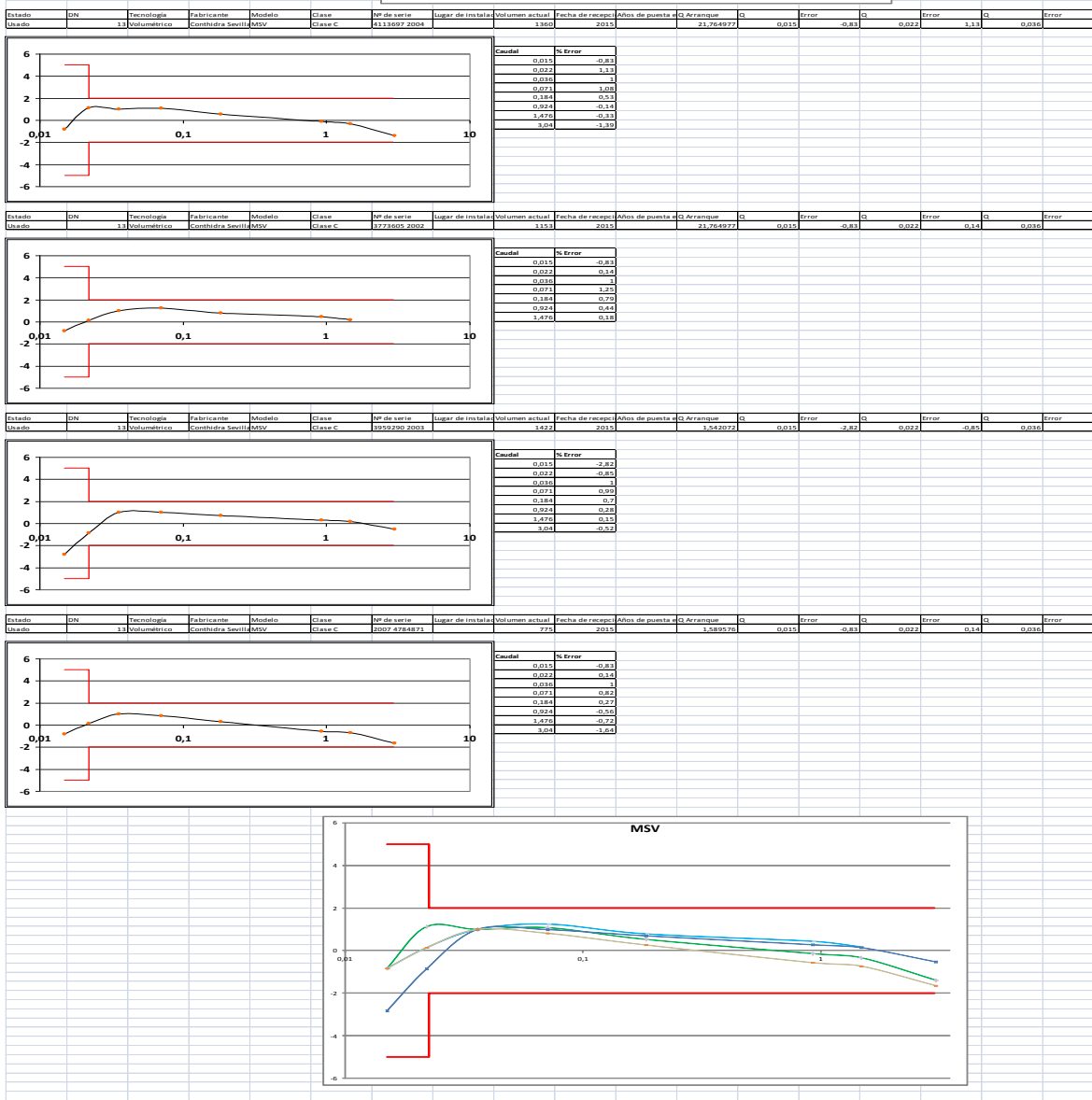
LECTURA INICIO =2266,45

VOLUMEN CONTADO =149,51

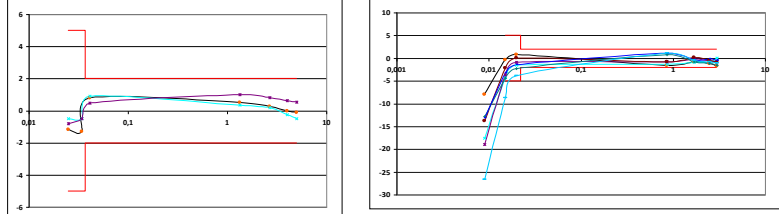
3. BASE DE DATOS GENERAL

4. BASES DE DATOS ESPECÍFICAS

BASES DE DATOS GENERADAS



Estado	DN	Tecnología	Fabricante	Modelo	Clase	Nº de serie	Lugar de instala	Volumen actual	Fecha de recepc	Años de puesta	Q	Arranque	Q	Error	Q	Error	Q	Error	Q	Error	Q	Error							
Usado	10	Inductivo	Danco	Wenac-WPAM	Clase B	4853977		27	2014	2014	0,41	-1,01	1,3	-2,20	1,20	0,12	0,21	0,015	18,445	1,54	24,0	1,71	2,12	4,30	2,08				
Usado	10	Inductivo	Danco	Wenac-WPAM	Clase B	4853566		27	2014	2014	0,701	-5,45	1,101	-6,18	1,485	1,485	14,803	-1,502	30,27	-0,902	40,00	-0,775	50,113	-0,845	2,11	1,42	2,98		
Usado	10	Inductivo	Danco	WP-MSV	Clase B	4852546		120	2014	2014	1,41	-0,10	7,04	-0,81	11,8	-1,1	37,08	-2,02	75,01	-1,24	102,02	-1,01	139,01	-1,13	1,4	0,20	2,98		
Usado	10	Inductivo	Danco	MSV	Clase B	4852080		300	2014	2014	300	1,18	0,36	5,09	0,43	8,8	0,18	21,21	-0,98	47,04	0,99	81,90	0,98	102,01	0,98	2,48	0,11	2,99	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	100	0,023	-1,07	0,014	-0,48	0,04	0,18	1,8	0,08	2,08	0,21	1,09	0,18	0,08	0,015	1,43	0,04	0,04	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	113	0,023	-0,48	0,014	-0,48	0,04	0,18	1,8	0,08	2,08	0,21	1,09	0,18	0,08	0,015	1,43	0,04	0,04	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	9,78	0,023	-1,10	0,014	-1,1	0,04	0,79	1,13	0,1	2,28	0,27	1,09	0,18	0,08	0,015	1,43	0,04	0,04	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	11,87	0,009	-7,04	0,015	-4,28	0,015	-1,05	0,81	1,18	1,08	-0,84	2,02	-0,8	2,98	0,09	0,004	-29,51	0,015	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	8,22	0,009	-7,04	0,015	-0,13	0,002	0,77	0,81	1,08	-0,78	2,02	-1,17	2,01	1,48	0,004	12,001	0,015	0,015	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	6,64	0,009	-18,07	0,015	-1,6	0,002	-0,66	0,8	0,78	1,08	-0,2	1,02	-0,18	2,01	0,004	4,96	0,015	0,015	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	11,81	0,009	-13,73	0,015	-1,11	0,001	0,11	0,81	1,08	-0,11	1,02	-0,4	2,01	0,004	-100,001	0,015	0,015	0,015	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	10,45	0,009	-12,03	0,015	-1,14	0,002	-1,2	0,81	1,08	-0,77	2,01	-1,08	2,01	-1,1	0,004	-100,001	0,015	0,015	
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	8,11	0,009	-13,14	0,015	-1,18	0,002	-1,17	0,81	1,08	-1,01	2,01	-0,11	2,01	-0,11	2,01	-0,11	0,004	-100,001	0,015
Usado	10	Inductivo	TRON	FLDUS T212A	Clase C	0517802175		100	2014	2014	8,01	0,009	-20,14	0,015	-0,01	0,002	-1,04	0,81	1,08	-0,46	2,01	-0,11	2,01	-1,07	0,004	-79,101	0,015	0,015	



CAPÍTULO 3

NORMATIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS
CONTADORES ENSAYADOS

ÍNDICE

3	NORMATIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTADORES ENSAYADOS.	3-3
3.1	INTRODUCCIÓN.....	3-3
3.2	NORMATIVA RELATIVA A LOS CONTADORES DE AGUA.	3-4
3.3	DESCRIPCIÓN DE LOS CONTADORES ENSAYADOS.....	3-11
3.4	CONCLUSIONES.....	3-34

3 NORMATIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTADORES ENSAYADOS

3.1 Introducción

La normativa que rige las características que tienen que cumplir los contadores de agua va cambiando con el tiempo y se va actualizando para mejorar y corregir los posibles defectos o errores detectados con el paso de los años, además de para adaptarse a las nuevas tecnologías que poco a poco van surgiendo. Es importante estar al día con la normativa vigente, conociendo sus exigencias y novedades, pero también hay que tener presente las precedentes, base de las actuales y en algunos casos con parte de su contenido todavía en vigor. Además, cuando se investiga sobre la evolución de los contadores con el tiempo, lógicamente se utilizan medidores usados que están realizados según normativas anteriores.

En el proceso de investigación sobre cómo afectan las condiciones de la instalación a contadores de medio y gran calibre, es necesario conocer la situación inicial de estos y cuál es su comportamiento cuando salen de fábrica, ya que es la base que va a servir de referencia para los resultados que obtengamos cuando se someta al contador a diferentes condiciones de instalación. Es importante también describir su funcionamiento, ya que conociendo este nos puede arrojar luz sobre la mayor o menor influencia ante una determinada situación, e incluso explicar qué elementos son los cruciales para cada tecnología y que pueden incidir, por la calidad constructiva de estos, para que dentro de la misma tecnología haya medidores que tengan mayor sensibilidad que otros para situaciones concretas.

No es objetivo de este trabajo describir detalladamente el funcionamiento interno de las diferentes tecnologías de contadores empleadas, ni hacer simulaciones numéricas, ya que existe amplia bibliografía en la que se resuelve esta cuestión.

3.2 Normativa relativa a los contadores de agua

Haciendo un poco de historia en lo que se refiere a la Normativa aplicable a los contadores de agua tenemos que la legislación que aplicaba en el ámbito europeo y nacional era:

Ámbito europeo:

Directiva 75/33/CEE (prácticamente idéntica a la Norma ISO 4064:1993) para contadores mecánicos de agua fría

Ámbito nacional. La anterior Directiva queda recogida en la siguiente orden ministerial:

OMM publicada en el BOE 28/12/1988 – Contadores mecánicos de agua fría

En ellas se recogen características metrológicas tales como errores máximos permitidos, clases metrológicas etc.; características tecnológicas como fabricación, materiales, estanqueidad, resistencia a la presión, pérdida de carga, dispositivo indicador, etc.; requisitos para la aprobación de modelo y procedimiento de verificación primitiva.

La Directiva 75/33 CEE establece que el error máximo permitido es:

2% entre Caudal de transición (incluido) y Caudal máximo.

5% entre Caudal mínimo (incluido) y Caudal de transición (excluido).

Dónde:

Caudal mínimo: Caudal a partir del cual, incluido su valor, el error de medida tiene que ser como máximo del $\pm 5\%$ del caudal trasegado.

Caudal de transición: Este caudal separa las dos zonas con diferentes errores permitidos, por encima de este caudal, incluido su valor, el error de medida no puede ser superior al $\pm 2\%$ del caudal trasegado.

Caudal máximo: Es el más elevado al que el contador tiene que funcionar sin deterioro durante períodos de tiempo limitados con un error de medida no superior al $\pm 2\%$.

Caudal nominal: Es la mitad del caudal máximo y es el que se emplea expresado en m^3/h para designar al contador. Este último tiene que poder trabajar ininterrumpidamente a este caudal sin sufrir deterioro, tanto de forma continua como intermitente y sin un error de medida superior al $\pm 2\%$.

Esta Directiva también realiza una clasificación de los contadores de agua, según los valores de caudal mínimo y caudal de transición anteriormente definidos, en tres clases metrológicas con arreglo al cuadro mostrado en la tabla siguiente:

Tabla 3.1 Clases metrológicas

Q nominal (Q_n)	< 15 m ³ /h			≥ 15 m ³ /h		
CLASE	A	B	C	A	B	C
Q mínimo	0,04 Q_n	0,02 Q_n	0,01 Q_n	0,08 Q_n	0,03 Q_n	0,006 Q_n
Q transición	0,1 Q_n	0,08 Q_n	0,015 Q_n	0,3 Q_n	0,2 Q_n	0,015 Q_n

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de las franjas de caudales para cada una de las clases metrológicas definidas en la Directiva para contadores de caudal nominal 25 m³/h, mostrándose dos ejemplos, la línea azul representa la curva de error de un contador de clase C y la línea roja de uno de clase B.

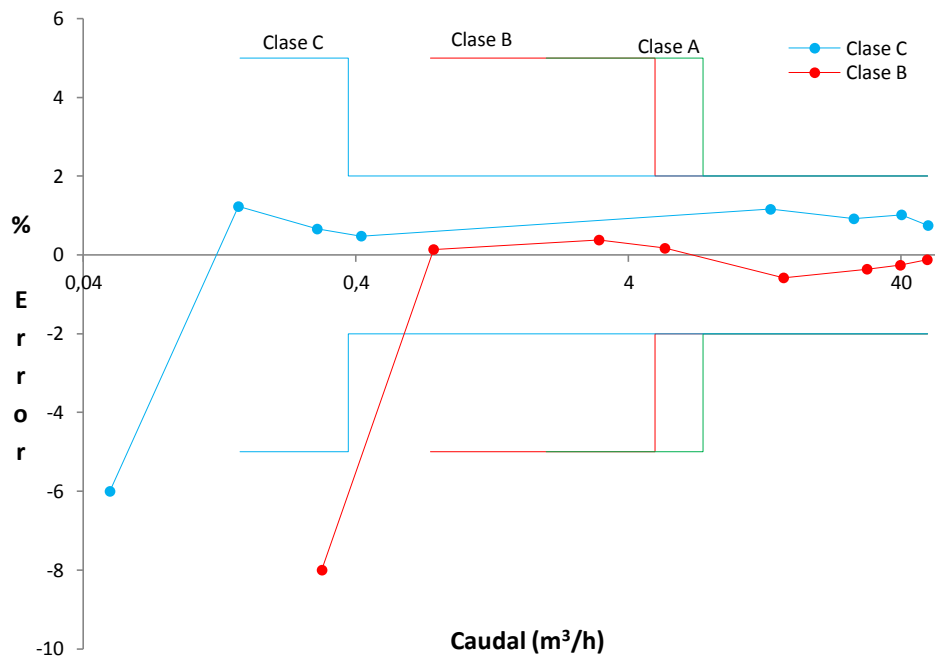


Ilustración 3.1 Ejemplo clases metrológicas

Como puede observarse, los porcentajes de error permitidos son los mismos para las tres clases, la diferencia está en los caudales donde se comienza a tener en cuenta cada uno de ellos.

Posteriormente, el 31 de marzo de 2004 se publica la nueva directiva, Directiva 2004/22/CE, en la que se contemplan 10 tipos diferentes de instrumentos de medida, no se hace referencia a los procedimientos concretos de medida pero sí se definen unos requerimientos esenciales comunes a los diferentes instrumentos y otros específicos para cada uno de ellos. Para el caso de los contadores de agua fría se definen los siguientes requisitos específicos, similares a la recomendación 49:2006-1 de la OIML, a la Norma ISO 4064:2005 y a la Norma armonizada EN 14154:2005.

Se definen los siguientes caudales:

Q₁ (Caudal mínimo): A partir de este caudal, incluido su valor, el error de medida tiene que ser como máximo del $\pm 5\%$ del caudal trasegado.

Q₂ (Caudal de transición): Este caudal separa las dos zonas con diferentes errores permitidos, por encima de este caudal, incluido su valor, el error de medida no puede ser superior al $\pm 2\%$ del caudal trasegado.

Q₃ (Caudal permanente): Caudal de agua más elevado con el que el contador puede funcionar de forma satisfactoria en condiciones de uso normal.

Q₄ (Caudal de sobrecarga): El caudal de agua más alto con el que el contador puede funcionar de forma satisfactoria durante un período de tiempo sin sufrir deterioro.

El error máximo permitido es:

2% entre Q₂ (incluido) y Q₄.

5% entre Q₁ (incluido) y Q₂ (excluido)

El rango de funcionamiento tiene las siguientes restricciones:

$$Q_3/Q_1 \geq 10$$

$$Q_2/Q_1 = 1,6$$

$$Q_4/Q_3 = 1,25$$

Estas nuevas normativas utilizan otra clasificación metrológica basada en ratios de caudal que definen los límites de error, por lo que aparecen más clases metrológicas definidas por el ratio Q₃/Q₁. Este valor va precedido en la marcación del contador con la letra R, quedando la designación de un contador definida mediante el valor del caudal permanente Q₃, expresado en m³/h y el ratio Q₃/Q₁. Por ejemplo, un contador con un ratio Q₃/Q₁ igual a 315 será denominado como R315.

Se muestra a continuación una gráfica comparativa de ambas Directivas.

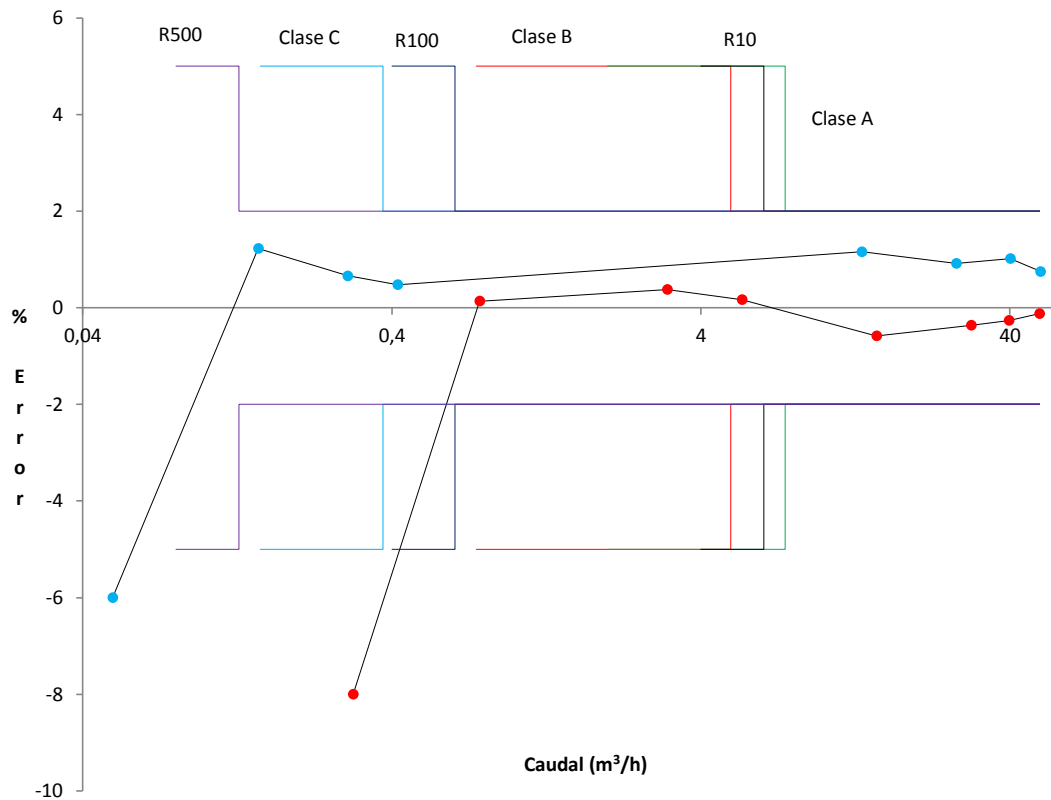


Ilustración 3.2 Ejemplo comparativa ambas directivas

Los estados dispusieron de 2 años y medio para trasladar esta Directiva a sus legislaciones nacionales. En España se plasma en el RD 889 del 21 de julio de 2006, de obligado cumplimiento para los contadores de agua nuevos con marcado CE, cuya aprobación de modelo se realice a partir del 31 de octubre de 2006. Esta normativa contempla la comercialización y puesta en servicio de los contadores de agua actuales hasta la expiración de validez de su aprobación de modelo.

La nueva Directiva deroga parcialmente la Directiva 75/33/CEE para contadores de agua limpia y contadores de uso residencial, comercial e industria ligera. Por tanto la Directiva 75/33/CEE sigue vigente cuando se mide agua no limpia, se mide el consumo de agua en usos diferentes al residencial, comercial e industria ligera y para contadores solamente mecánicos. Para cubrir los vacíos legales a que da lugar la derogación parcial en España se desarrolla la Orden ITC/279/2008 del 31 de enero, por la que se regula el control metrológico del Estado de los contadores de agua fría, tipos A y B. Siendo el tipo A contadores no mecánicos y B contadores mecánicos. Esta Orden se aplica a contadores destinados a medir agua no-limpia y a contadores para usos diferentes al residencial, comercial e industria ligera.

Particularmente interesante para este trabajo es la clasificación que presenta la norma ISO 4064:2005 en la que se diferencia la sensibilidad que tiene cada instrumento a las irregularidades en el perfil de velocidades. Ensayando en el laboratorio diversos elementos perturbadores del flujo, se evalúa el comportamiento del medidor ante dichas perturbaciones y la necesidad de colocar tramos rectos de tubería o estabilizadores de flujo en la instalación. Se designa con una “U” la clase que indica la influencia aguas arriba (Upstream), y con una “D” para aguas abajo (Downstream).

En las siguientes tablas se muestran las clases definidas por la norma ISO 4064:2005.

Tabla 3.2 AGUAS ARRIBA

Clase	Longitud tubería (xDN)	Necesidad estabilizador
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

Tabla 3.3 AGUAS ABAJO

Clase	Longitud tubería (xDN)	Necesidad estabilizador
D0	0	No
D3	3	No
D5	5	No
D0S	0	Si
D3S	3	Si

Finalmente, en enero de 2015 se ha publicado la norma española UNE-EN ISO 4064 que es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 4064:2014, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 4064:2014.

Esta Norma consiste en las siguientes partes, bajo el título general “Contadores de agua para agua fría potable y agua caliente”:

Parte 1: *Requisitos metrológicos y técnicos.*

Parte 2: *Métodos de ensayo.*

Parte 3: *Formato de informe de ensayo.*

Parte 4: *Requisitos no metrológicos no cubiertos por la Norma ISO 4064-1.*

Parte 5: *Requisitos de instalación.*

Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos. Esta edición de la Norma ISO 4064-1 es idéntica a la edición correspondiente de OIML R49-1.

Con los siguientes requisitos metrológicos:

- Las características de caudal del contador se definen por los valores de Q_1 , Q_2 , Q_3 y Q_4 .
- Debe designarse por un valor numérico de Q_3 en m^3/h y el ratio Q_3/Q_1 .
- Q_3 en m^3/h debe elegirse de una tabla.
- El valor del ratio Q_3/Q_1 debe elegirse de una lista cuyo valor mínimo es 40.
- El valor del ratio Q_2/Q_1 debe ser 1,6.
- El valor del ratio Q_4/Q_3 debe ser 1,25

Las clases de precisión y máximos errores permitidos son las siguientes:

- “clase de precisión 1”. Error máximo permitido.
 Zona alta de caudal $Q_2 \leq Q \leq Q_4$ $\pm 1\%$
 Zona baja $Q_1 \leq Q \leq Q_2$ $\pm 3\%$
- “clase de precisión 2”. Error máximo permitido.
 Zona alta de caudal $Q_2 \leq Q \leq Q_4$ $\pm 2\%$
 Zona baja $Q_1 \leq Q \leq Q_2$ $\pm 5\%$

En cuanto a las condiciones de instalación, aplican las mismas tablas que en ISO 4064:2005 y que se han mostrado en las tablas 3.2 y 3.3.

Parte 2: Métodos de ensayo. Esta edición de la Norma ISO 4064-2 es idéntica a la edición correspondiente de OIML R49-2, no variando con respecto a la anterior en las condiciones que debe de mantener el caudal durante los ensayos.

- $\pm 2,5\%$ desde Q_1 a Q_2 (no inclusive)
- $\pm 5\%$ desde Q_2 (inclusive) a Q_4 .

Parte 5: Requisitos de instalación. En esta parte de la norma, entre los aspectos que se especifican destacamos los siguientes:

- Criterio para la selección de contadores de agua.
- Accesorios que debe llevar asociados.
- Instalación, requisitos generales y de instalación, calidad del agua, etc.
- Perturbaciones hidráulicas. Métodos para eliminarlas.

3.3 Descripción de los contadores ensayados

Tal y como se ha comentado en la introducción se necesita conocer qué se va a ensayar, cuales son los contadores o medidores de caudal, de entre todos los que existen en la actualidad, que mejor representan los contadores más utilizados en los abastecimientos para medios y grandes consumidores.

Contadores de velocidad

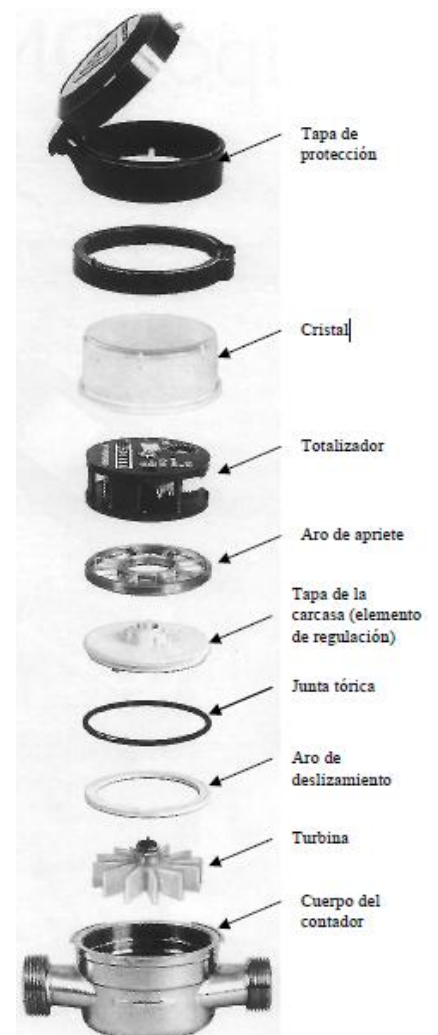
Tienen en común una hélice cuyo giro depende del caudal y el número de vueltas está asociado a un volumen marcado. El totalizador integra el caudal registrado por el giro de la turbina a lo largo del tiempo.

Contadores de chorro único

Los contadores de chorro único se encuentran altamente extendidos debido a que son bastante asequibles. El funcionamiento se basa en la incidencia del agua en un único chorro sobre la tangente de la turbina dispuesta horizontalmente en el interior del contador.

Normalmente la turbina es de plástico, con una densidad menor que la del agua de tal forma que flote y se apoye en el punto superior del eje con una fuerza menor a su peso, reduciéndose así el desgaste. Esto significa que están diseñados para funcionar en posición horizontal, con el eje totalmente vertical. Si este no es el caso, la turbina se apoya sobre el eje de manera irregular y la vida del contador se ve reducida.

En este tipo de contadores la entrada convergente regulariza el flujo de forma que un perfil de velocidades distorsionado no suele afectar mucho a una correcta lectura. Esto permite que, en general, no se requiera colocar tramos rectos de tubería aguas arriba del contador. La afirmación anterior debe tomarse con especial cuidado en contadores cortos, en los que el tramo regularizador puede no ser suficiente para anular los efectos de un perfil de velocidades distorsionado.



Fotografía 3-1 Despiece contador de chorro único

Los sólidos en suspensión y deposiciones calcáreas pueden deteriorar la lectura del contador, bloqueando o dificultando el giro de la turbina. Un filtro en la entrada parcialmente obturado, no suele ser muy relevante ya que la tobera convergente corrige el perfil de velocidades; aunque si se trata de una obturación importante si que puede influir en su comportamiento.

A continuación se muestran los contadores de chorro único que se han ensayado.

DIEHL AQUILA



Fotografía 3-3 Contador Diehl Aquila

Homologación: Dispone de un certificado CE de tipo (MID). Cumple con la norma EN 14154, OIML R49 e ISO 4064 en posición horizontal.

Instalación: Tramos de tubo recto necesarios aguas arriba OD; aguas abajo OD. (U0-D0)

Datos de funcionamiento según fabricante

Tabla 3.4 Datos de funcionamiento según fabricante

DIÁMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal de arranque	25 l/h
Q ₁ (Caudal mínimo)	127 l/h
Q ₂ (Caudal de transición)	203 l/h
Q ₃ (Caudal permanente)	40 m ³ /h
Q ₄ (Caudal máximo)	50 m ³ /h
R*	315

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

Caudal de arranque: 53 l/h

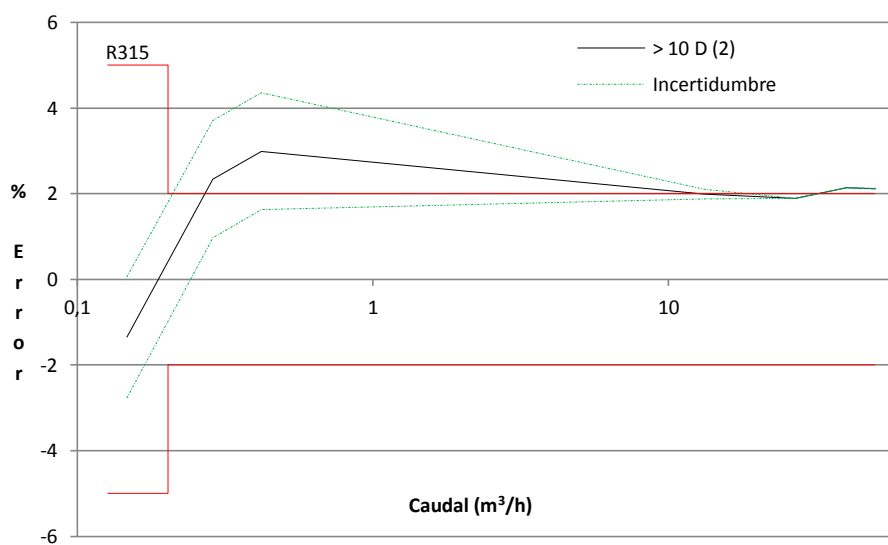


Ilustración 3.3 Curva de error obtenida en laboratorio Diehl Aquila

Como puede apreciarse existe discrepancia entre los datos de funcionamiento proporcionados por el fabricante y los obtenidos en los ensayos.

ELSTER S2000I



Fotografía 3-4 Contador Elster S2000I

Homologación: ISO 4064 Clase C en posición horizontal

Instalación: No se menciona nada en la hoja de datos técnicos.

Datos de funcionamiento según fabricante

Tabla 3.5 Datos funcionamiento según fabricante

DÍAMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal mínimo	120 l/h
Caudal de transición	300 l/h
Caudal nominal	20 m ³ /h
Caudal máximo	40 m ³ /h

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

Caudal de arranque: 42 l/h

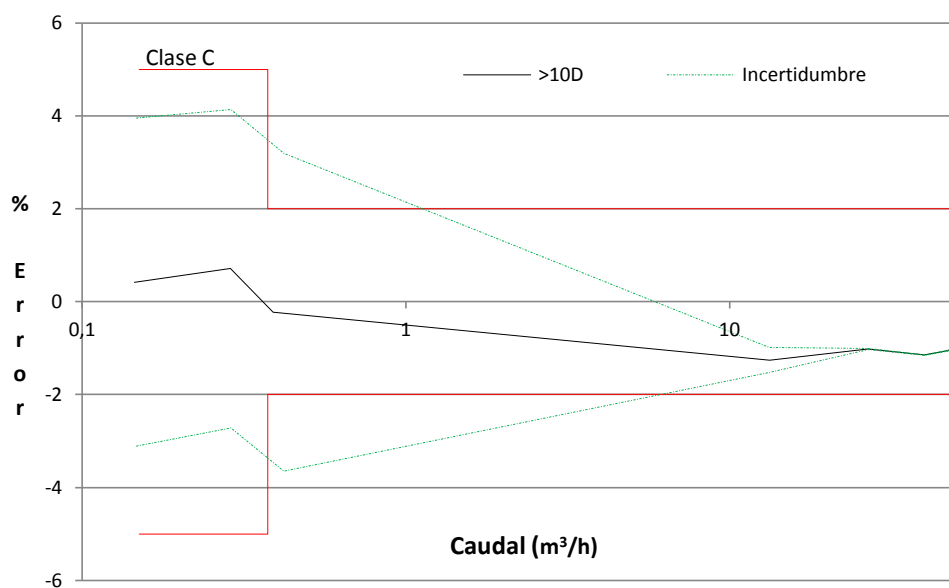


Ilustración 3.4 Curva de error obtenida en laboratorio Elster S2000I

Datos de los ensayos dentro del rango especificado por el fabricante.

ITRÓN FLOSTAR M



Fotografía 3-5 Contador Itrón Flostar M

Homologación: Valores de Aprobación MID / ISO 4064-1:2005 / OIML R49.

Instalación: No es sensible a las perturbaciones del flujo.

Datos de funcionamiento según fabricante

Tabla 3.6 Datos funcionamiento según fabricante

DIÁMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal de arranque	35 l/h
Q₁ (Caudal mínimo)	100 l/h
Q₂ (Caudal de transición)	120 l/h
Q₃ (Caudal permanente)	40 m ³ /h
Q₄ (Caudal máximo)	50 m ³ /h
R*	315

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

Caudal de arranque: 51 l/h

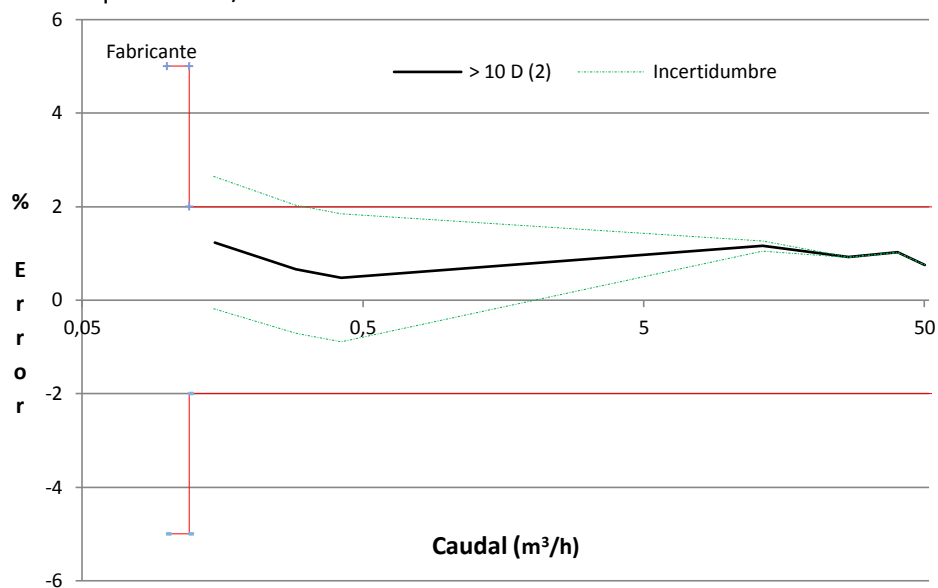


Ilustración 3.5 Curva de error obtenida en laboratorio Itrón Flostar M

Datos de los ensayos dentro del rango especificado por el fabricante.

Contador Woltmann

El elemento característico de los contadores Woltmann es una hélice dispuesta en dirección axial al flujo, mientras que en los de chorro único la turbina estaba en posición horizontal. Los contadores Woltmann se encuentran altamente extendidos para caudales altos y sus diámetros varían desde 50mm hasta 800mm.

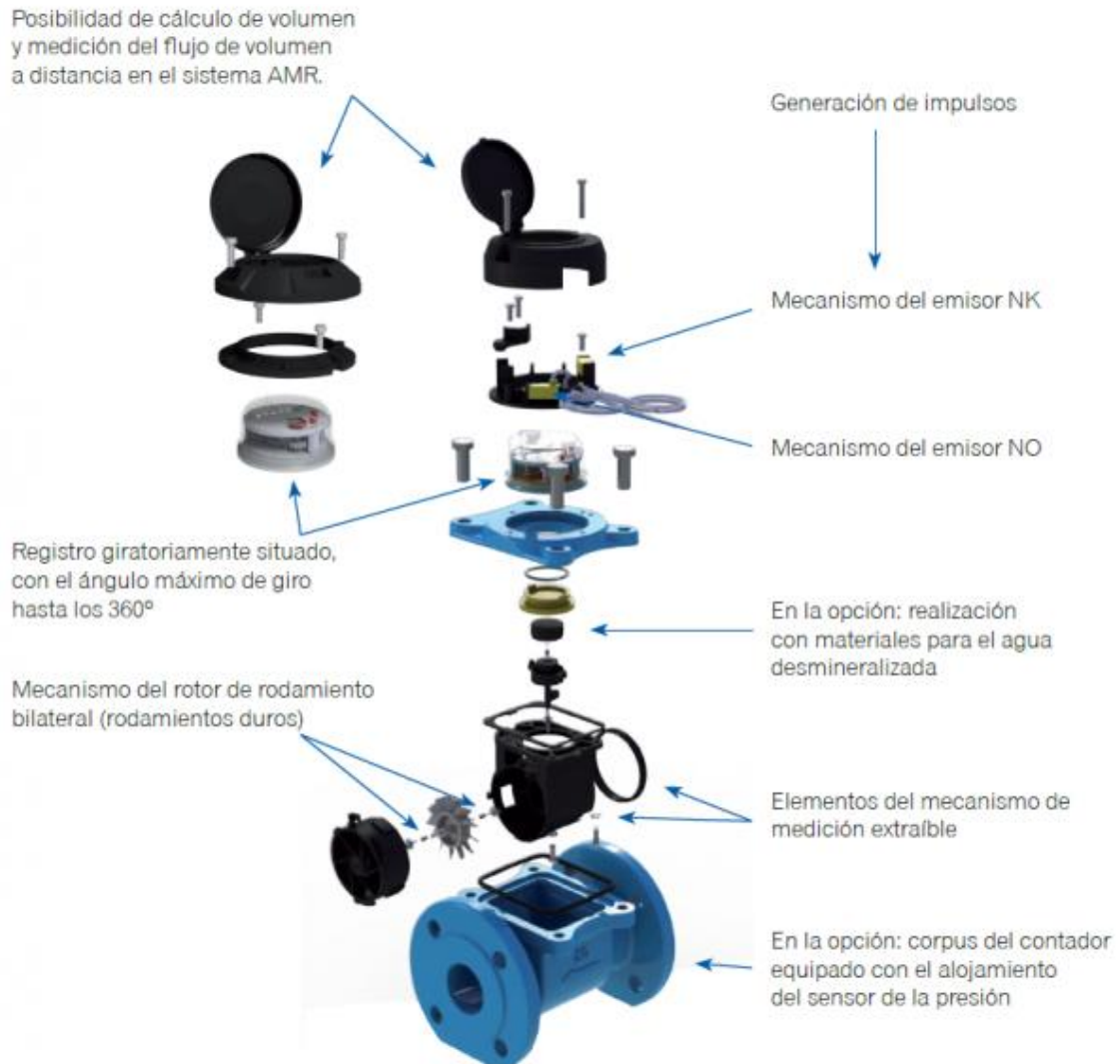


Ilustración 3.6 Despiece contador tipo Woltmann

Existen tres tipos diferentes: horizontal, vertical y en codo. El más utilizado, con mucha diferencia, es el horizontal.

Woltmann horizontal: la hélice se monta paralela a la dirección del flujo. La entrada, que además es muy corta, no regulariza el flujo de manera que un perfil de velocidades distorsionado puede afectar a la medida, con lo que en la mayoría de los casos se necesitan tramos rectos de tubería aguas arriba.



Fotografía 3-6 Woltmann horizontal

Woltmann vertical: la hélice está situada perpendicularmente a la dirección del flujo. Esto implica que el curso del agua se debe modificar mediante un codo, con lo cual se producen alteraciones en el perfil de velocidades antes de llegar a la turbina y la medida no se ve tan perjudicada por las posibles distorsiones aguas arriba. Además, en esta disposición la hélice ofrece un menor par resistente (al igual que los contadores de chorro) lo que supone mayor sensibilidad con caudales bajos.



Fotografía 3-7 Woltmann vertical

No obstante, una de las desventajas es que esta configuración genera pérdidas de carga mucho más altas (5 veces mayores que el horizontal) ya que introduce dos codos, lo cual también implica que admite caudales menores para un mismo calibre. En conclusión, la mayor precisión del contador vertical para un caudal determinado se

puede solventar eligiendo un contador horizontal de calibre menor pero apto para el mismo caudal.

Woltmann en codo (o a 90°): están diseñados para medir el agua extraída de pozos. Su característica distintiva es que el ángulo entre la dirección de entrada y de salida es de 90°, lo que en efecto permite evitar un codo.



Fotografía 3-8 Woltmann en codo

El funcionamiento es parecido al de un Woltmann horizontal. El agua llega a una hélice montada paralelamente a la dirección del flujo y después se modifica su dirección mediante un codo. Esta configuración no es muy habitual por su elevado precio y sus diámetros suelen variar entre 80 mm y 200 mm.

A continuación se muestran los contadores de chorro único que se han ensayado.

DIEHL WESAN WP



Fotografía 3-9 Contador Diehl Wesan WP

Homologación: EC D 92 /6.132.33. Clase metrológica B.

Instalación: No se menciona nada en la hoja de datos técnicos.

Datos de funcionamiento según fabricante

Tabla 3.7 Datos funcionamiento según fabricante

DIÁMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal de arranque	130 l/h
Q₁ (Caudal mínimo)	630 l/h
Q₂ (Caudal de transición)	1,01 m ³ /h
Q₃ (Caudal permanente)	63 m ³ /h
Q₄ (Caudal máximo)	78,75 m ³ /h
R*	100

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

Caudal de arranque: 95 l/h

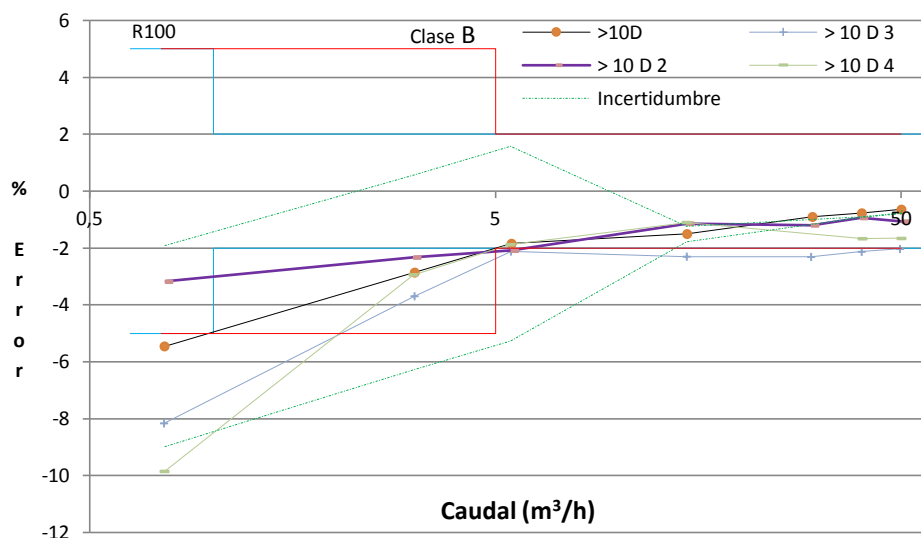


Ilustración 3.7 Curva de error obtenida en laboratorio Diehl Wesan WP

Según los ensayos realizados, este contador no cumple ni con lo especificado por el fabricante ni con la clase metrológica B.

ELSTER HELIX 4000



Fotografía 3-10 Contador Elster Helix 4000

Homologación: ISO 4064 Clase B.

Instalación: No se menciona nada en la hoja de datos técnicos.

Datos de funcionamiento según fabricante

Tabla 3.8 Datos funcionamiento según fabricante

DIÁMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal de arranque	170 l/h
Caudal mínimo	400 l/h
Caudal de transición	1,5 m ³ /h
Caudal nominal	65 m ³ /h
Caudal máximo	120 m ³ /h

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

Caudal de arranque: 95 l/h

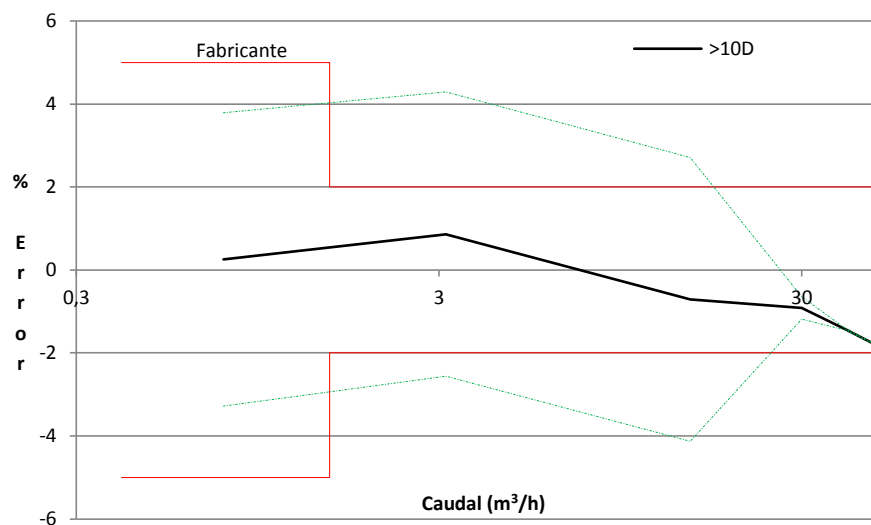


Ilustración 3.8 Curva de error obtenida en laboratorio Elster Helix 4000

Datos de los ensayos dentro del rango especificado por el fabricante.

ITRÓN WOLTEX M



Fotografía 3-11 Contador Itrón Woltex M

Homologación: CEE/ISO clase aprobada Clase B en todas las posiciones.

Instalación: Se recomienda instalar estabilizador flujo inmediatamente aguas arriba contador.

Datos de funcionamiento según fabricante

Tabla 3.9 Datos funcionamiento según fabricante

DIÁMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal de arranque	220 l/h
Caudal mínimo	500 l/h
Caudal de transición	600 l/h
Caudal nominal	25-40 m ³ /h
Caudal máximo	80 m ³ /h

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

Caudal de arranque: 140 l/h

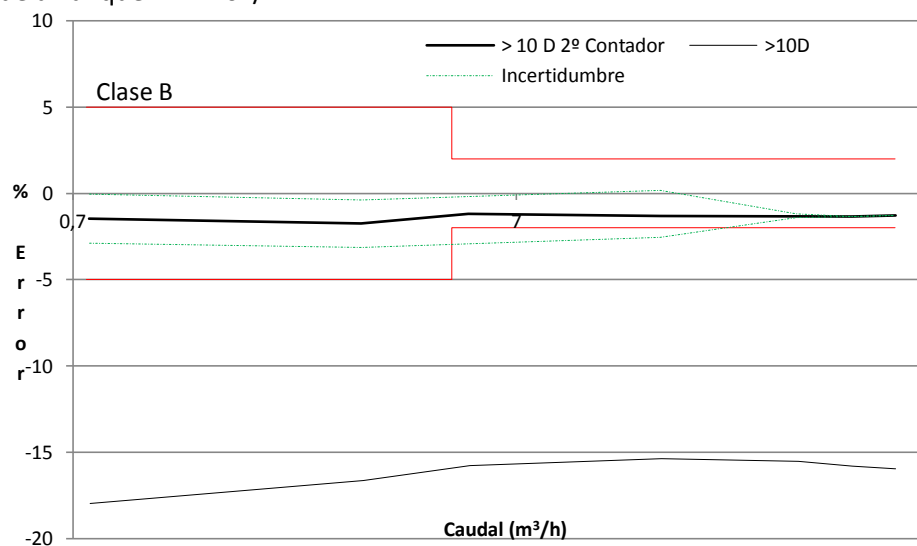


Ilustración 3.9 Curva de error obtenida en laboratorio Itrón Woltex M

La curva de error del primer contador de este modelo que se ensayó tenía un subcuenta aproximado del -16%. Posteriormente se realizaron ensayos al contador siguiente de la misma serie, obteniéndose en este caso una curva de error dentro del rango especificado por el fabricante.

SENSUS MEISTREAM



Fotografía 3-12 Contador Sensus Meistream

Homologación: Directiva CEE 75/33 Clase B.

Instalación: Tramos de tubo recto necesarios aguas arriba 3D; aguas abajo >0D.

Datos de funcionamiento según fabricante

Tabla 3.10 Datos funcionamiento según fabricante

DÍAMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal de arranque	70 l/h
Caudal mínimo	240 l/h
Caudal de transición	360 l/h
Caudal nominal	50 m ³ /h
Caudal máximo	70 m ³ /h

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

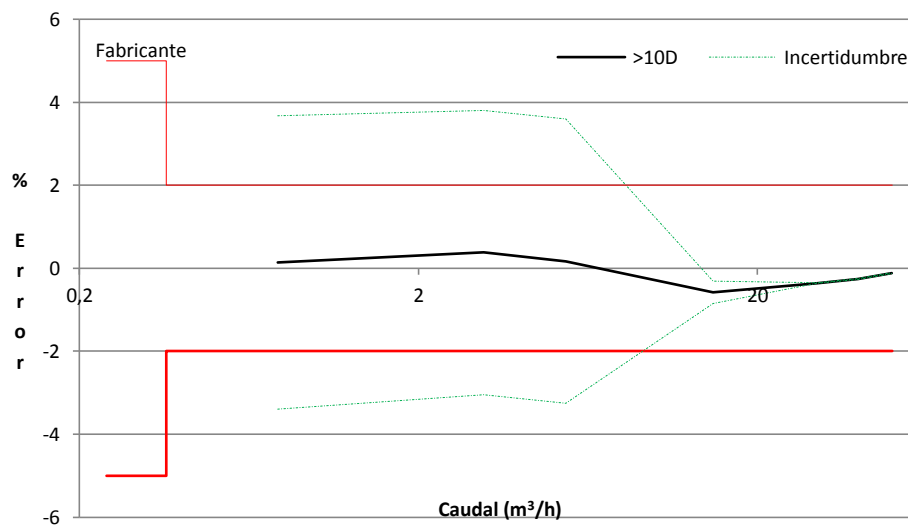


Ilustración 3.10 Curva de error obtenida en laboratorio Sensus Meistream

Datos de los ensayos dentro del rango especificado por el fabricante.

OTROS CONTADORES DE VELOCIDAD

A continuación se describen otros contadores de velocidad que no han sido ensayados.

Contadores de chorro múltiple

A diferencia de los contadores de chorro único donde el agua incide sobre la tangente de la turbina, en los de chorro múltiple el agua entra a través de una serie de conductos abiertos en una cápsula que contiene la turbina y sale por la parte superior de la misma, asegurando un funcionamiento más equilibrado, con menos turbulencias y vibraciones y una mayor longevidad. Además, se consigue una mejor precisión a bajos caudales.

Al igual que en los contadores de chorro único, la entrada convergente regulariza el flujo y esto permite que, en general, no se requieran tramos rectos de tubería aguas arriba.

La regulación en este tipo de contadores se realiza mediante un circuito en paralelo que ajusta el caudal de la turbina dentro de unos márgenes. En caso de que este circuito se obstruya, debido a sólidos en suspensión de cierto tamaño, puede producirse un error de contaje.

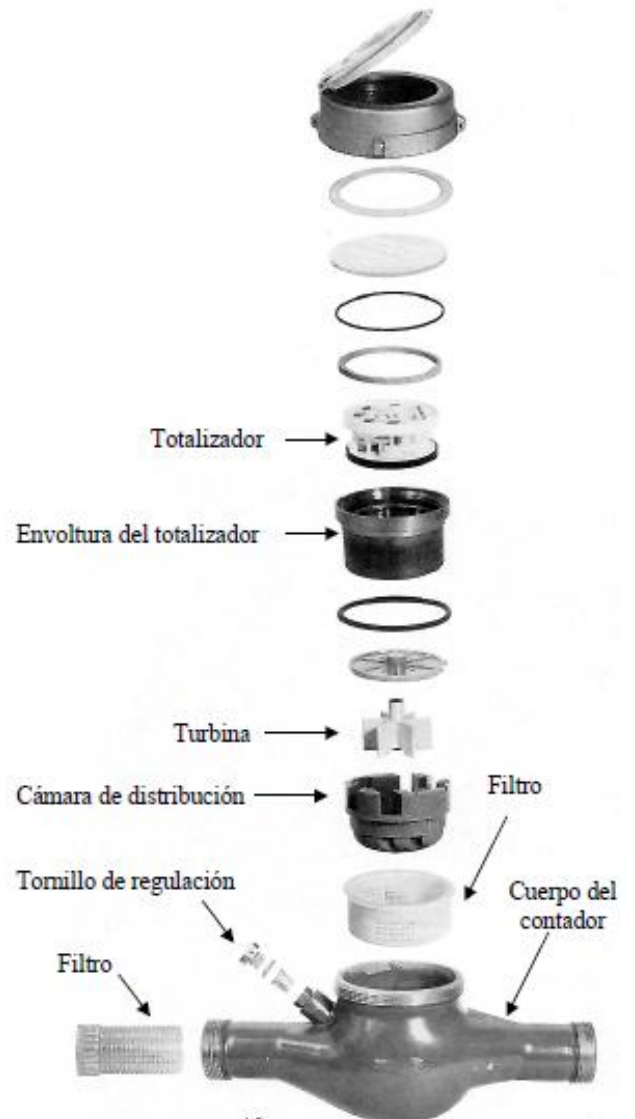


Ilustración 3.11 Despiece contador chorro múltiple

Contadores proporcionales

Los contadores proporcionales están diseñados para medir aguas de poca calidad no filtradas, con muchas partículas sólidas, tales como las provenientes de pozos o para consumo agrícola. También suele emplearse en instalaciones contra incendios, puesto que el agua puede circular sin impedimento.

En este tipo de contador hay dos conductos en paralelo en los que el principal es de mayor tamaño y por donde circula la mayor parte del agua sin ser impedida mientras que en el secundario se instala el contador. La relación de caudal por cada uno de los circuitos es conocida, de manera que sabido el paso de agua por el secundario, se puede deducir el total.

Normalmente el contador suele ser de chorro único o múltiple de pequeño calibre, aunque en cualquier caso la precesión de medida es baja y no hay ningún modelo que esté aprobado dentro del marco europeo. Debido a las características constructivas de este tipo de contadores, sumado a su falta de precisión, las perturbaciones del flujo no le afectan significativamente.

Contadores tangenciales

Los contadores tangenciales están diseñados para los mismos usos que los proporcionales: aguas de poca calidad no filtradas, con muchas partículas sólidas, tales como las provenientes de pozos o para consumo agrícola. Al igual que estos, su precisión de medición también es mediocre. Se pueden encontrar modelos aprobados para la clase metrológica A para calibres de 50 mm hasta 125 mm.

En este tipo de contador de velocidad, el mecanismo de medición está situado en la parte superior de la tubería que constituye el contador y la turbina gira según la velocidad del flujo en esa zona. Esto compromete gravemente la precisión de medida, especialmente ante perfiles de velocidad no regularizados, ya que el giro de la turbina está sujeto a cualquier distorsión local en la zona superior del flujo.

A pesar de esto, su uso está bastante extendido, fundamentalmente por dos razones. En primer lugar, como se ha mencionado anteriormente con los proporcionales, el flujo no tiene ningún impedimento y por tanto se pueden usar para aguas de baja calidad, además de que la pérdida de carga es muy pequeña. Y en segundo lugar, dado que el sistema de medida no

incrementa en tamaño según aumenta el calibre del contador, resulta muy barato para caudales altos.

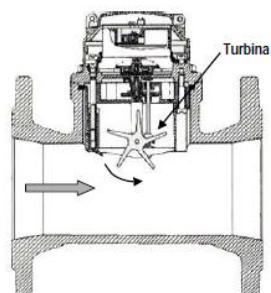


Ilustración 3.12 Contador tangencial

Caudalímetro electromagnético

Es un tipo de instrumento de medición de alta precisión y fiabilidad. Este tipo de caudalímetros son apropiados para la medición del flujo volumétrico de líquidos con conductividad eléctrica. Se basa en la ley de inducción electromagnética de Faraday. Se aplica un campo electromagnético perpendicular al flujo que induce una tensión eléctrica que es proporcional a la velocidad de circulación del agua. Midiendo la tensión inducida, se puede obtener la velocidad del líquido. Conocida la velocidad, se puede calcular el caudal volumétrico con la sección transversal de la tubería.

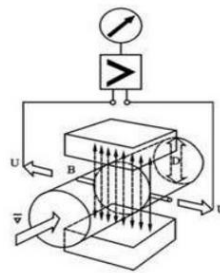


Ilustración 3.13 Funcionamiento contador electromagnético

Componentes

Los componentes básicos del medidor son dos:

- 1. El detector:** Básicamente es un tubo de flujo que incluye un par de bobinas que generan el campo magnético a través de la sección de tubería, y un par de electrodos destinados a medir el voltaje inducido por el líquido en movimiento.
- 2. El amplificador:** es el responsable de procesar la señal y del cálculo del flujo, puede tener indicador y/o señales de salida.

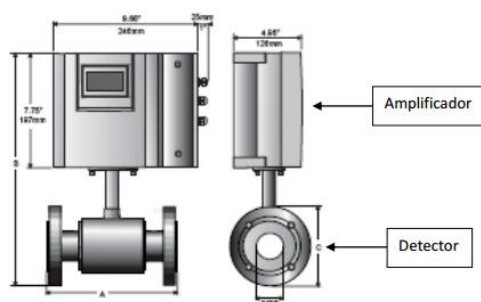


Ilustración 3.14 Componentes caudalímetro electromagnético

Características

Su capacidad de medición es independiente de las propiedades físicas del líquido, tales como viscosidad, densidad o temperatura.

No son intrusivos, lo cual quiere decir que no hay ninguna pieza que impida el paso libre del agua, ya que el diseño de su tubo de medición ofrece una sección transversal completamente abierta, sin partes mecánicas en movimiento, produciendo por lo tanto una pérdida de carga igual a la de una sección de tubería del mismo largo, y un servicio virtualmente libre de mantenimiento

Las únicas partes en contacto con el líquido pueden ser fabricadas con una variedad de materiales diseñados para proveer excelentes propiedades mecánicas y químicas. El resultado es un dispositivo que puede medir con exactitud una amplia gama de líquidos “difíciles” tales como químicos altamente corrosivos, pastas, aguas recuperadas y otros fluidos con sólidos en suspensión.

Además, su precisión es muy alta ante todo tipo de perfil de velocidades (aunque no es totalmente inmune) ya que no hay piezas que puedan verse alteradas por las perturbaciones.

En lo que respecta a desventajas, la principal es su precio; aunque este se mantiene aproximadamente constante sin importar el tamaño de la tubería, con lo que son competitivos para grandes caudales. También cabe señalar que necesitan de una fuente de alimentación. En general, suelen utilizarse para caudales elevados donde su precio relativo no es tan alto.

SIEMENS SITRANS F MAG8000



Fotografía 3-13 Caudalímetro Sitrans F MAG8000

Instalación: Tramos de tubo recto necesarios aguas arriba 5D; aguas abajo 3D.

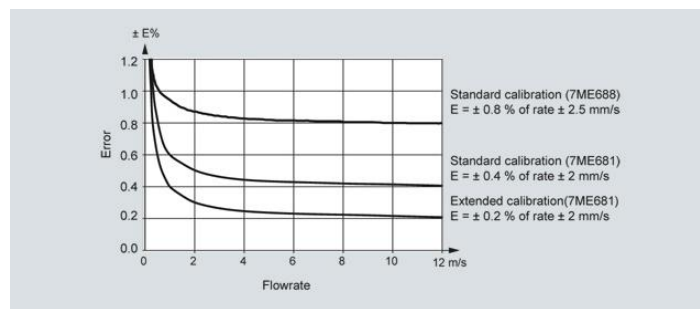
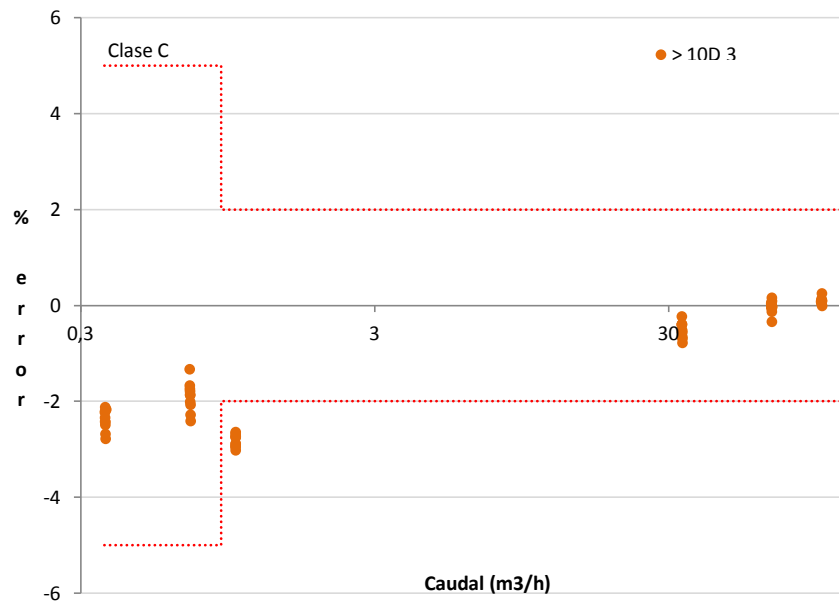
Datos de funcionamiento según fabricante

Ilustración 3.15 Datos funcionamiento según fabricante

Datos de funcionamiento según ensayos realizadosIlustración 3.16 Puntos resultantes ensayo larga duración en m^3/h

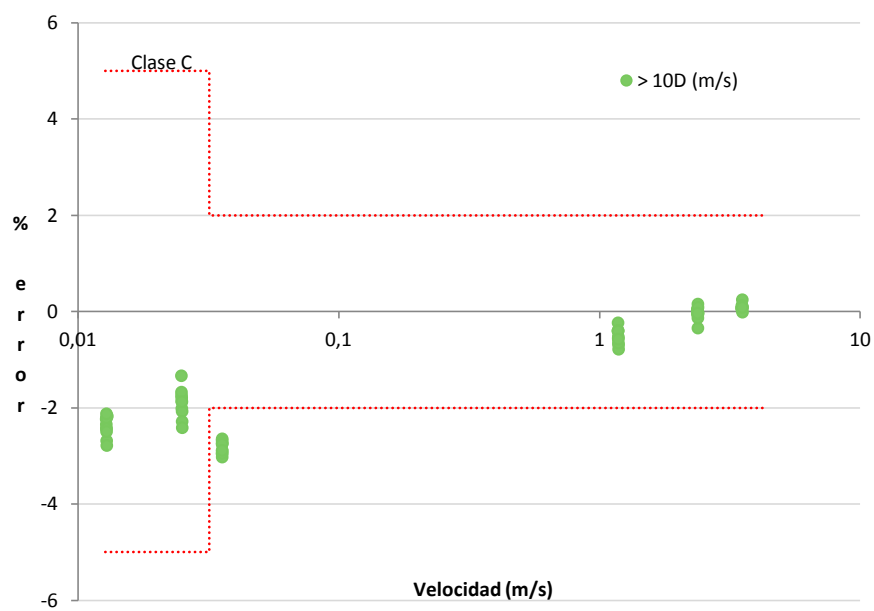


Ilustración 3.17 Puntos resultantes ensayo larga duración en m/s

Caudalímetro de ultrasonidos de tiempo de tránsito

Los caudalímetros de ultrasonidos de tiempo de tránsito calculan la velocidad del agua a partir de la velocidad de propagación del sonido en un medio en movimiento. Con la velocidad de circulación y el diámetro, se puede calcular el caudal, que después se totaliza para obtener el volumen consumido.



Fotografía 3-14 Caudalímetro de ultrasonidos

Dos sensores colocados en la tubería emiten y reciben ondas ultrasónicas simultáneamente. Cuando el flujo es cero, los tiempos de recorrido son iguales, pero si hay agua circulando los tiempos difieren ya que las señales se ven afectadas por el movimiento del agua; conociendo la geometría de la tubería y la velocidad del sonido en el medio se puede calcular la velocidad de circulación.

Para mediciones precisas, el agua debe tener un bajo porcentaje de impurezas, puesto que estas afectan a la velocidad del sonido en el medio. Además, el tiempo de recorrido es muy sensible al perfil de velocidad del agua, con lo que el flujo debe llegar regularizado para una correcta medición.

Su precio es casi independiente del calibre de la tubería con lo que igual que los electromagnéticos, son competitivos para caudales altos.

ARAD OCTAVE



Fotografía 3-15 Caudalímetro Arad Octave

Homologación: MID 2004/22/EC (según OIML R49 EN 14154 and ISO 4064:2005) AWWA C750, WRAS, NSF.

Instalación: Tramos de tubo recto necesarios aguas arriba 0D; aguas abajo 0D. (U0- D0)

Datos de funcionamiento según fabricante

DIÁMETRO NOMINAL (DN)	65
Caudal de arranque	15 l/h
Q₁ (Caudal mínimo)	100 l/h
Q₂ (Caudal de transición)	320 l/h
Q₃ (Caudal permanente)	100 m ³ /h
Q₄ (Caudal máximo)	150 m ³ /h
R*	1000

Fotografía 3-16 Datos funcionamiento según fabricante

Datos de funcionamiento según ensayos realizados

Caudal de arranque: 32,2 l/h

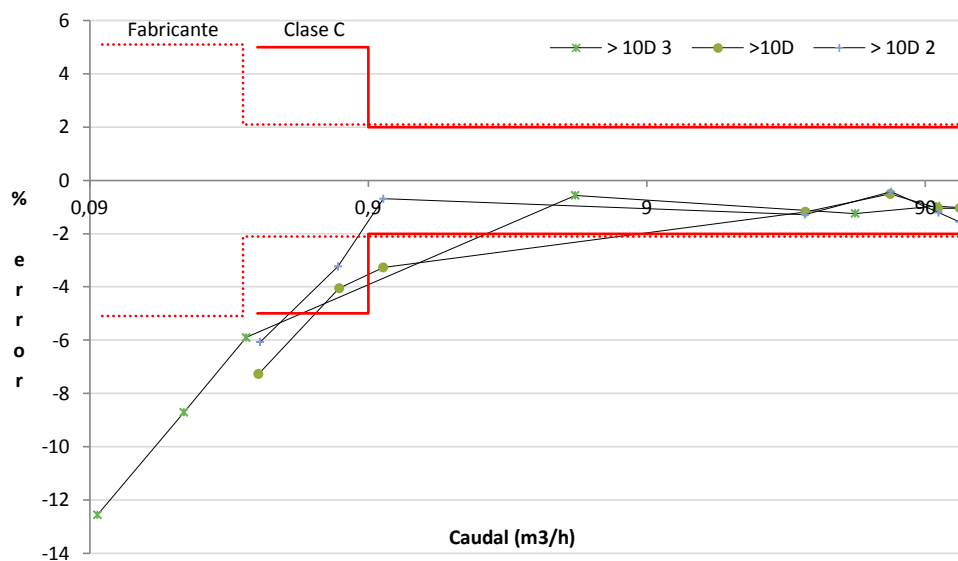


Ilustración 3.18 Curvas de error obtenidas en laboratorio Arad Octave

Contadores volumétricos

Se utilizan para la medición de consumos domésticos. Es el método de medición convencional más preciso. El consumo se mide contando el número de llenados y vaciados de una cámara de volumen conocido.



Fotografía 3-17 Contador volumétrico

Contador volumétrico de pistón rotativo

Se trata principalmente de una cámara en la cual un pistón, impulsado por el agua, se desplaza en sentido rotativo de forma cíclica. De esta forma, se llena por un lado y, al mismo tiempo, se vacía por el otro. Cada rotación implica el paso de un volumen de agua conocido.

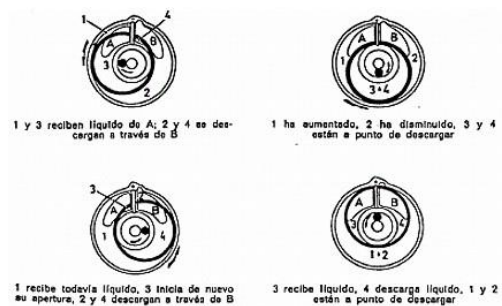


Ilustración 3.19 Funcionamiento contador volumétrico de pistón rotativo

Otro elemento fundamental es el filtro situado aguas arriba de la cámara de medición que protege al pistón rotativo de impurezas o partículas de arena que puedan obstaculizar su rotación. A pesar de su gran precisión, es importante remarcar que son susceptibles de obturarse fácilmente, ya que son muy sensibles a las impurezas o partículas sólidas del agua que se introducen en el interior de la cámara y provocan el paro del pistón. Además, estas partículas pueden colmatar el filtro de entrada (generalmente muy fino), aumentando su pérdida de carga y reduciendo el caudal del agua.

Contador volumétrico de disco nutante

Consiste en un disco impulsado por el agua que gira excéntricamente alrededor de un eje sobre una bola esférica, de forma similar al movimiento de una peonza. Al igual que los contadores de pistón rotativo, cada rotación implica el paso de un volumen de agua conocido.

Las ventajas y desventajas son prácticamente las mismas que las del pistón rotativo, ya que el funcionamiento también es muy similar.

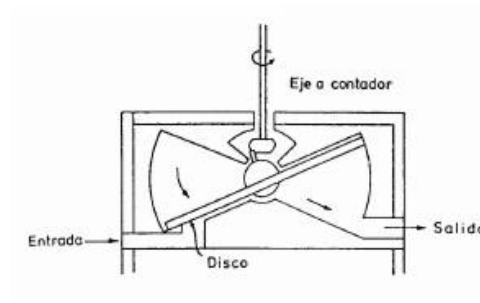


Ilustración 3.20 Esquema contador volumétrico de disco nutante

3.4 Conclusiones

Del análisis del conjunto de los contadores nuevos recibidos en el laboratorio y a los que se les ha sometido a un primer examen para comprobar sus condiciones de funcionamiento en condiciones ideales de ensayo, se puede concluir que en alguno de los casos no coincide el resultado deseable con el obtenido.

Cabría esperar que contadores de gran calibre nuevos, con un coste importante y en los que un error de contaje supone gran cantidad de dinero, bien para el suministrador o para el usuario, en función del signo del error, no tuviesen errores importantes como los que se han detectado.

Estos resultados dan todo el sentido a la línea de investigación emprendida de tratar de determinar cuál es la situación real actual de los contadores de medio y gran tamaño, más allá de las normativas y certificados presentados por los fabricantes.

CAPÍTULO 4

INFLUENCIA DE LOS ACCESORIOS DE LA
INSTALACIÓN EN LA CURVA DE ERROR DE LOS
CONTADORES

ÍNDICE

4	INFLUENCIA DE LOS ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN EN LA CURVA DE ERROR DE LOS	
	CONTADORES.	4-3
4.1	INTRODUCCIÓN	4-3
4.2	ENSAYOS REALIZADOS	4-5
4.3	HIPÓTESIS	4-12
4.4	ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL CONJUNTO DE LOS RESULTADOS	4-14
4.5	ANÁLISIS CUALITATIVO DEL CONJUNTO DE LOS RESULTADOS	4-18
4.5.1	ANÁLISIS POR ACCESORIO	4-18
4.5.2	ANÁLISIS POR CONTADOR INDIVIDUAL	4-71
4.5.3	ANÁLISIS DETALLADO POR MARCA Y TECNOLOGÍA	4-89
4.5.4	ANÁLISIS DE CONTADORES COLOCADOS EN SERIE	4-96
4.6	RESUMEN DE LOS RESULTADOS	4-103
4.7	OTROS ENSAYOS REALIZADOS	4-119
4.8	OTROS RESULTADOS	4-124
4.9	CONCLUSIONES	4-129

4 INFLUENCIA DE LOS ACCESORIOS DE LA INSTALACIÓN EN LA CURVA DE ERROR DE LOS CONTADORES

4.1 Introducción

La mayoría de los fabricantes estima que para un correcto funcionamiento de sus contadores, es necesario que exista una determinada longitud de tramo recto de tubería tanto aguas arriba como abajo del elemento de medida, dependiendo la cuantía de esta longitud del tipo de accesorio o elemento perturbador que haya en la instalación.

En gran cantidad de instalaciones no se respetan estas recomendaciones por diferentes circunstancias, tales como desconocimiento, imposibilidad física, coste económico, etc. En la mayoría de los casos, si no se produce algún tipo de reclamación por considerar excesivo el consumo leído por el contador, no suele ser motivo de preocupación. Ahora bien, en el caso de los contadores de agua de medio y gran calibre, una pequeña variación porcentual en el contaje del volumen de agua, ya sea por encima o por debajo, puede suponer una cuantía importante en la factura del agua.

El proceso que se va a seguir en este capítulo es primero la descripción de los ensayos realizados, caudales utilizados, variables analizadas e hipótesis de trabajo planteadas. A continuación se realiza el análisis de los resultados obtenidos yendo de lo general a lo particular. Inicialmente se plantea el análisis del conjunto de los resultados desde un punto de vista cuantitativo para a continuación hacerlo cualitativamente. Se plantean tres análisis cualitativos, por accesorio, por contador individual y por marca y tecnología. Para cada caso se han elaborado gráficos y tablas que reflejan el conjunto de los resultados. Las gráficas que se incluyen son inicialmente una de conjunto en la que se muestran todos los resultados con el único objetivo de tener una vista general del comportamiento del elemento ensayado. Si por los resultados se considera relevante, se desglosa dicha gráfica de conjunto en otras tales como posición 0º Vertical, 90º Horizontal, ensayos a 0D, 3D, 5D y 10D, porcentaje de cierre 0%, 33% y 66%, etc. A continuación se muestran los resultados por tecnología de contador, por marca y de forma individualizada. Se repite el esquema con los ensayos aguas abajo. Finalmente se muestra una tabla resumen en la que se indican en verde los ensayos que no han afectado a la curva de error del contador, y en rojo los que sí.

Al final del capítulo se han elaborado unas tablas resumen con las que se pretende, a la vista de una instalación en particular, determinar de forma rápida y aproximada, cómo está midiendo el contador y en qué cuantía se puede estimar el error máximo que se puede estar cometiendo.

4.2 Ensayos realizados

Para obtener un conocimiento de cómo afectan las diferentes condiciones de instalación a la lectura de los contadores de agua de medio y gran calibre, se han realizado alrededor **500** ensayos en el laboratorio.

Para los ensayos se han utilizado los siguientes 10 contadores nuevos:

TECNOLOGÍA	MARCA	MODELO	DN	CLASE	Nº SERIE	IDENTIFICADOR
Chorro único	Diehl	Aquila	65	U0-D0	C10JG000781	CDA65
Chorro único	Elster	S2000I	65	-	A12CG801481	CES65
Chorro único	Itrón	Flostar M	65	U0-D0	D14UG085961	CIF65
Woltmann	Diehl	Wesan WP-MFD	65	-	48525166	WDW65
Woltmann	Elster	Helix 4000	65	-	05W301757	WEH65
Woltmann	Itrón	Woltex M	65	U0S	14XG017284	WIW65M
Woltmann	Itrón	Woltex M	65	U0S	14XG017283	WIW65
Woltmann	Sensus	Meistream	65	U3-D3	E14QG793491	WSM65
Ultrasonidos	Arad	Octave	100	U0-D0	14417793	UAQ100
Electromagnético	Siemens	Sitrams F Simag8000 (7ME6810)	100	U5-D3	437605H243	ESS100

En cada ensayo se obtenían estos 5 puntos de la curva de error del contador:

CAUDAL (m ³ /h)	DN	
	65	100
Caudal mínimo Q1	0,15	0,36
(Caudal mínimo (Q1) + Caudal de transición (Q2))*0,55	0,29	0,69
(Caudal de transición (Q2) + Caudal permanente (Q3))*0,33	13,3	33,3
(Caudal de transición (Q2) + Caudal permanente (Q3))*0,67	27	67,6
Caudal máximo (Q4)	50	120

Para la realización de los ensayos se han tenido en cuenta las siguientes variables:

Ensayo de contadores de diferente tecnología

No todos los contadores se comportan igual para las mismas condiciones de instalación, por lo que se han ensayado las tecnologías de contador que se ha creído son más significativas, bien por su uso generalizado, o bien por ser tecnologías nuevas que se van implantando en los contadores para medianos y grandes consumidores, objeto de este estudio. Se han ensayado contadores de las siguientes tecnologías:

Chorro único
Woltmann
Ultrasonidos
Electromagnético

Ensayo de contadores de diferente marca comercial

Otro de los aspectos que se ha querido contrastar es si la influencia en la curva de error del contador podía deberse únicamente a la tecnología del contador o afecta también sus características constructivas, por eso se han ensayado 3 contadores de chorro único y 4 del tipo Woltmann de diferentes marcas comerciales. El criterio seguido ha sido el de que si para las mismas condiciones de instalación a uno cualquiera de ellos no le afecta, significa que no es cuestión de la tecnología de medición, ya que queda demostrado que es posible medir correctamente con esa tecnología, sino de las características constructivas del contador.

Ensayo de contadores con diferentes tipos de accesorio

Los accesorios que se han ensayado han sido los siguientes:

ACCESORIO	IDENTIFICADOR
Válvula de mariposa	VM
Válvula de compuerta	VC
Válvula de retención de doble clapeta	VDC
Válvula de retención de clapeta	VCL
Filtro	F
Cono convergente	CC
Cono divergente	CD
Doble codo	D90
Dos contadores en serie	Contador aguas arriba-Contador aguas abajo

Válvula de mariposa (VM)

En el caso de este tipo de válvula se han realizado ensayos colocada en posición vertical y horizontal, ya que se ha considerado que podría ser relevante la posición porque la incidencia de la perturbación producida por la válvula en los elementos medidores es diferente según sea su colocación.

Vertical 0° y 0% cerrada



Horizontal 90° y 0% cerrada



Otra consideración que se ha tenido en cuenta es cómo afectaba para cada caso el porcentaje de cierre de la válvula, realizándose ensayos según los casos con los siguientes porcentajes de cierre, 0%, 33%, 66% y 90%.

90% cerrada

66% cerrada

33% cerrada



Válvula de compuerta (VC)

Se ha seguido el mismo criterio que para la válvula de mariposa, haciendo ensayos en posición horizontal y vertical y con los siguientes porcentajes de cierre, 0%, 33%, 66/70% y 83/92%.



Vertical 0º y 0% cerrada

Horizontal 90º y 0% cerrada

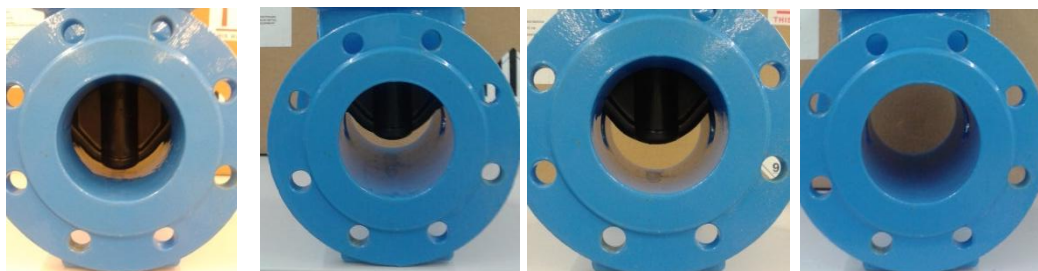


83/92% cerrada

66/70% cerrada

33% cerrada

0% cerrada



Válvula de retención de doble clapeta (VDC)

También en el caso de este tipo de válvula se han realizado ensayos colocada en posición vertical y horizontal, ya que también se ha considerado que podría ser relevante la posición, porque la incidencia de la perturbación producida por la válvula en los elementos medidores es diferente según sea su colocación.

Horizontal 90° vista aguas abajo

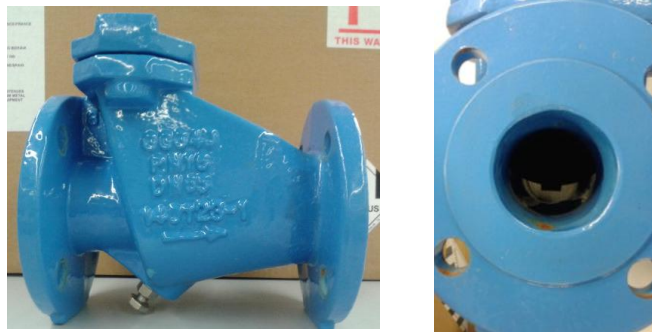
Horizontal 90° vista aguas arriba

Vertical 0°



Válvula de retención de clapeta (VCL)

En este caso por el tipo de válvula que es y su funcionamiento, solo se han realizado ensayos en su posición de funcionamiento normal, ya que en principio no suele haber dudas sobre su colocación.



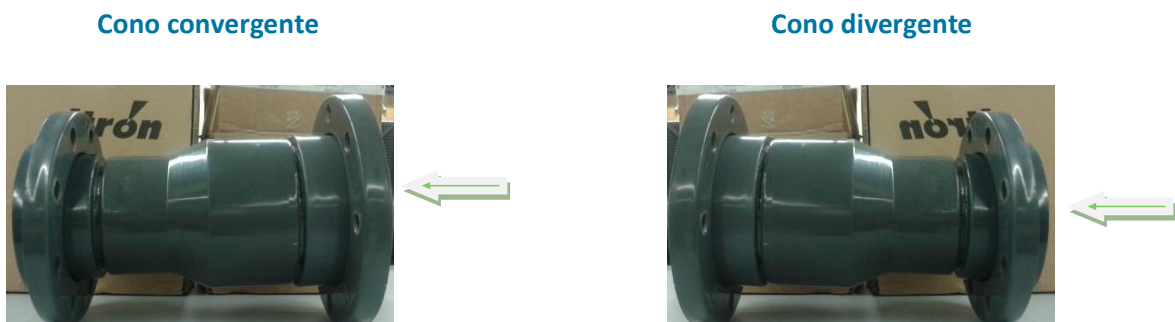
Filtro (F)

En el caso del filtro se ha considerado que el factor que mayor influencia puede tener en la perturbación del flujo, es el grado de colmatación del mismo. Por eso los ensayos que se han realizado han sido utilizando lo que se ha considerado como filtro limpio y filtro sucio. Para simular las condiciones de filtro sucio en el laboratorio, se ha obturado de forma artificial el filtro en aproximadamente un 50% de su superficie de paso.



Conos convergente y divergente (CC y CD)

En el caso del cono convergente se ha querido estudiar las situaciones en las que se produce una variación entre el diámetro de la tubería de suministro y el diámetro del contador. Se ha acotado el estudio a la reducción/ampliación de un diámetro, que debería ser lo más habitual, ya que de lo contrario se tendría gran cantidad de combinaciones posibles a ensayar. Distinguir entre aguas arriba y abajo, ya que para un contador de diámetro inferior a la tubería de suministro, aguas arriba se tiene un cono convergente, y aguas abajo otro divergente. Ocurre lo contrario en el caso en el que el diámetro del contador sea mayor que el de la instalación, teniendo entonces un cono divergente aguas arriba y otro convergente aguas abajo.



Doble codo (D90)

Para estos ensayos se han colocado dos codos de 90° uno a continuación del otro, que es lo que se ha denominado doble codo. En este caso también se ha creído conveniente realizar ensayos con el doble codo tanto en posición vertical como horizontal por considerar que puede ser relevante la posición, ya que la incidencia de la perturbación producida por el doble codo en los elementos medidores es diferente según sea su colocación.

Horizontal a OD



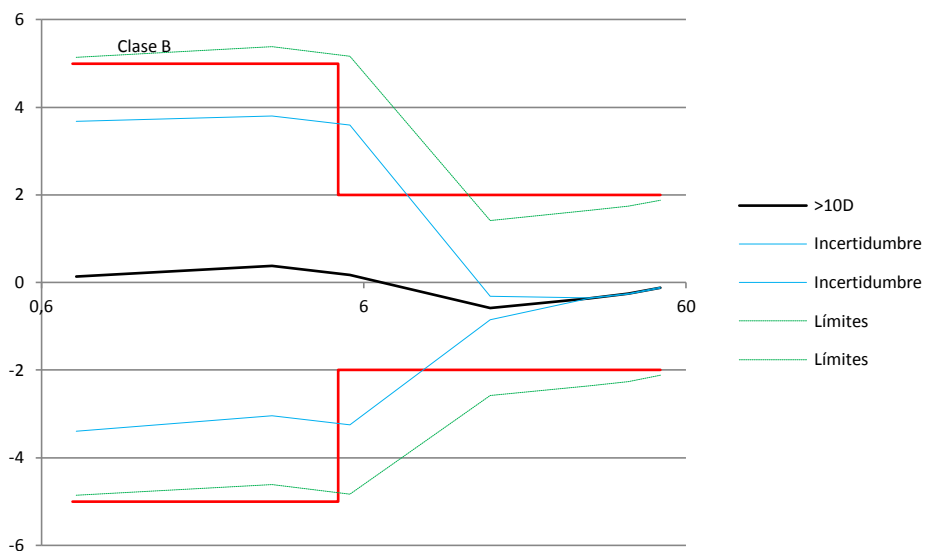
Contadores colocados en serie

Se quiere conocer que es lo que ocurre cuando se colocan dos contadores en serie en la misma instalación. Se han seguido los mismos criterios generales que para el resto de los accesorios con la particularidad de que en este caso en cada ensayo se obtiene la lectura de dos contadores, uno actuando como medidor con un contador colocado aguas arriba y él mismo actúa como accesorio colocado aguas abajo, y el otro actuando como medidor con un contador colocado aguas abajo y él mismo como accesorio colocado aguas arriba. Se han hecho ensayos con contadores colocados en serie con las siguientes combinaciones: misma tecnología, diferentes tecnologías y de la misma y diferentes marcas.

4.3 Hipótesis

La hipótesis inicial de partida a la hora de la realización de los ensayos ha sido la de que un accesorio cuanto más próximo se encuentra al contador, mayor es la perturbación que produce y por lo tanto es cuando más puede afectar a la curva de error del contador ensayado. Por lo tanto, si un accesorio embridado directamente con el contador no le produce ningún tipo de perturbación para la situación ensayada, cabe esperar que si se coloca un tramo recto entre el accesorio y el contador, la nueva situación tampoco afecte a la curva de error del contador. Inicialmente todos los accesorios se ensayan brida con brida con el contador, lo que se denomina a 0 diámetros de distancia (0D). Una vez realizado el ensayo, el resultado se compara con lo que se denomina la curva de error de referencia del contador, que es la obtenida en condiciones ideales de ensayo, es decir con más de 10 diámetros de tramo recto de tubería tanto aguas arriba como aguas abajo. Si en la nueva curva de error no se aprecian diferencias significativas, más allá de la propia incertidumbre del contador, o si estas son muy pequeñas y están dentro del intervalo permitido por la normativa, se da por finalizados los ensayos para ese accesorio y en esa situación (aguas arriba/abajo, filtro limpio/sucio, etc.). En caso contrario, se procede a colocar un tramo recto de 3 diámetros (3D) de tubería entre el contador y el accesorio y a realizar un nuevo ensayo. Con el mismo criterio anterior, se continua haciendo ensayos con tramos de 5D y hasta 10D, donde se supone que es longitud suficiente para evitar los efectos perturbadores de la mayoría de los elementos o accesorios.

Se muestra a continuación un ejemplo de cómo varía la incertidumbre de medida para uno de los contadores estudiados, en concreto para el WSM65, en el que su lectura mínima es de 0,5 litros.



Como se puede observar la mayor incertidumbre está en los caudales pequeños, hasta el caudal de transición, con lo que como criterio general, y tal y como se acaba de mencionar, se considera que la curva no se ve afectada cuando la variación respecto a la curva de referencia, siempre representada en color negro sin marcadores, sea del $\pm 5\%$ hasta el caudal de transición y del $\pm 2\%$ para el resto de caudales, coincidiendo en la mayoría de los casos con los límites de la clase de contador al que pertenezca.

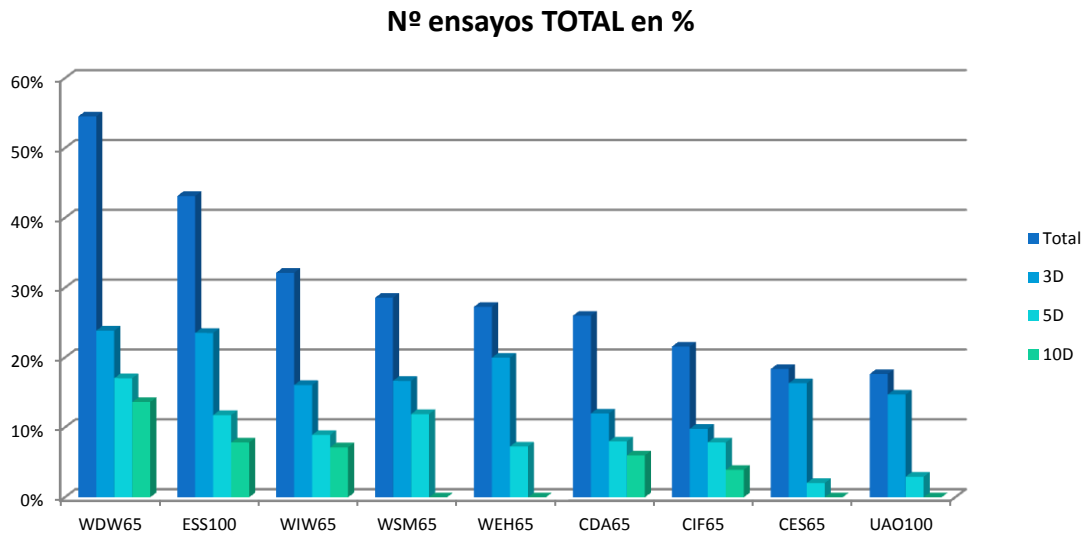
4.4 Análisis cuantitativo del conjunto de los resultados

Dado que se han realizado 476 ensayos, como primera aproximación al conjunto de ellos, se va a realizar un análisis cuantitativo. Es decir graficar en función de las variables que se acaban de comentar (Tecnología, Marca y Accesorio) el número de ensayos realizados, ya que ateniéndose a las hipótesis que se acaban de plantear, se llega a la conclusión de que a aquellos contadores que no les afecten las condiciones de instalación habrán requerido de un número menor de ensayos, es decir cuantos menos ensayos de 3D, 5D y 10D tenga un contador menos le afectan las condiciones de la instalación.

Sin embargo, no a todos los contadores se les ha ensayado con el mismo número de accesorios, ya que por imposibilidad física de instalación o por otras circunstancias acaecidas a lo largo de la investigación, esto no ha sido posible, con lo que el número de ensayos totales a OD difiere entre los distintos contadores. Es por eso por lo que la comparativa se hace también en porcentaje. Además existe otra variable a tener en cuenta, y es que en algunos casos por seguridad se han realizado más ensayos que los que sugieren las hipótesis planteadas, normalmente por obtener resultados extraños o no muy coherentes, lo que ha hecho que se continúe ensayando para certificar la bondad de los resultados.

Ordenados y analizados en conjunto

GENERAL										
	Total	0D	3D	5D	10D		3D	5D	10D	Total
WDW65	88	40	21	15	12		24%	17%	14%	55%
ESS100	51	29	12	6	4		24%	12%	8%	43%
WIW65	56	38	9	5	4		16%	9%	7%	32%
WSM65	42	30	7	5	0		17%	12%	0%	29%
WEH65	55	40	11	4	0		20%	7%	0%	27%
CDA65	50	37	6	4	3		12%	8%	6%	26%
CIF65	51	40	5	4	2		10%	8%	4%	22%
CES65	49	40	8	1	0		16%	2%	0%	18%
UAO100	34	28	5	1	0		15%	3%	0%	18%
Nº ENSAYOS TOTAL	476									

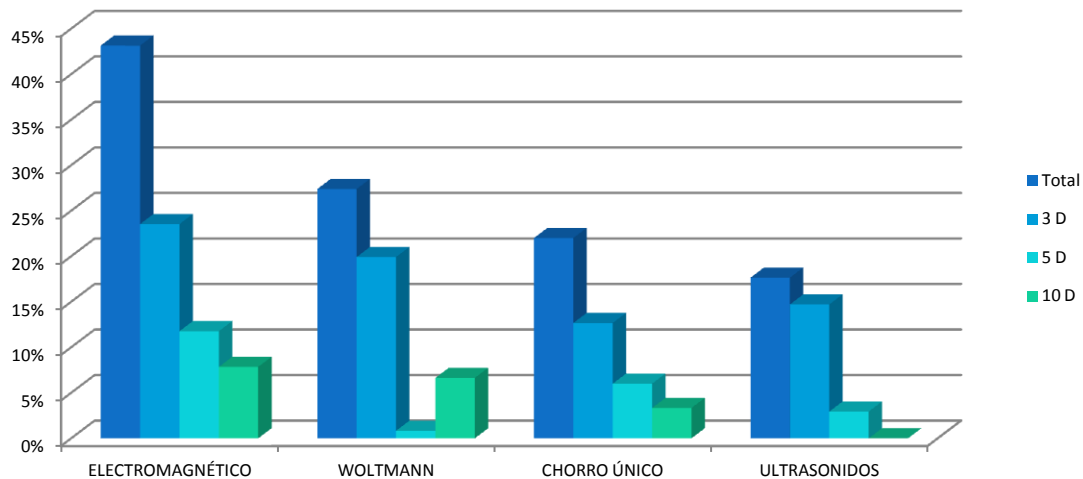


Observando la gráfica, en lo que se insiste solo es un análisis cuantitativo, se tiene que el contador al que más le afectan las condiciones de instalación es al WDW65, seguido del ESS100, a continuación están los contadores Woltmann, por este orden de Marca D, I, SM y E. Más tarde aparecen los contadores de Chorro único con el mismo orden de marca que para los Woltmann, D, I y E, para finalmente tener que el contador que menor número de ensayos ha necesitado es el de ultrasonidos UAO100.

Ordenados y analizados por TECNOLOGÍA.

TECNOLOGÍA										
	Total	0 D	3 D	5 D	10 D		3 D	5 D	10 D	Total
ELECTROMAGNÉTICO	51	29	12	6	4		24%	12%	8%	43%
WOLTMANN	241	148	48	2	16		20%	1%	7%	27%
CHORRO ÚNICO	150	117	19	9	5		13%	6%	3%	22%
ULTRASONIDOS	34	28	5	1	0		15%	3%	0%	18%

Nº ensayos por TECNOLOGÍA



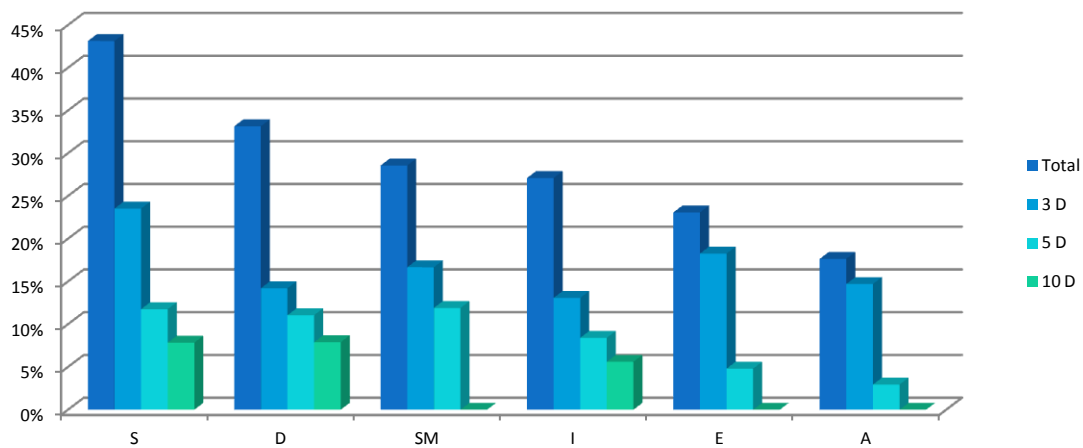
Si se analizan los resultados por tecnología, se observa que a la que más le afectan las condiciones de instalación es a los contadores ELECTROMAGNÉTICOS, seguidos de los WOLTMANN, los de CHORRO ÚNICO y el de ULTRASONIDOS. Comparando estos resultados con la gráfica anterior, se ve que excepto el contador WDW65 que es de tecnología Woltmann y que de forma individual supera en número de ensayos al Electromagnético, en el resto de los casos, la clasificación se mantiene.

Coinciden los resultados con lo especificado por los fabricantes, ya que para el medidor electromagnético se indica que requiere una longitud mínima de U5 y D3, en los Woltmann solo especifican 2 de los 4 fabricantes indicando U0S y U3-D3, los de chorro único y el de ultrasonidos son según los fabricantes U0-D0.

Ordenados y analizados por MARCA

MARCA									
	Total	0D	3D	5D	10D	3D	5D	10D	Total
S	51	29	12	6	4	24%	12%	8%	43%
D	190	77	27	21	15	14%	11%	8%	33%
SM	42	30	7	5	0	17%	12%	0%	29%
I	107	78	14	9	6	13%	8%	6%	27%
E	104	80	19	5	0	18%	5%	0%	23%
A	34	28	5	1	0	15%	3%	0%	18%

Nº ensayos por MARCA



Del análisis del número de ensayos por MARCA, se corroboran los resultados anteriores, siendo el contador electromagnético el que tiene un mayor número de ensayos, seguido de la marca D en su conjunto, SM, I, E y el de ultrasonidos.

Este análisis cuantitativo nos da una primera visión de conjunto, pero es necesario entrar en los detalles para ponderar los resultados y que reflejen mejor la realidad, para ello se utilizan las curvas de error de los contadores obtenidas en los ensayos.

4.5 Análisis cualitativo del conjunto de los resultados

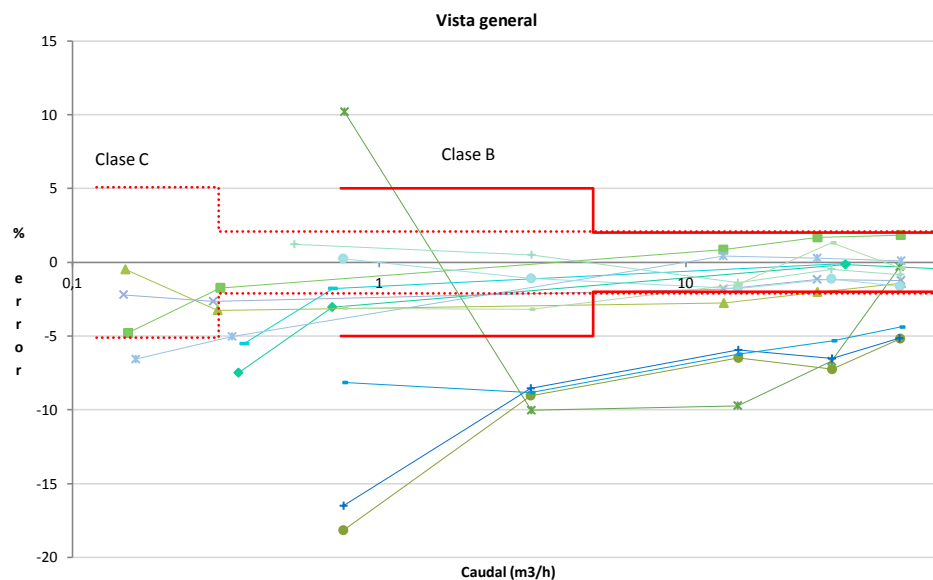
4.5.1 Análisis por ACCESORIO

CLAPETA (CL)

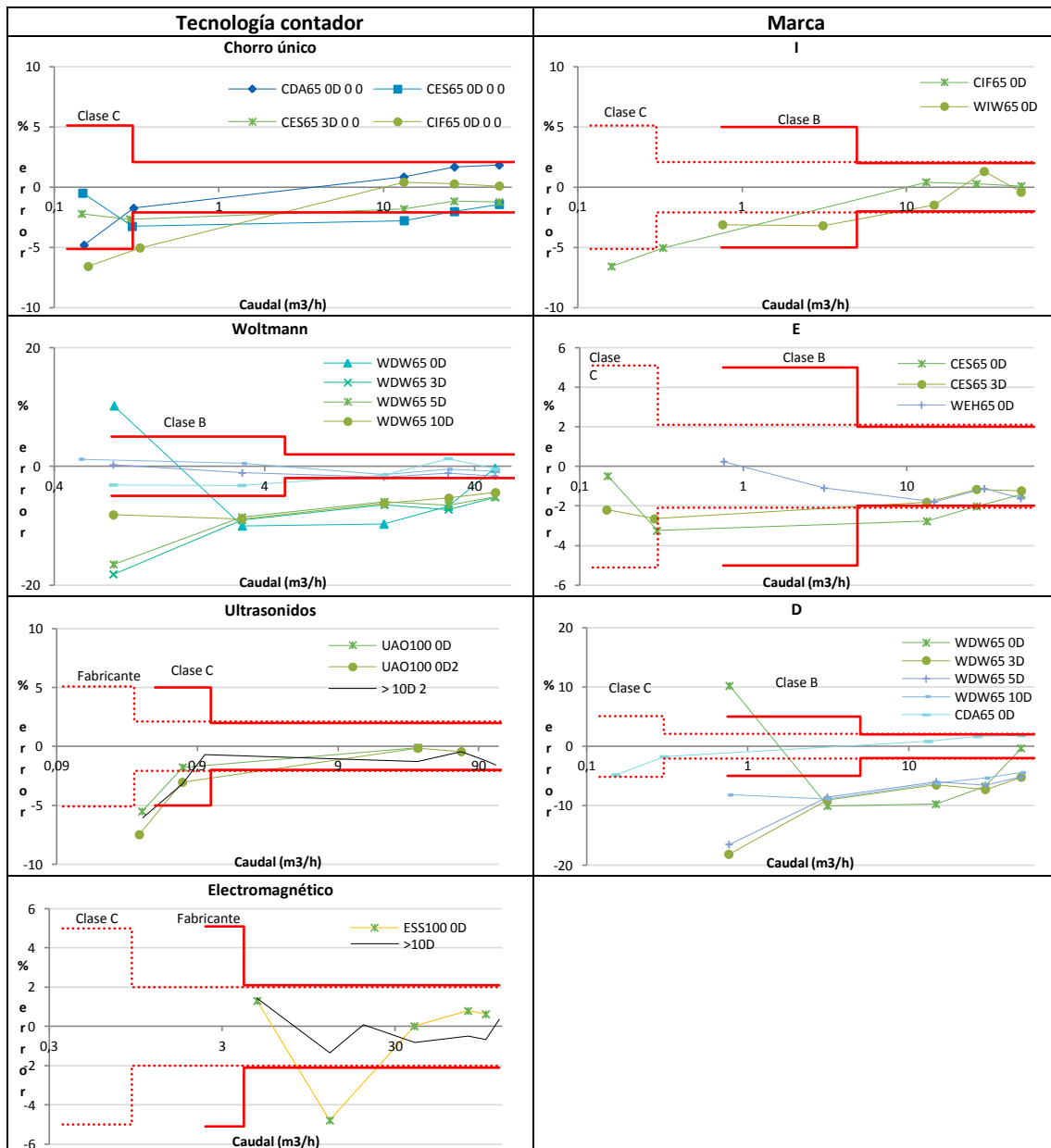
La válvula antirretorno ensayada es del tipo clapeta. No se ha considerado necesario ensayarla en distintas posiciones ya que colocarla tumbada supondría una incorrecta instalación de la misma.



AGUAS ARRIBA

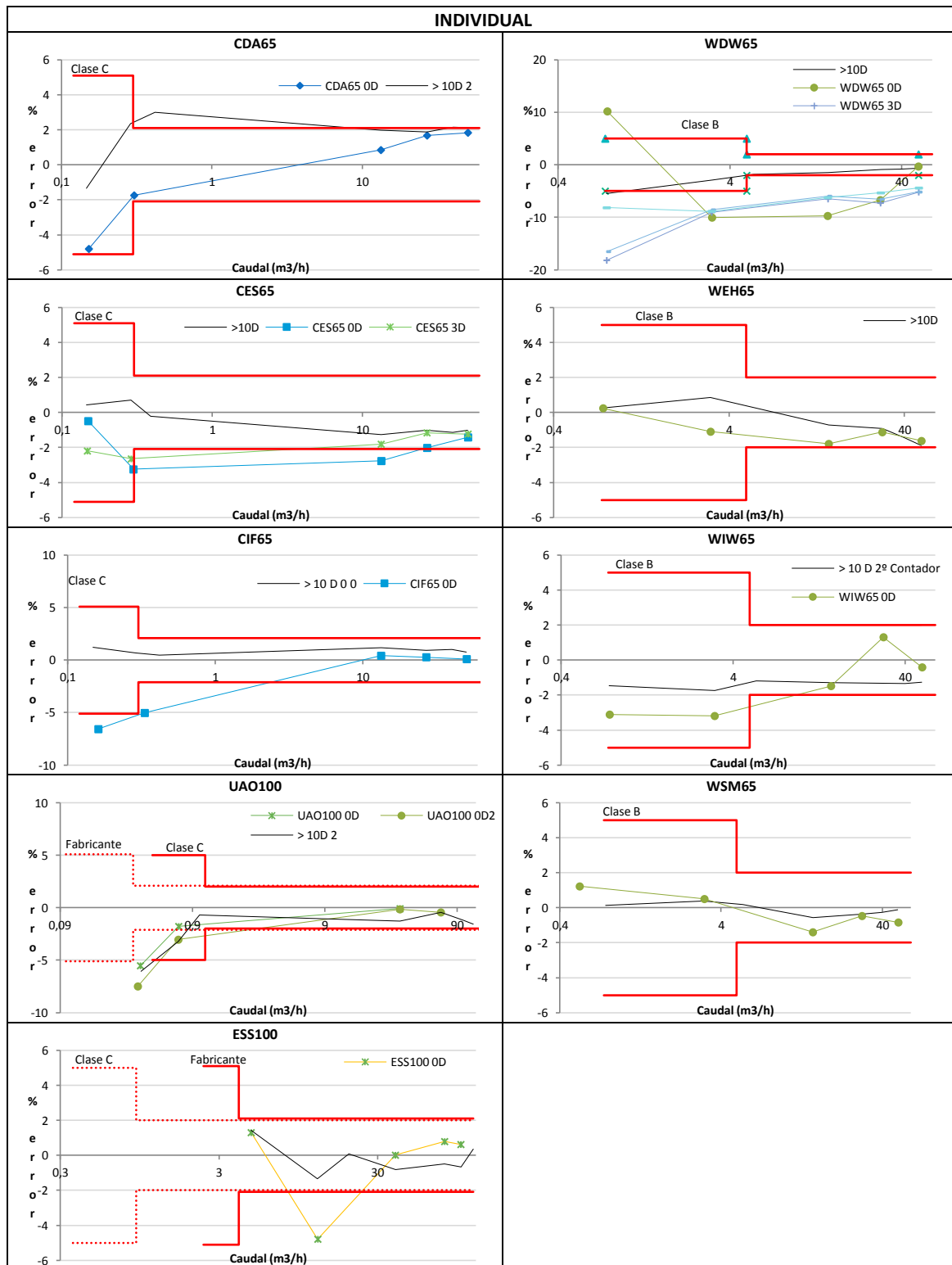


En la vista general se observa que este tipo de elemento genera pocas alteraciones. Estas son principalmente por subcontaje en los contadores de clase B.



Por tecnología, se ve un pequeño subcontaje en algún contador de chorro único y un más acusado también subcontaje en algún contador tipo Woltmann, pero como hay contadores de la misma tecnología a los que no les afecta, se concluye que no es cuestión de la tecnología utilizada sino de las características constructivas del medidor.

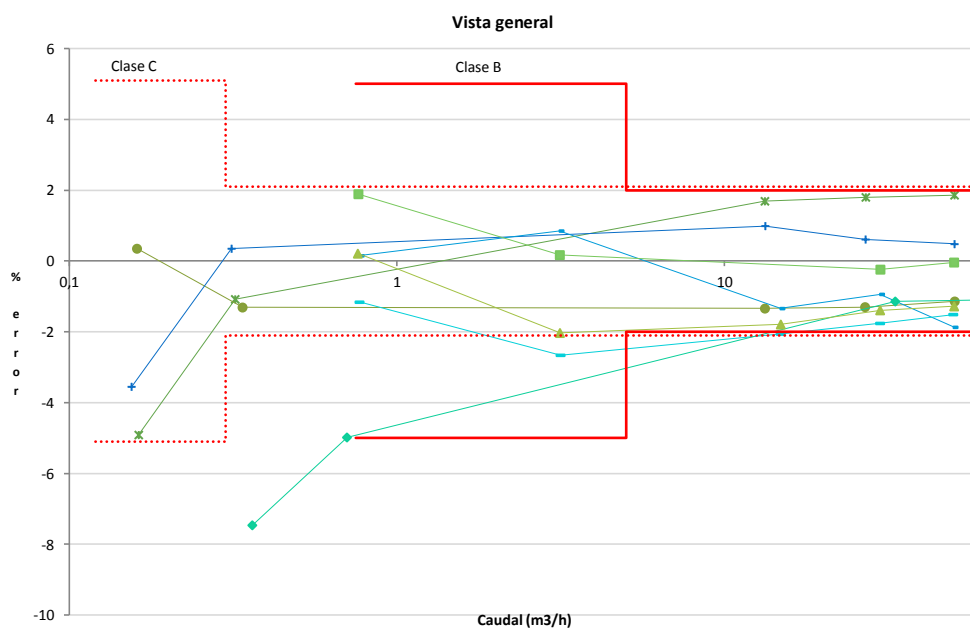
Analizando los resultados por Marca, se observa cómo es el contador tipo Woltmann de la marca "D" el que presenta mayor subcontaje, junto con un pequeño subcontaje por parte del de chorro único de la marca "E".



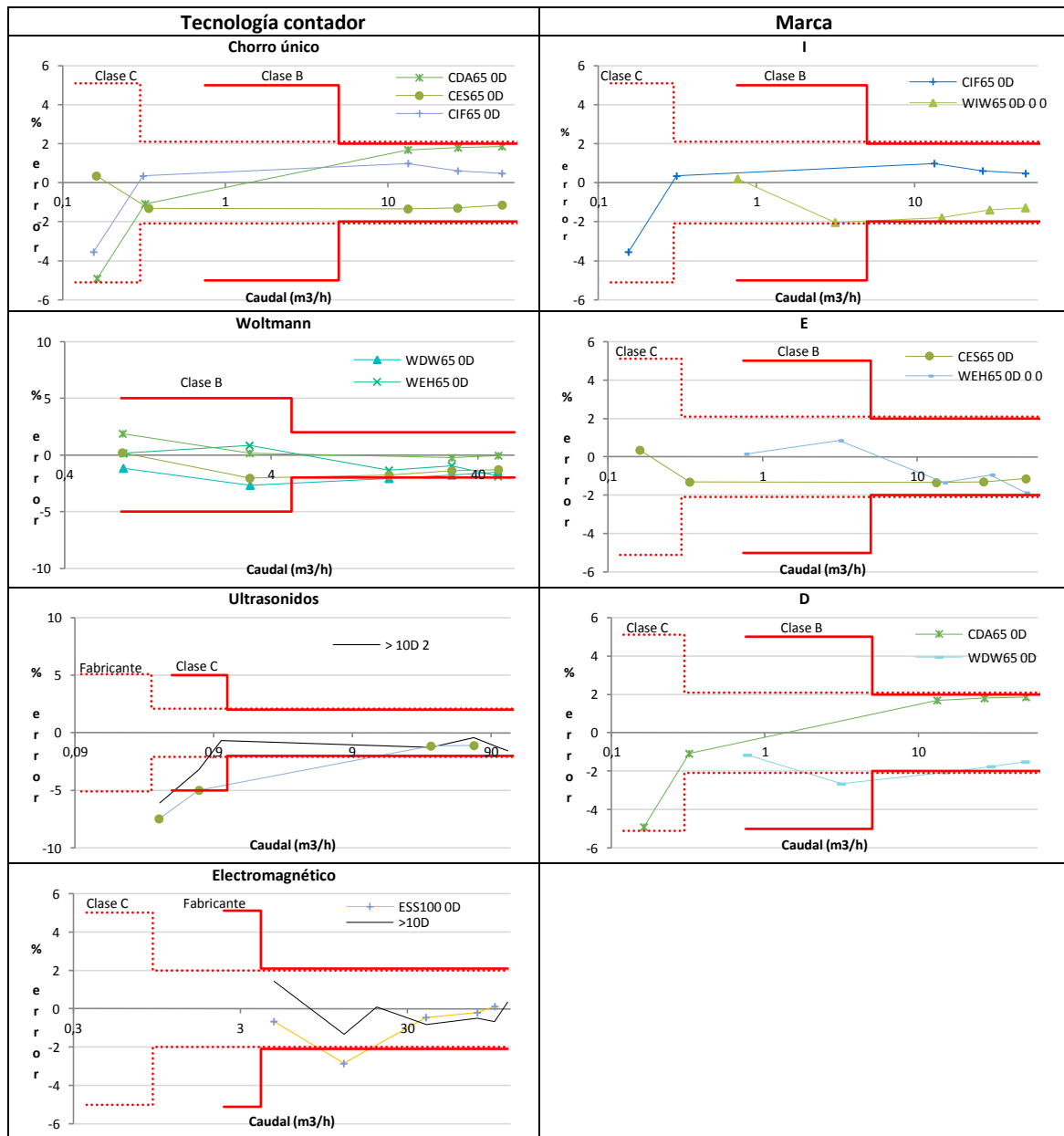
Estudiados de forma individual se observa un pequeño subcontaje respecto a su gráfica de referencia, especialmente con caudales bajos, en todos los de chorro único, aunque dentro de los límites que se han establecido, luego no se consideran significativos.

A los que más les afecta es al CES65 con un pequeño subcontaje, que mejora con un tramo recto de 3D entrando dentro del intervalo permitido, y al WDW65 con subcontaje incluso con tramo recto de 10 Diámetros y un punto anómalo, que ha sido comprobado que es correcto, de un sobrecontaje del 10% a caudal mínimo. También resulta reseñable el segundo caudal del contador ESS100 con un error cercano al -5%, pero que en principio se entiende que tiene que ver con la electrónica del mismo.

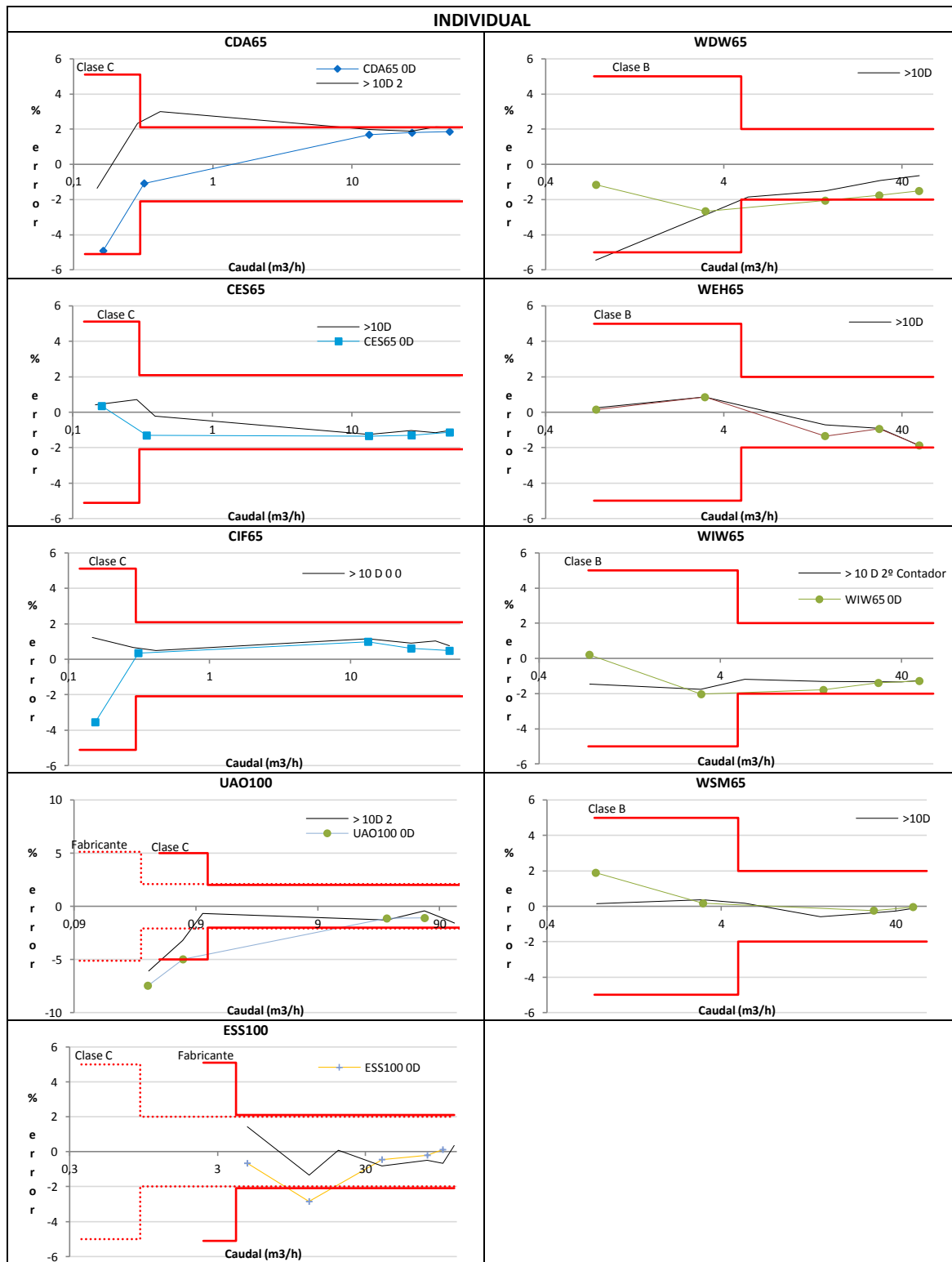
AGUAS ABAJO



En la vista general no se aprecia ninguna alteración de las curvas.



Por tecnología se ve que no afecta a ninguna de ellas, y por marca tampoco afecta a ninguna.



Del análisis de las curvas individuales de cada contador, se comprueba que la válvula de retención de clapeta colocada aguas abajo del contador no afecta a la curva de error.

TABLA RESUMEN

CLAPETA					
AGUAS ARRIBA			AGUAS ABAJO		
TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	CDA65	CHORRO UNICO	I	CDA65
WOLTMAN	E	WDW65	WOLTMAN	E	WDW65
ULTRASONIDOS	D	CES65	ULTRASONIDOS	D	CES65
ELECTROMAGNETICO		WEH65	ELECTROMAGNETICO		WEH65
		CIF65			CIF65
		WIW65			WIW65
		WSM65			WSM65
		UAO100			UAO100
		ESS100			ESS100

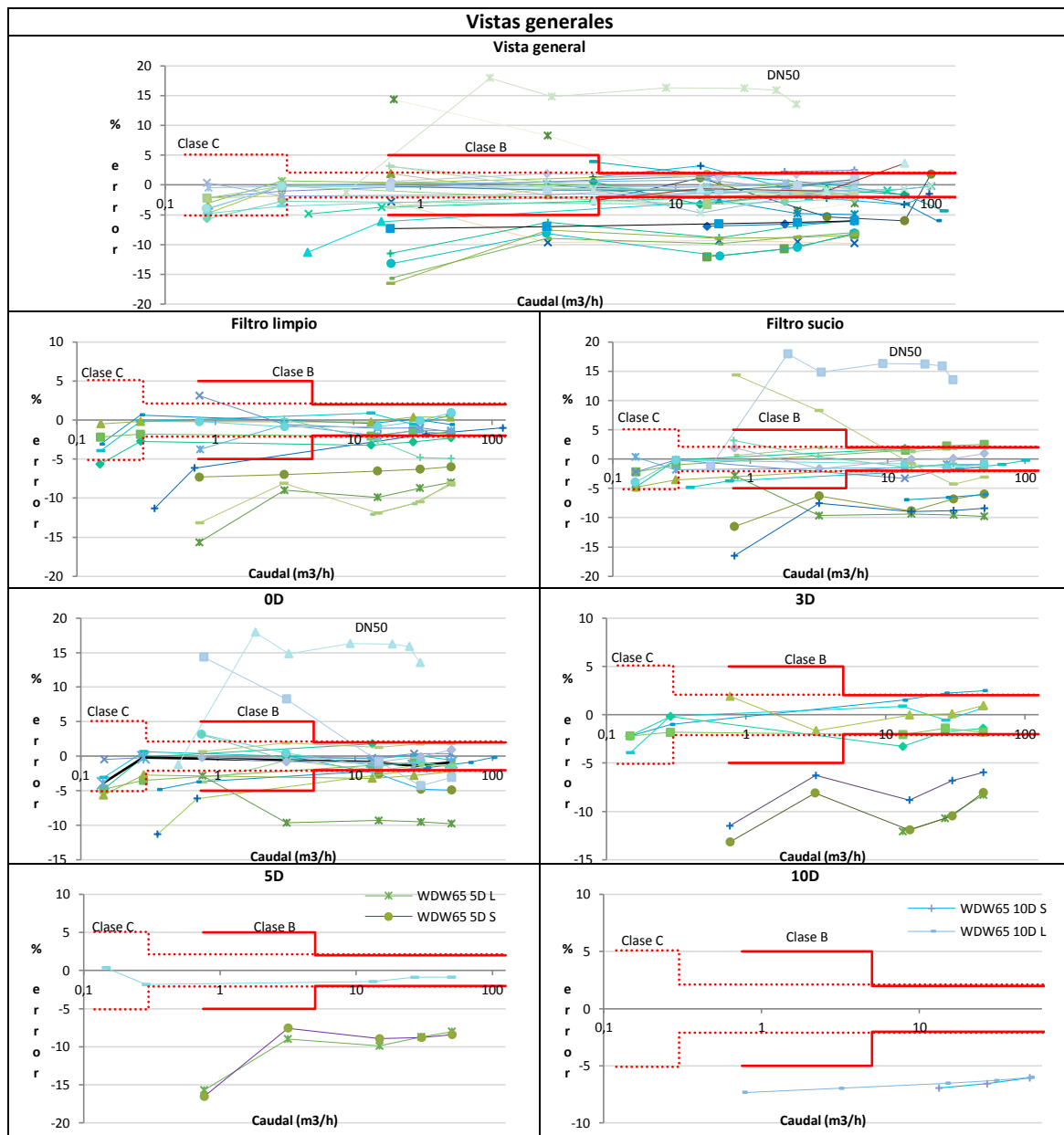
FILTRO TIPO Y (F)

El tipo de filtro utilizado es el denominado de “Y”, se ha seguido el protocolo de actuación general añadiéndole una variante que es la de ensayar el filtro en dos situaciones diferentes, la primera se ha denominado “limpio”, y la segunda “sucio”. Para simular esta última situación, se ha procedido a obturar de forma artificial aproximadamente el 50% de la superficie de filtrado, según se observa en la fotografía.

Como en el resto de los casos, los ensayos que se han realizado han sido los de los 9 contadores nuevos disponibles y que ya se han comentado previamente, más el de un contador tipo Woltmann de DN50 que llevaba en servicio algo más de un año y que estaba instalado con un filtro aguas arriba cuyo porcentaje de obturación es desconocido.

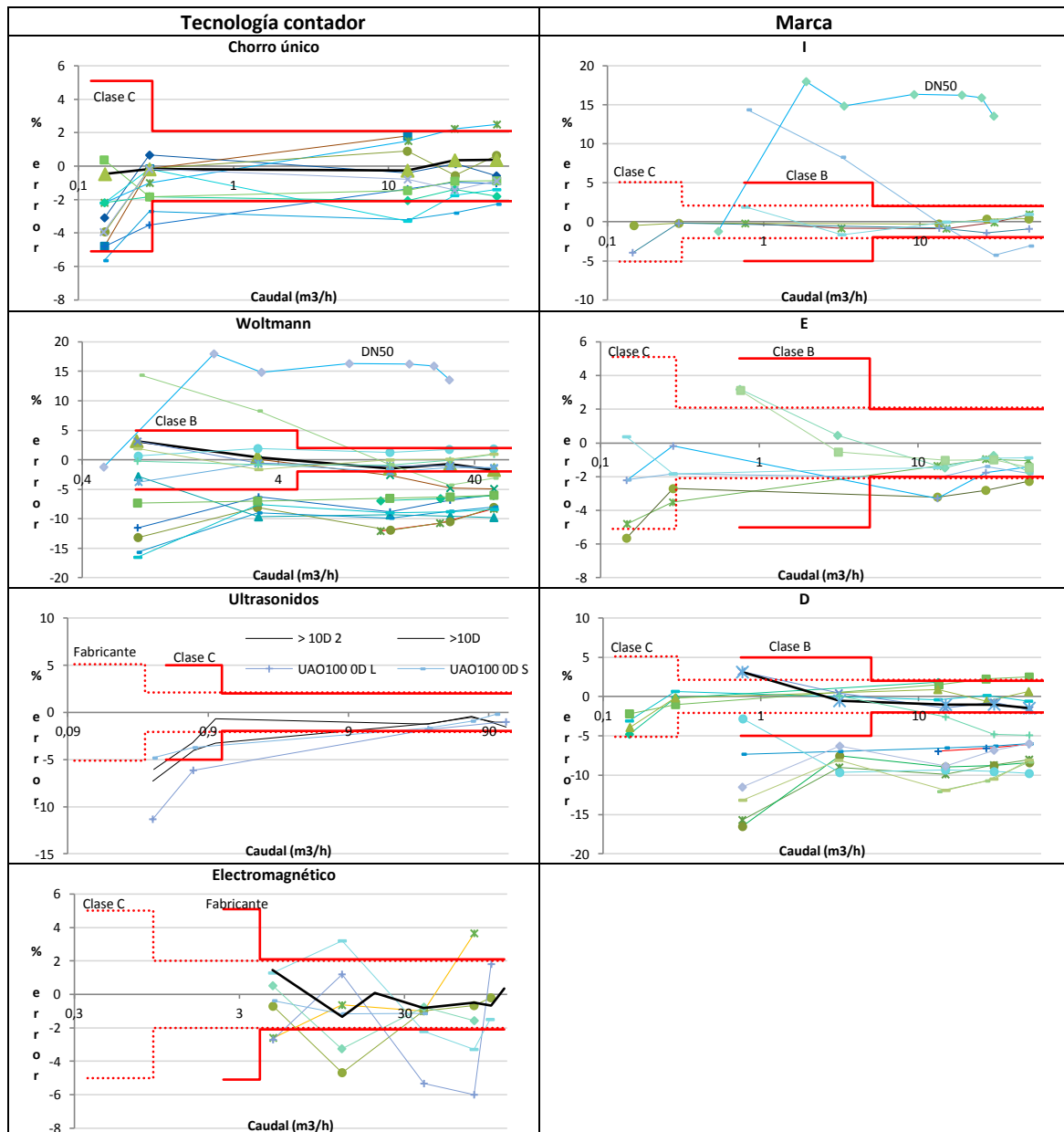


AGUAS ARRIBA



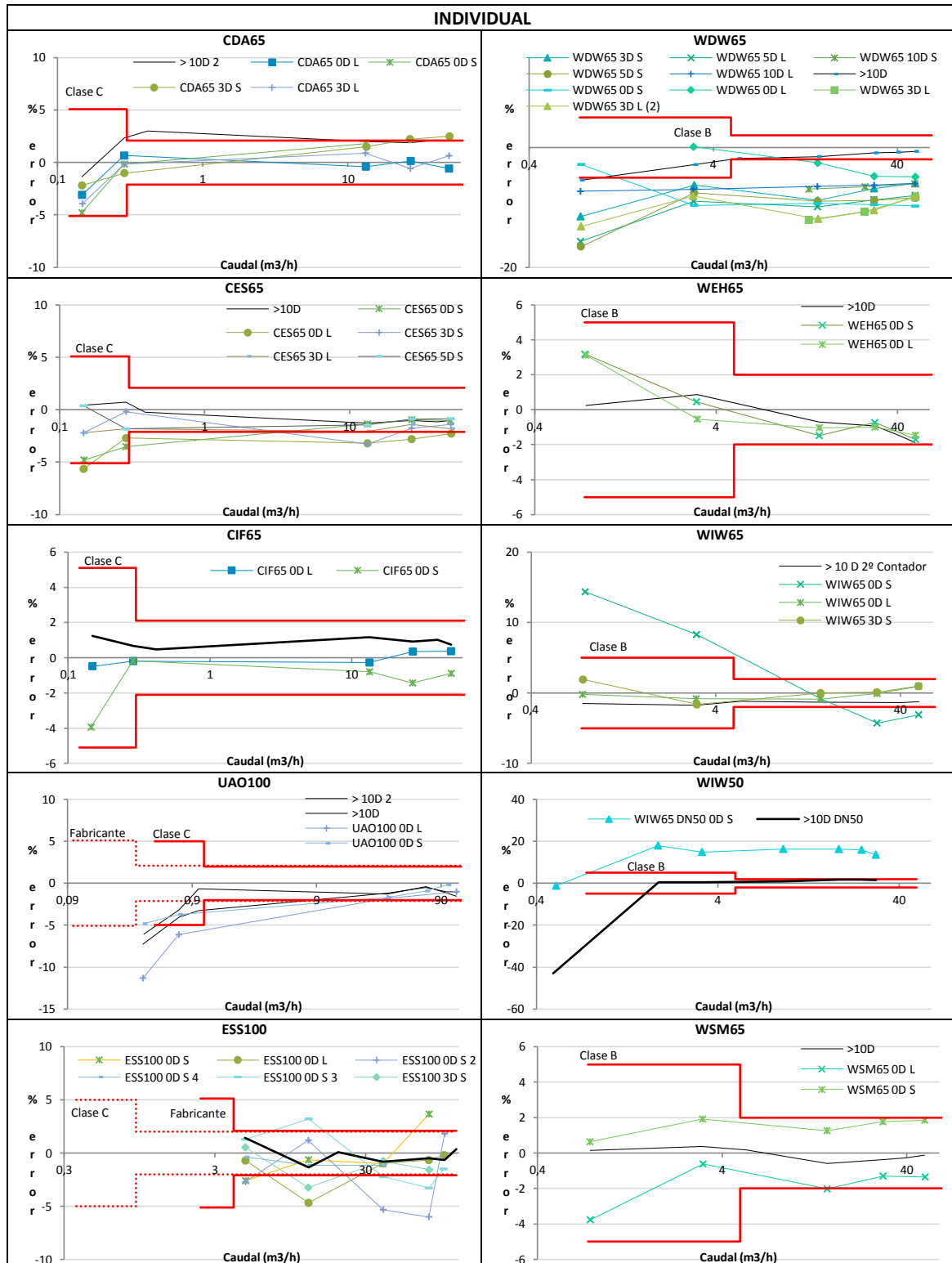
En la vista general se ve que hay varias situaciones en las que las curvas están fuera del rango permitido, tanto por sobrecontaje como subcontaje, variando en un intervalo entre el $\pm 15\%$.

Entre filtro limpio y sucio la única diferencia apreciable es el sobrecontaje del contador de DN50 que solo se ensayó con el filtro sucio y dos puntos de sobrecontaje a caudales pequeños de uno de los contadores. No hay sobrecontaje con el filtro limpio. Se ve cómo van mejorando las curvas para todos los contadores ensayados a medida que se aumenta la longitud del tramo recto de tubería, aunque para un modelo en concreto las mejoras son pequeñas con cada incremento del tramo recto aguas arriba, hacen falta 10 diámetros para que mejore el subcontaje del -10% al -5% .



A los contadores de chorro único no les afecta mucho el filtro, excepto por un pequeño subcontaje, a los Woltmann les genera principalmente subcontaje aunque también aparece sobrecontaje y al de ultrasonidos un pequeño subcontaje curiosamente con el filtro limpio, aunque esas pequeñas diferencias sobre todo en caudales bajos también pueden ser por la incertidumbre de lectura del propio contador. El contador electromagnético presenta pequeñas variaciones en los dos sentidos sin una tendencia clara.

Estudiados los datos por marca de contador se constata que todas las marcas obtienen resultados fuera de rango, cabe destacar un peor comportamiento, con mayor número de ensayos fuera del intervalo permitido, en los de la marca "D".



En CDA65 se ve un pequeño subcontaje respecto a su curva de referencia pero dentro de los límites. Tampoco se aprecia un cambio significativo entre los ensayos realizados a OD y los de 3D.

WDW65 es el que más afectado se ve, tal y como se observa en todos los casos se produce un subcontaje, tanto en el caso del filtro limpio como en el del sucio. Otro dato significativo es que no se produce una mejora significativa hasta colocar un tramo recto de 10D aguas arriba.

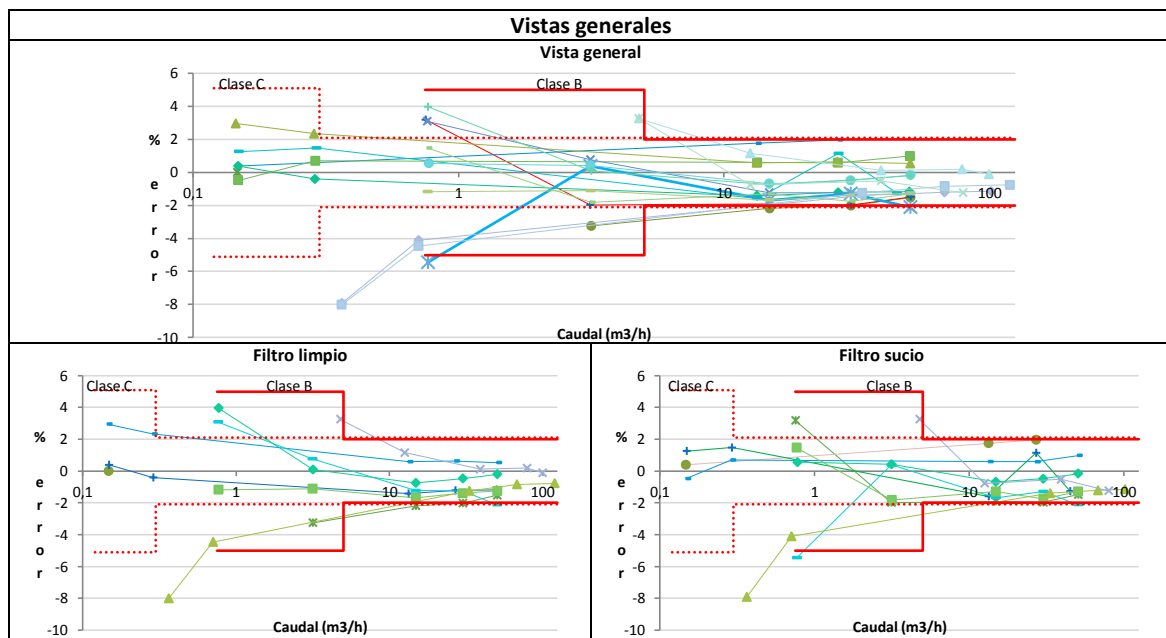
En CES65 se produce un pequeño subcontaje sin relación clara de mejora con el aumento del tramo recto de tubería aguas arriba.

WEH65, CIF65, WSM65 y UAO100 no se ven afectados por ninguna de las dos situaciones ensayadas.

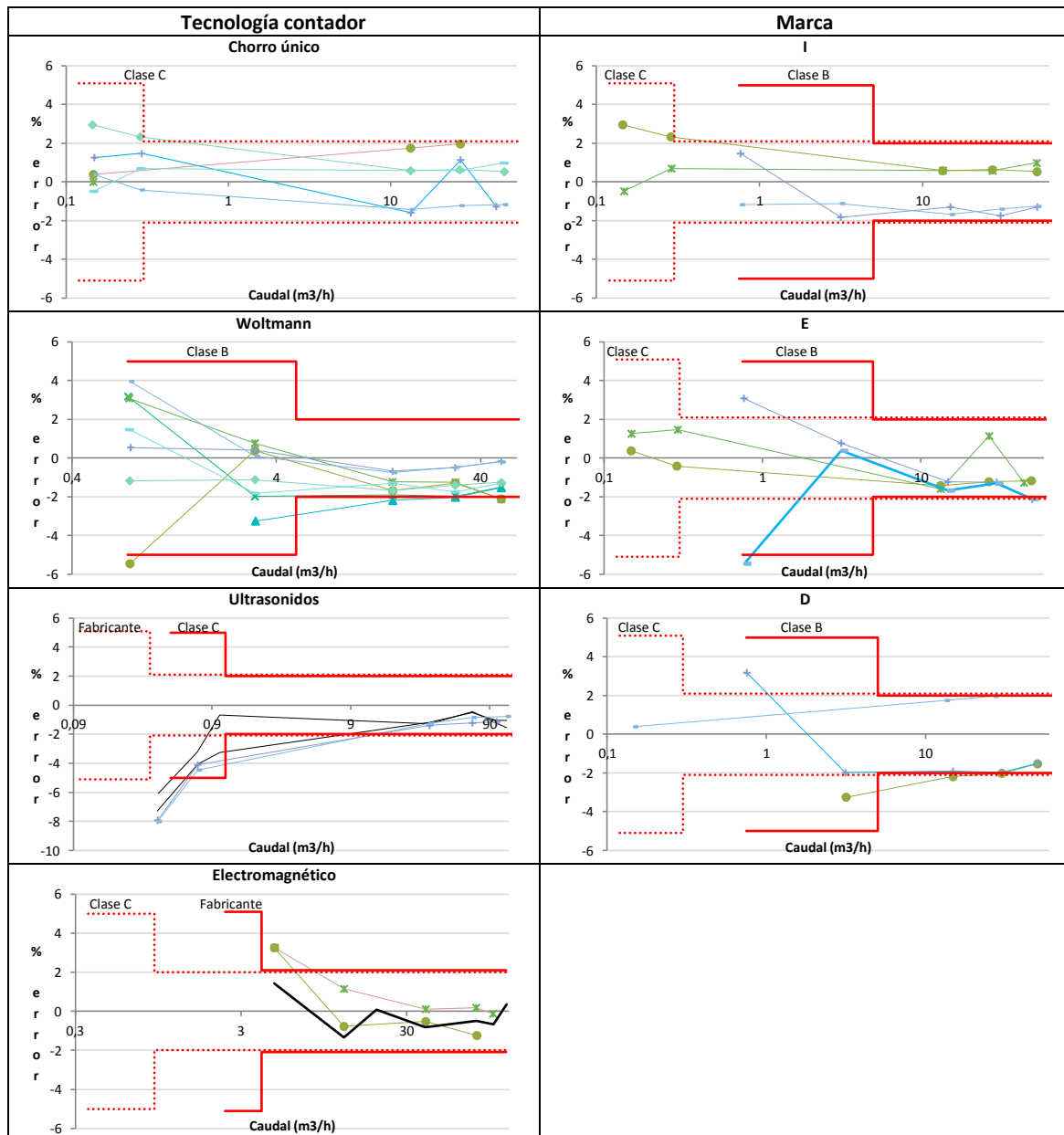
En WIW65, contador nuevo de DN65 con filtro “sucio artificial” y en WIW50, contador usado de DN50 con filtro “sucio natural”, se observa en los caudales pequeños un sobrecontaje de un orden de magnitud parecido, que en el caso del filtro artificial a medida que aumenta el caudal las lecturas mejoran y entran dentro de los parámetros permitidos, en el WIW65, la curva mejora considerablemente cuando se coloca un tramo recto de 3D aguas arriba.

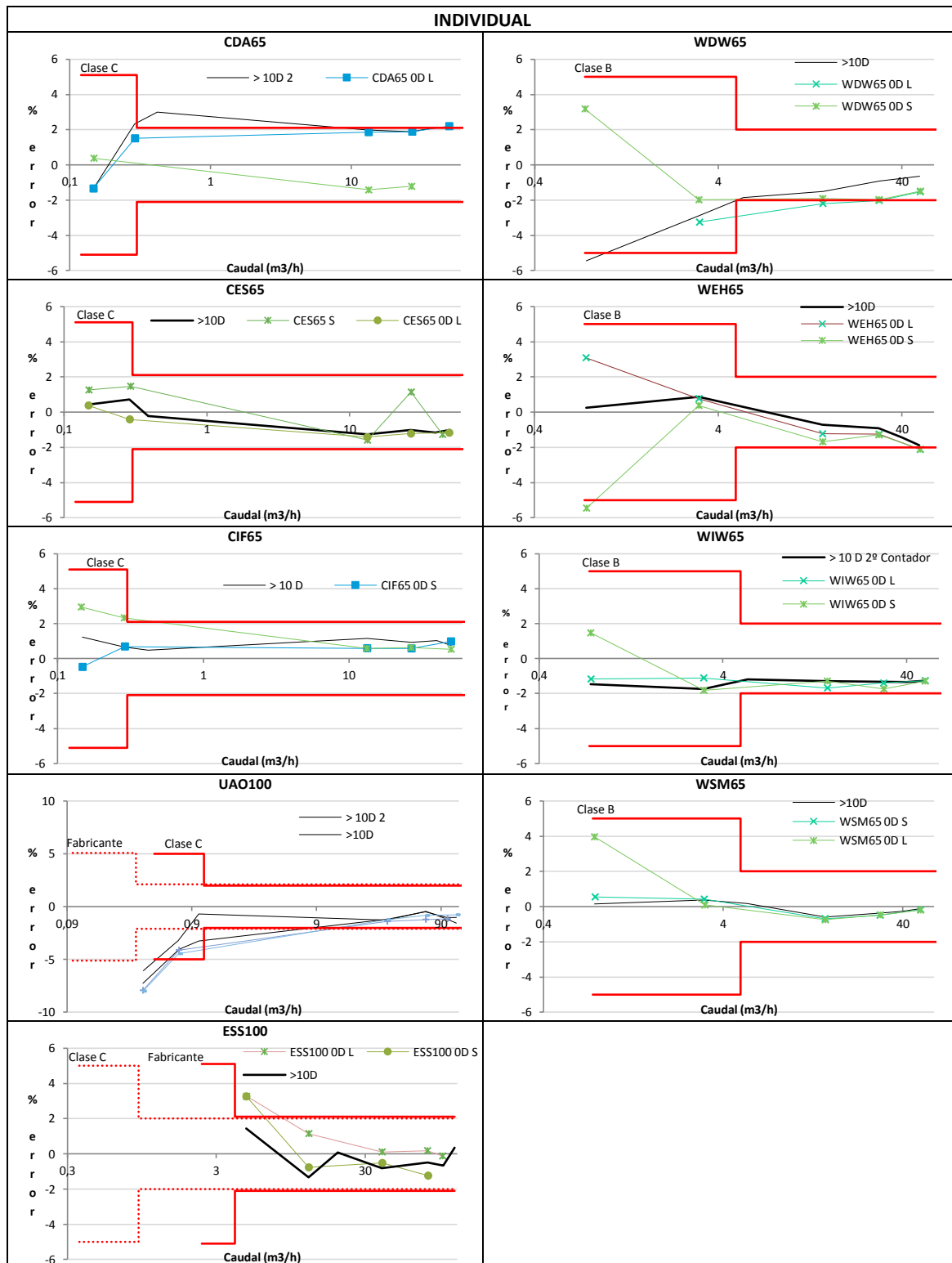
ESS100, dada la poca repetibilidad de las lecturas, no se puede saber si las variaciones son por el filtro o por la propia incertidumbre del contador.

AGUAS ABAJO



La visión de conjunto del filtro colocado aguas abajo nos muestra que la práctica totalidad de los puntos están dentro del intervalo permitido. Tampoco se aprecian diferencias significativas entre la condición de filtro limpio y sucio. La única curva fuera del intervalo en su caudal más bajo es la de UAO100 que como se ve en su gráfica individual es la misma que su gráfica de referencia, luego no es por la colocación del filtro.





Tampoco se aprecian diferencias ni por tecnología de contador ni por marca, pudiendo afirmar que esta situación no afecta a ninguna de ellas.

En cuanto al comportamiento individual tan solo se aprecian pequeñas diferencias como puede ser un pequeño subcontaje para el caso del CDA65 con filtro sucio respecto a su curva de referencia, pero dentro de los límites permitidos.

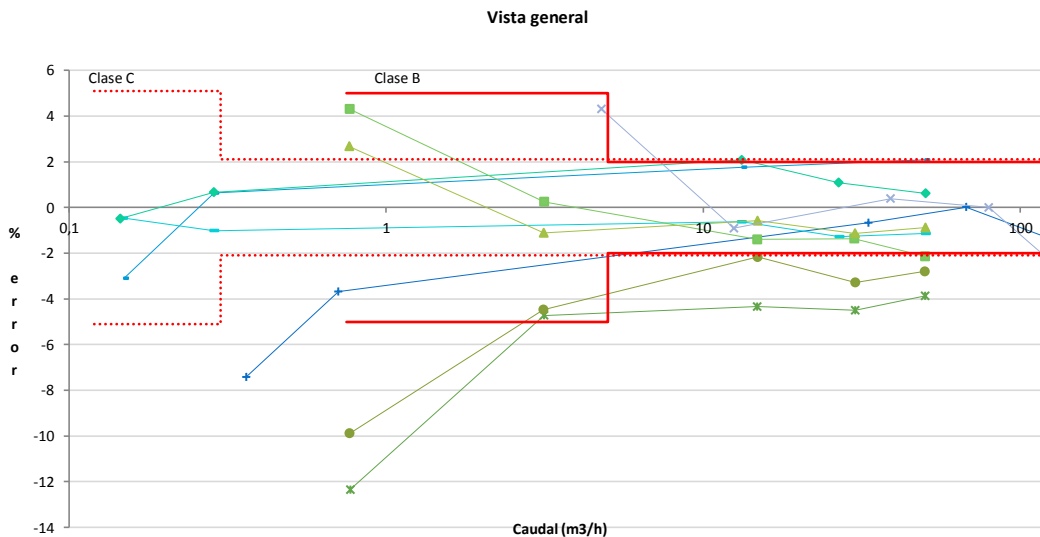
TABLA RESUMEN

FILTRO							
AGUAS ARRIBA				AGUAS ABAJO			
TECNOLOGIA	MARCA	ESTADO	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	ESTADO	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	LIMPIO	CDA65	CHORRO UNICO	I	LIMPIO	CDA65
WOLTMAN	E	SUCIO	WDW65	WOLTMAN	E	SUCIO	WDW65
ULTRASONIDOS	D		CES65	ULTRASONIDOS	D		CES65
ELECTROMAG.			WEH65	ELECTROMAG.			WEH65
			CIF65				CIF65
			WIW65				WIW65
			WIW50				WIW50
			WSM65				WSM65
			UAO100				UAO100
			ESS100				ESS100

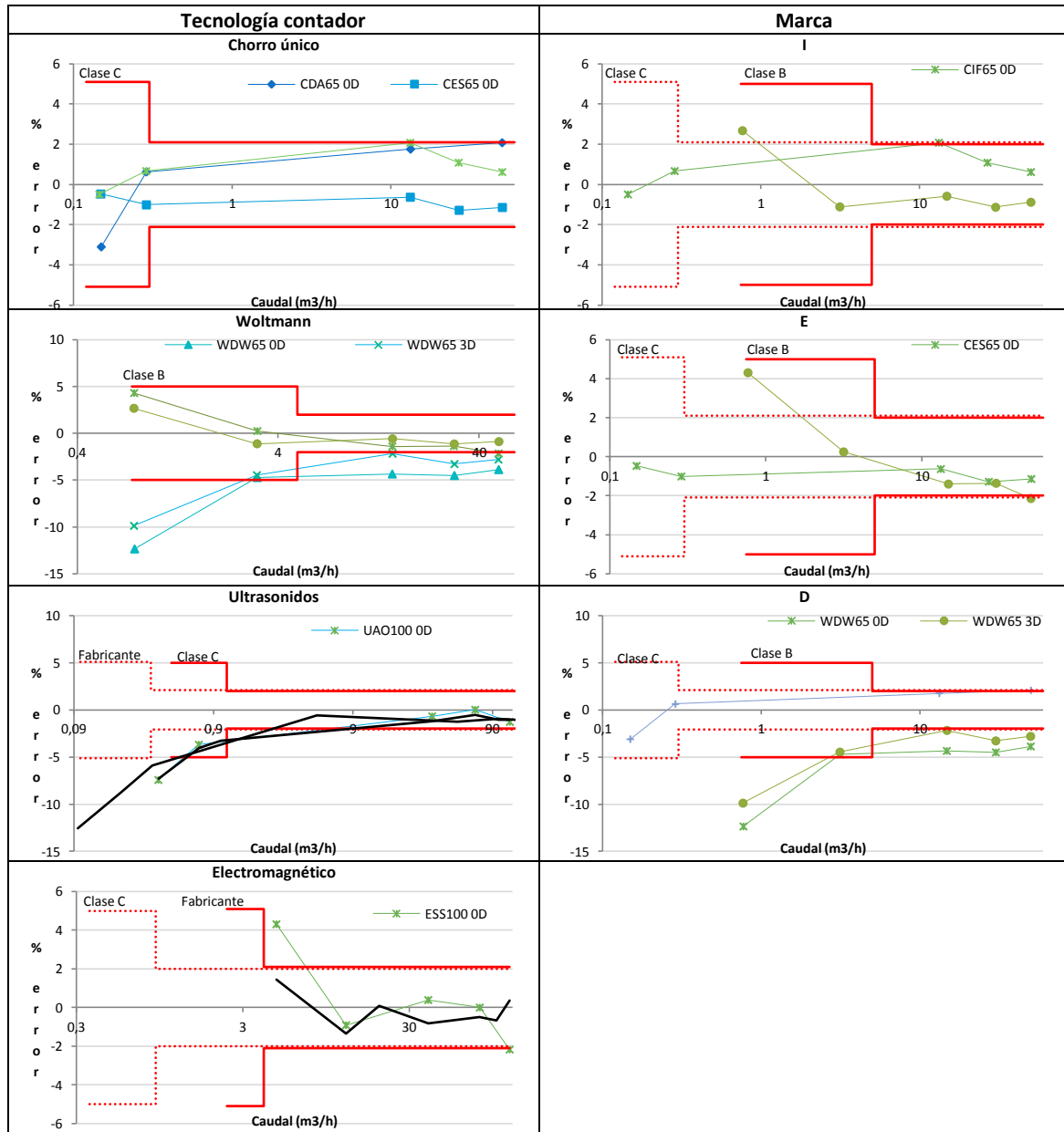
CONO CONVERGENTE

Se analiza cómo afecta la instalación de un cono convergente que reduzca la sección de tubería de un DN inmediatamente superior al DN del contador en el caso de aguas arriba y que pase del DN del contador a una tubería de DN inferior en el caso de instalación aguas abajo del contador.

AGUAS ARRIBA

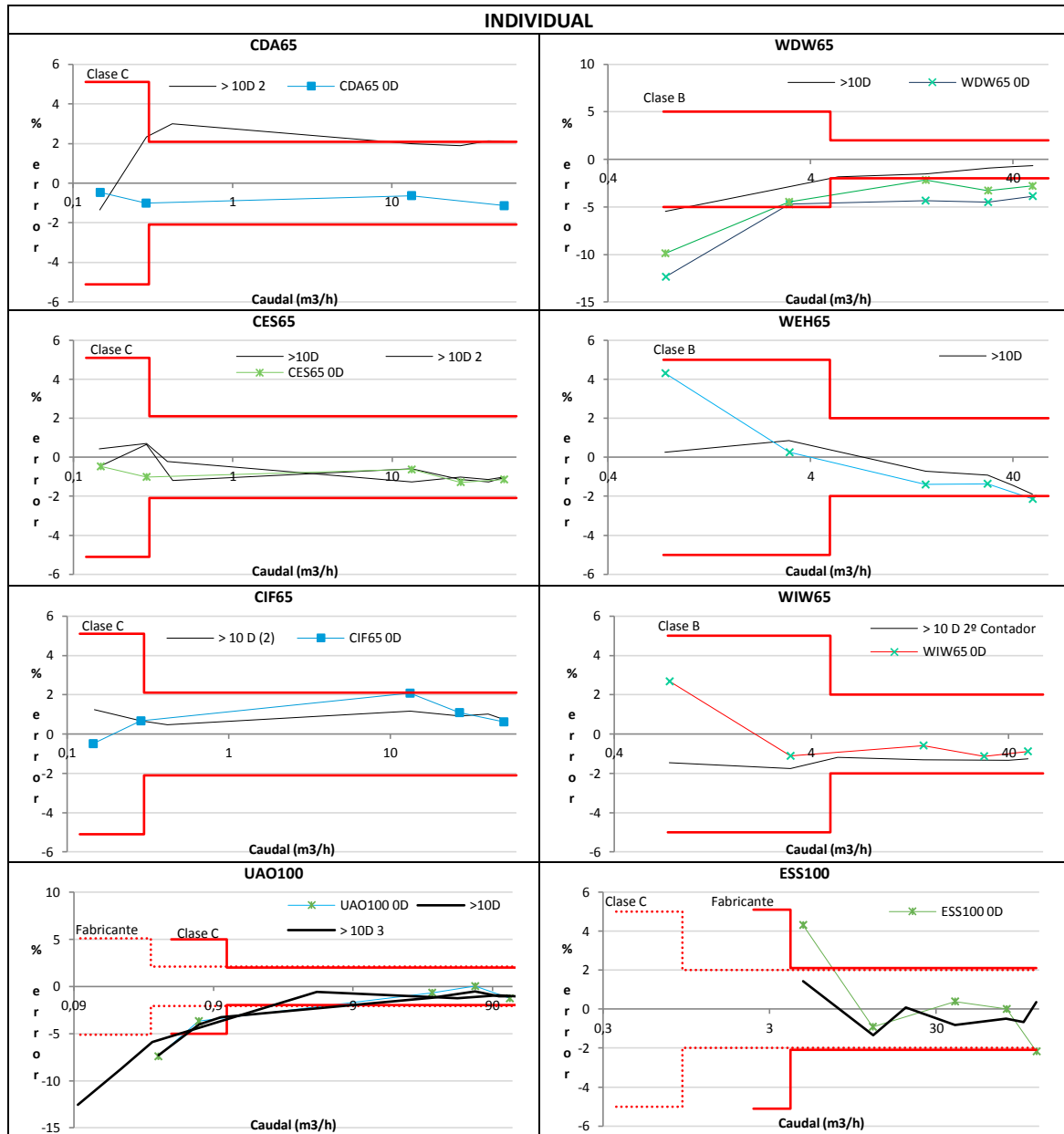


Observando los resultados del conjunto de contadores, se concluye que excepto a un contador, al resto no afecta esta disposición colocada inmediatamente aguas arriba del contador.



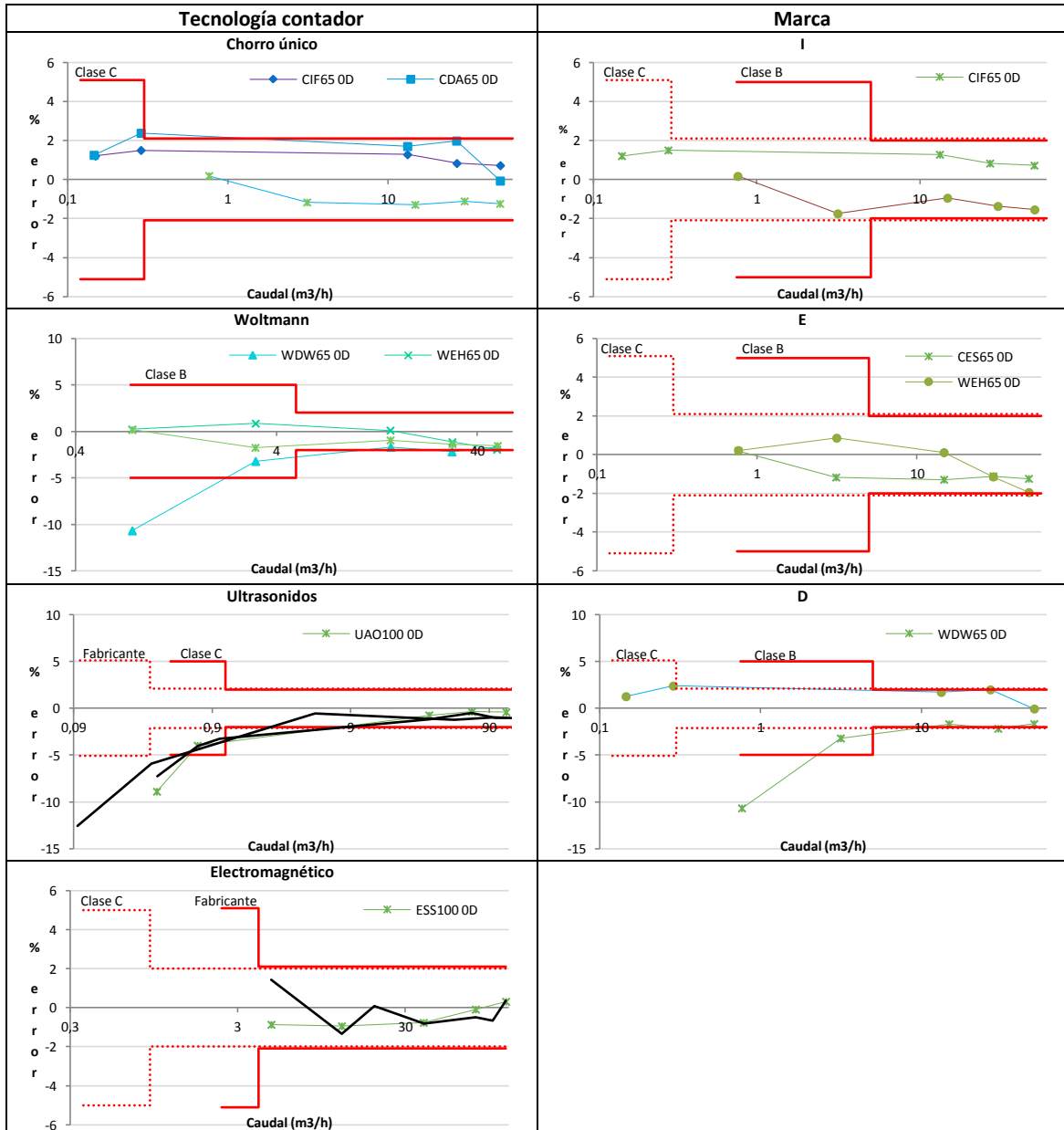
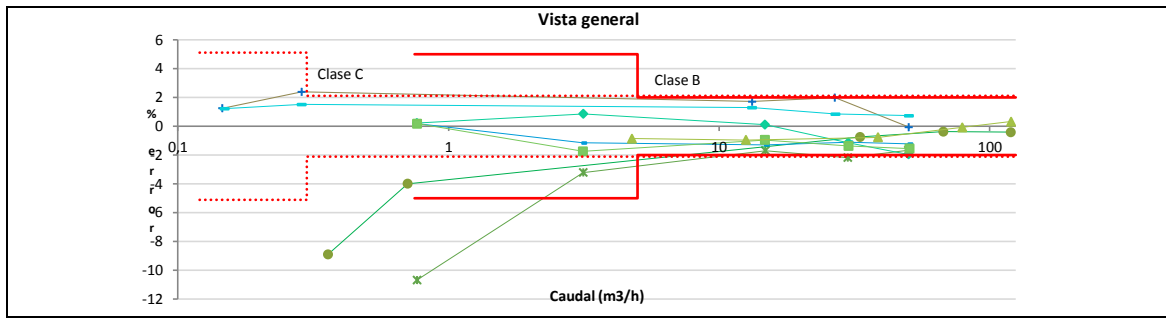
Por tecnología, se constata que un cono convergente no afecta a los contadores tipo Woltmann, se observa sin embargo, que sí que afecta a uno de ellos, y no a los otros dos, luego se estima que es debido a las características constructivas de este último y no a la tecnología de funcionamiento.

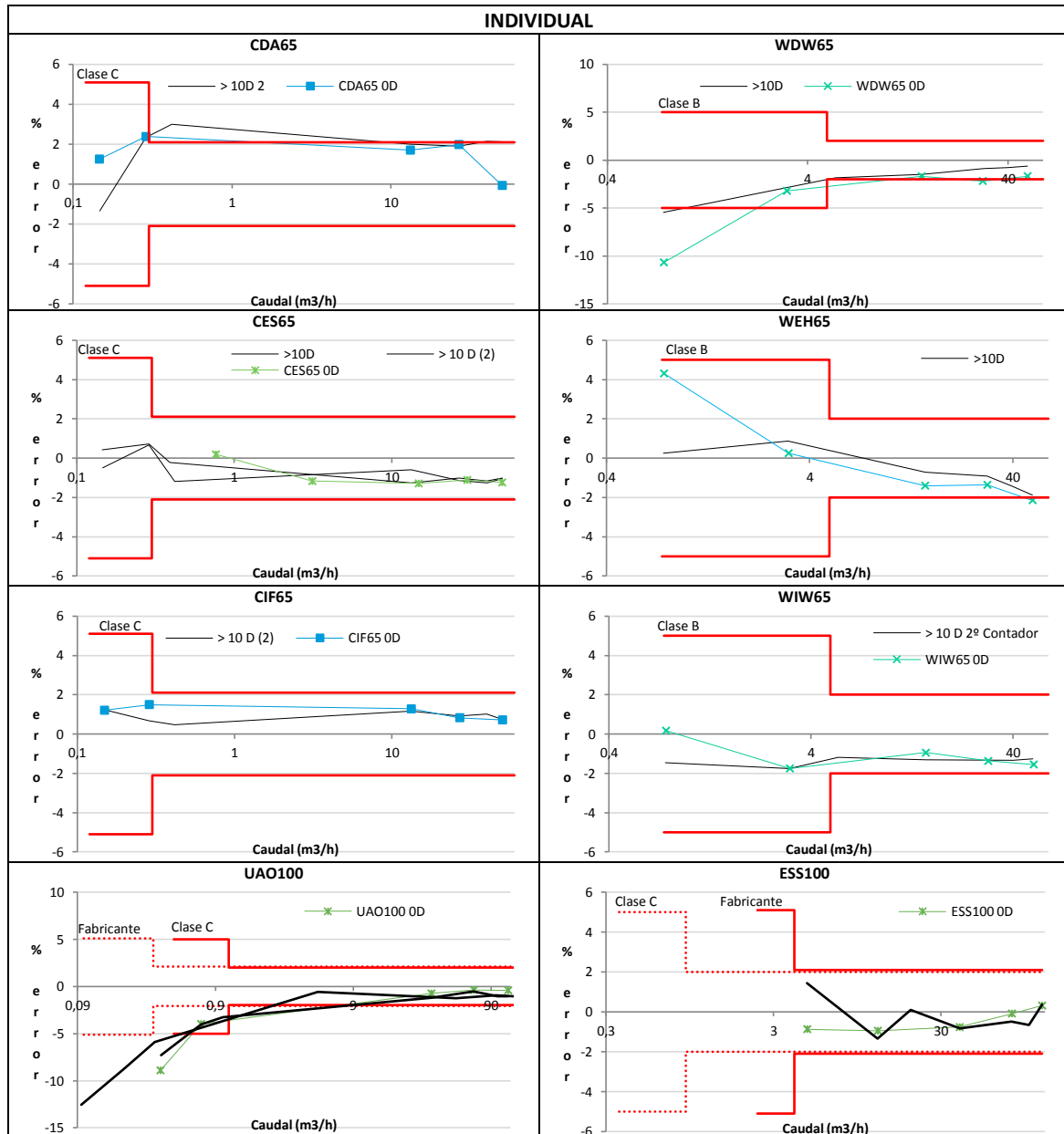
Por marca, la única afectada es la “D” y solo en el tipo Woltmann, no en el contador de chorro único.



Sólo a WDW65 parece afectarle la colocación del cono convergente, haciendo que cuente hasta un 12% menos del volumen real. Cuando se coloca un tramo recto de 3 diámetros de tubería aguas arriba del contador, se observa mejoría, resultando una curva similar a la de referencia.

AGUAS ABAJO





Observando los resultados del conjunto de contadores, se concluye que un cono convergente colocado aguas abajo del contador no afecta a ninguno de los contadores ensayados, y por lo tanto no lo hace a ninguna tecnología ni a ninguna marca en las condiciones descritas anteriormente.

Se puede afirmar que el cono convergente colocado en cualquier situación, no afecta a ninguna tecnología y solo lo hace a la marca "D" en su contador WDW65 a caudales bajos.

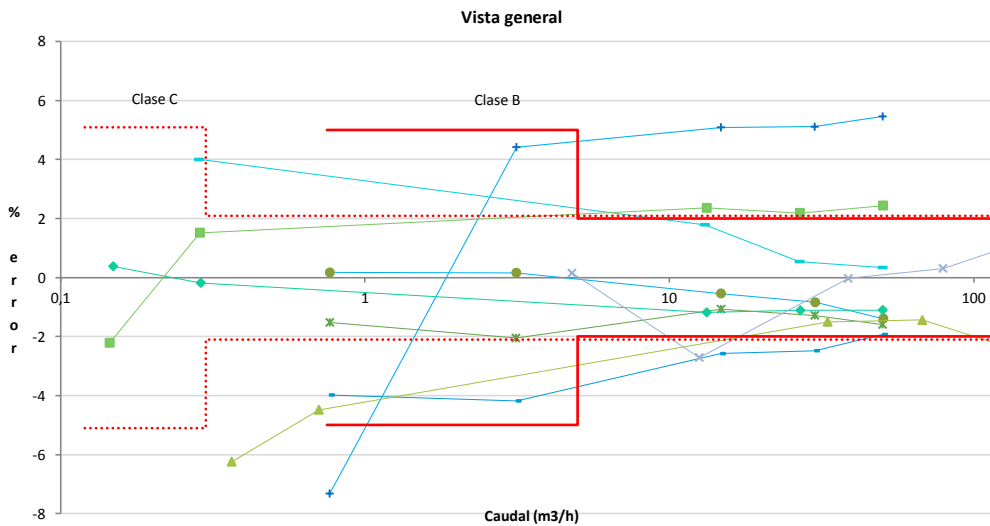
TABLA RESUMEN

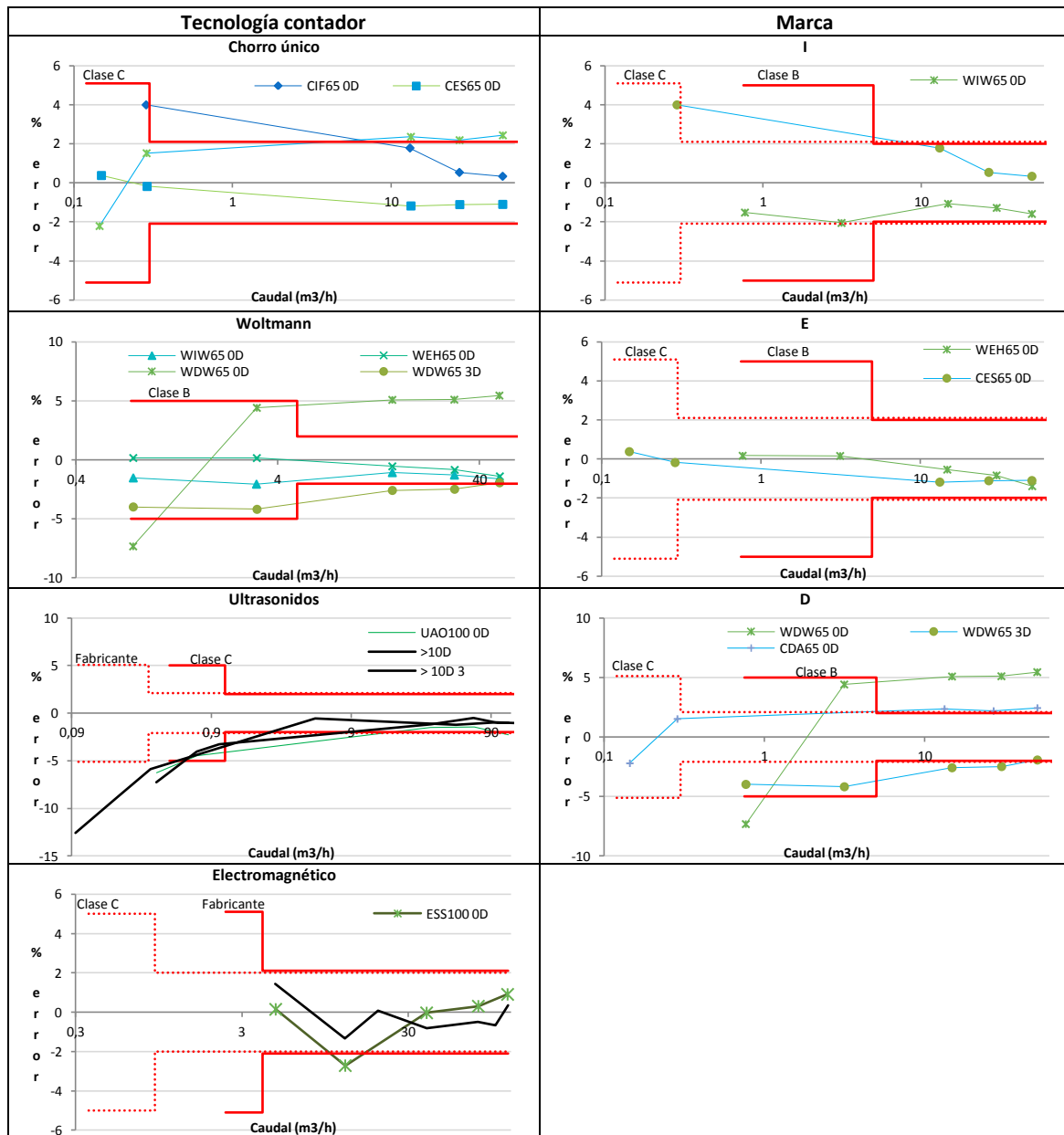
CONO CONVERGENTE					
AGUAS ARRIBA			AGUAS ABAJO		
TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	CDA65	CHORRO UNICO	I	CDA65
WOLTMAN	E	WDW65	WOLTMAN	E	WDW65
ULTRASONIDOS	D	CES65	ULTRASONIDOS	D	CES65
ELECTROMAGNETICO		WEH65	ELECTROMAGNETICO		WEH65
		CIF65			CIF65
		WIW65			WIW65
		WSM65			WSM65
		UAO100			UAO100
		ESS100			ESS100

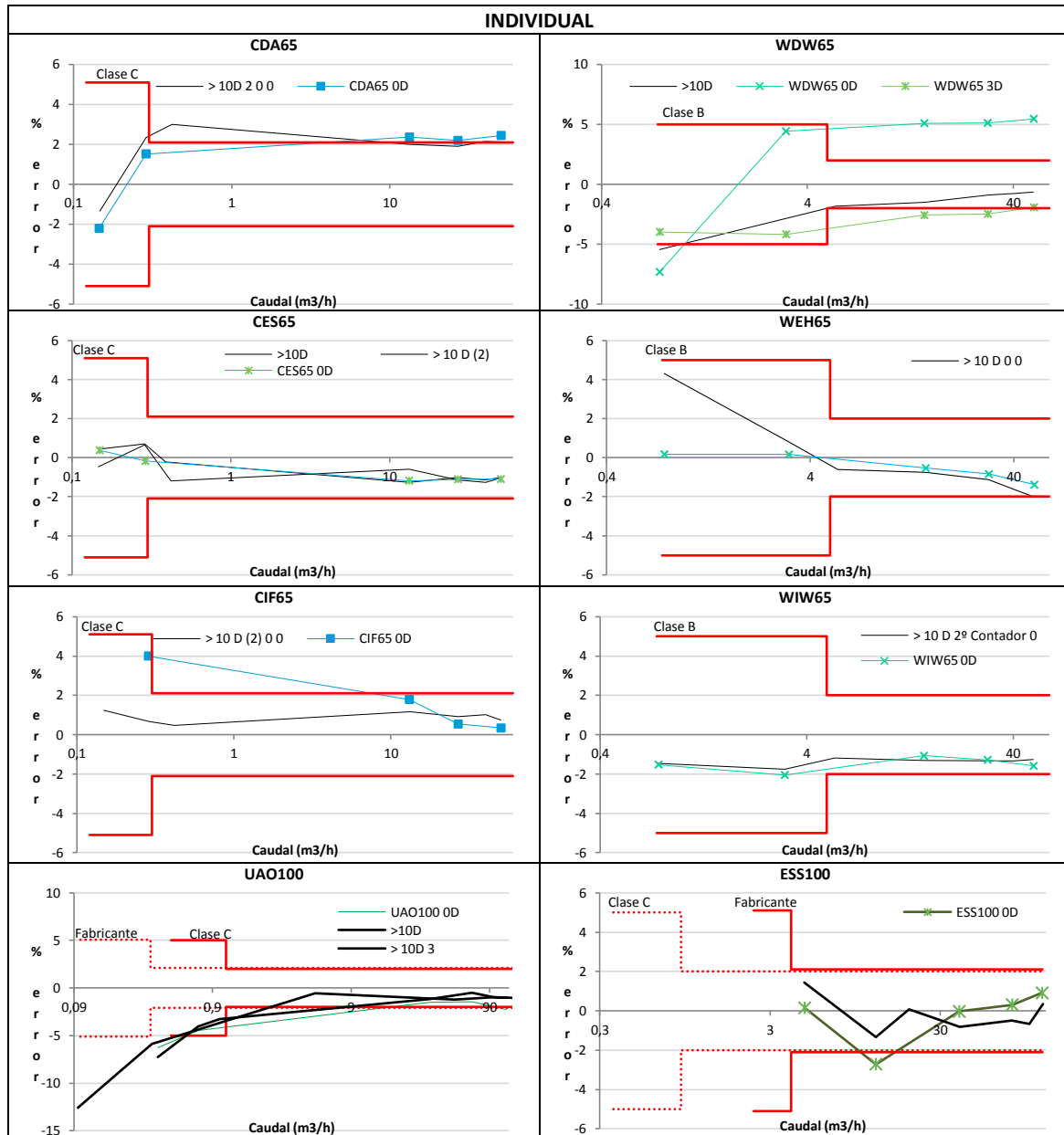
CONO DIVERGENTE

Se analiza cómo afecta la instalación de un cono divergente que aumente la sección de tubería de un DN inmediatamente inferior al DN del contador en el caso de aguas arriba y que pase del DN del contador a una tubería de DN superior en el caso de instalación aguas abajo del contador.

AGUAS ARRIBA





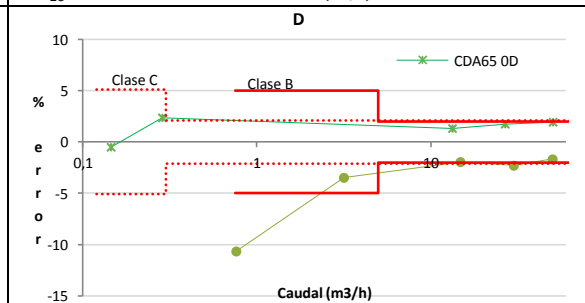
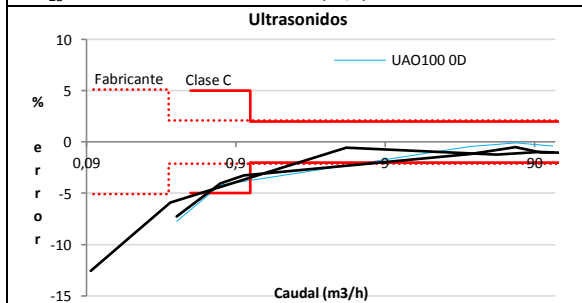
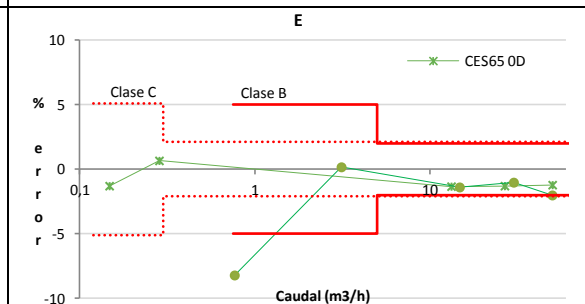
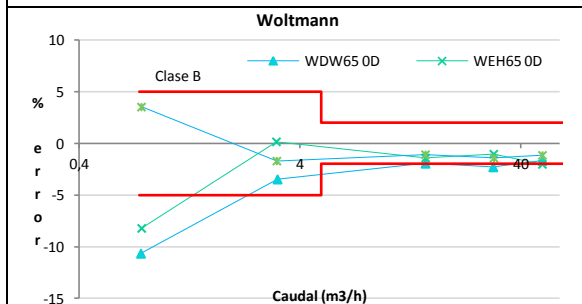
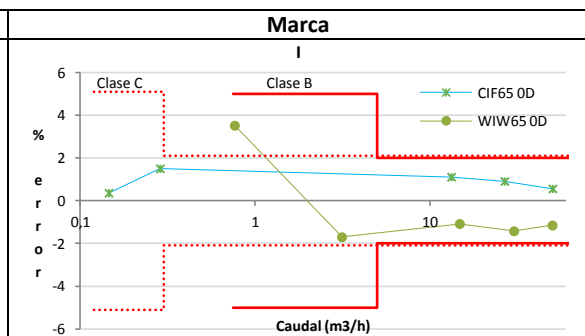
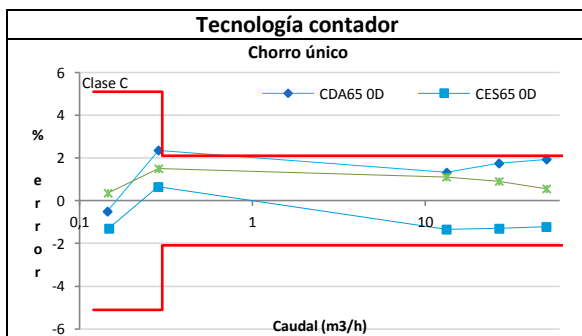
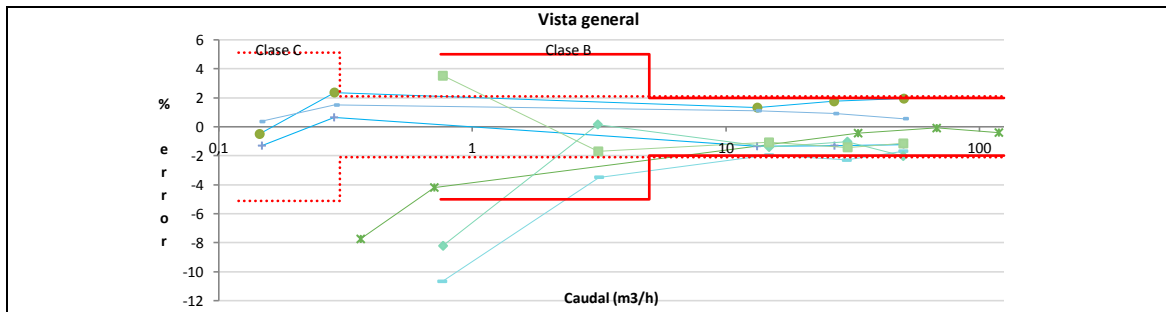


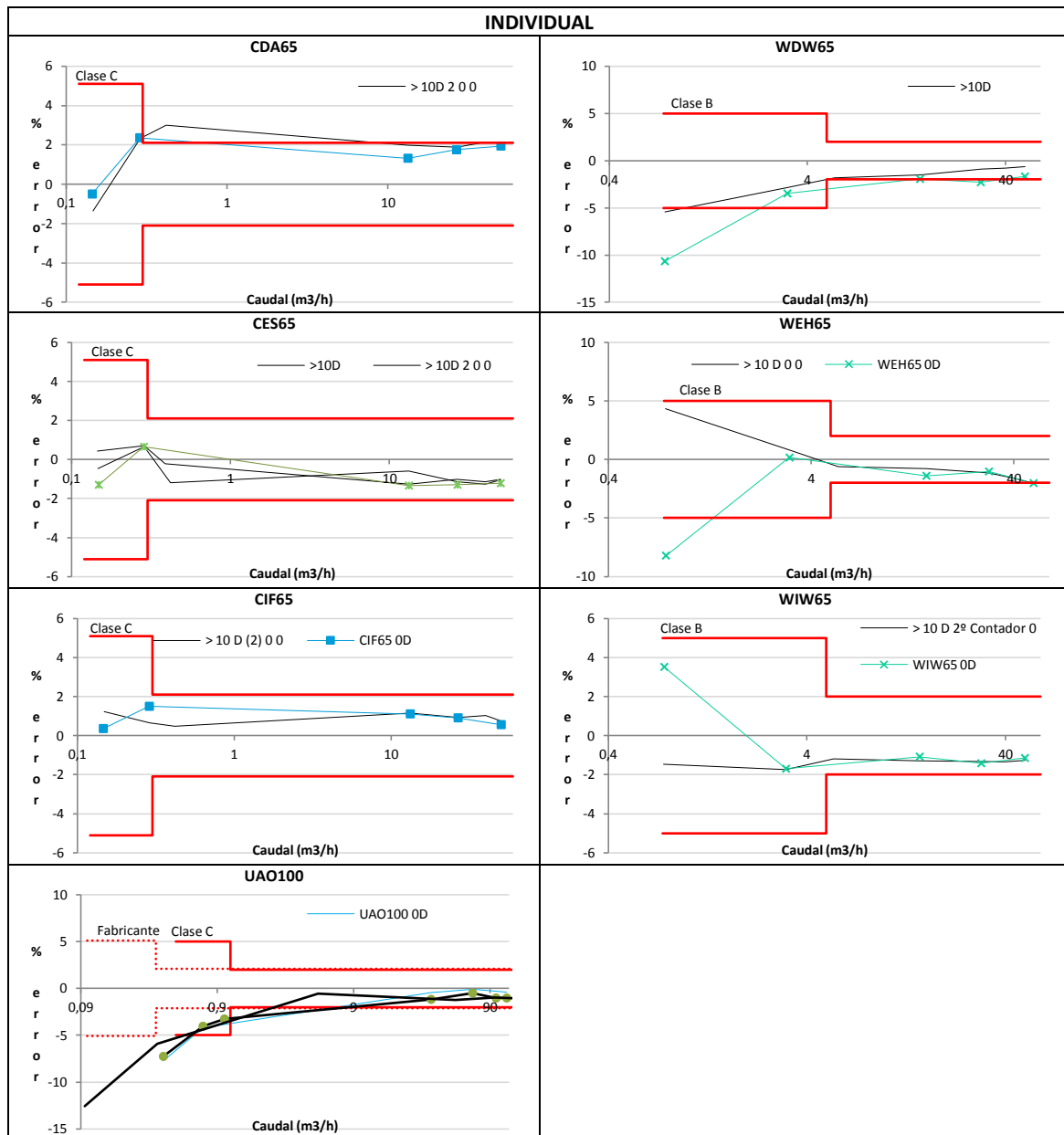
Igual que en el caso del cono convergente, esta disposición, solo afecta al mismo contador que en el caso anterior, el WDW65, y en sentido contrario, ya que si antes producía un subcontaje, ahora se genera un sobrecontaje de aproximadamente el 5%. También, igual que en el caso del cono convergente, se observa una mejora significativa cuando se añade un tramo recto de 3 Diámetros C de tubería entre el contador OD y el accesorio, resultando una curva similar a la obtenida sin ningún elemento perturbador.

Por tecnología, se concluye lo mismo que para el caso anterior, que no afecta a los contadores tipo Woltmann, aunque sí lo hace a uno de ellos, luego se estima que es debido a las características constructivas de este último y no a la tecnología de funcionamiento.

Por marca la única afectada es la “D” y solo en el tipo Woltmann, no en el contador de chorro único.

AGUAS ABAJO





Observando los resultados del conjunto de contadores, se concluye que un cono divergente colocado aguas abajo del contador no afecta a la lectura de los mismos en ninguno de los casos ensayados, y por lo tanto no lo hace a ninguna de las tecnologías ni de las marcas.

Las discrepancias de los puntos a caudal mínimo de los contadores tipo Woltmann respecto a sus curvas de referencia son más bien achacables a la mayor incertidumbre existente en la lectura de dichos puntos.

Sólo afecta aguas arriba con un +5% al contador WDW65.

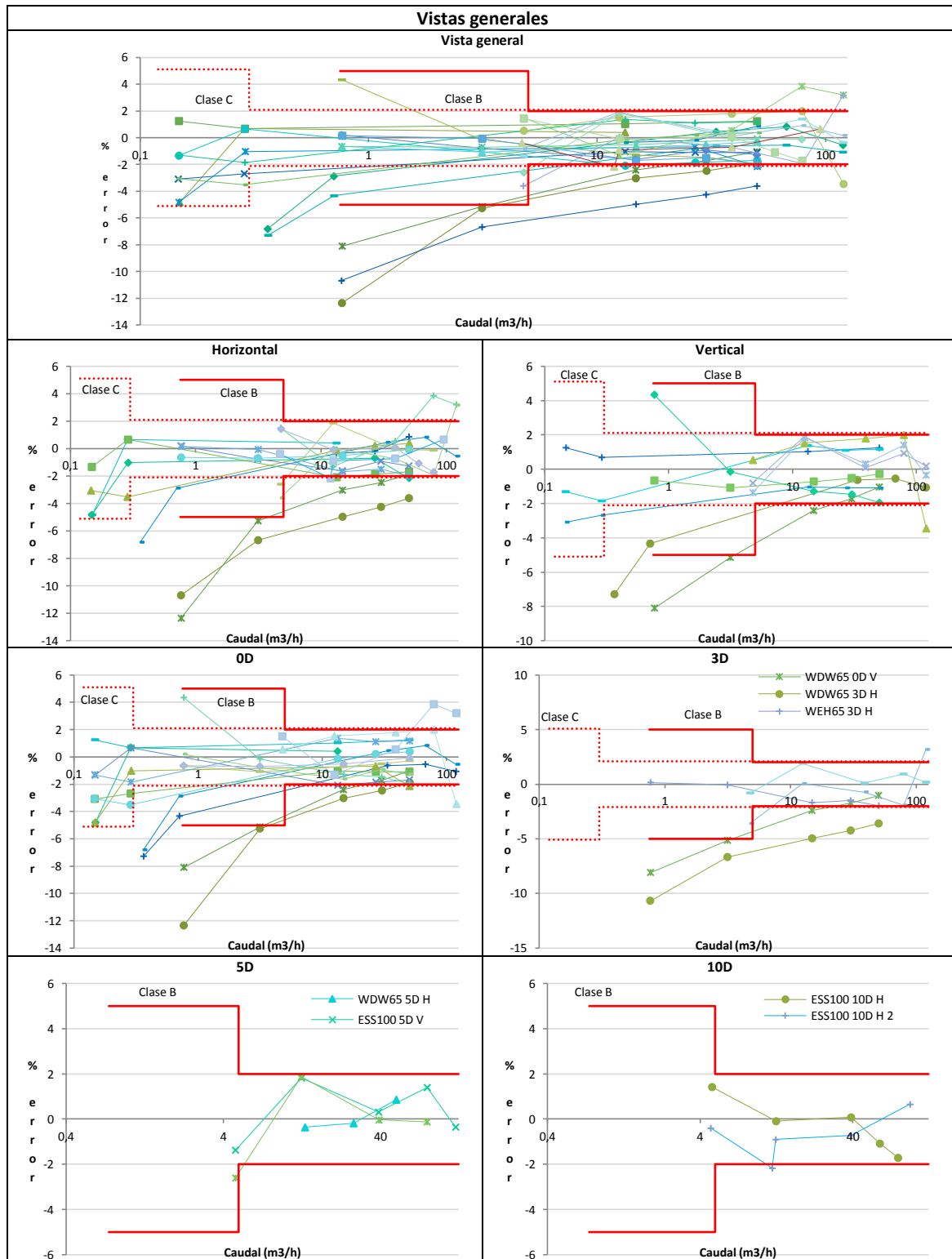
TABLA RESUMEN

CONO DIVERGENTE					
AGUAS ARRIBA			AGUAS ABAJO		
TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	CDA65	CHORRO UNICO	I	CDA65
WOLTMAN	E	WDW65	WOLTMAN	E	WDW65
ULTRASONIDOS	D	CES65	ULTRASONIDOS	D	CES65
ELECTROMAGNETICO		WEH65	ELECTROMAGNETICO		WEH65
		CIF65			CIF65
		WIW65			WIW65
		WSM65			WSM65
		UAO100			UAO100
		ESS100			ESS100

DOBLE CODO

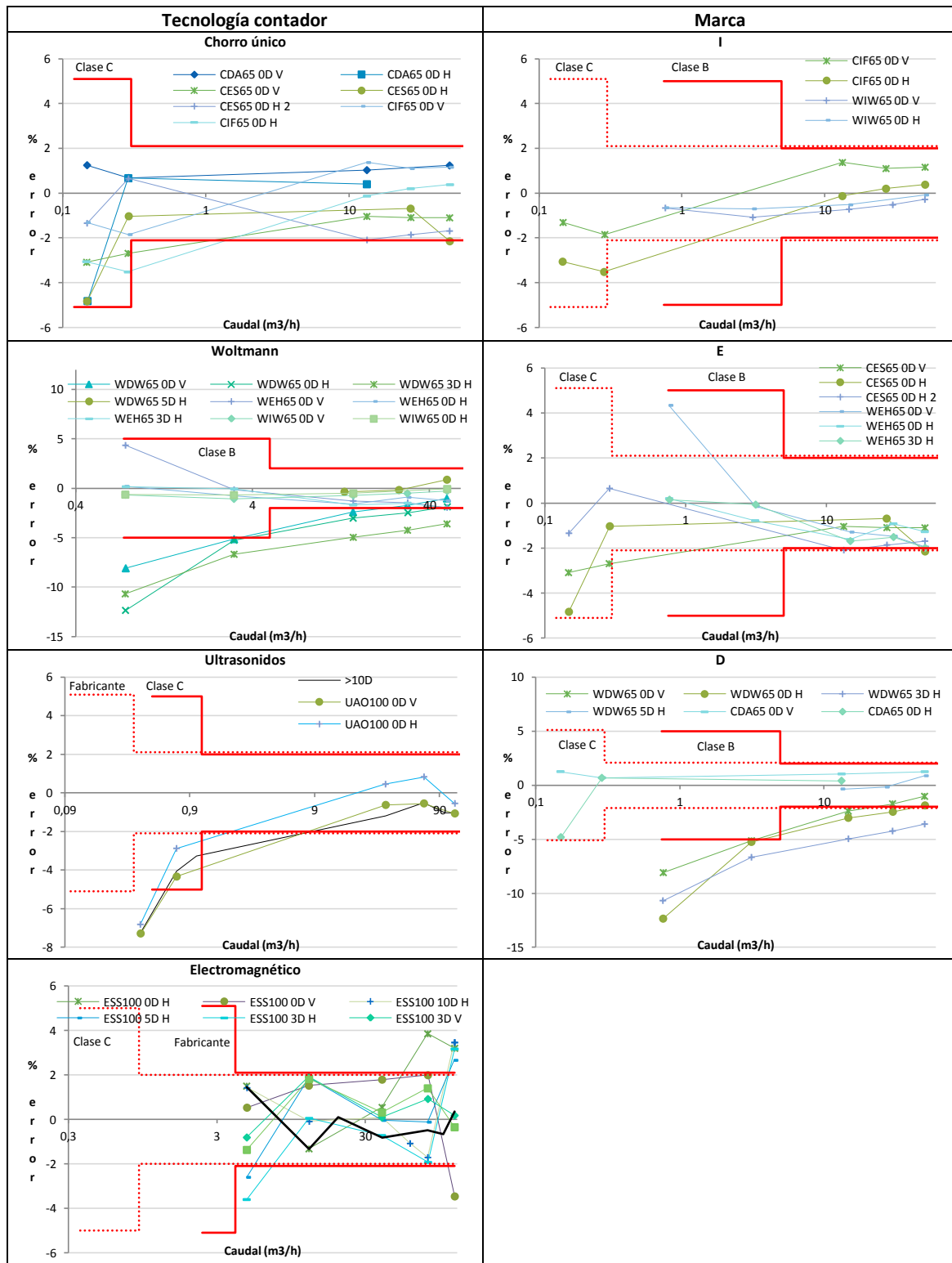
Se analiza cómo afecta a la medida de caudal con contadores de diferentes tecnologías un doble codo de 90° colocado aguas arriba y abajo en posición vertical y horizontal.

AGUAS ARRIBA



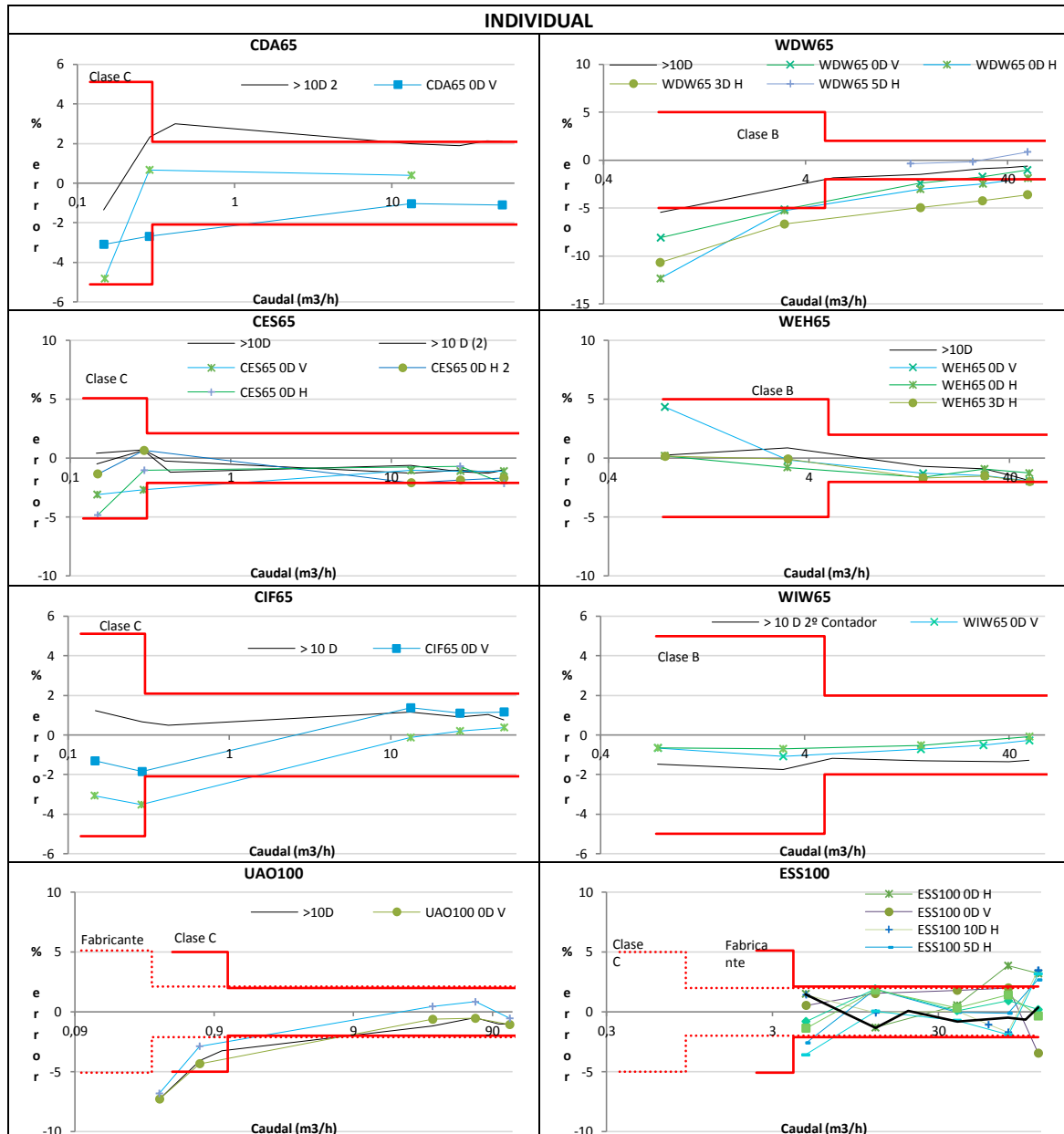
Observando los resultados del conjunto de contadores, se concluye que excepto a un par de contadores, al resto no afecta especialmente esta disposición colocada inmediatamente aguas arriba del contador. Se constata también que no hay grandes diferencias, a nivel global, entre la disposición vertical y la horizontal, sí hay alguna diferencia a nivel individual que se analiza a continuación.

En cuanto a la evolución del conjunto de las curvas de error que están fuera del intervalo de control a medida que se añaden tramos rectos de tubería entre el contador y el accesorio, se observa mejoría, aunque no muy significativa para el caso de una de las tecnologías.

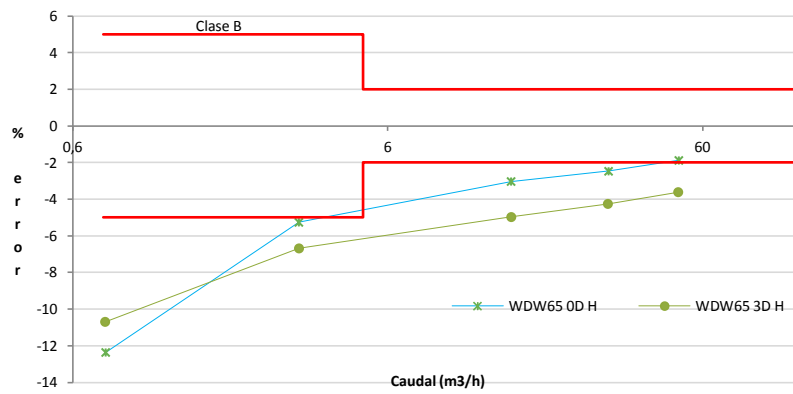


Por tecnología, se comprueba que ninguna de las dos disposiciones del doble codo afecta a los contadores de chorro único, tampoco afecta a los contadores tipo Woltmann, se observa sin embargo, que sí afecta a uno de ellos, y no a los otros dos, luego se puede achacar a las características constructivas del mismo y no a la tecnología de funcionamiento.

Por marca, solo afecta a la marca "D".

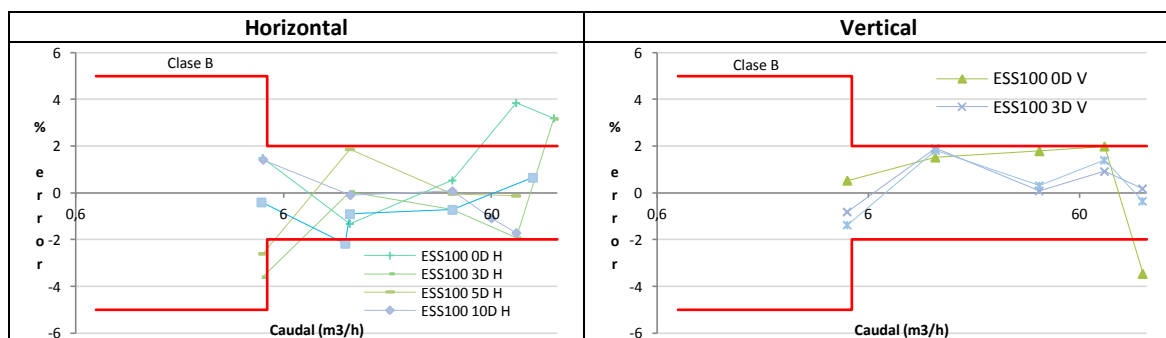


Al contador WDW65 sí le afecta la colocación de un doble codo, haciendo que cuente hasta un 12% menos del volumen real. No se observan grandes diferencias entre la disposición horizontal y la vertical, siendo ambas curvas prácticamente iguales, si bien es algo mejor la vertical. Sí que se observa que no es hasta tener un tramo recto de 5 diámetros de tubería cuando la curva entra dentro del intervalo de control. Además, se da la paradoja de que con OD la curva sale mejor que con 3D, lo que induce a pensar que es la poca repetibilidad de WDW65 lo que más influye.

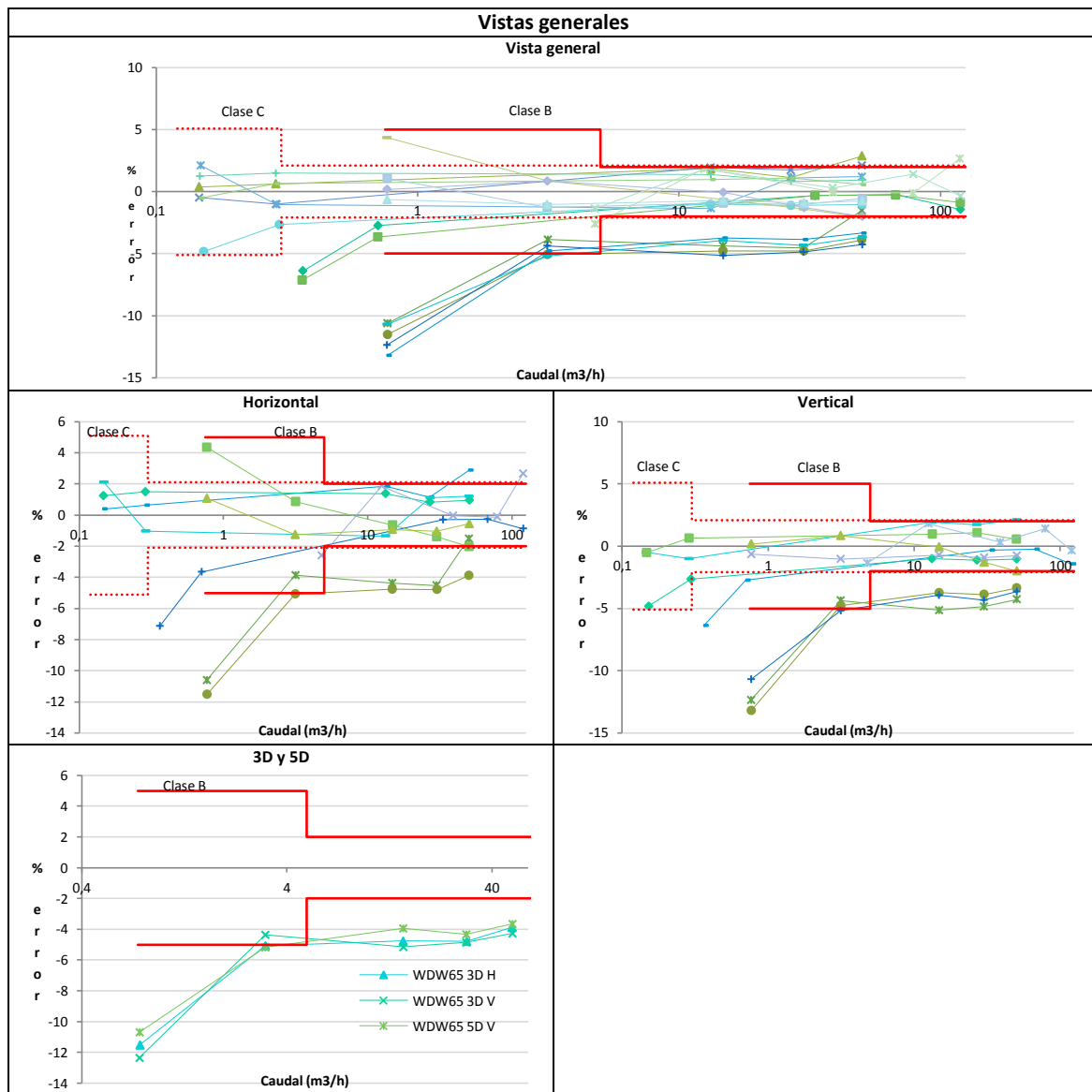


A ESS100, sí le afecta, aunque no con grandes desviaciones, el máximo error no supera el 4% en valor absoluto.

Comparando entre las disposiciones horizontal y vertical, se observa una peor evolución en la disposición horizontal frente a la vertical cuando se colocan tramos rectos de tubería entre el doble codo y el contador. En el caso de la disposición vertical, la anomalía del punto de máximo caudal en ESS100, se corrige a partir de tramos rectos de tubería de 3 Diámetros y mayores, no así para el caso horizontal en el que el punto fuera del intervalo para el mismo contador, continúa incluso con tramo recto de 10 Diámetros aguas arriba.

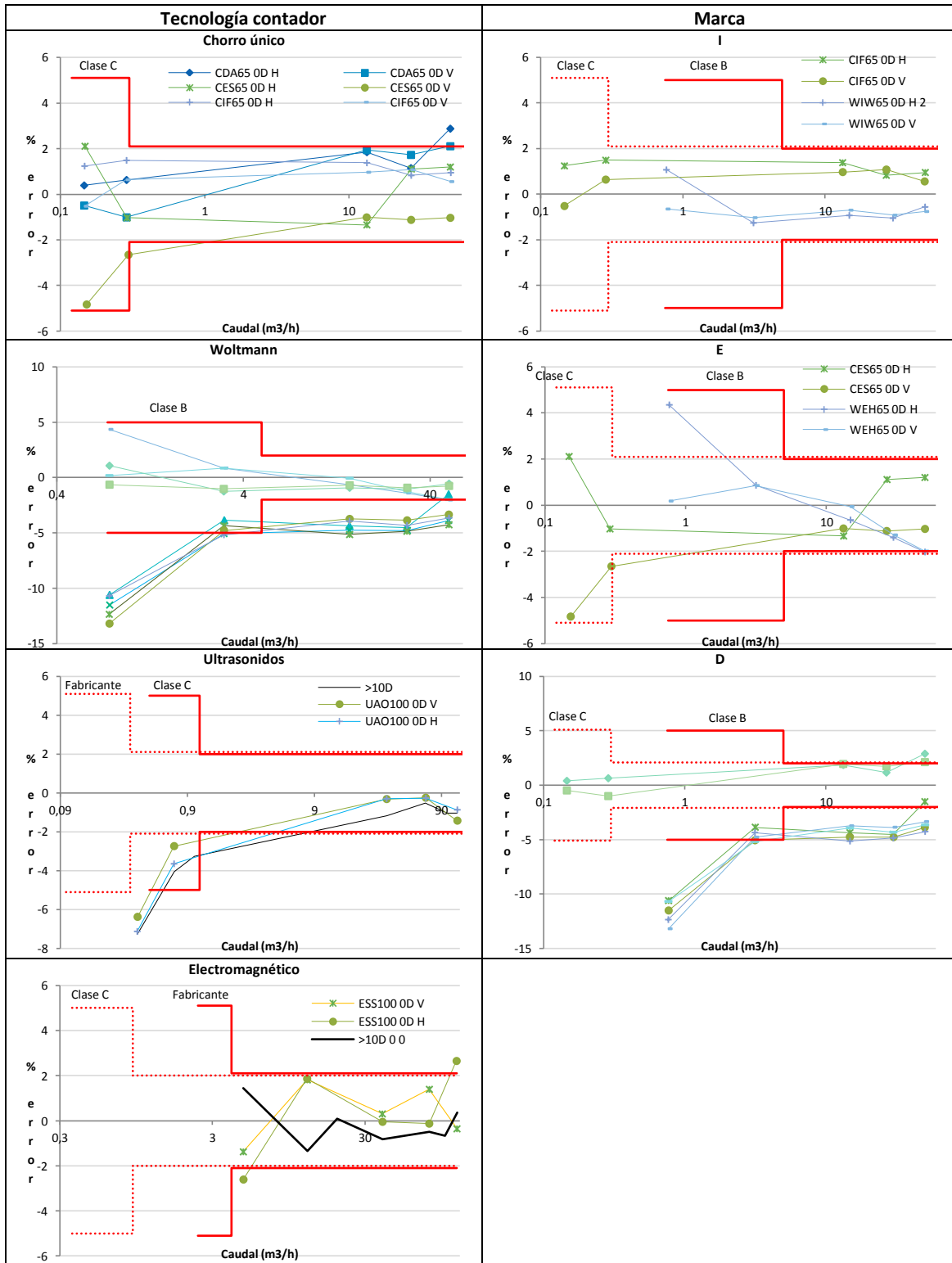


AGUAS ABAJO



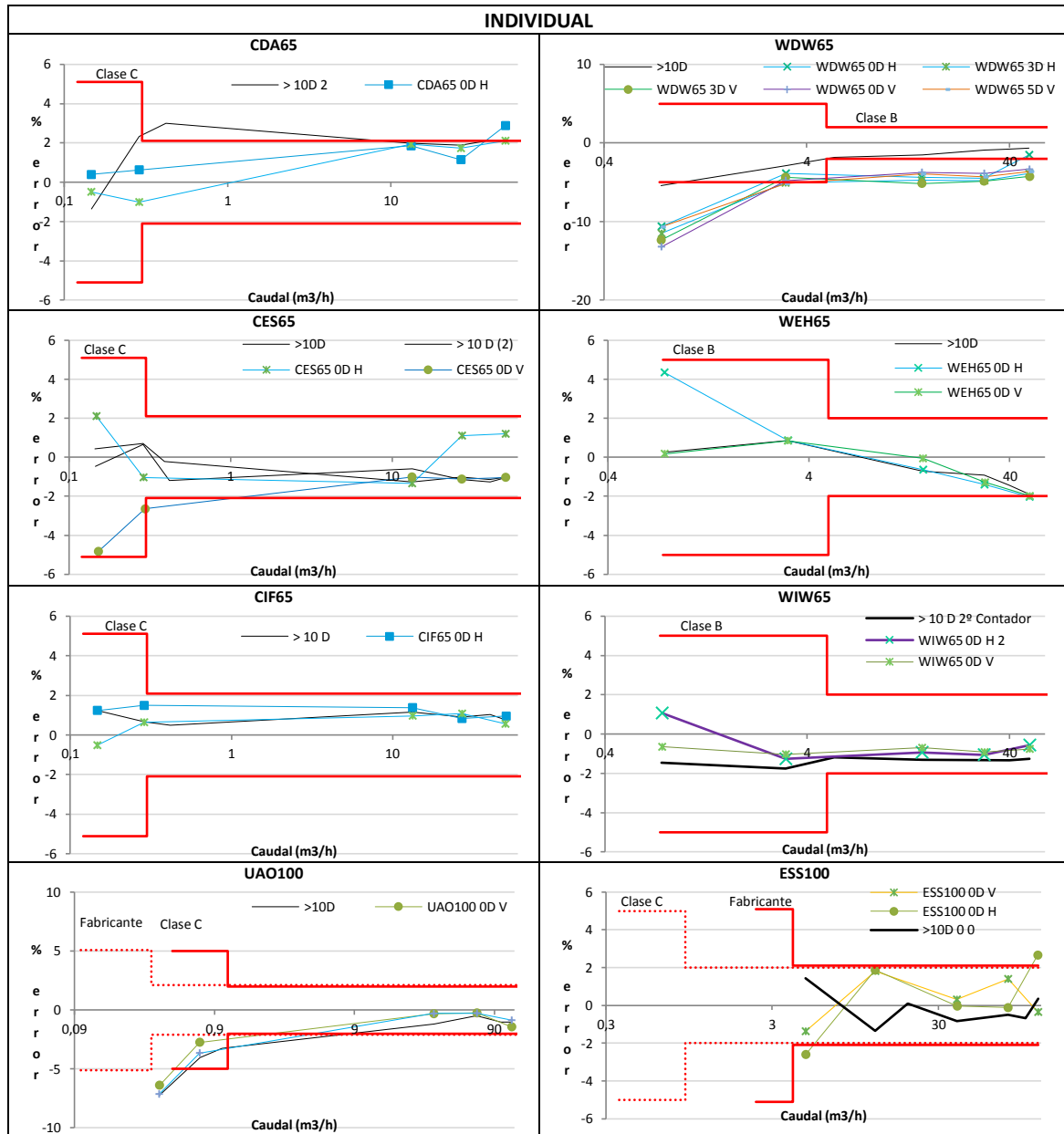
Observando los resultados del conjunto de contadores, se concluye que excepto a un contador, al resto no afecta un doble codo de 90° colocado inmediatamente aguas abajo del contador, tampoco hay grandes diferencias, a nivel global, entre la disposición vertical y la horizontal.

Para ese contador, la mejoría en la curva es mínima a medida que se va aumentando la longitud del tramo recto de tubería entre el contador y el doble codo.



Del análisis de los resultados en función de la tecnología utilizada, se puede concluir que no afecta a ninguna de ellas, ya que en el caso de los de tipo Woltmann, solo afecta a uno de ellos. En el caso del contador electromagnético con el doble codo en posición horizontal, hay una pequeña desviación a caudal máximo pero sin ser significativa.

Por marca de contador solo afecta a "D".



Se observa que al contador WDW65 sí le afecta la colocación de un doble codo, haciendo que cuente hasta casi un 15% menos del volumen real. No se observan grandes diferencias entre la disposición horizontal y la vertical, siendo ambas curvas prácticamente iguales. También es reseñable que incluso con un tramo recto de 5 diámetros de tubería la curva no mejora significativamente.

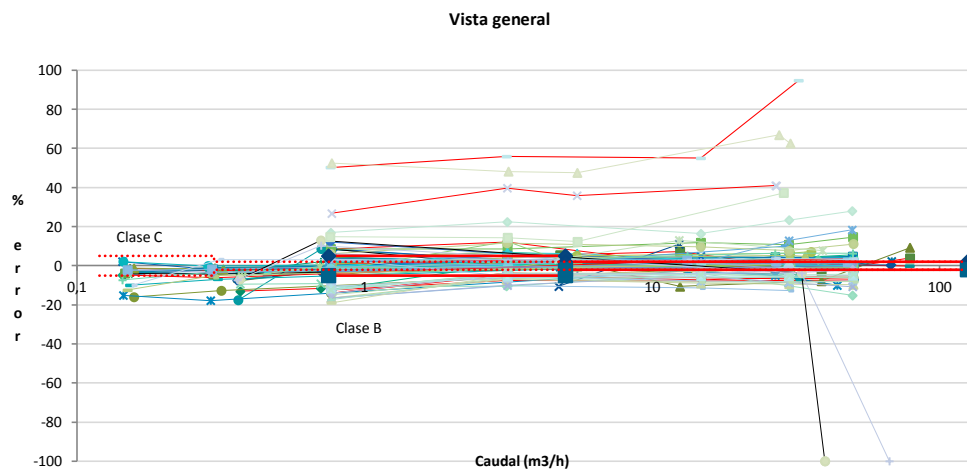
TABLA RESUMEN

DOBLE CODO							
AGUAS ARRIBA				AGUAS ABAJO			
TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65	CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65
WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65	WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65
ULTRASONIDOS	D		CES65	ULTRASONIDOS	D		CES65
ELECTROMAG.			WEH65	ELECTROMAG.			WEH65
			CIF65				CIF65
			WIW65				WIW65
			WSM65				WSM65
			UAO100				UAO100
			ESS100				ESS100

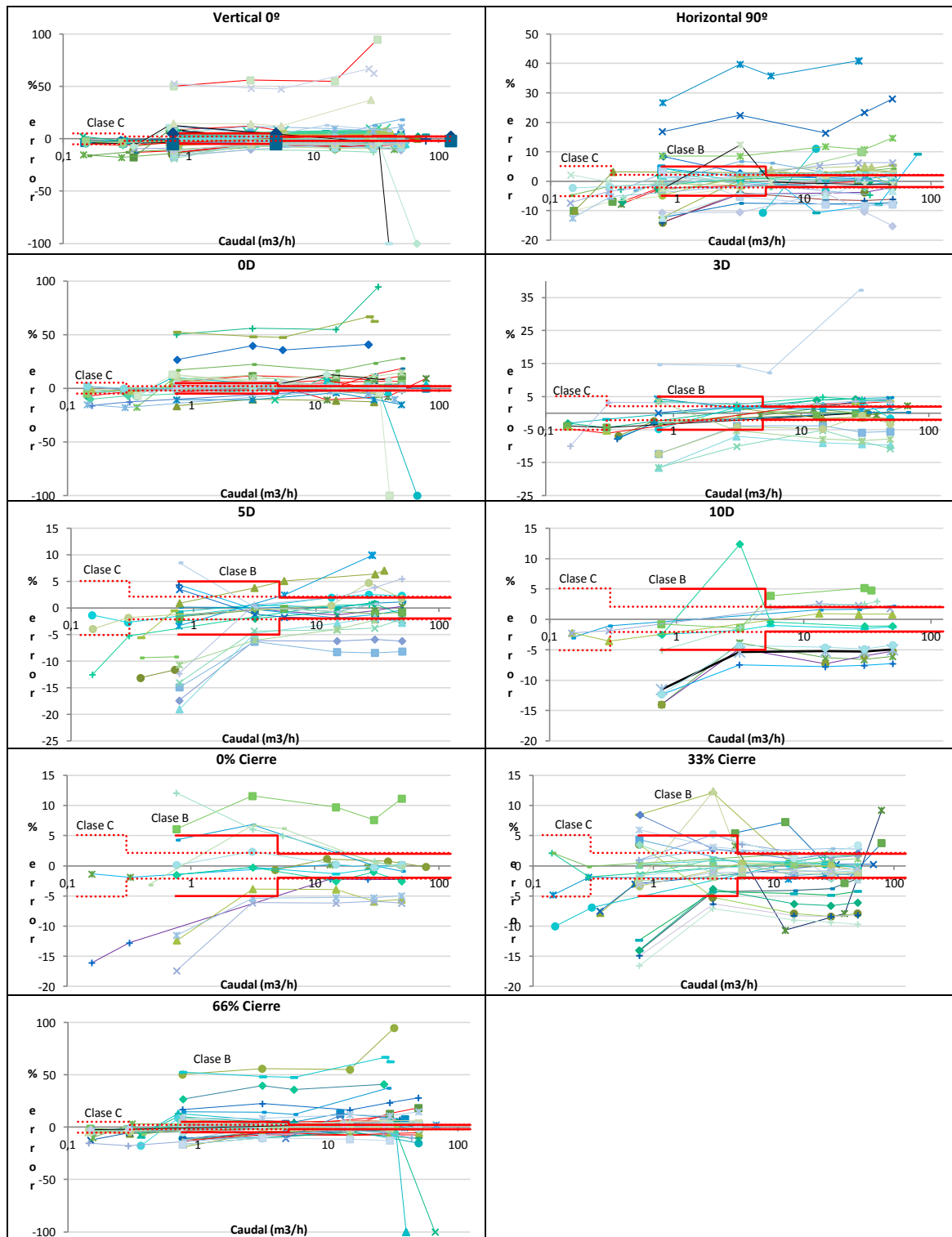
VÁLVULA DE MARIPOSA (VM)

Se ensaya una válvula de mariposa colocada aguas arriba y abajo en posición vertical y horizontal para ver cómo afecta a la medida del caudal.

AGUAS ARRIBA



En las vistas generales anteriores, se observa perfectamente como este elemento sí que afecta significativamente a las curvas de error, con sobrecontajes y subcontajes que llegan hasta el 100% en ambos casos.

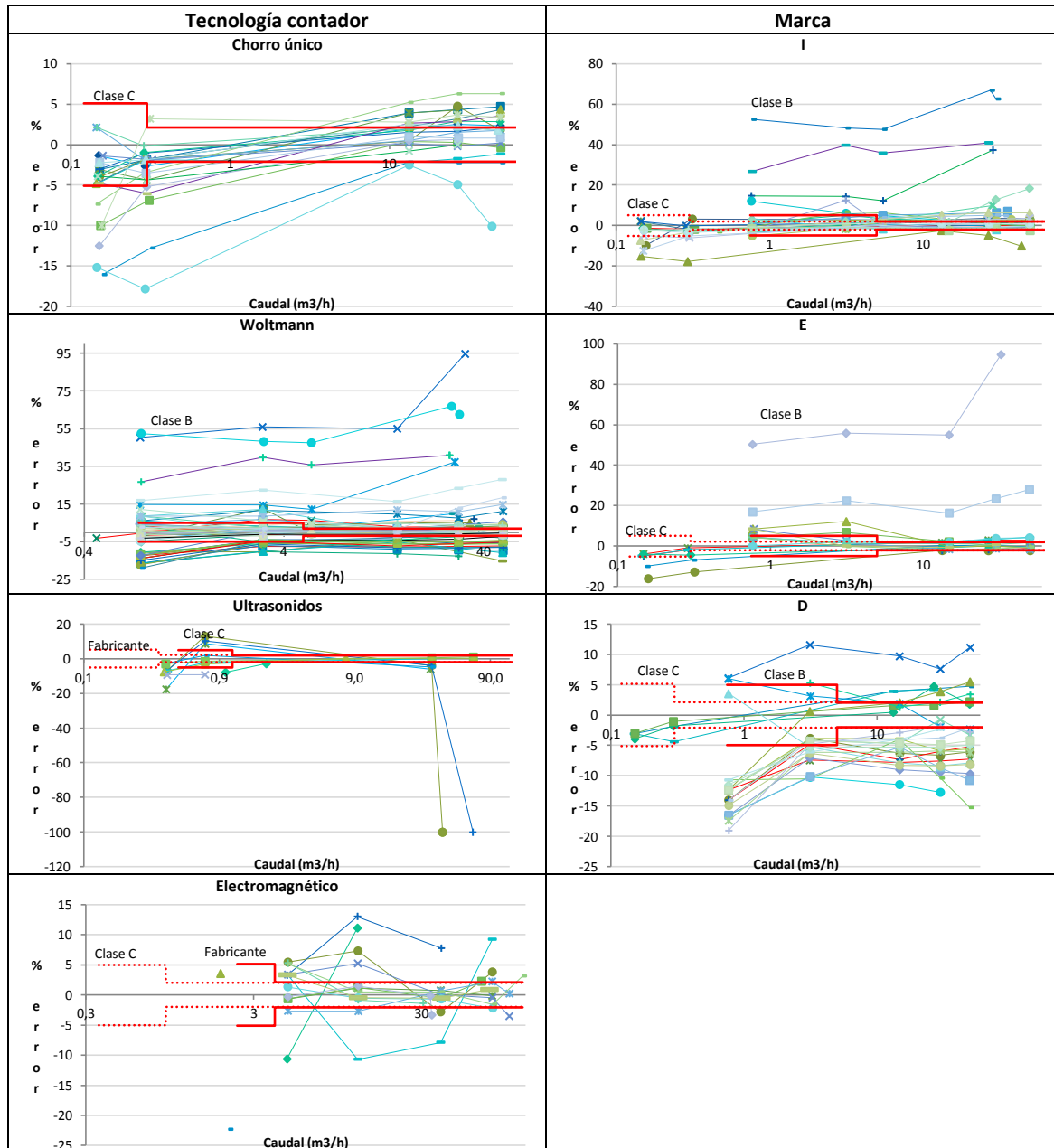


En cuanto a las dos disposiciones ensayadas, horizontal y vertical, hay gran diferencia en los resultados a favor de la primera, ya que la vertical tiene un diferencial de $\pm 100\%$ mientras que la horizontal está entre $+40\%$ y -15% aproximadamente. En el caso del sobrecontaje, que es debido a los Woltmann, sí que se puede tener en cuenta el dato, no así para el subcontaje, que es debido al contador de ultrasonidos, ya que en este último caso, la condición de válvula cerrada al 70% , que es la que produjo el error del -100% , sólo se ensayó con la válvula en posición vertical.

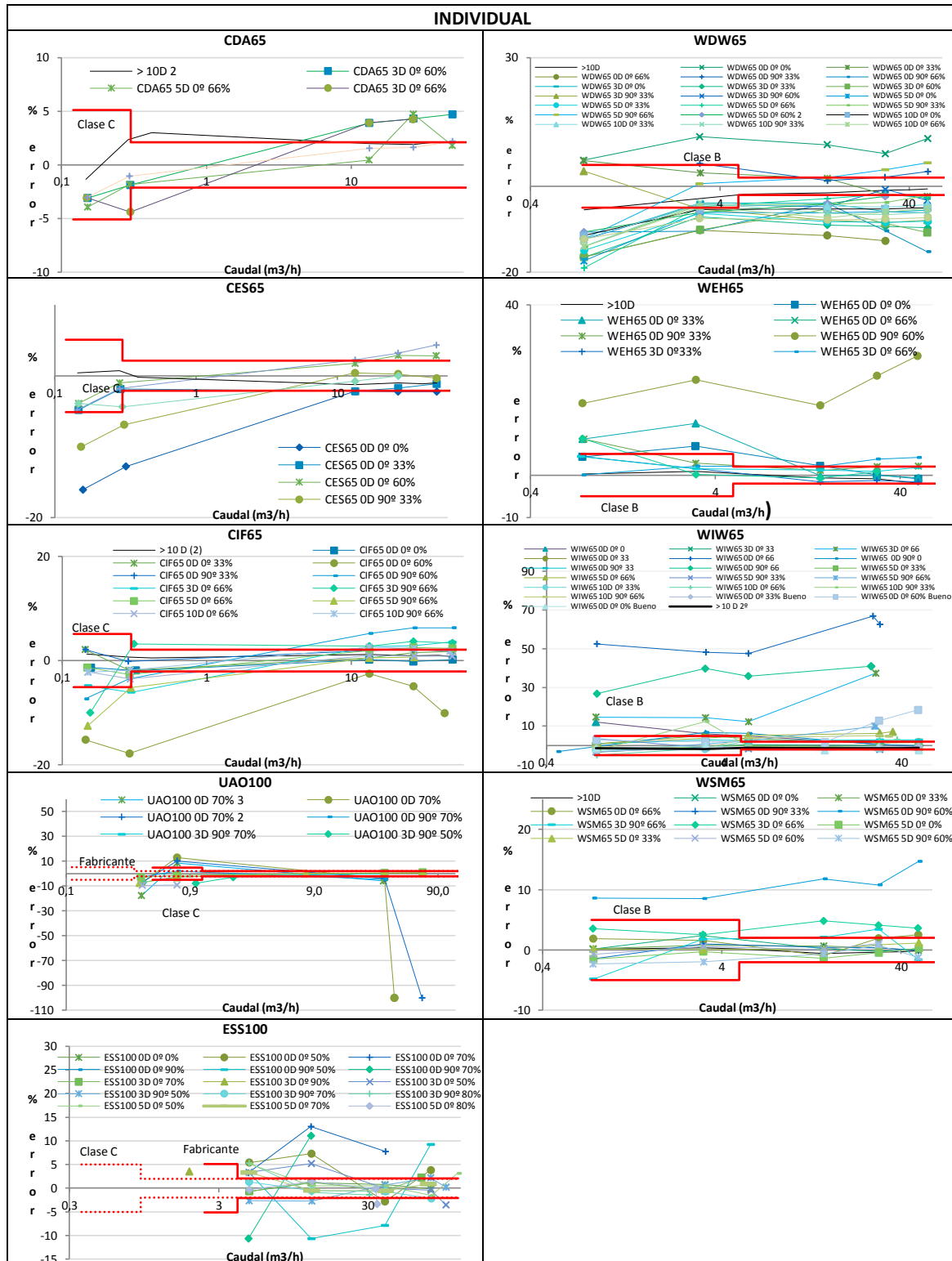
Tramo recto tubería	% Errores máximos
0D	$\pm 100\%$
3D	$+35\%/-15\%$
5D	$+10\%/-18\%$
10D	$+10\%/-15\%$

Se comprueba que a medida que se añaden tramos rectos de tubería, mejora la situación.

Otro aspecto importante es el porcentaje de cierre de la válvula, que como se observa es la principal causa de la desviación de las curvas de los contadores. Entre el 0 y el 33% de cierre hay poca diferencia en cómo afecta a las lecturas, siendo a partir del 66% de cierre cuando se produce el gran salto cuantitativo respecto al porcentaje de error cometido por los contadores ensayados.



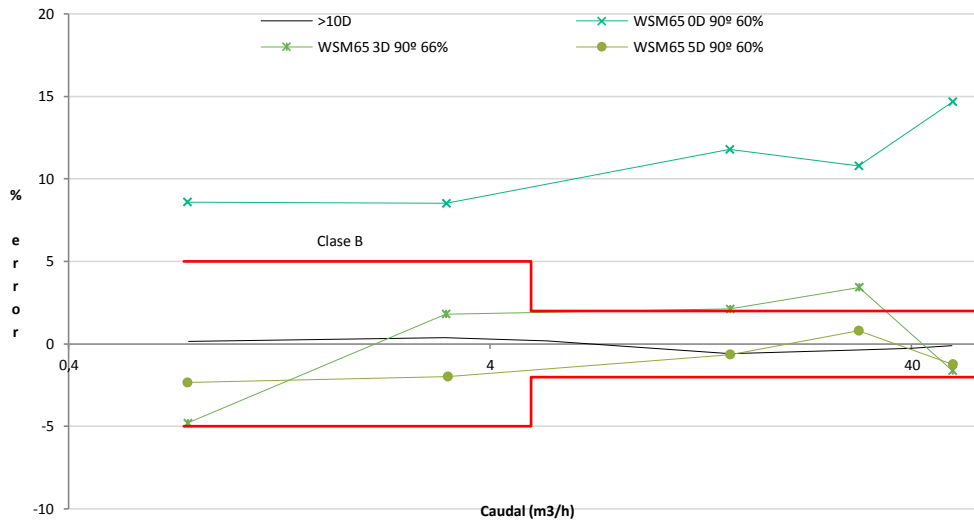
Hay grandes diferencias de comportamiento frente a este elemento en las tecnologías analizadas. A la de chorro único, le produce tanto subcontaje como sobrecontaje, pero sin grandes desviaciones, con máximos de -18% y +8%. A la tecnología Woltmann es sin duda a la que más le afecta, produciéndose sobre todo elevados sobrecontajes, pudiendo llegar a contar el doble del caudal realmente trasegado. Al contador de ultrasonidos, le afecta de una forma característica, no le afecta especialmente hasta que a partir de cierto caudal se queda “ciego” y deja de contar. En cuanto al contador electromagnético, es al que menos le afecta, la máxima variación fluctúa entre el $\pm 10\%$.



A CDA65 no le afecta especialmente, ya que las fluctuaciones que produce la válvula en la curva de error están dentro de los límites que se han marcado.

CES65 y CIF65 tienen un comportamiento parecido, con subcontajes para caudales bajos y pequeños sobrecontajes para los altos.

En los contadores WEH65, WIW65 y WSW65 a OD se produce sobrecontaje cuando el porcentaje de cierre de la válvula está por encima del 60%, la situación mejora notablemente cuando se aumentan los tramos rectos de tubería. Al contador que menos le afecta es a WSW65, en el que el sobrecontaje máximo no supera el 15%. Se ve en la gráfica siguiente como mejora enseguida la situación cuando se añaden tramos rectos de tubería.



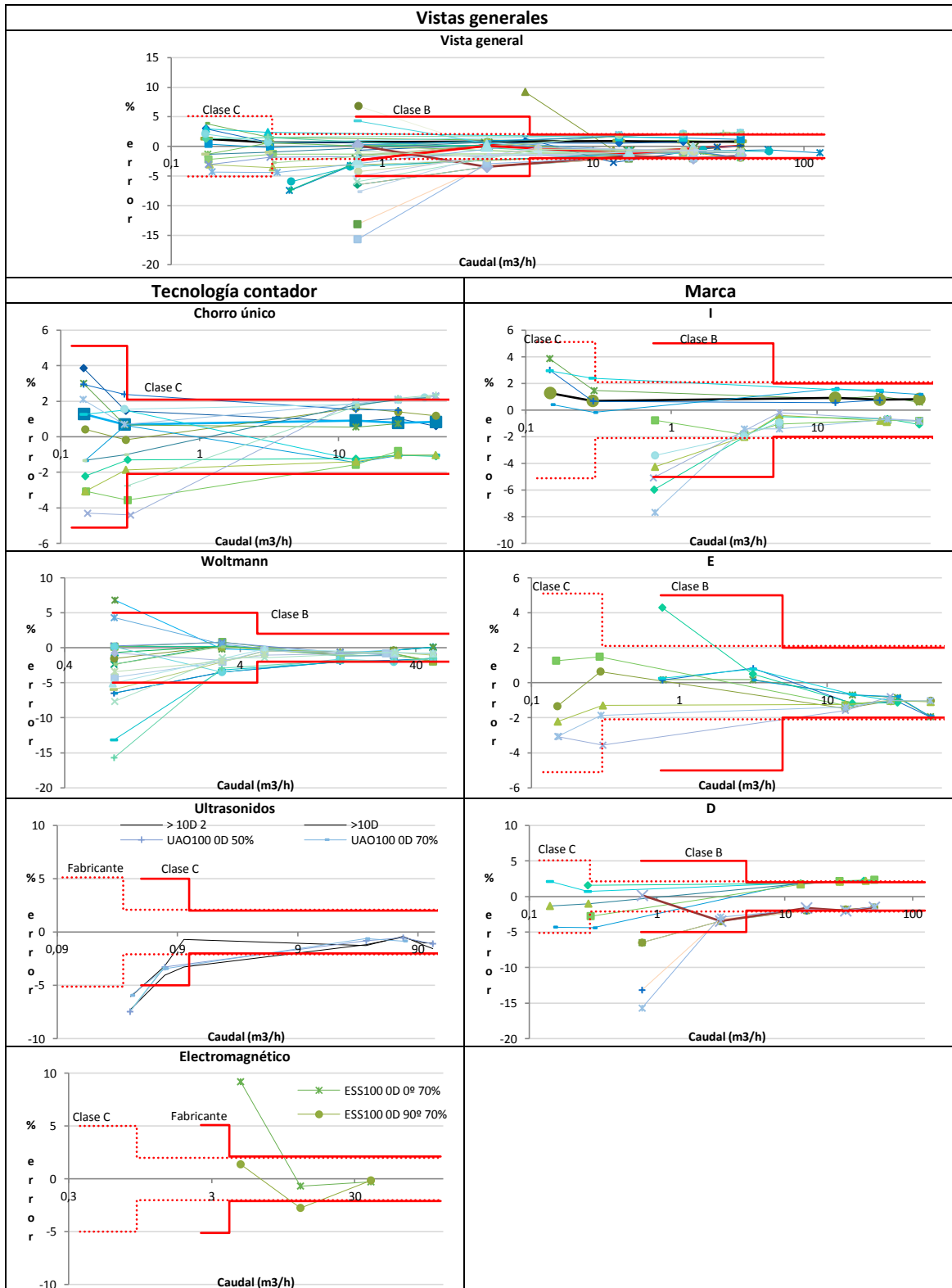
Al que más le afecta es a WIW65 en el que se registran sobrecontajes hasta del 70%.

WDW65 tiene como particularidad poco sobrecontaje, pero al contrario que al resto de los contadores de su misma tecnología, sí que aparecen subcontajes.

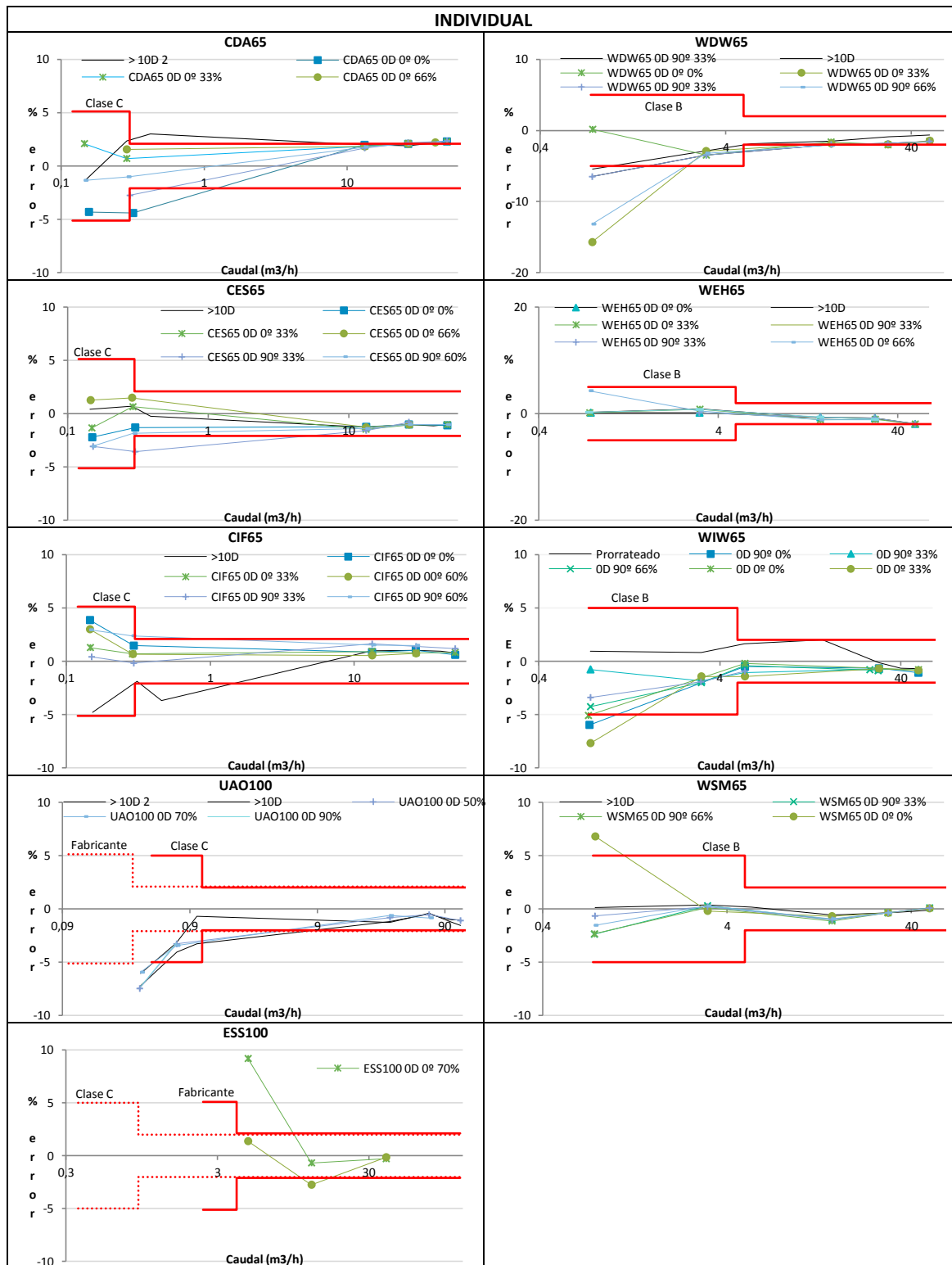
Lo más característico de UAO100, además de los subcontajes y sobrecontajes a caudales pequeños, es que a partir de cierto caudal con la válvula a OD y cerrada por encima del 70%, deja de contar.

En ESS100, se dan ambas situaciones, subcontajes y sobrecontajes, aunque inferiores a $\pm 15\%$.

AGUAS ABAJO



En la vista de conjunto se aprecia que con la válvula aguas abajo no hay grandes variaciones. Por tecnología a la que más le afecta es a Woltmann pero solo en caudales pequeños y al electromagnético también en caudales pequeños. Por marca, una vez mas es “D” la única que tiene un par de puntos en el contador tipo Woltmann fuera de los límites establecidos.



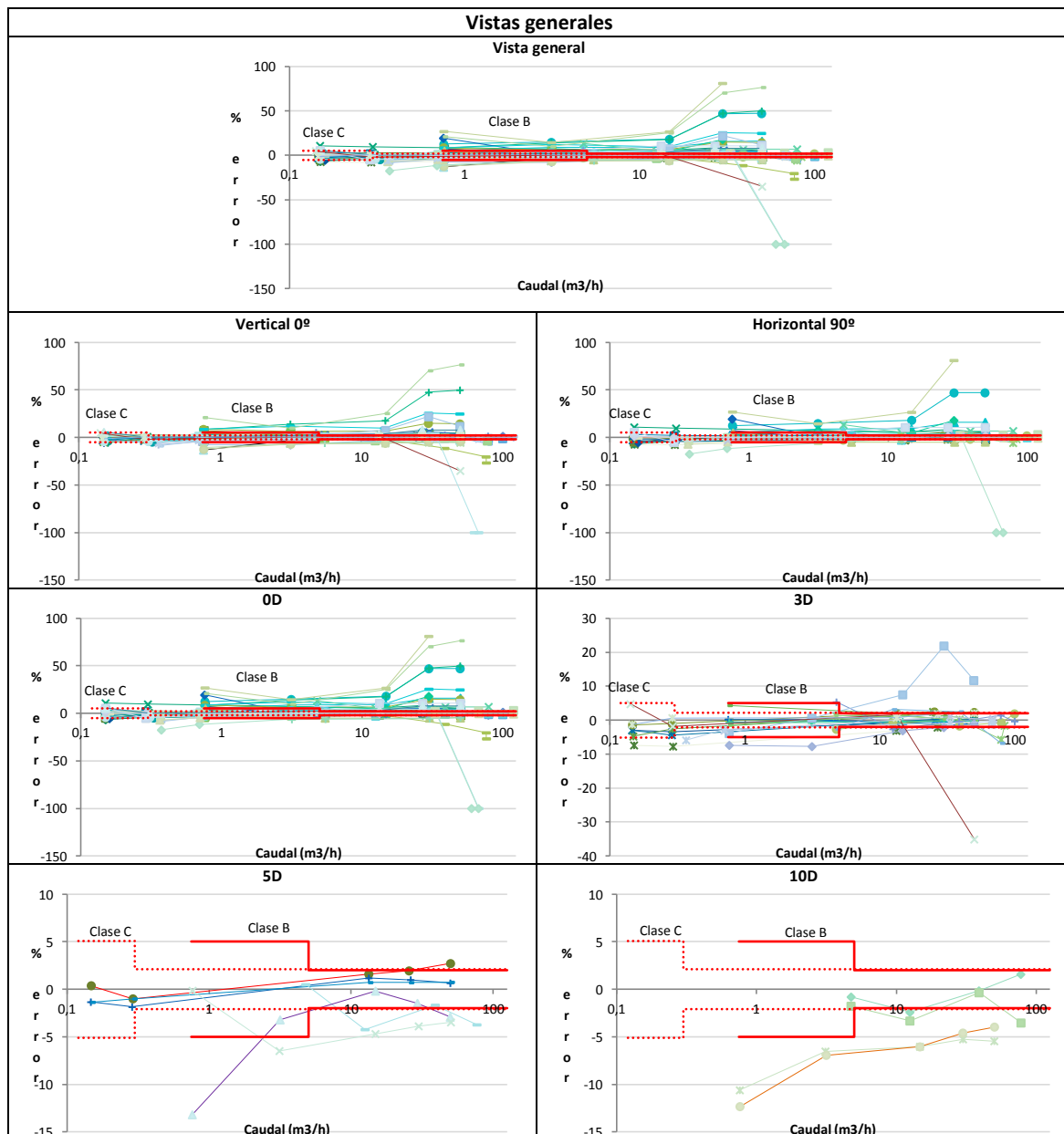
Analizados de forma individual se ve que los contadores WDW65, WIW65, WSM65 y ESS100 tienen algún caudal mínimo fuera de rango, pero al ser solo los caudales mínimos, donde hay mayor incertidumbre en la lectura, no se consideran puntos significativos.

TABLA RESUMEN

VÁLVULA DE MARIPOSA							
AGUAS ARRIBA				AGUAS ABAJO			
TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65	CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65
WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65	WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65
ULTRASONIDOS	D		CES65	ULTRASONIDOS	D		CES65
ELECTROMAG.			WEH65	ELECTROMAG.			WEH65
			CIF65				CIF65
			WIW65				WIW65
			WSM65				WSM65
			UAO100				UAO100
			ESS100				ESS100

VÁLVULA DE COMPUERTA

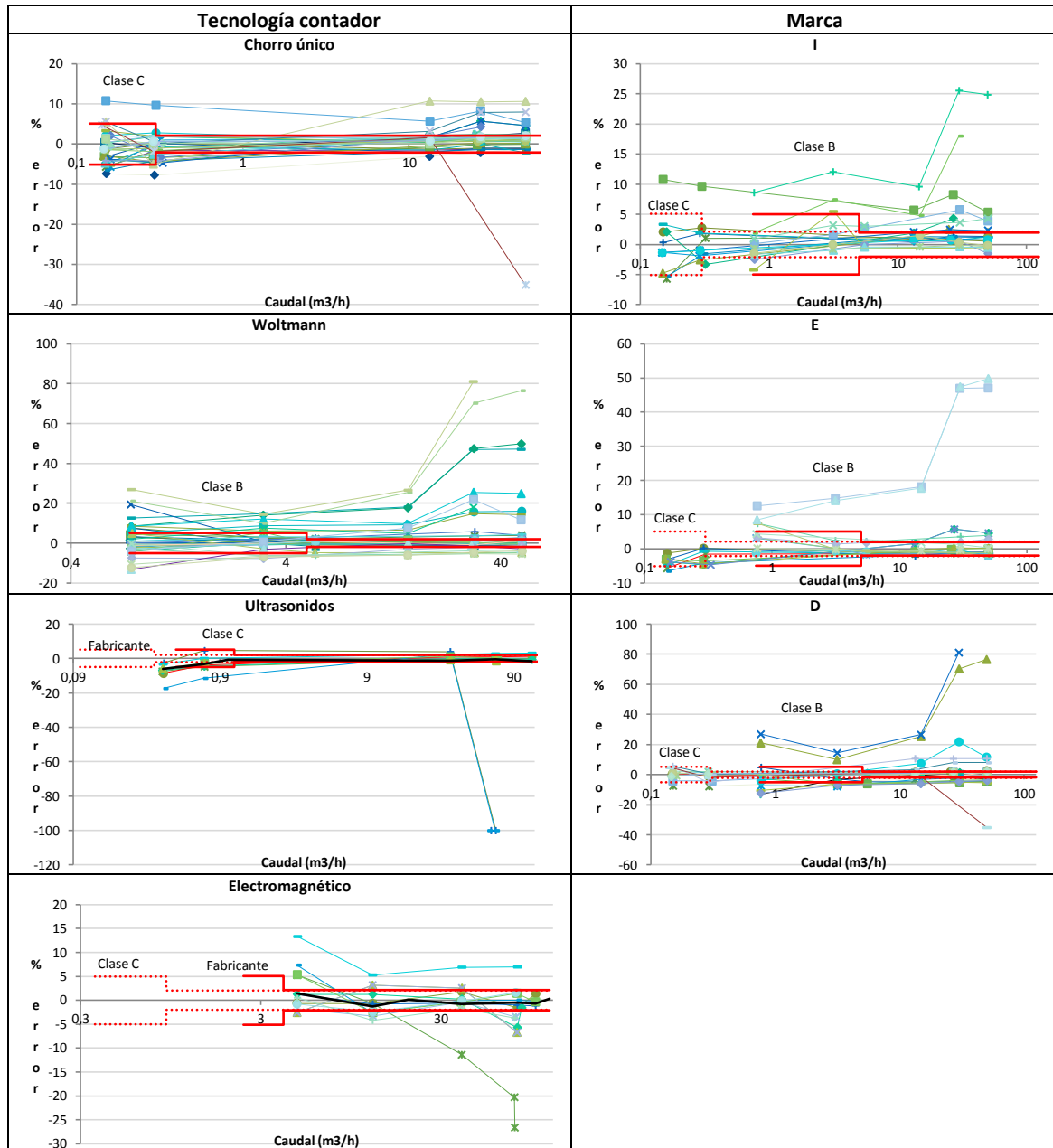
AGUAS ARRIBA



Se observa en las vistas generales de todos los ensayos realizados como afecta de una manera muy significativa, especialmente en caudales grandes, produciéndose, en función del contador, un fuerte sobrecontaje o subcontaje.

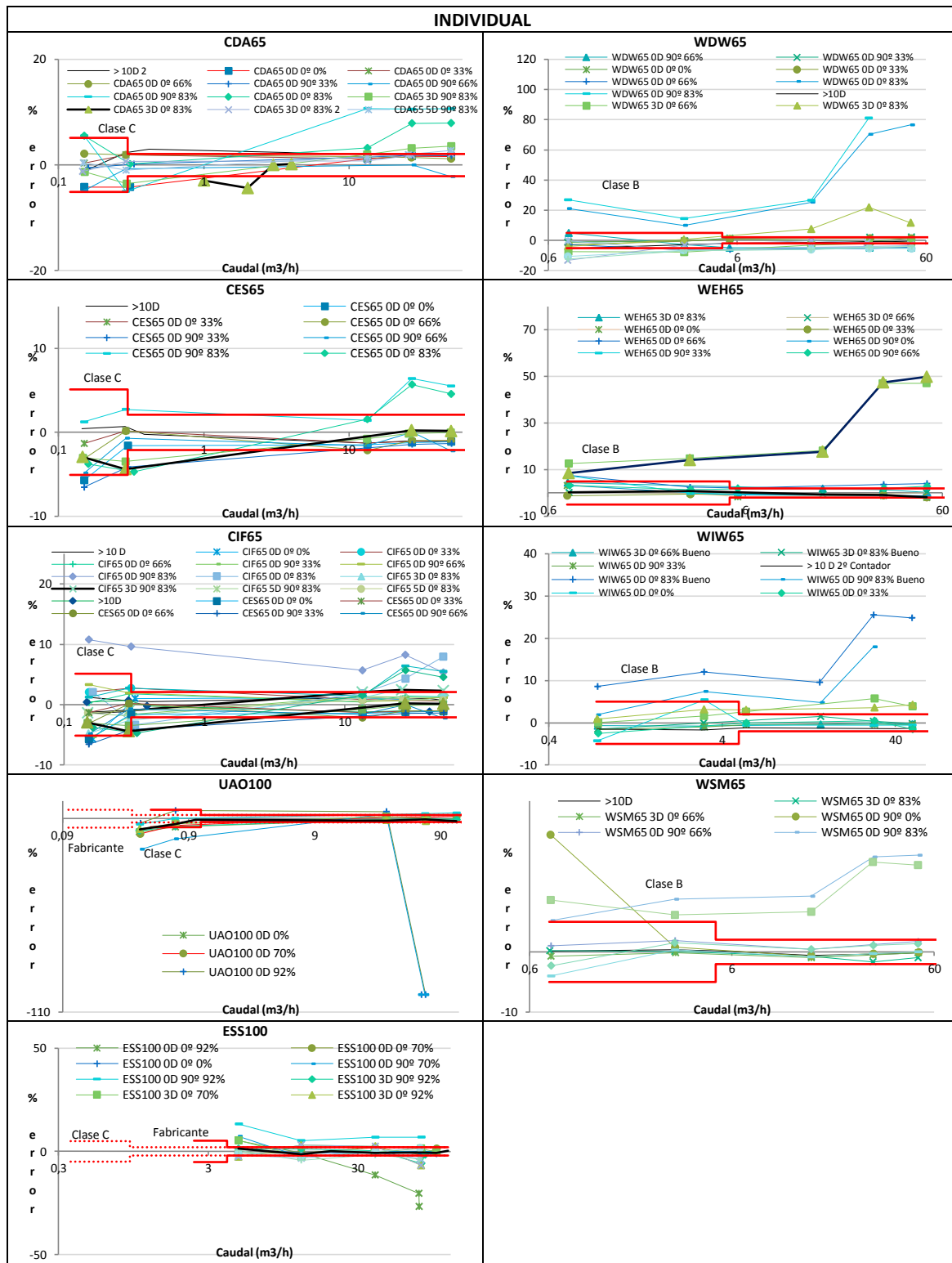
De forma conjunta no se aprecian diferencias significativas entre la disposición horizontal y vertical de la válvula.

Se nota una mejora significativa a medida que se va aumentando la longitud del tramo recto de tubería aguas arriba del contador.



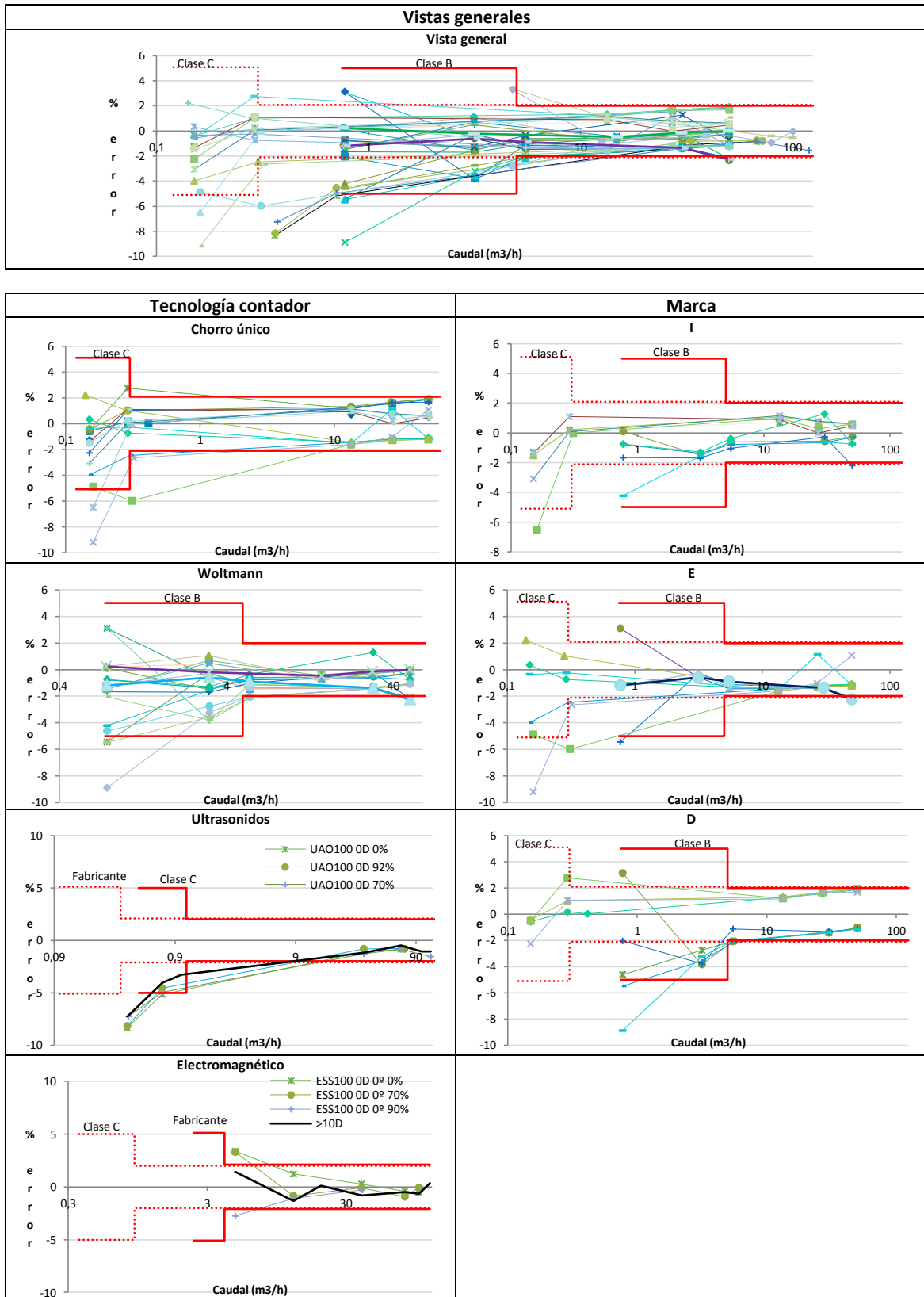
Por tecnología, **chorro único**, mayoritariamente produce sobrecontaje para caudales altos, hasta un máximo de un 12%. **Woltmann**, tanto sobrecontaje como subcontaje, el sobrecontaje es muy acusado sobre todo para caudales altos, llegando a ser superior al 80%. **Ultrasonidos** ocurre lo mismo que con la válvula de mariposa, cuando está muy cerrada, a partir de cierto caudal el contador deja de registrar el consumo. En el **electromagnético**, se produce tanto sobrecontaje como subcontaje, aunque es más acusado el subcontaje.

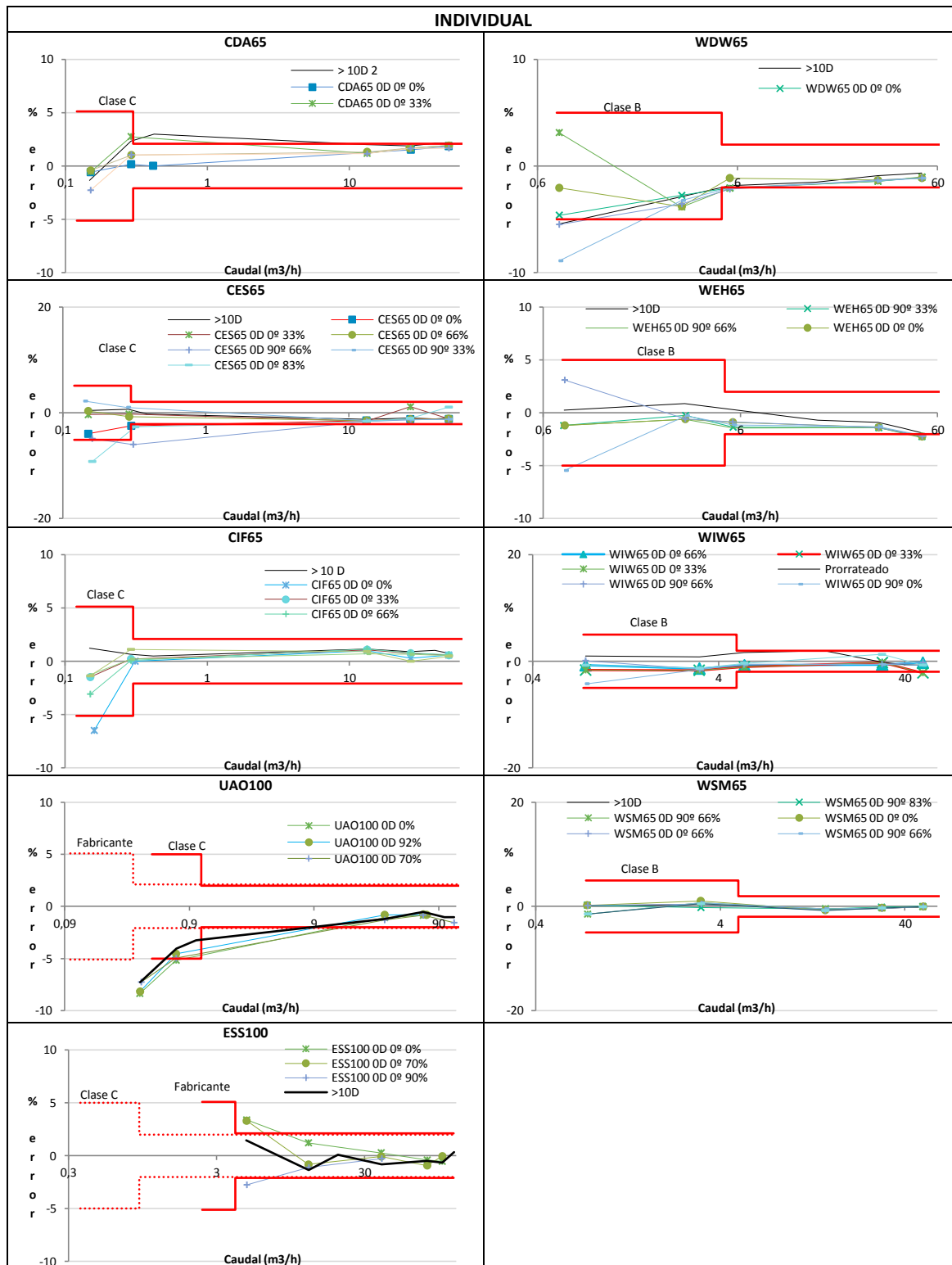
Del análisis por marca se destaca el mayor subcontaje que aparece en la marca "D". Las gráficas de las otras dos marcas son muy parecidas.



CDA65, lo más destacable el sobrecontaje que se produce a caudales altos, superior al 10% cuando la válvula está muy cerrada. WDW65, se produce subcontaje y sobre todo un sobrecontaje muy acusado a caudales altos que supera el 80%. CES65, sobrecontaje superior al 6% a caudales altos. WEH65, sobrecontaje muy acusado de hasta el 50% sobre todo a caudales altos cuando la válvula está muy cerrada.

AGUAS ABAJO





Del conjunto de las curvas de error de los contadores ensayados, se concluye que esta no afecta de forma significativa a la lectura del contador.

No afecta a ninguna de las 4 tecnologías estudiadas.

Por marca tampoco se aprecia ninguna diferencia significativa más allá de algún que otro punto en todas ellas fuera de rango para caudales pequeños.

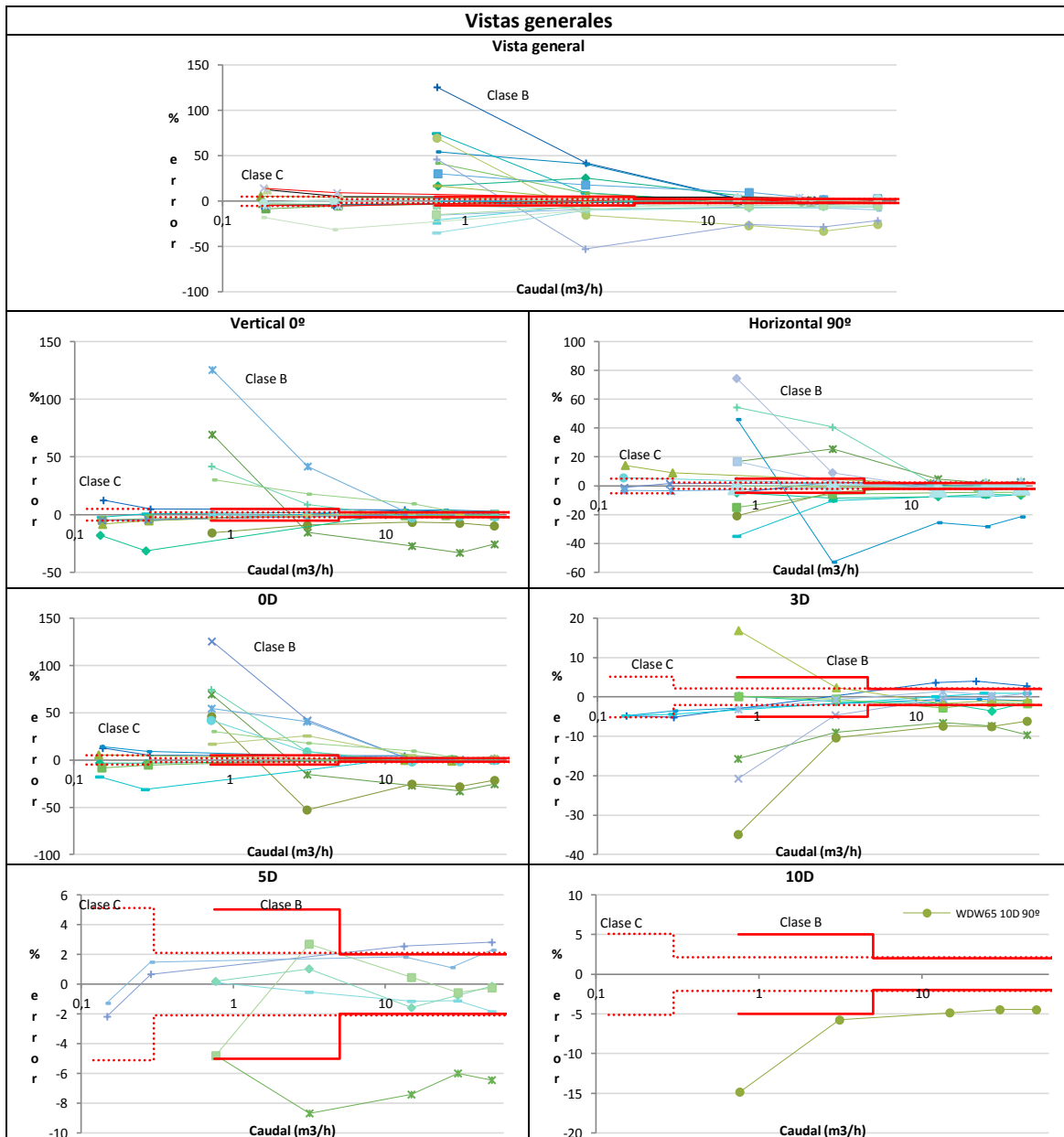
Del análisis individual se concluye que no le afecta a ninguno de ellos.

TABLA RESUMEN

VÁLVULA DE COMPUERTA							
AGUAS ARRIBA				AGUAS ABAJO			
TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65	CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65
WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65	WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65
ULTRASONIDOS	D		CES65	ULTRASONIDOS	D		CES65
ELECTROMAG.			WEH65	ELECTROMAG.			WEH65
			CIF65				CIF65
			WIW65				WIW65
			WSM65				WSM65
			UAO100				UAO100
			ESS100				ESS100

DOBLE CLAPETA

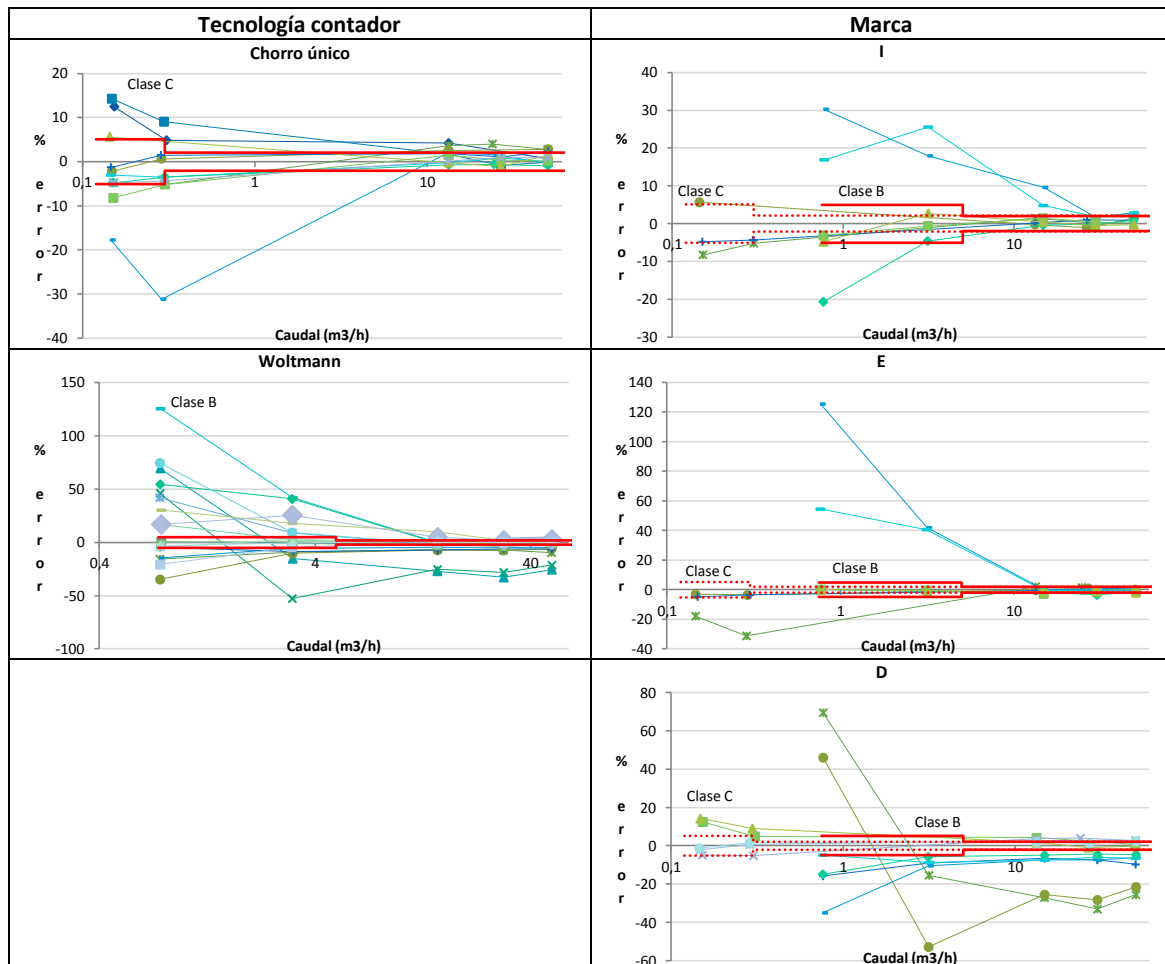
AGUAS ARRIBA



Del análisis del conjunto de los resultados se observa que este tipo de accesorio afecta de forma significativa produciendo ambos efectos, tanto sobrecontaje como subcontaje, y especialmente en ambos casos para caudales pequeños.

No se aprecian diferencias significativas entre la disposición horizontal y vertical del elemento.

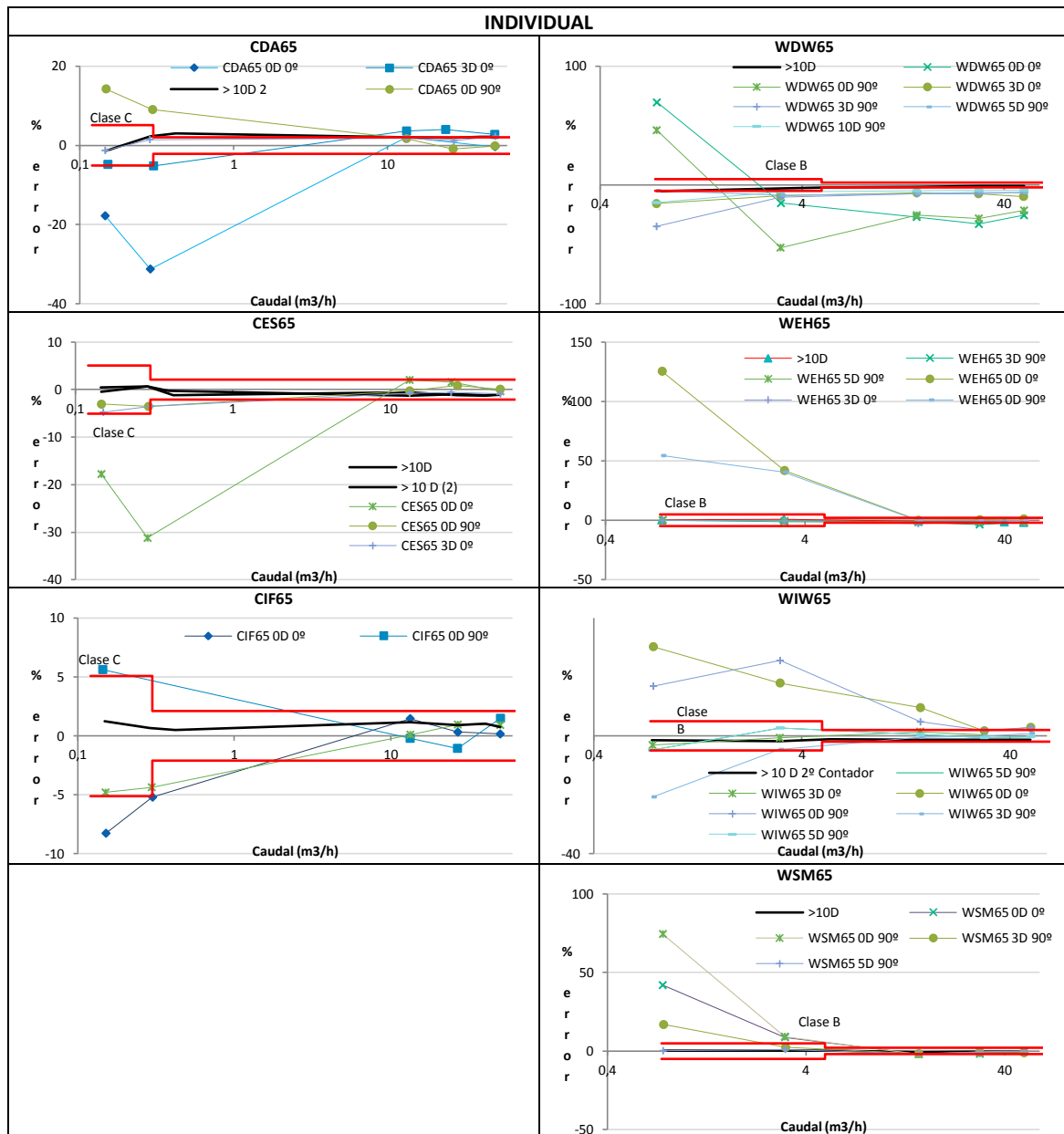
Del estudio de los tramos rectos de tubería necesarios para evitar los efectos del accesorio, se observa como a varios contadores les hace falta hasta 5 y 10 diámetros de tubería para recuperar el perfil de la curva de referencia.



Por tecnología de contador se puede asegurar que afecta a las dos tecnologías estudiadas, Woltmann y chorro único. Siendo más significativa la variación de la curva para los contadores Woltmann que para los de chorro único, a los que afecta especialmente a caudales bajos.

En estos se observa cómo afecta la disposición del elemento produciendo sobrecontaje para la posición horizontal y subcontaje para la vertical para caudales pequeños.

Del análisis por marca cabe destacar como en los de las marcas "I" y "E" la tendencia es al sobrecontaje siendo en cambio lo contrario en los de la marca "D", con tendencia al subcontaje.



CDA65, caudales pequeños sobrecontaje para posición horizontal y subcontaje para la vertical.

WDW65, no parece haber variación entre la disposición horizontal y vertical, sobrecontaje para el caudal mínimo y subcontaje para el resto. A medida que se colocan tramos rectos de tubería va mejorando poco a poco la situación dándose siempre un subcontaje.

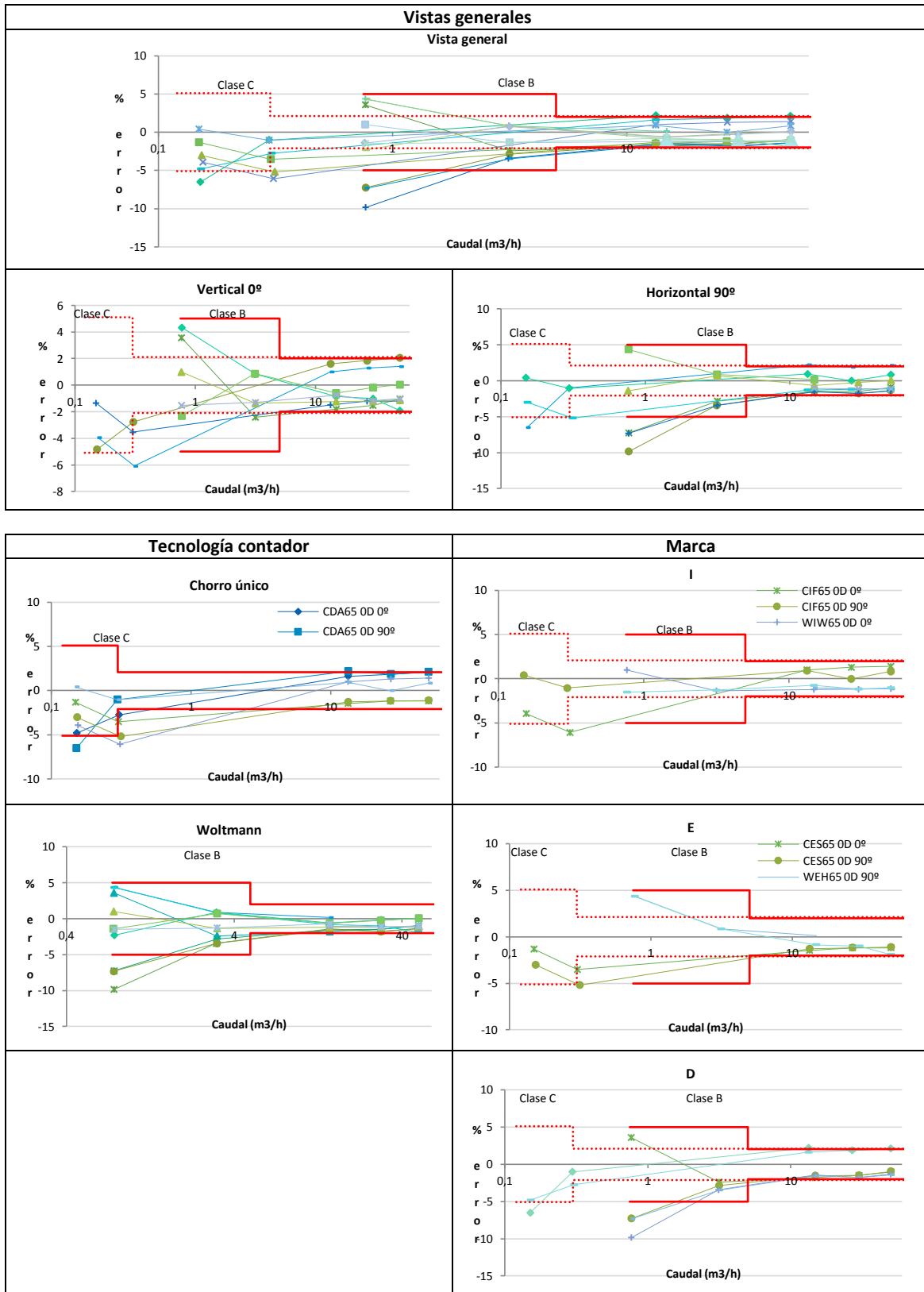
CES65, subcontaje en los caudales pequeños solo para la disposición vertical.

WEH65, sobrecontaje para caudales pequeños en las dos disposiciones.

CIF65, caudales pequeños sobrecontaje para horizontal y subcontaje para la vertical.

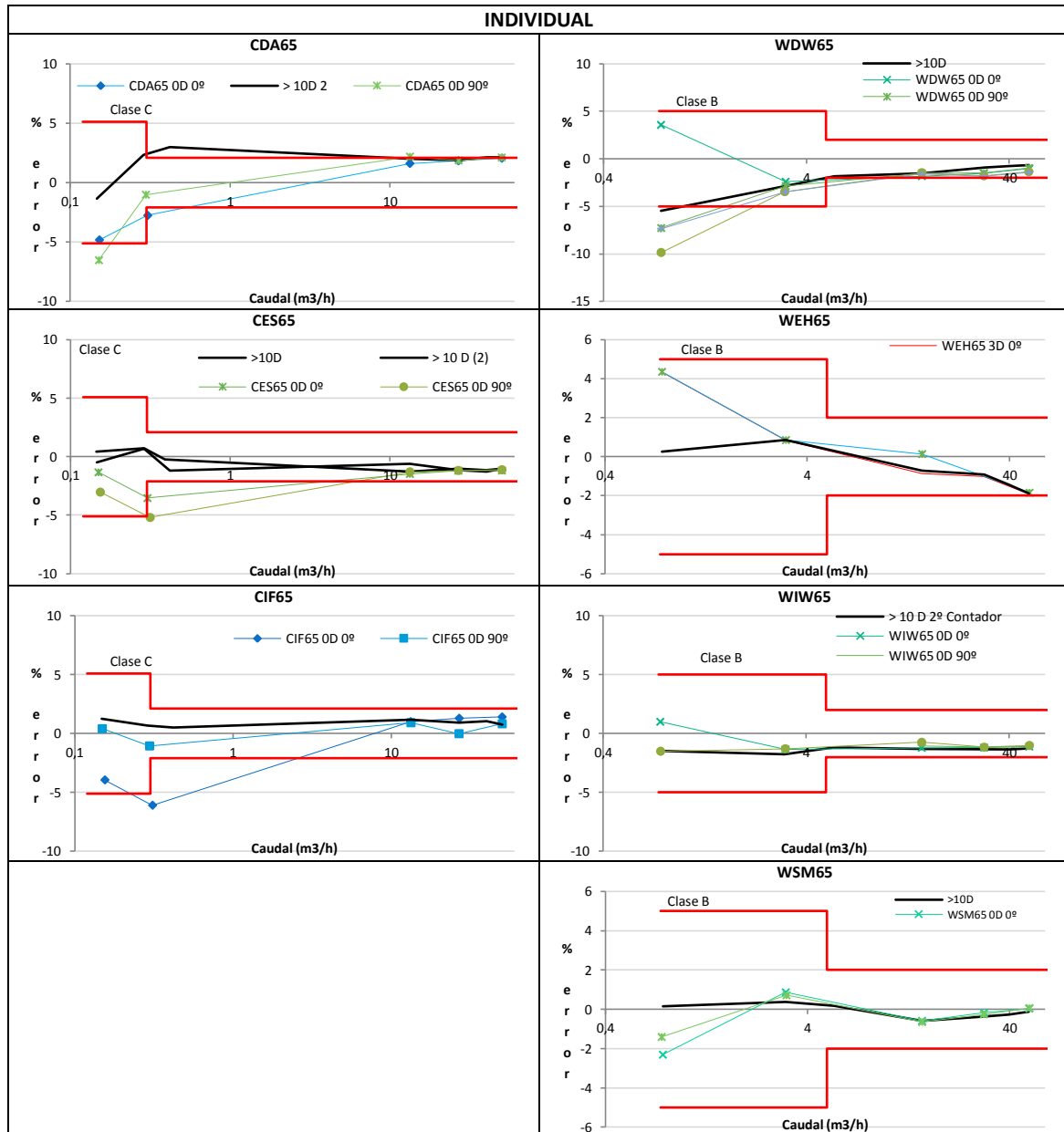
WSM65, sobrecontaje para caudales pequeños en las dos disposiciones.

AGUAS ABAJO



Del análisis del conjunto se observa que no afecta a la curva del contador si está colocada aguas abajo del mismo.

Observando las gráficas según la disposición del accesorio, se detecta un comportamiento algo peor a caudales bajos con la disposición horizontal de algún contador específico.



Por tecnología de contador no hay nada significativo.

Por marca de contador se ve que es la marca "D" quien tiene algún punto fuera del intervalo permitido.

Del análisis individualizado de los contadores se ve que es el contador WDW65 el que tiene algún punto a caudales bajos fuera de rango.

TABLA RESUMEN

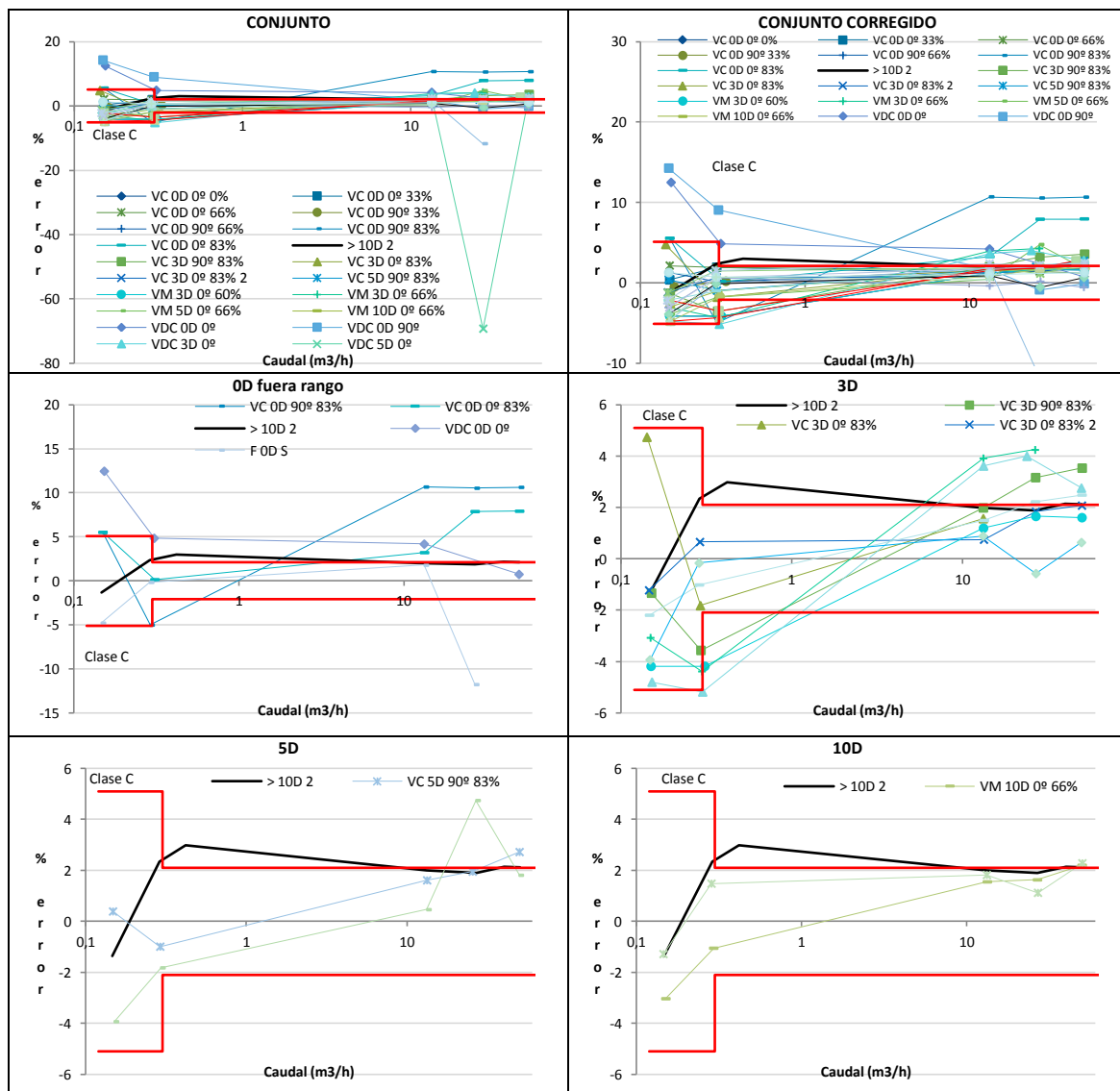
DOBLE CLAPETA							
AGUAS ARRIBA				AGUAS ABAJO			
TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	POSICIÓN	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65	CHORRO UNICO	I	HORIZONTAL	CDA65
WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65	WOLTMAN	E	VERTICAL	WDW65
	D		CES65		D		CES65
			WEH65				WEH65
			CIF65				CIF65
			WIW65				WIW65
			WSM65				WSM65

4.5.2 Análisis por CONTADOR INDIVIDUAL

Se procede a analizar los contadores mostrando para cada uno de ellos en la gráfica de CONJUNTO los resultados de todos los ensayos realizados. En algunos casos aparece una gráfica denominada CONJUNTO CORREGIDO en la que se omiten los resultados de ensayos que están fuera del intervalo permitido. Estos ensayos que se omiten, no son debidos a la influencia del accesorio colocado sino a errores del propio contador. En la gráfica titulada “OD fuera de rango”, se muestran los resultados en los que el accesorio colocado a OD, afecta a la curva de error del contador. Posteriormente se muestran los resultados de los ensayos realizados a 3D, 5D y 10D siguiendo los criterios establecidos en el apartado 4.3 Hipótesis.

CDA65

AGUAS ARRIBA

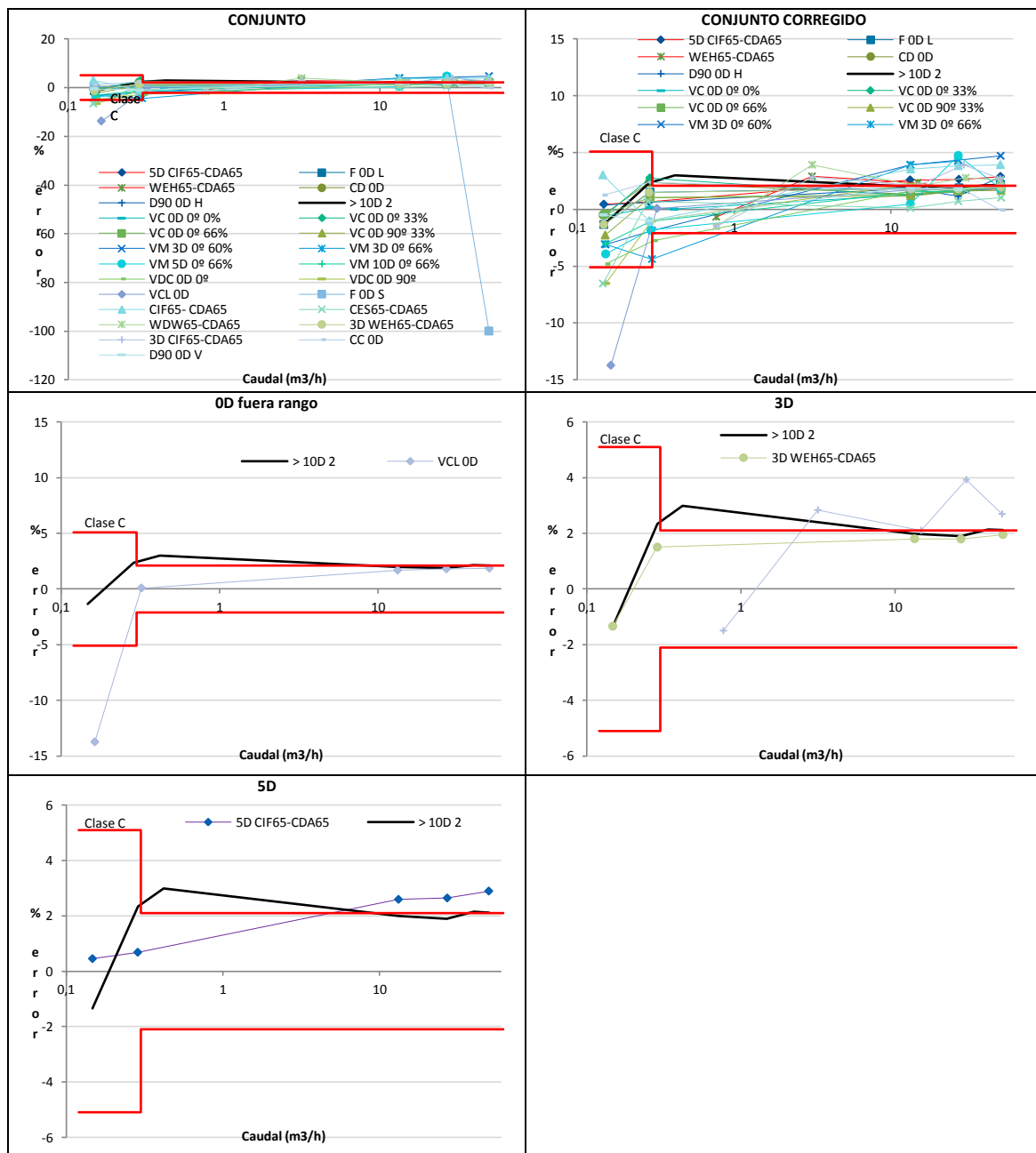


En este contador llama la atención los puntos discordantes que han aparecido aleatoriamente durante los ensayos y que son analizados detalladamente en el apartado 4.8.

Descartados los puntos debidos al mencionado comportamiento, se ve que los únicos accesorios que afectan a este contador son VC tanto en posición vertical como horizontal, VDC y F. Como se aprecia en las gráficas, la situación mejora a medida que se colocan tramos rectos de tubería.

A este contador solo le afectan los siguientes accesorios colocados a OD, VC con un porcentaje de cierre superior al 83%, VDC y F.

AGUAS ABAJO

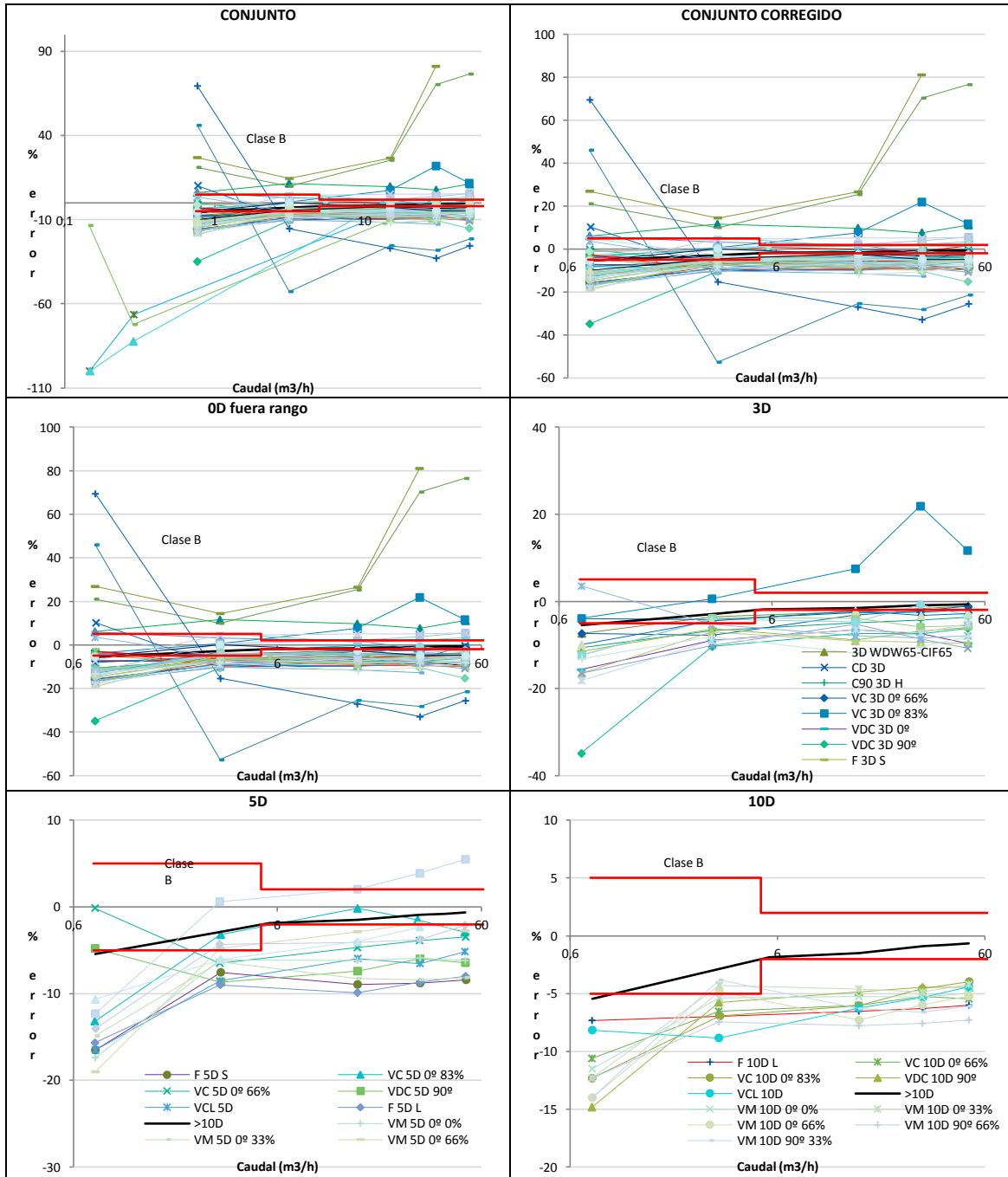


No hay ningún accesorio que colocado aguas abajo afecte a la curva de este contador, solo hay un punto a caudal mínimo con el accesorio VCL, pero al estar en la zona de mayor incertidumbre y ser un único punto, no se considera significativo.

Los ensayos que se muestran en 3D y 5D son con otros contadores colocados ambos en serie.

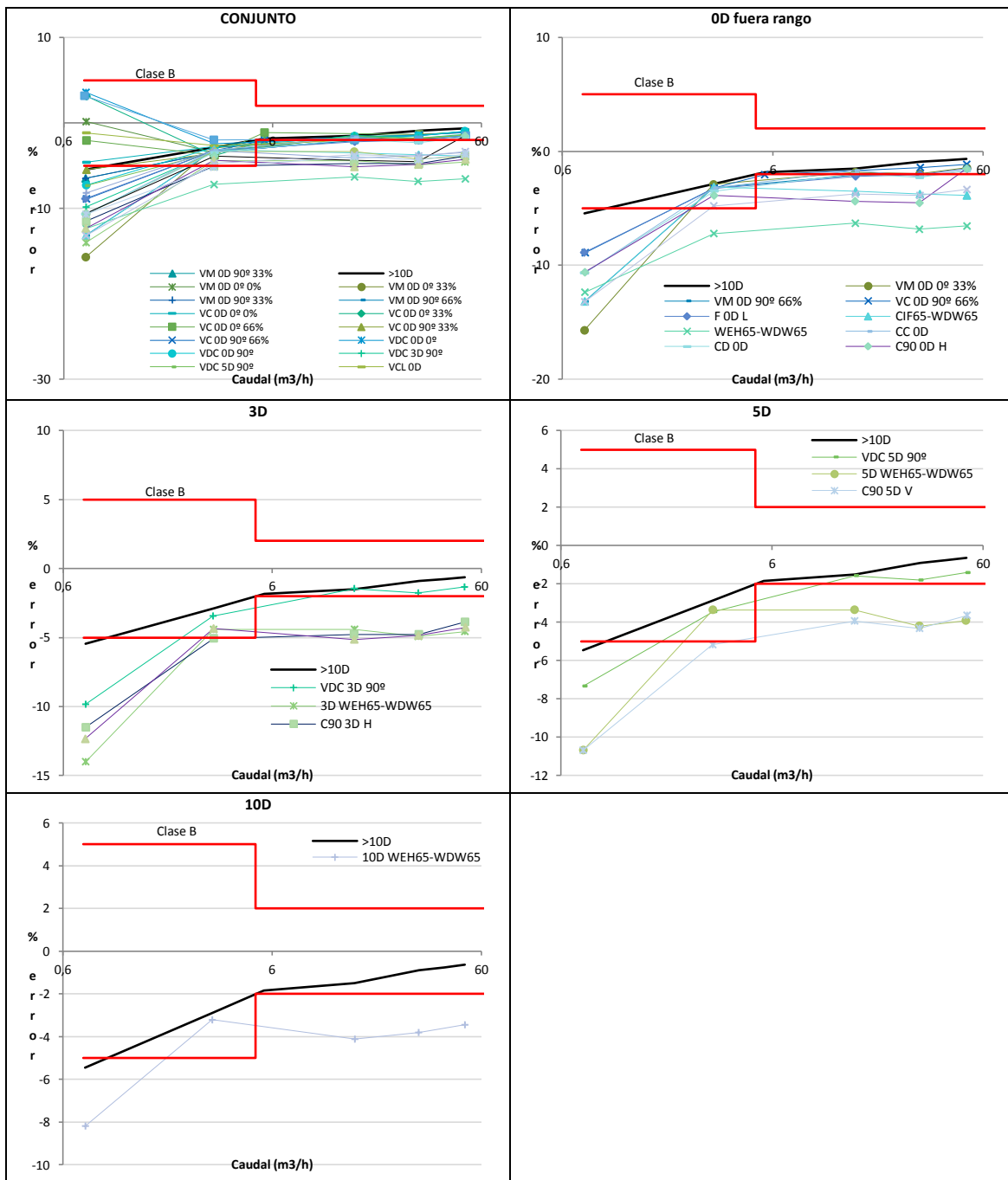
WDW65

AGUAS ARRIBA



Este es el contador al que, con diferencia, más le afectan todos los accesorios. En la gráfica de CONJUNTO, se puede apreciar como cuando el contador se ensayó con caudales inferiores a los de su clase, es decir en vez de cómo clase B, como clase C, aparecen grandes subcontajes por encima del 60%. En las siguientes gráficas se ve como hay gran cantidad de accesorios que generan curvas de error fuera del rango permitido. Otra de las características es que aunque va mejorando la curva de error con los tramos rectos de tubería, los elementos VM, VCL, VDC y F están fuera de los límites establecidos incluso con 10D.

AGUAS ABAJO

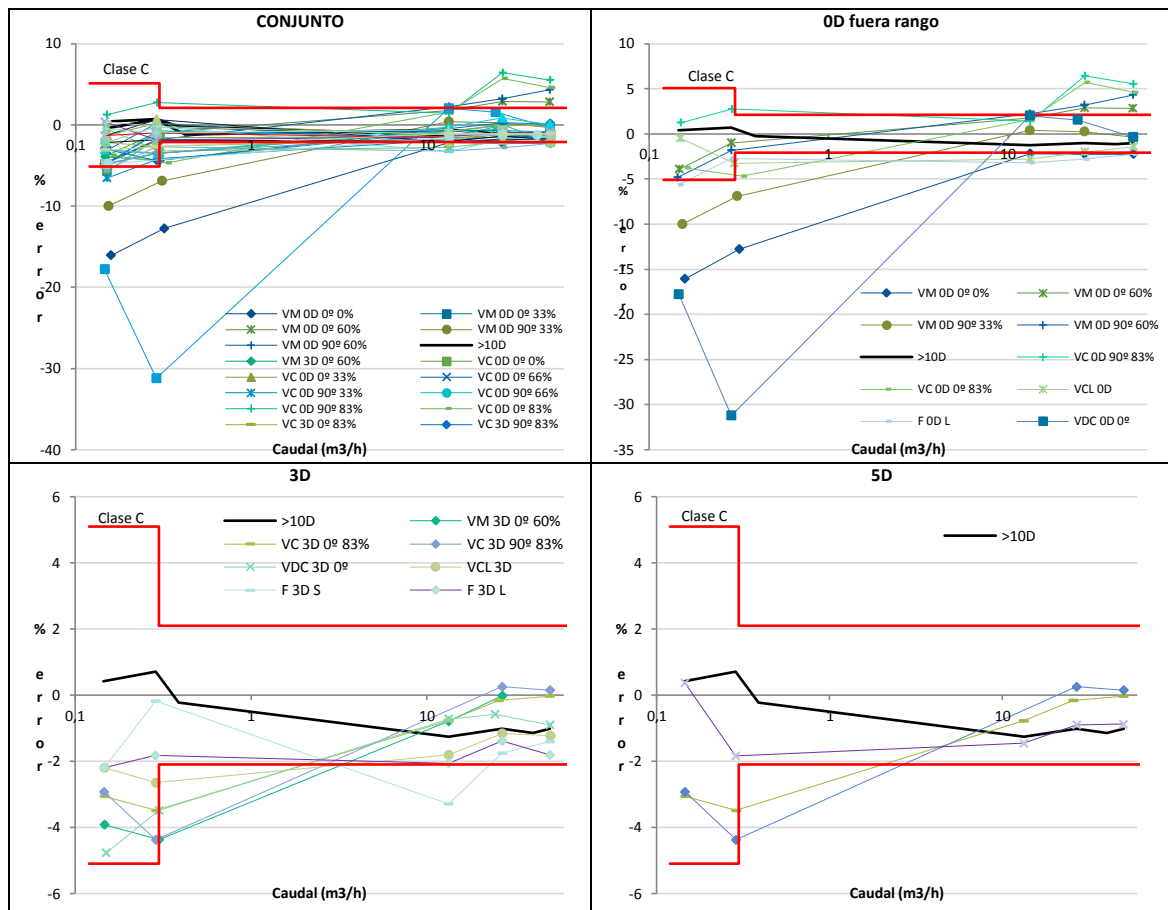


Aguas abajo se ve afectado de alguna manera por VM, VC, CD, C90, CC y F, así como por otros contadores colocados en serie.

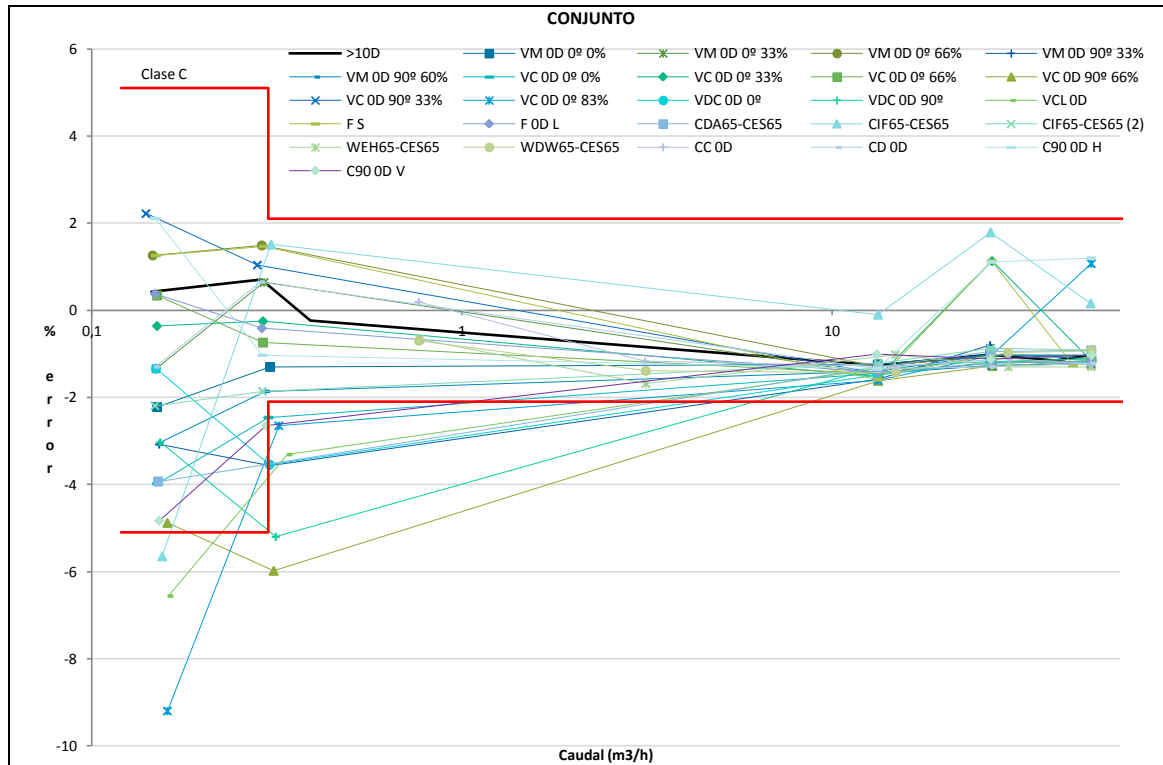
Con los tramos rectos de tubería mejora substancialmente la situación, y solo con otro contador tipo Woltmann colocado en serie hay que llegar hasta los 10D para estar cerca de la curva de referencia.

CES65

AGUAS ARRIBA



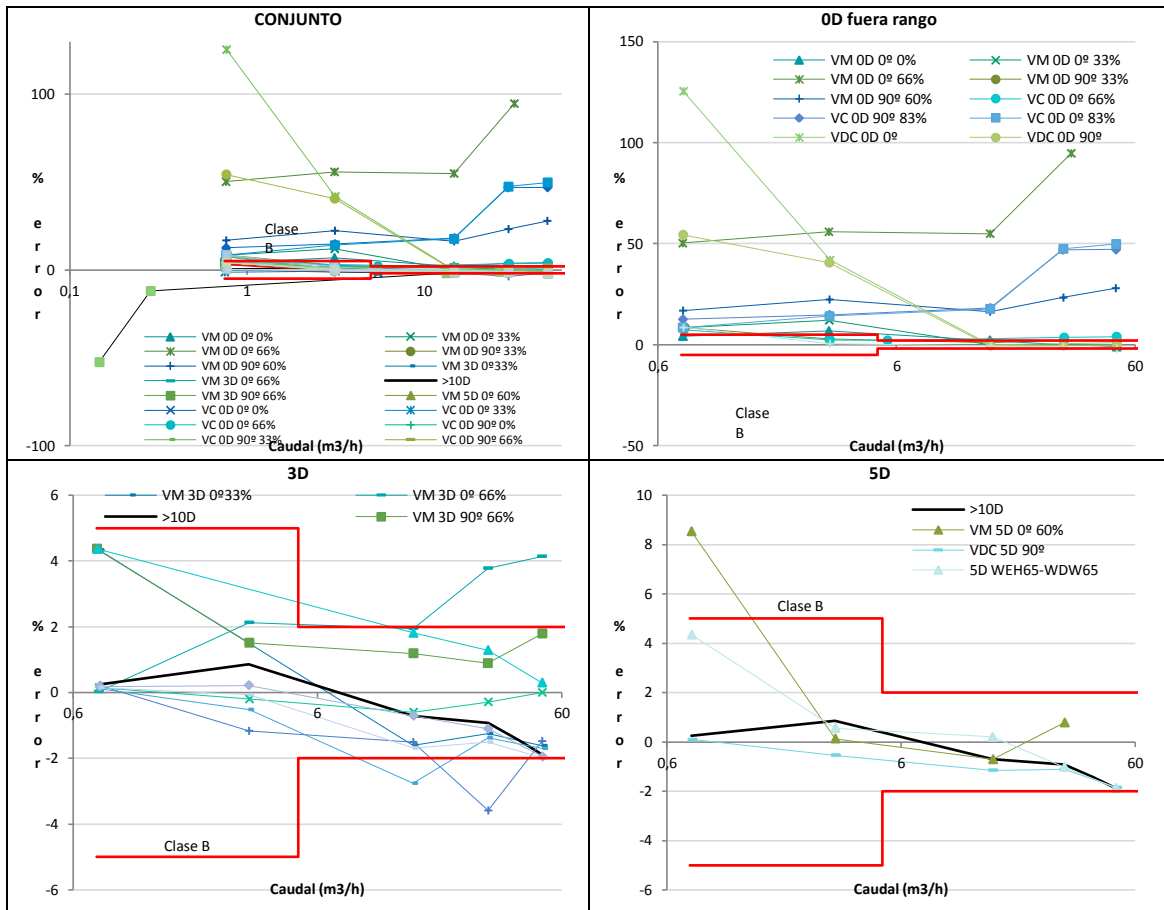
AGUAS ABAJO



Se considera que no le afecta ninguno de los accesorios ensayados, ya que todas las curvas están dentro de los límites establecidos.

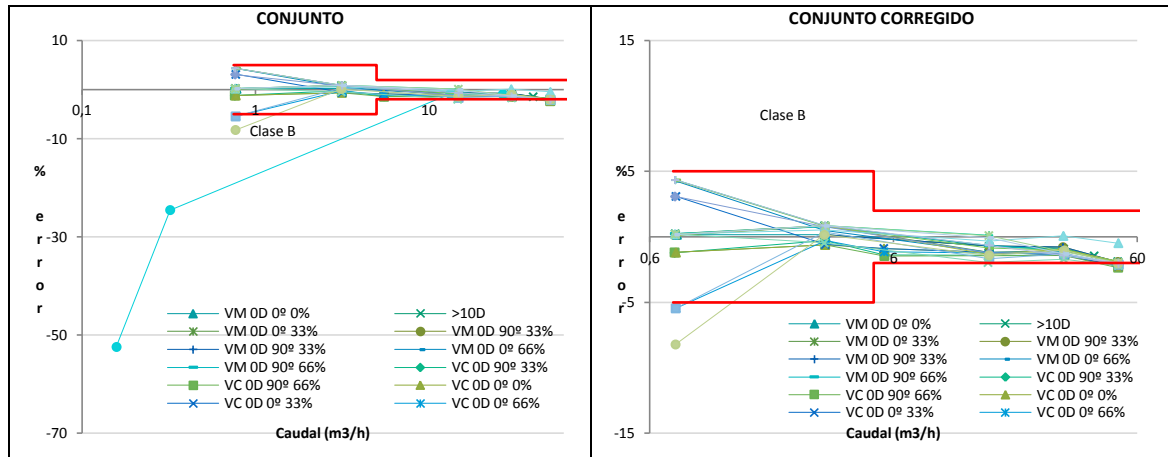
WEH65

AGUAS ARRIBA



En la gráfica de conjunto se aprecia un subcontaje muy acusado que se corresponde con un ensayo con caudales inferiores a los de su clase. Descartado este ensayo, se observa que a este contador ningún elemento le produce subcontaje, todos sobrecontaje, y en algunos casos muy elevado. Los elementos que afectan a la lectura de este contador son VC, VM y VDC, así como un contador colocado en serie. La situación mejora rápidamente en cuanto se coloca un tramo recto de 3D.

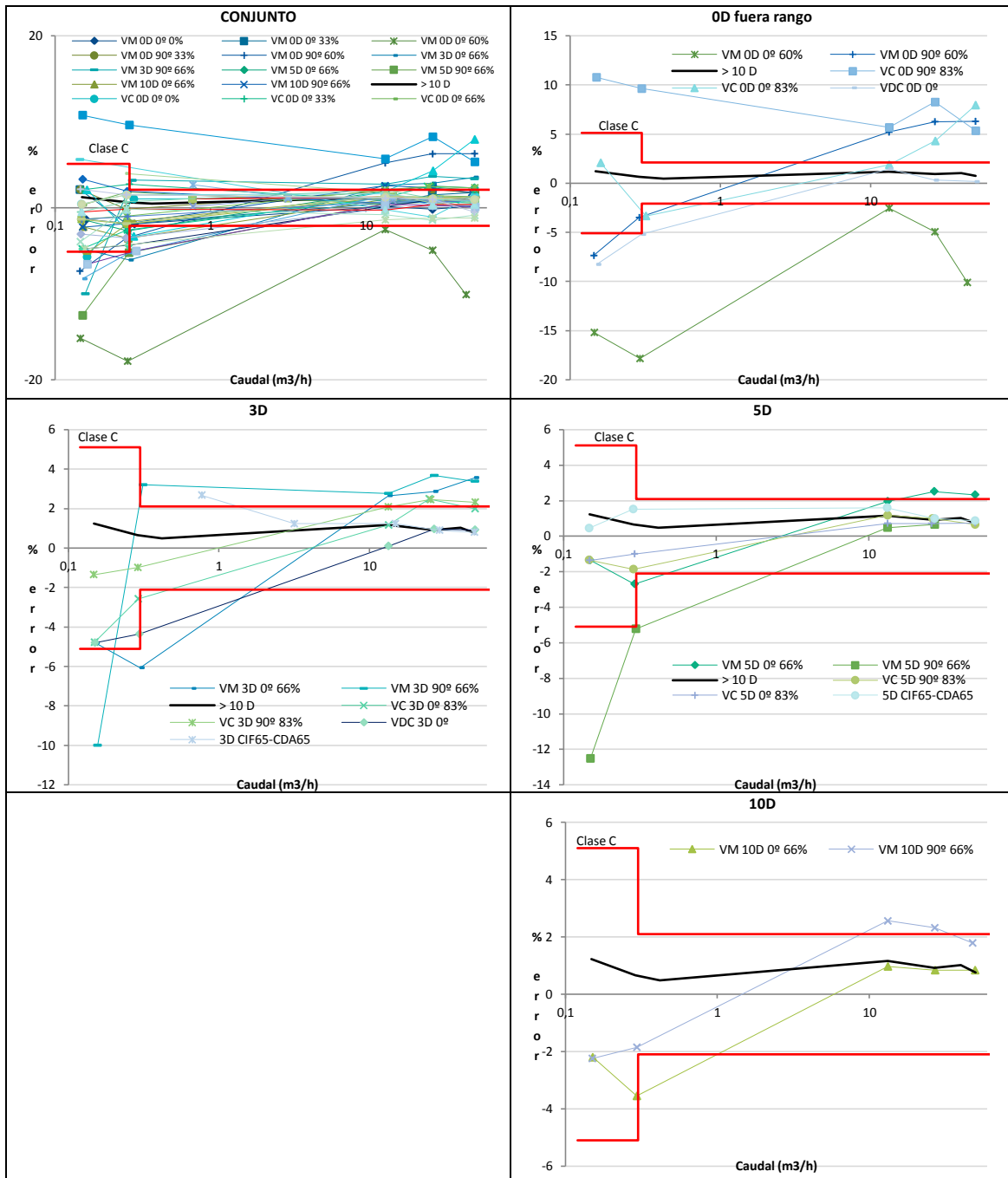
AGUAS ABAJO



El ensayo que aparece en la gráfica de CONJUNTO con un subcuenta muy acusado superior al 50%, corresponde a caudales inferiores a los de su clase. Eliminado dicho ensayo, en la gráfica de CONJUNTO CORREGIDO, se aprecia que no le afecta ninguno de los accesorios ensayados, ya que todas las curvas están dentro de los límites establecidos.

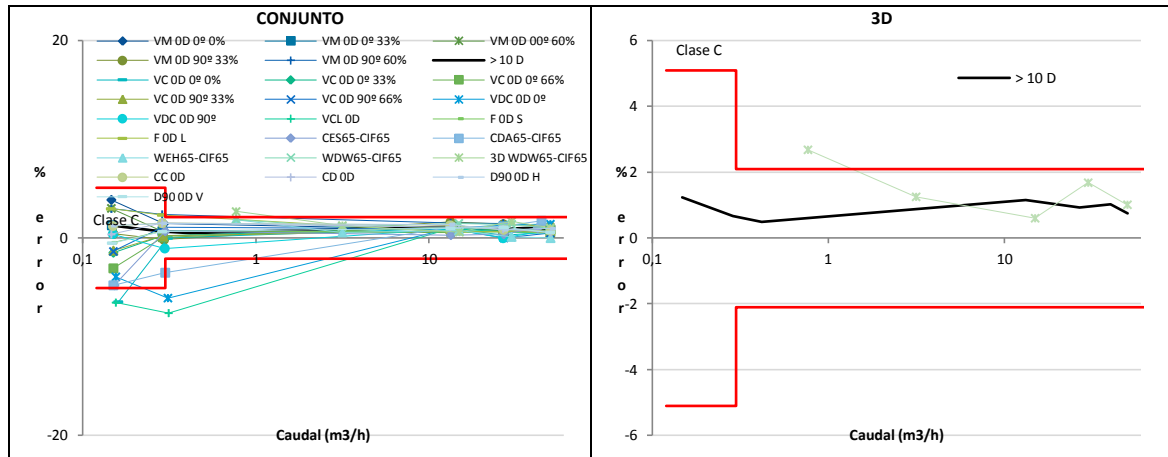
CIF65

AGUAS ARRIBA



Se ve que los únicos accesorios que afectan a este contador son VC, VM tanto en posición vertical como horizontal a partir de un 60% de cierre y VDC. La situación prácticamente se soluciona en cuanto se coloca un tramo recto de 3D, excepto por los subcontajes de VM a caudal mínimo.

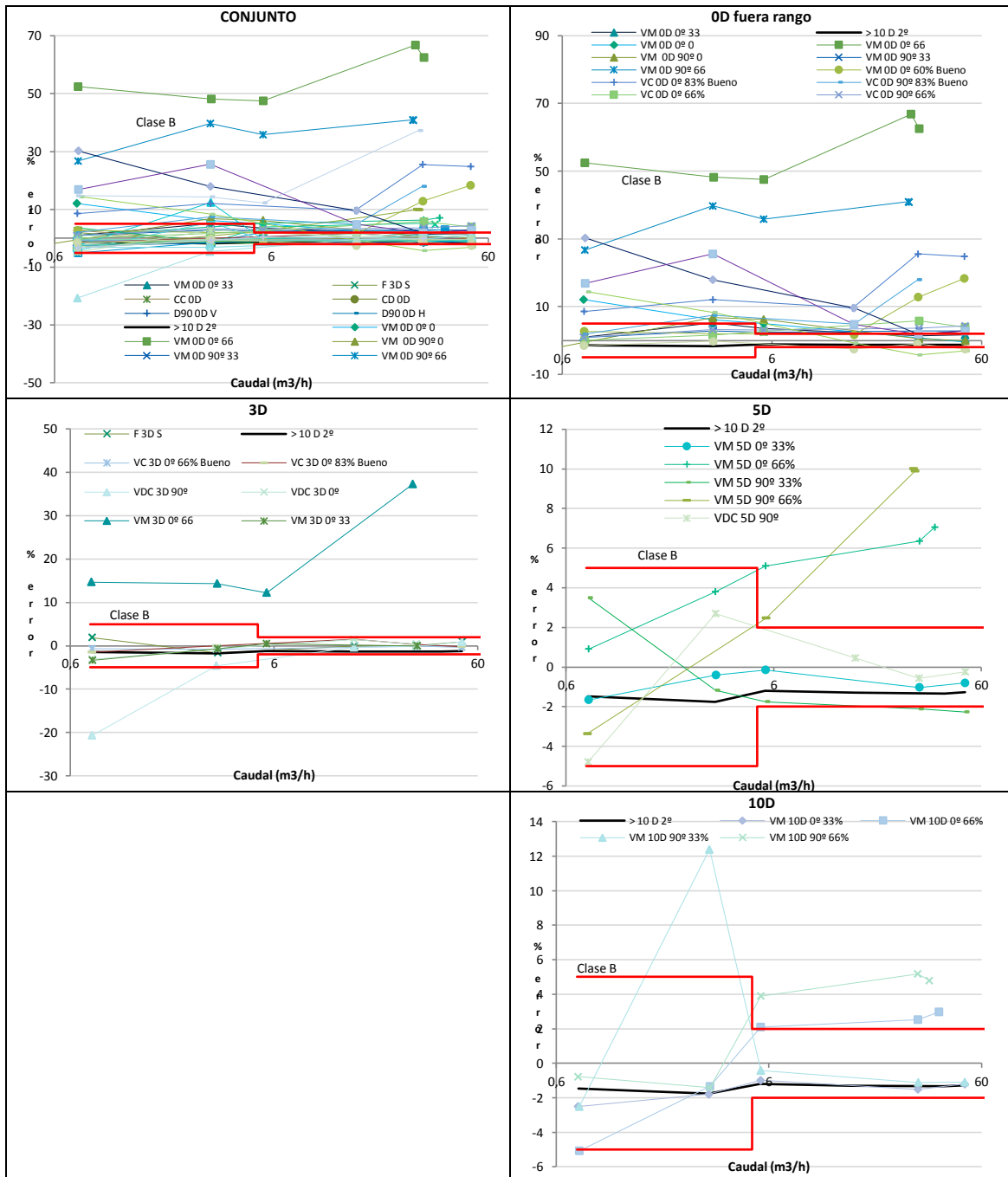
AGUAS ABAJO



Se aprecia que excepto por WDW65 colocado en serie y VDC, que tienen subcontaje en uno de los caudales pequeños, no le afecta el resto de los accesorios ensayados, ya que todas las curvas están dentro de los límites establecidos.

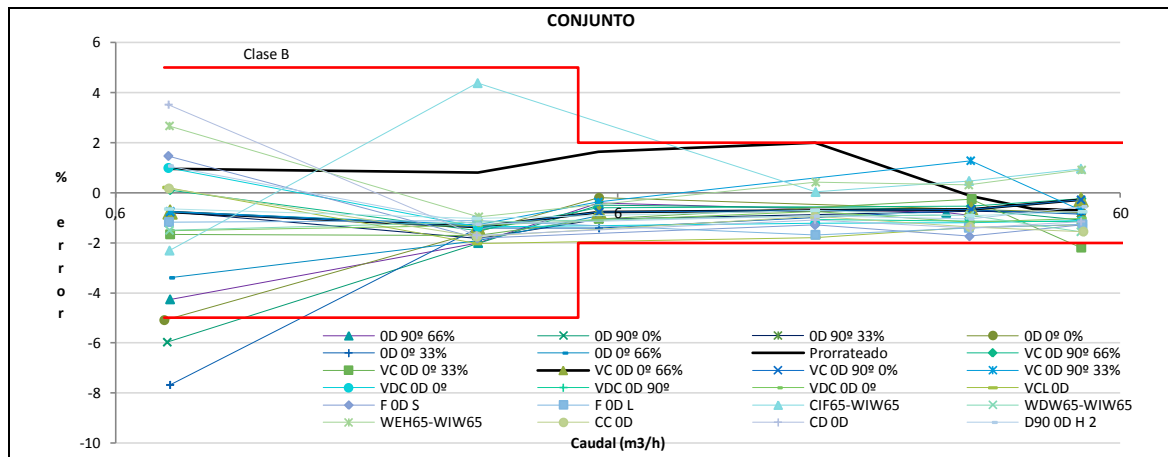
WIW65

AGUAS ARRIBA



En este contador se produce principalmente sobrecontaje, y en algunos casos muy elevado, excepto de forma puntual VDC y F sucio que generan subcontaje. Los elementos que afectan a la lectura de este contador son VC, VM, F y VDC. La situación mejora cuando se coloca un tramo recto de 3D, pero incluso con 10D aparecen curvas fuera de rango.

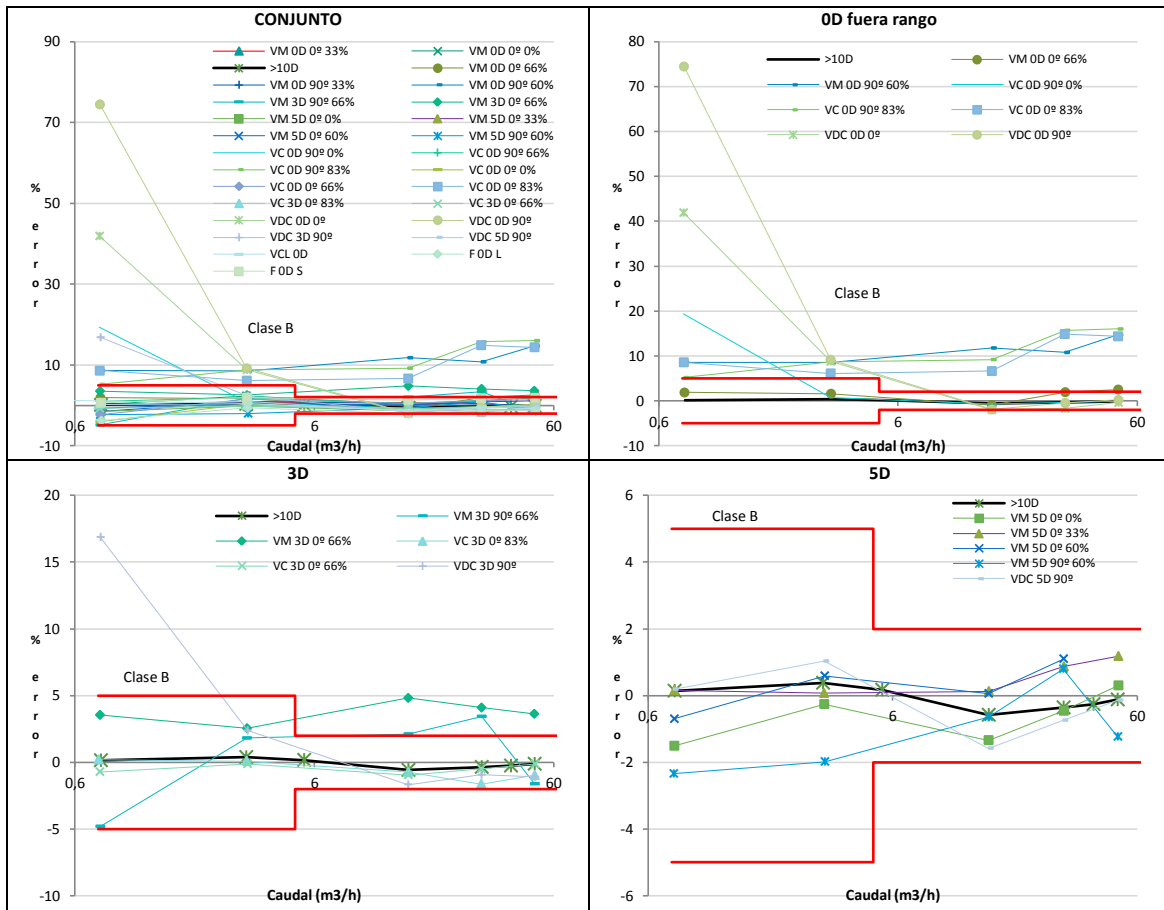
AGUAS ABAJO



Se considera que no le afecta ninguno de los accesorios ensayados, ya que todas las curvas están dentro de los límites establecidos.

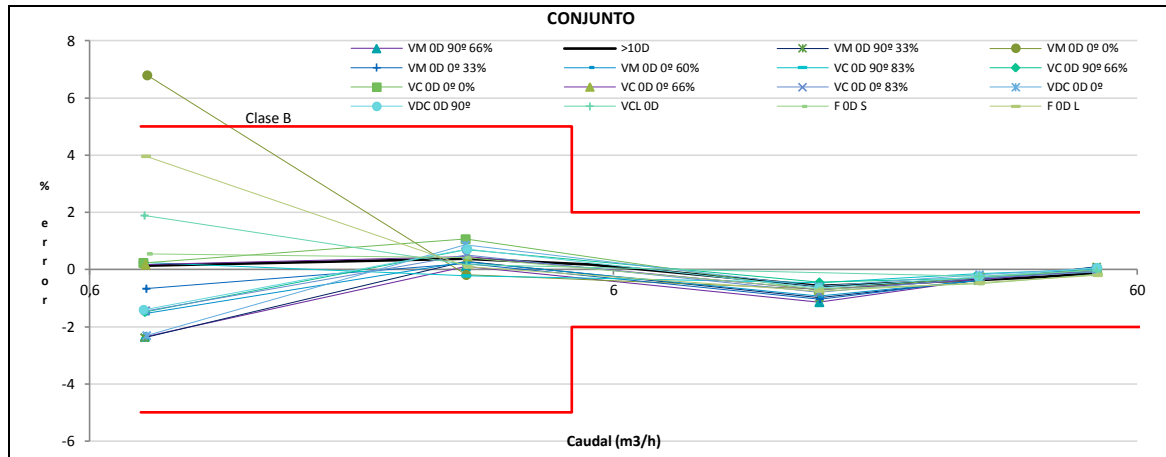
WSM65

AGUAS ARRIBA



En este medidor solo se produce sobrecontaje, no hay ningún elemento que produzca subcontaje. Los elementos que afectan a la lectura de este contador son VC, VM y VDC. La situación mejora mucho cuando se coloca un tramo recto de 3D. Con un tramo de 5D no hay ningún accesorio fuera de rango.

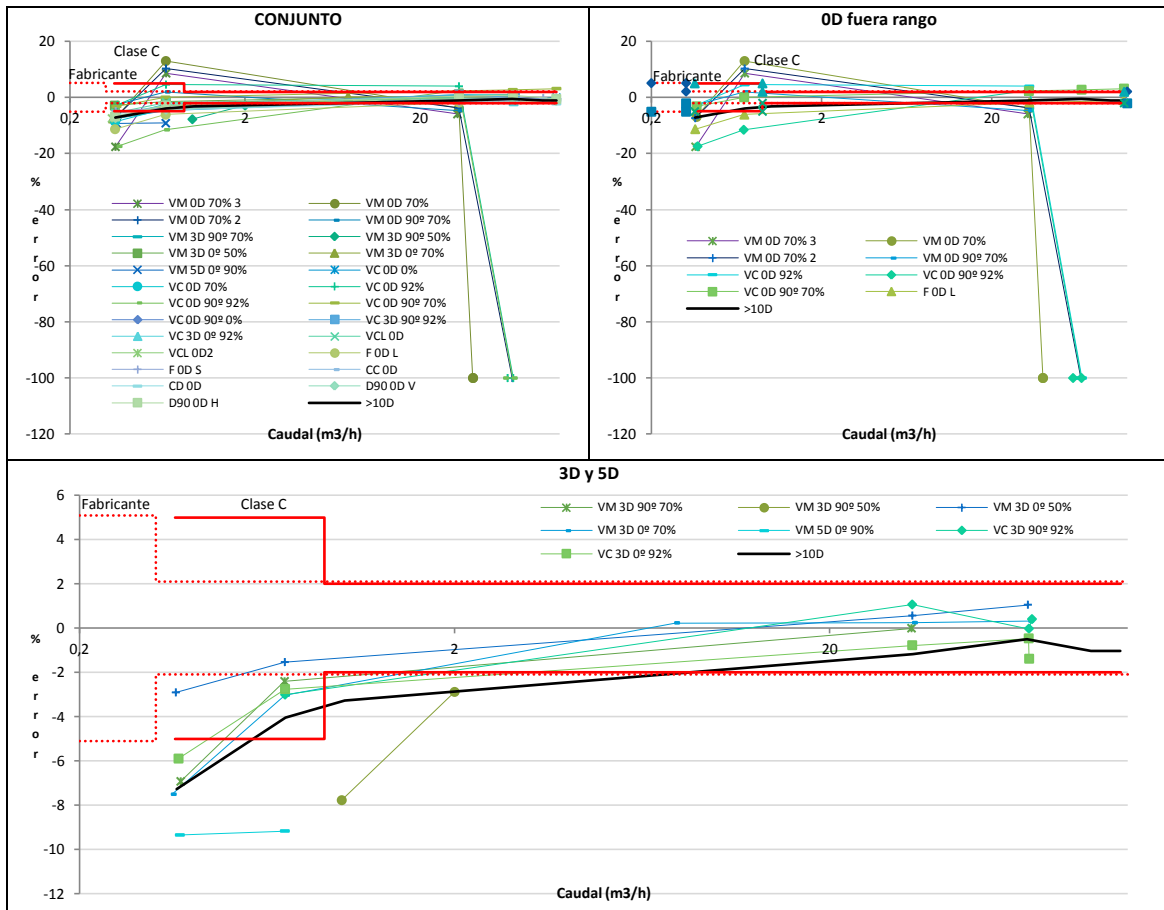
AGUAS ABAJO



Se considera que no le afecta ninguno de los accesorios ensayados, ya que todas las curvas están dentro de los límites establecidos.

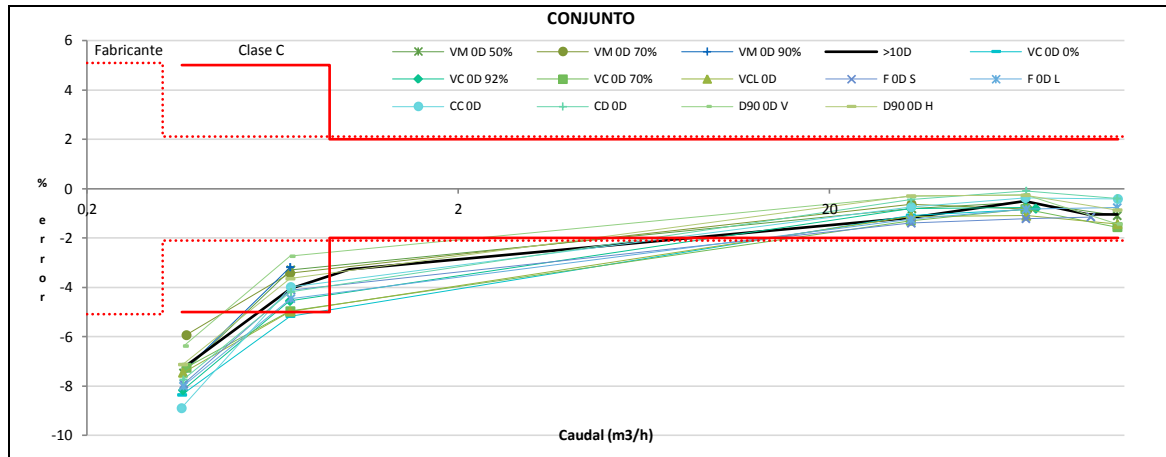
UAO100

AGUAS ARRIBA



Se puede destacar como característica principal de este contador que con elevados porcentajes de cierre de los accesorios VM y VC a partir de un determinado caudal deja de registrar el volumen de agua trasegado. Los elementos que le afectan produciendo tanto sobrecontaje como subcontaje son VM, VC y F. Con un tramo recto de 5D es suficiente para corregir cualquier perturbación.

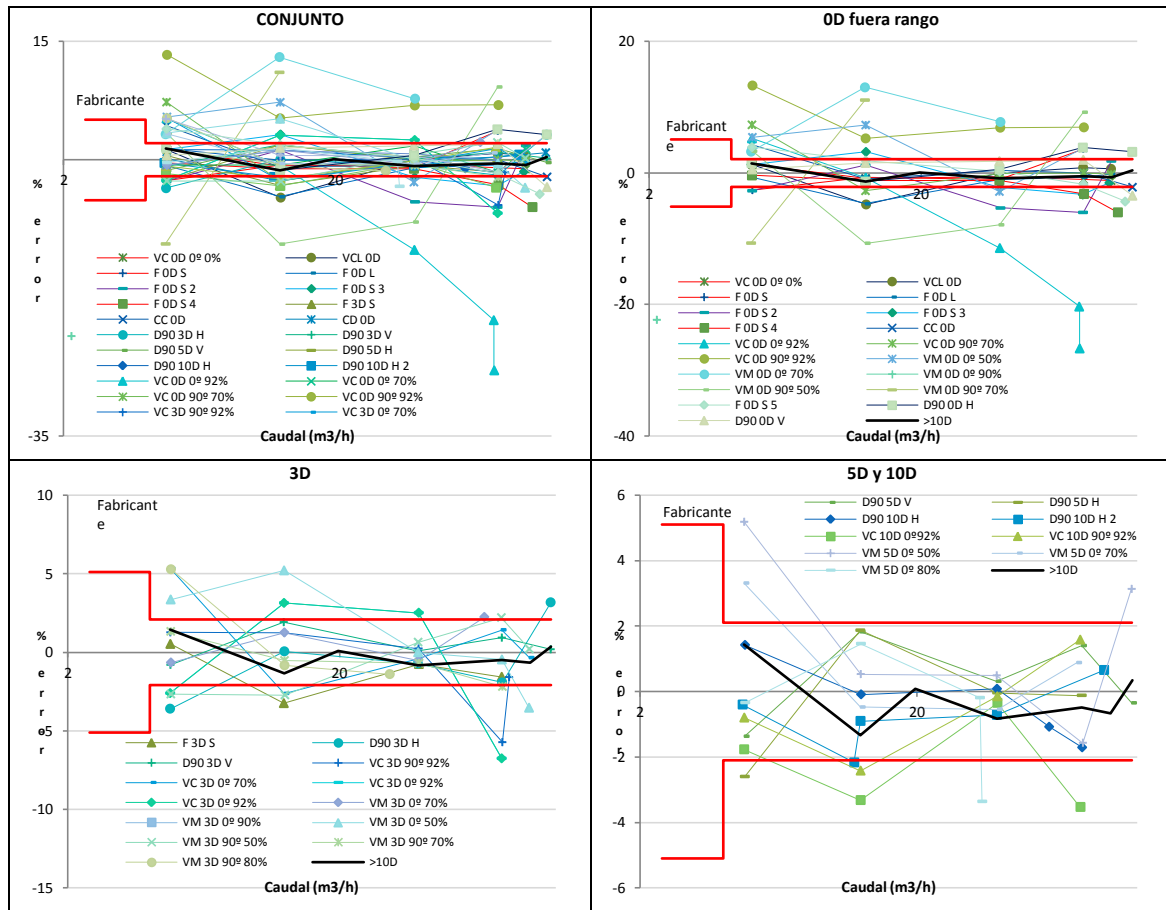
AGUAS ABAJO



Se considera que no le afecta ninguno de los accesorios ensayados, ya que todas las curvas están dentro de los límites establecidos.

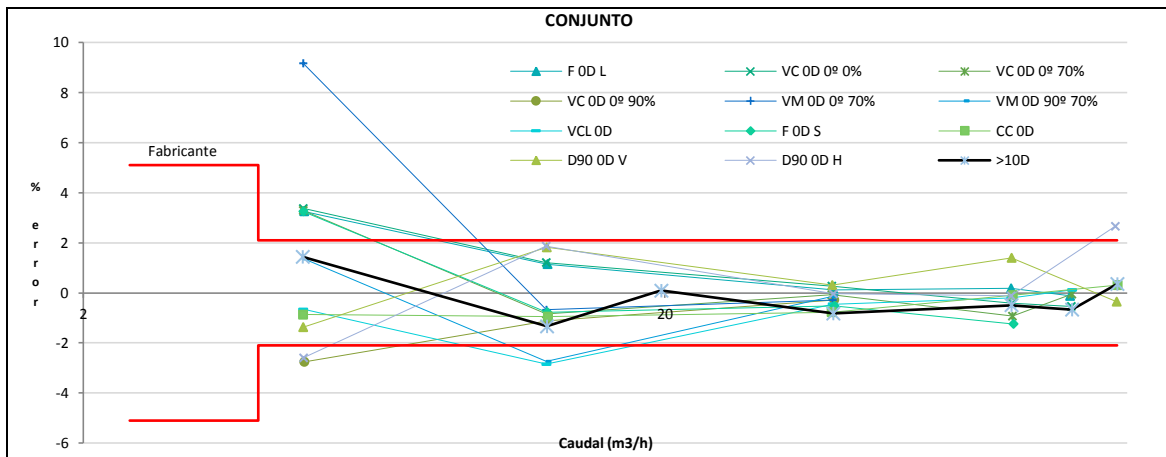
ESS100

AGUAS ARRIBA



A este contador le afectan los siguientes accesorios, VC, F, VM, D90, VCL y CC, no se producen grandes desviaciones, pero le afectan muchos de los elementos. La situación mejora con un tramo recto de 3D, pero hace falta llegar hasta los 10D y aún así hay puntos fuera del rango permitido.

AGUAS ABAJO



Se considera que no le afecta ninguno de los accesorios ensayados, ya que todas las curvas están dentro de los límites establecidos.

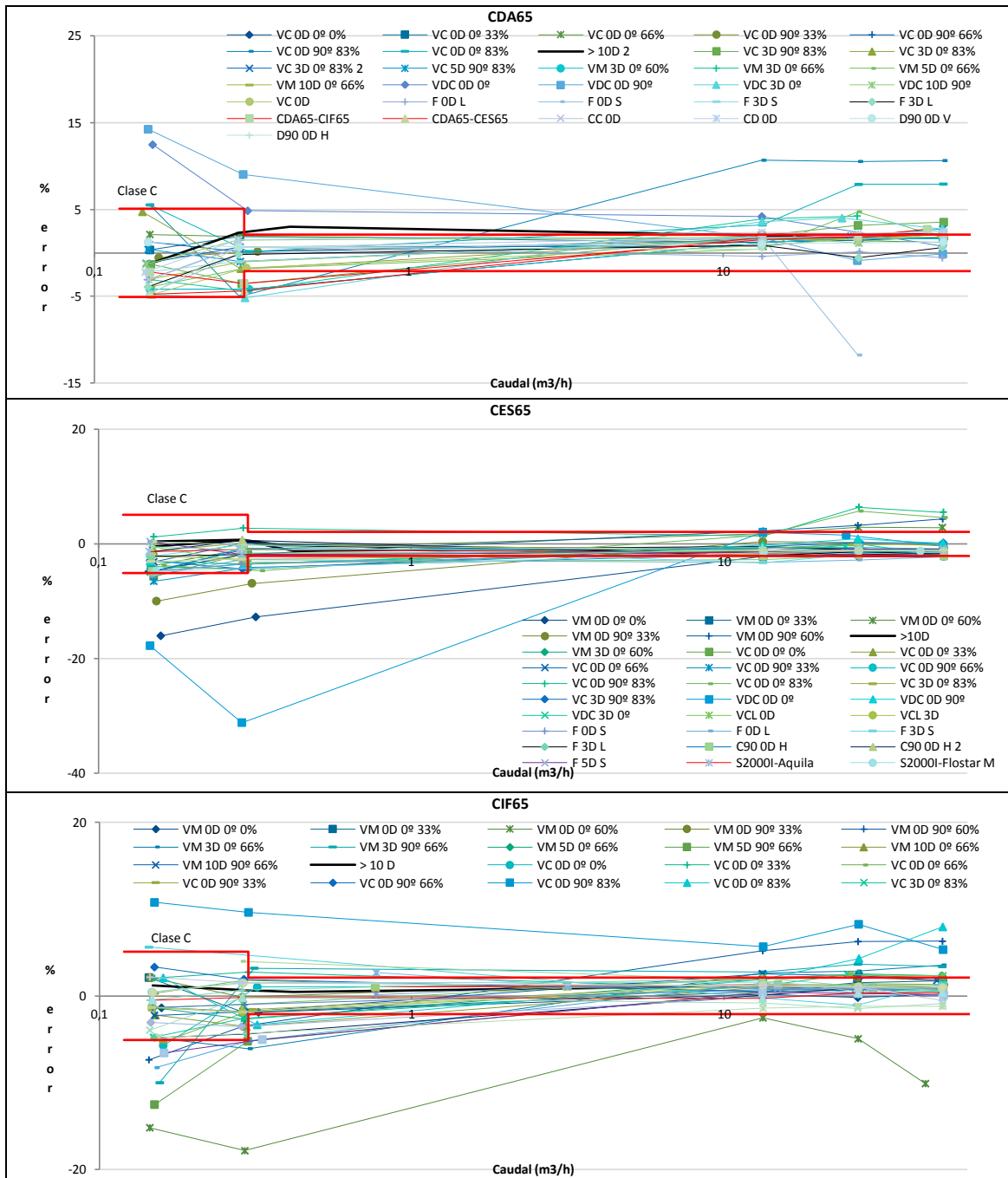
4.5.3 Análisis detallado por MARCA Y TECNOLOGÍA

Se ha procedido a graficar de forma conjunta las curvas de los ensayos realizados a cada contador con todos los accesorios. No se incluye la leyenda de los gráficos indicando a que ensayo pertenece cada curva para una mayor claridad de la visión de conjunto. Se han considerado como un capítulo aparte los ensayos de los contadores en serie, por complicar bastante los resultados y considerar tal situación poco probable en las instalaciones convencionales.

Tal y como se ha comentado anteriormente, en los análisis de los resultados, se trata de comprobar si estos son producto del tipo de tecnología independientemente de la marca del contador. Para los casos de las tecnologías de ultrasonidos y electromagnético, al haber analizado un solo contador de cada tecnología, no se puede certificar que en los casos de que se vean afectados, sea debido a la tecnología, ya que pueden ser cosa del contador. Sí al contrario, se puede certificar para los casos de un correcto funcionamiento, que dicha situación no afecta a la tecnología.

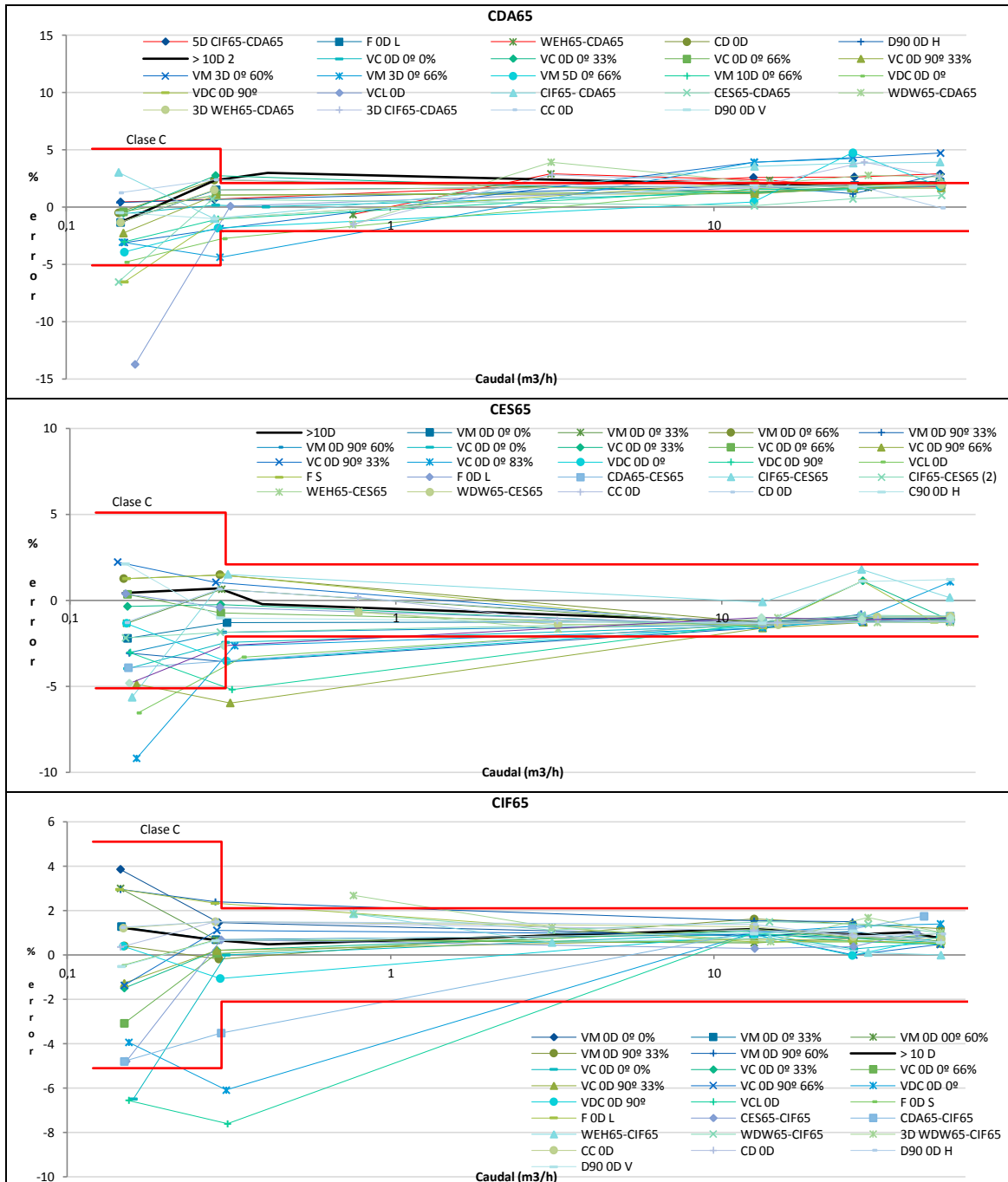
CHORRO ÚNICO

AGUAS ARRIBA



Se puede observar en las gráficas anteriores que el intervalo máximo de desviación está comprendido entre +15% y -30%, y que no es excesivo el número de curvas que están fuera de lo indicado por la normativa para el total de ensayos realizados. Sí se constata una pequeña diferencia entre las tres marcas de contadores, los peores resultados se producen en la marca “D”, siendo similares en la “I” y en la “E”.

AGUAS ABAJO

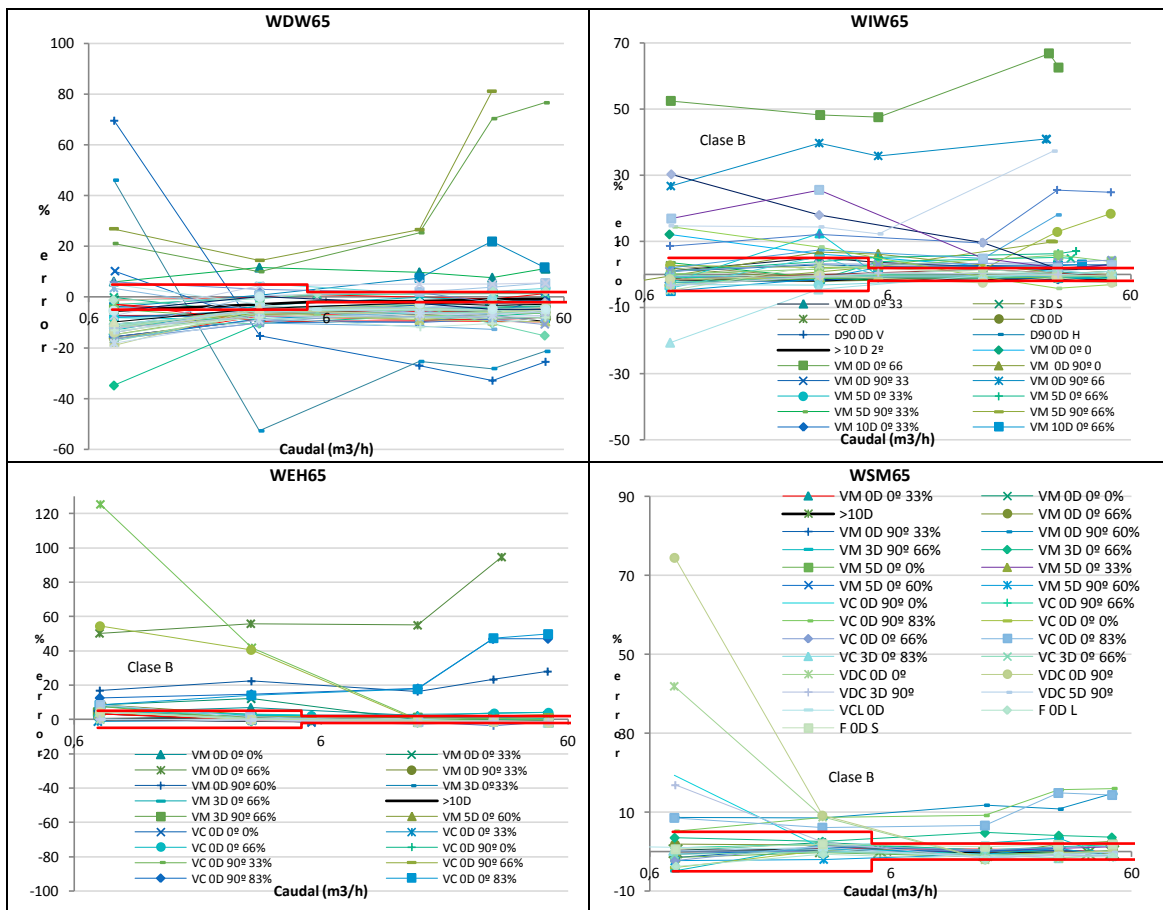


Los accesorios colocados aguas abajo de un contador con tecnología de chorro único, de cualquier marca, prácticamente no afectan a la curva de error. En el caso del CDA65 hay varias curvas por encima de los márgenes permitidos a caudales grandes, pero no se han considerado porque su diferencial en torno a la curva de referencia es aproximadamente del 2%. También hay puntos singulares de subcontaje a caudal mínimo.

WOLTMANN

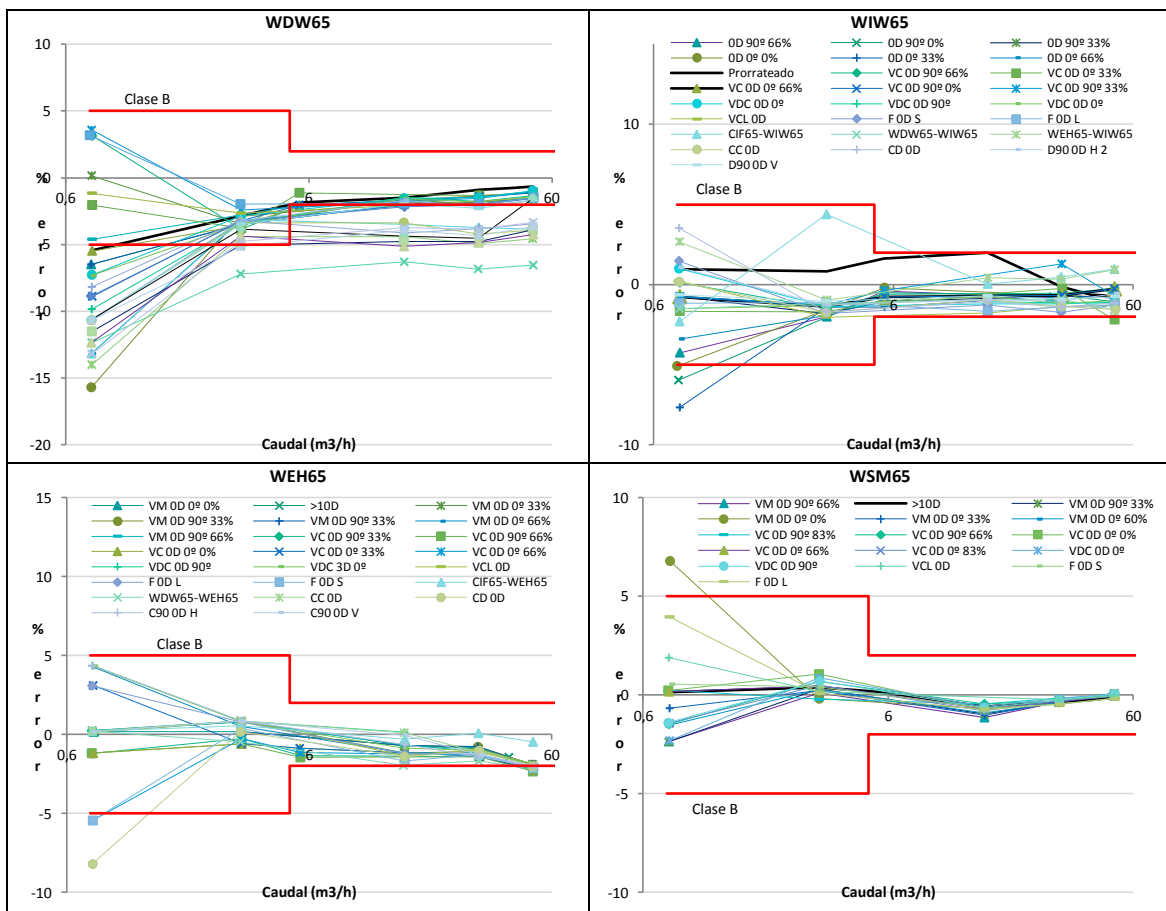
AGUAS ARRIBA

Se observa en las gráficas que vienen a continuación que el intervalo máximo de desviación está comprendido entre +120% y -60%, y que hay bastantes curvas que están fuera de lo indicado por la normativa. Se comprueba también que en todos los contadores ensayados se produce un intervalo de desviación muy significativo, por lo que se puede concluir que a esta tecnología de medición de caudal le afectan algunos de los accesorios colocados aguas arriba. En este caso se cuenta con los resultados de los ensayos realizados a 4 marcas diferentes de contador. Llama la atención que en tres de las marcas los resultados son muy parecidos para todos los accesorios ensayados, no apareciendo prácticamente subcontaje, sino que la desviación se produce hacia el sobrecontaje. Sin embargo en el caso del contador WDW65, esto no es así, apareciendo tanto sobrecontaje como subcontaje, además de un gran número de gráficas con subcontaje por debajo del límite inferior.



AGUAS ABAJO

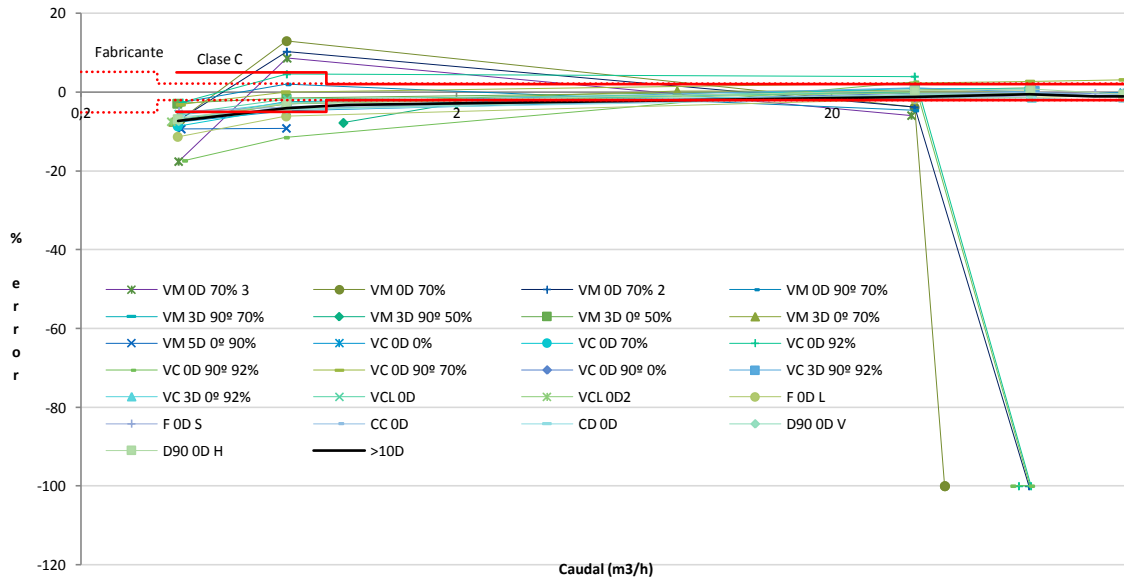
Se observa que los accesorios colocados aguas abajo de los contadores con tecnología tipo Woltmann, no afectan a la curva de error de estos. Se ve en las gráficas que prácticamente todos los puntos están dentro de lo permitido por la normativa, excepto alguna lectura para el caudal mínimo, estos puntos fuera de rango pueden ser achacables a la mayor incertidumbre de lectura existente para los caudales mínimos. Al igual que en el caso de Aguas arriba, también se observa una diferencia notable entre las curvas del primer contador, el WDW65 y el resto, estos peores datos observados, se deben imputar al contador en sí y no a la tecnología utilizada, ya que los otros 3 con la misma tecnología, arrojan resultados similares.



ULTRASONIDOS

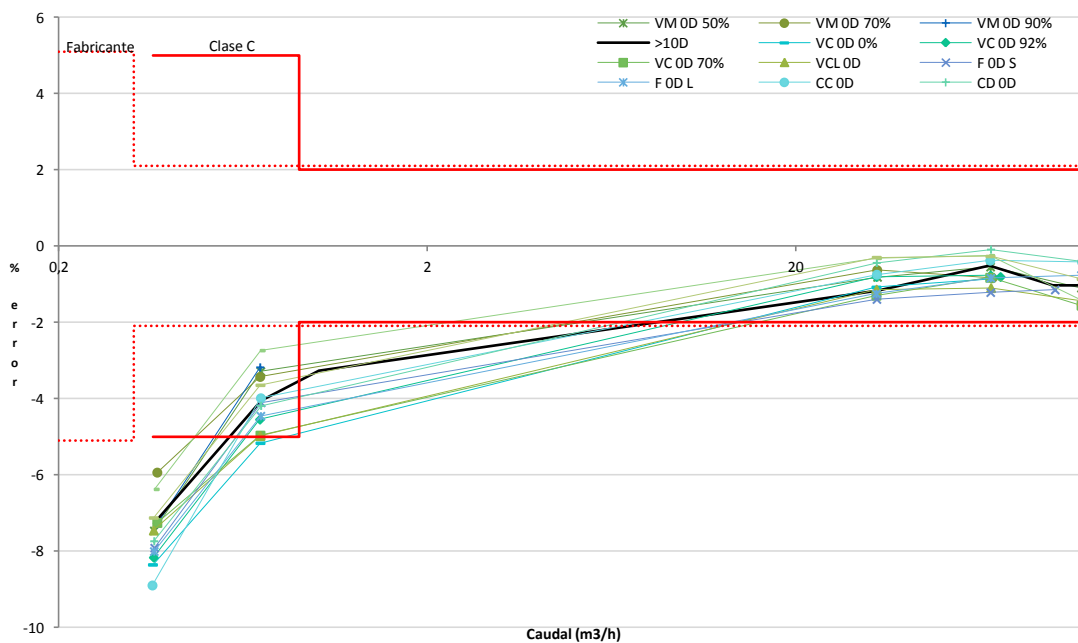
Del estudio del contador de ultrasonidos ensayado, se concluye que sí que le afectan los accesorios colocados aguas arriba en un intervalo comprendido entre +15% y -100%. Como peculiaridad de este tipo de tecnología, se observa que para ciertas condiciones de trabajo el contador deja de leer. Esto lo provocan tanto VM como VC en cualquier posición y cuando están prácticamente cerradas.

AGUAS ARRIBA



AGUAS ABAJO

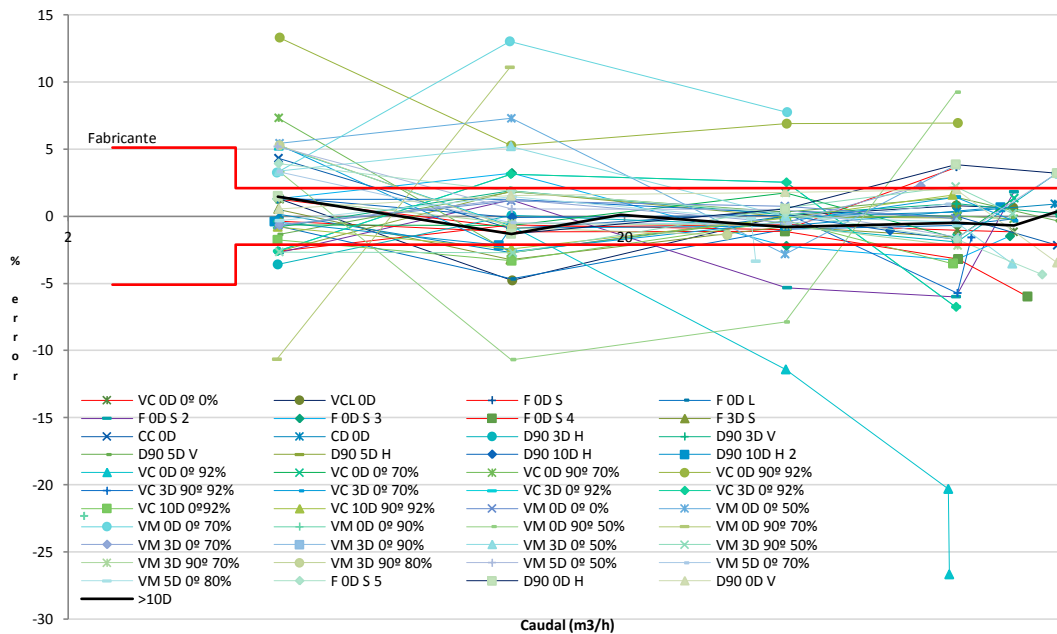
Se observa claramente en la gráfica que los accesorios colocados aguas abajo de un contador con tecnología de ultrasonidos, no afectan a su curva de error.



ELECTROMAGNÉTICO

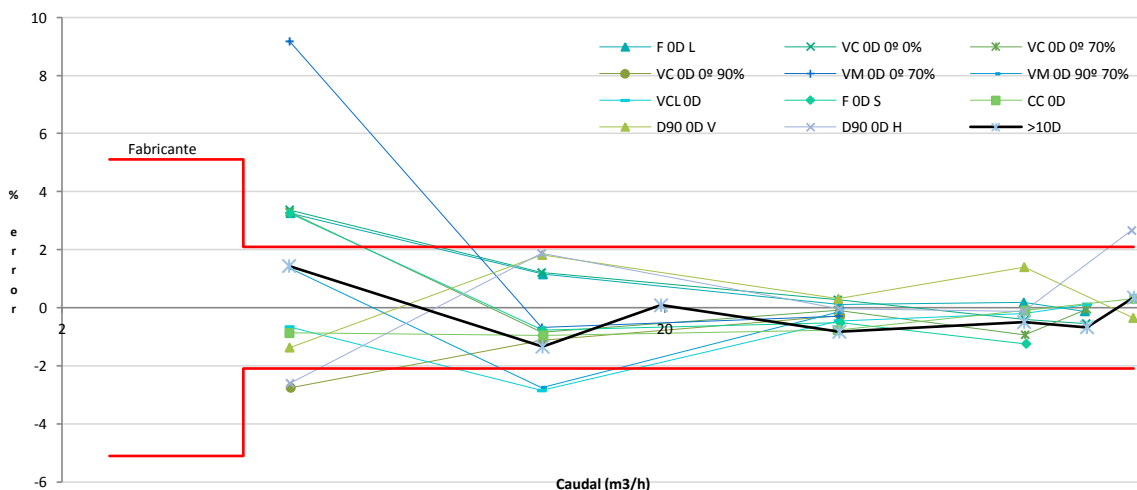
AGUAS ARRIBA

Se ve en la gráfica siguiente que el intervalo de desviación de la curva de error para un contador electromagnético con accesorios colocados aguas arriba, está comprendido entre +15% y -30%, siendo bastantes las curvas de error fuera del intervalo permitido por la normativa.



AGUAS ABAJO

Se puede concluir de la observación de la gráfica siguiente, que los accesorios colocados abajo de un contador con tecnología electromagnética, no afectan a su curva de error, a pesar de que aparezcan un par de puntos fuera del intervalo de control, estos en principio se consideran anomalías.

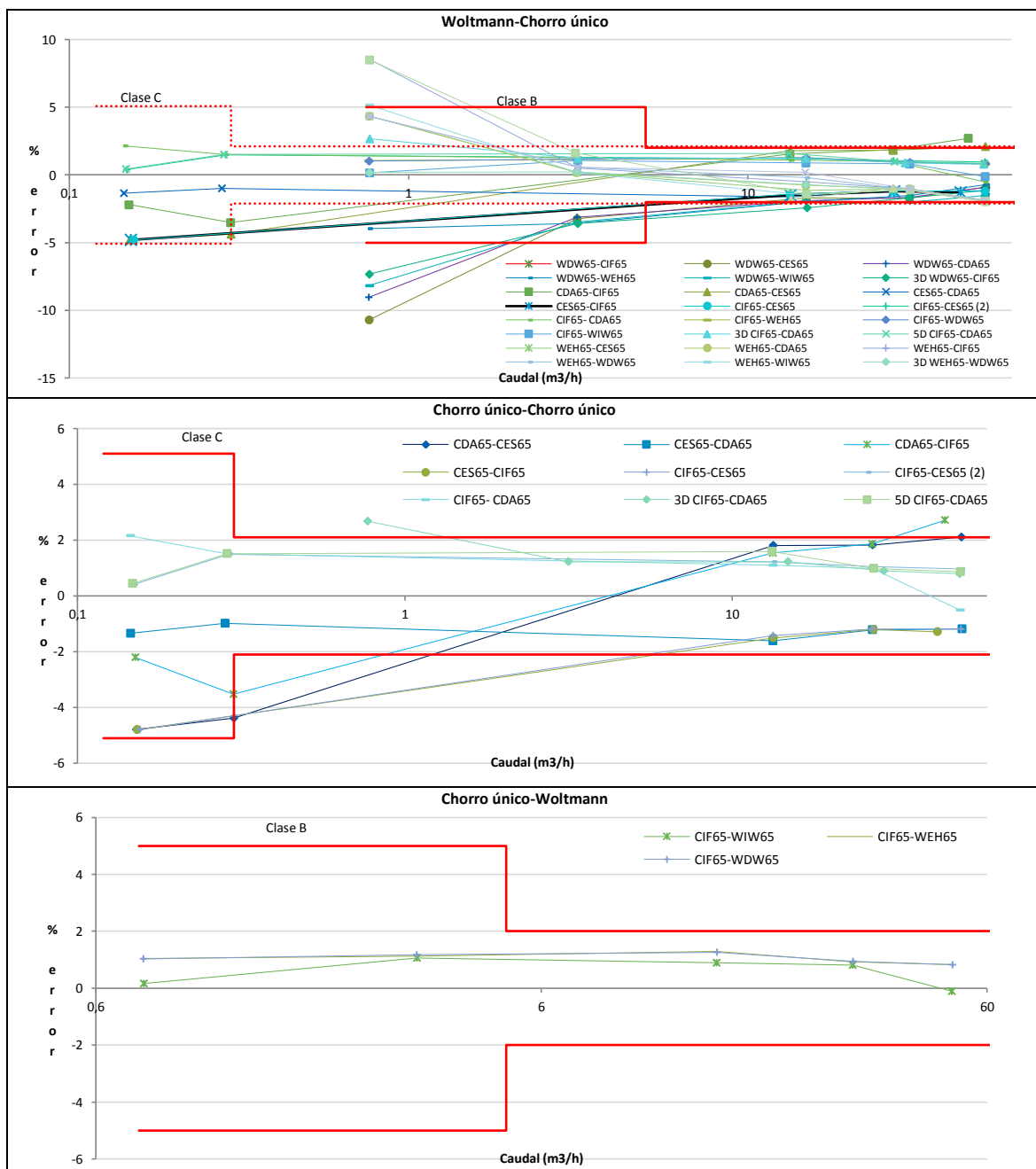


4.5.4 Análisis de contadores COLOCADOS EN SERIE

Se estudia a continuación el comportamiento de contadores de las tecnologías Chorro único y Woltmann conectados en serie, analizando cómo se afectan mutuamente en función de su situación aguas arriba o abajo.

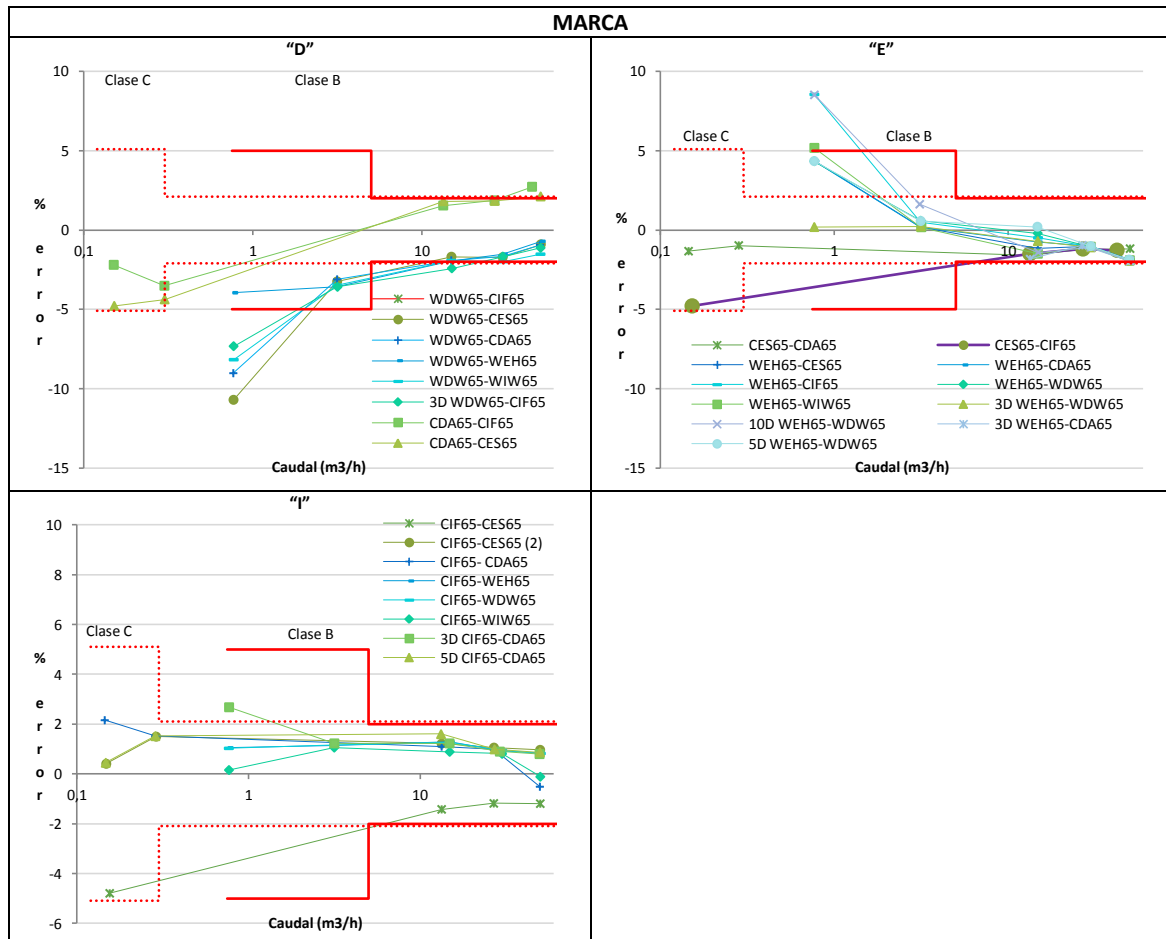
En el caso siguiente, que es aguas arriba, esta es la situación del contador cuya lectura se obtiene y grafica, luego el elemento perturbador está situado aguas abajo del contador ensayado.

AGUAS ARRIBA

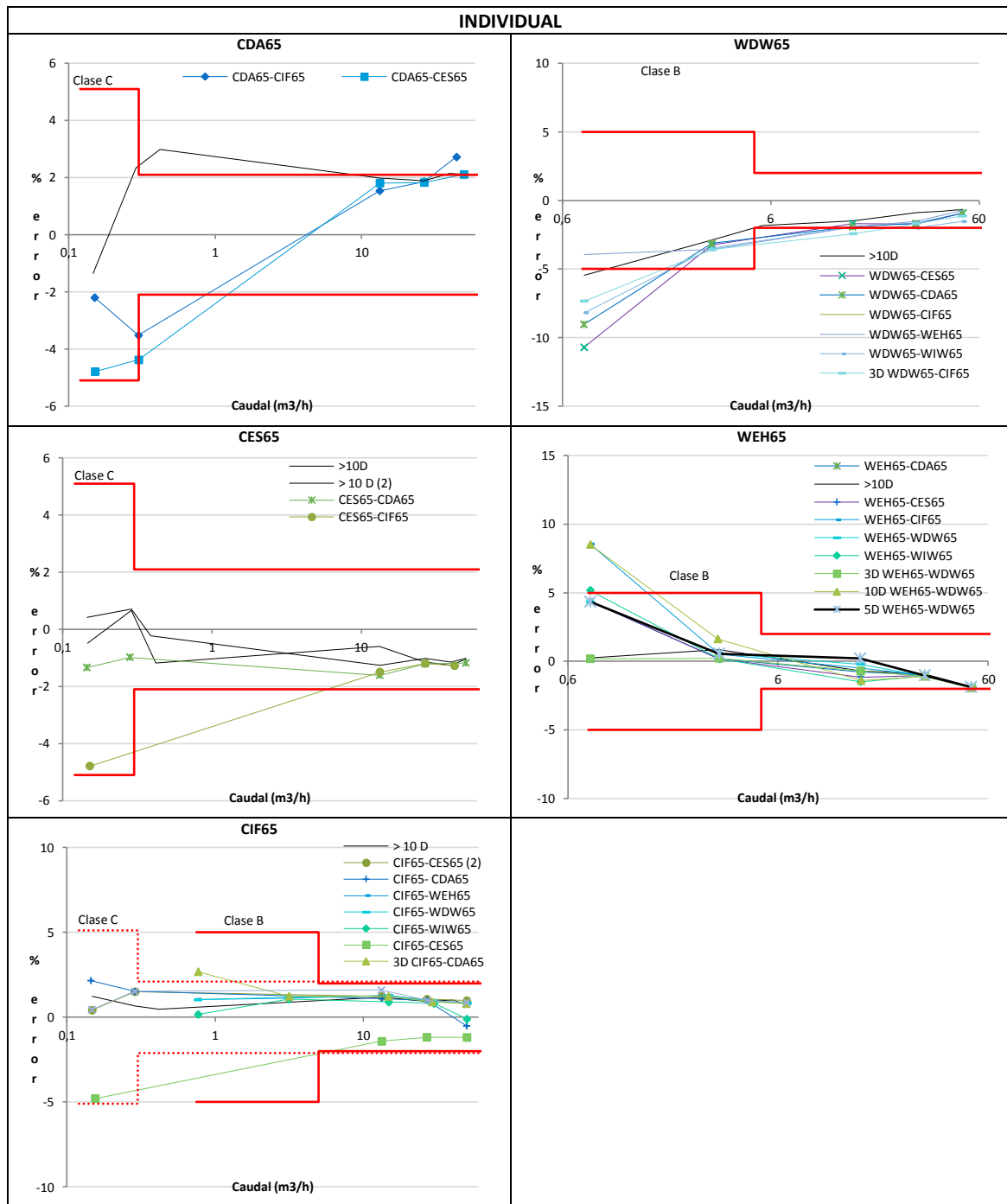


Observando los resultados del conjunto de contadores, se concluye que no se aprecian grandes diferencias de lecturas excepto para los caudales mínimos de los contadores tipo Woltmann.

Se ve en la gráfica anterior que si se colocan dos contadores de chorro único uno seguido del otro, la curva de error no se ve afectada.



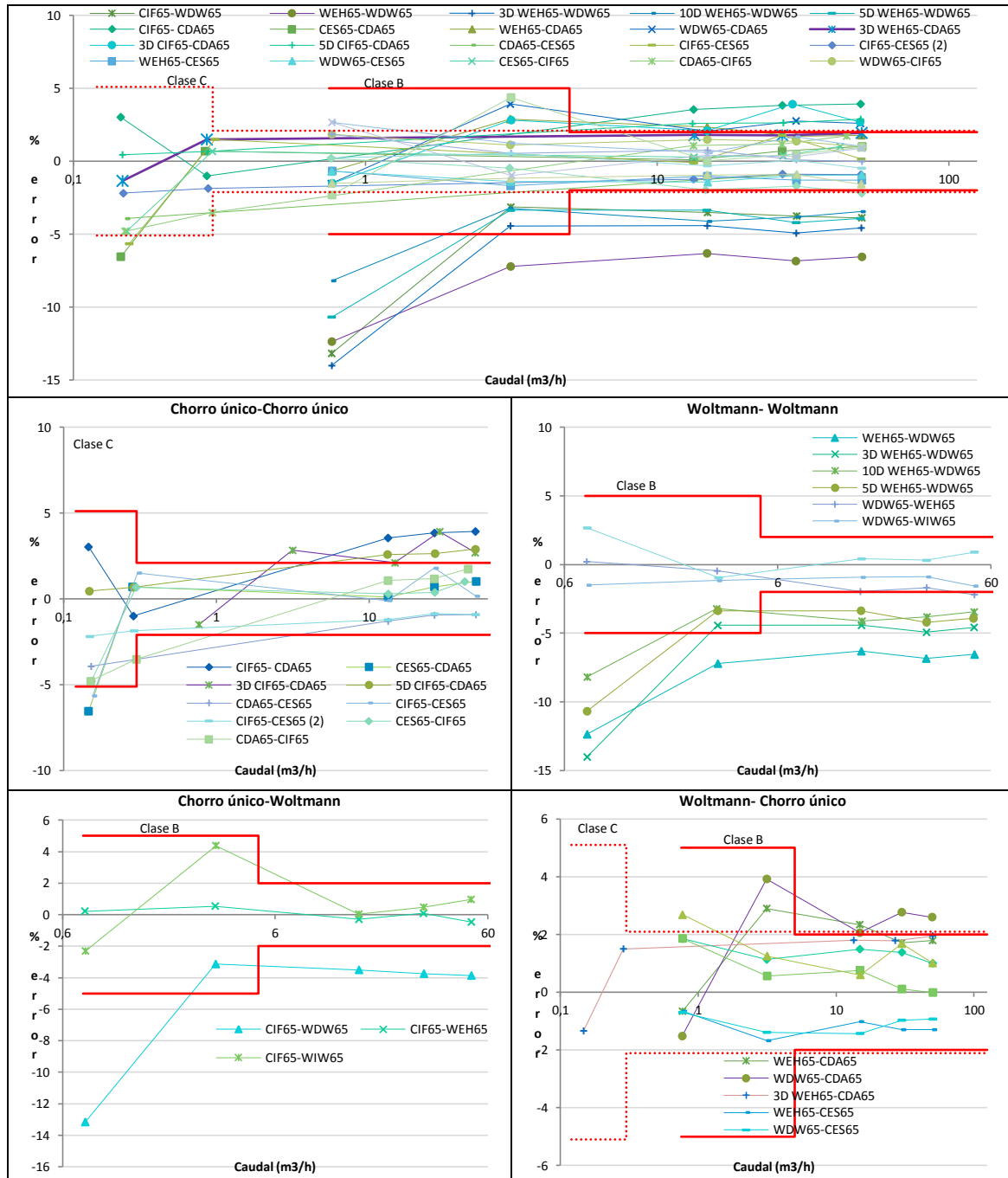
Se ve que no afecta significativamente a ninguna de las marcas analizadas.



En las gráficas anteriores se constata que al contador situado aguas arriba, no le afecta por encima de los límites que se han establecido, el que tenga situado inmediatamente aguas abajo cualquier tipo de contador de los ensayados.

AGUAS ABAJO

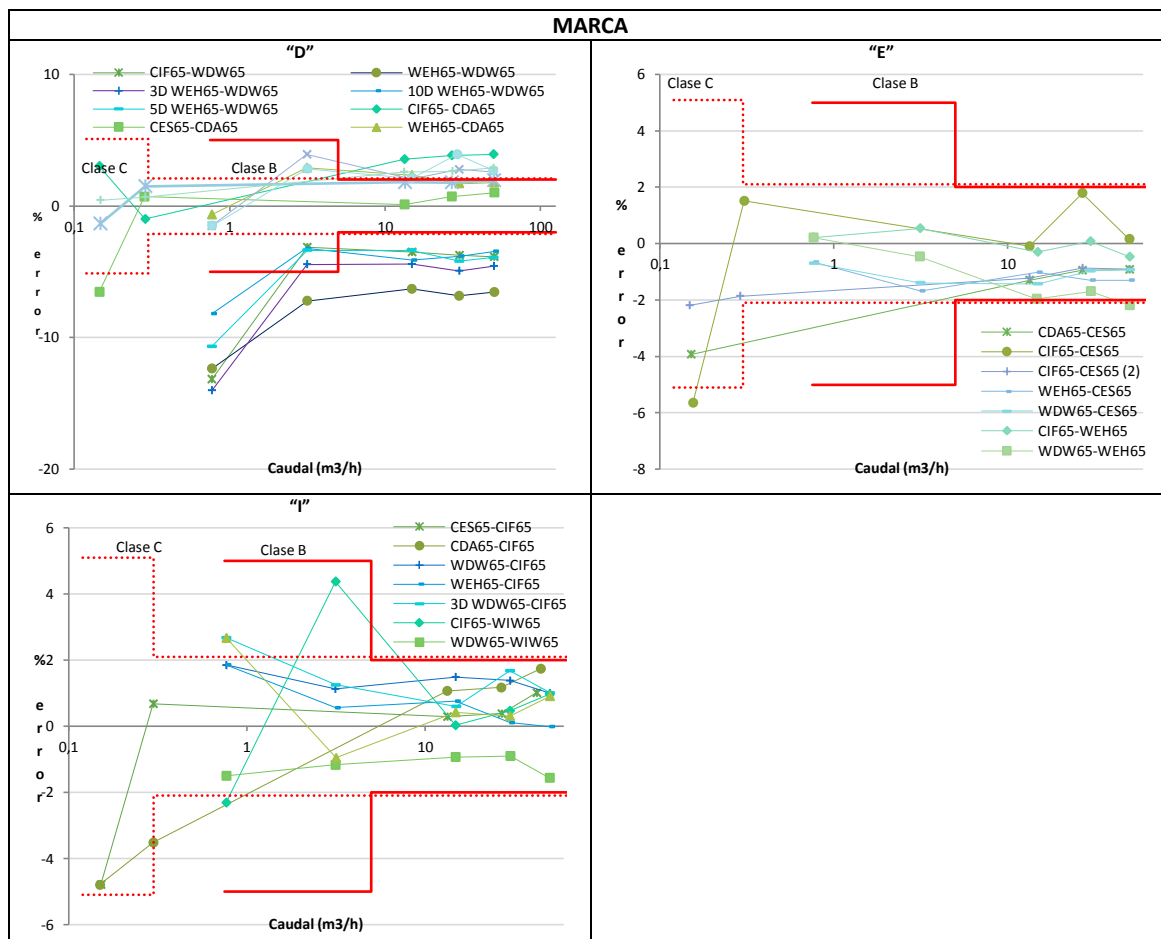
Se recuerda que para esta situación el elemento perturbador está situado aguas arriba.



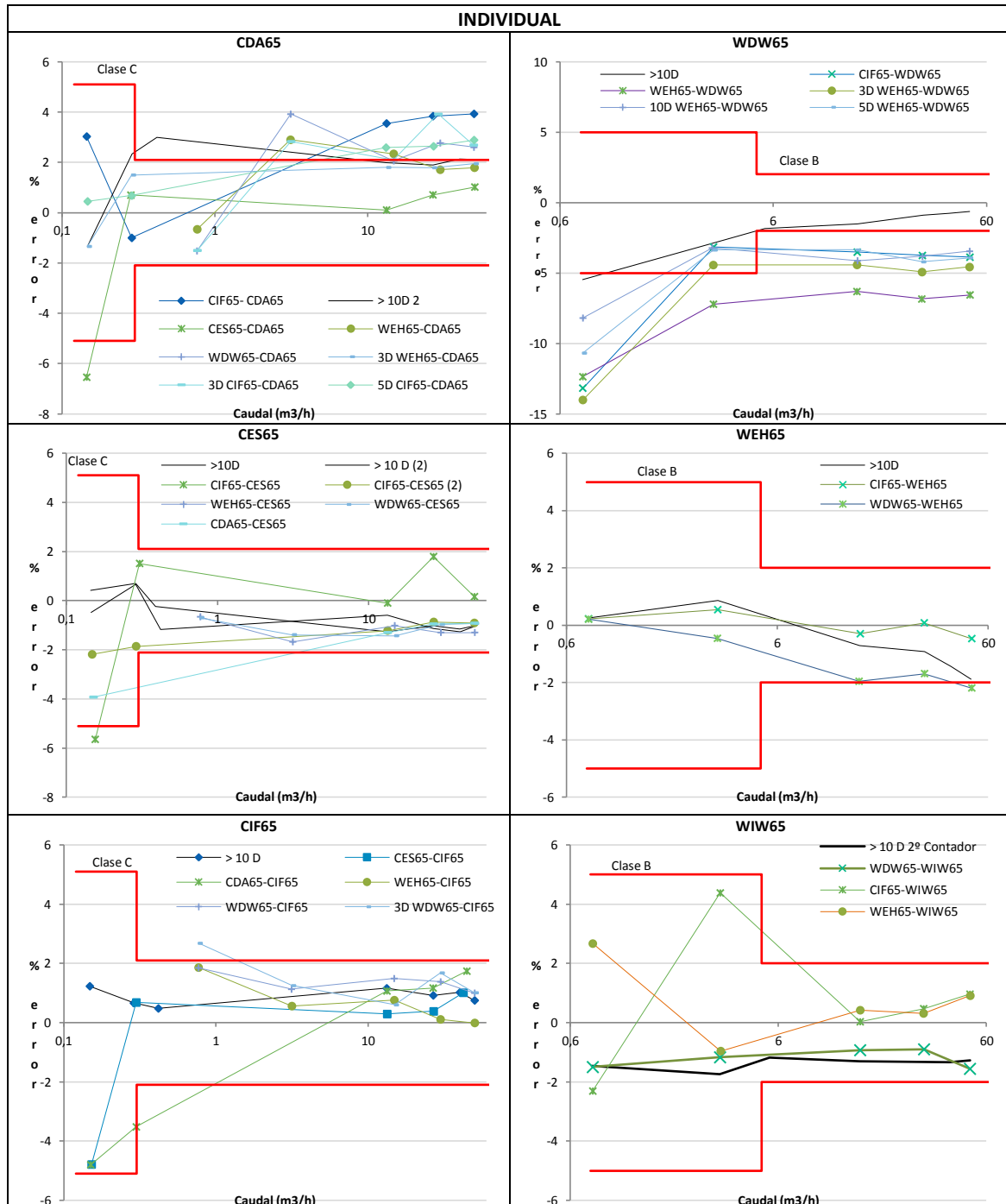
Analizando el conjunto de resultados, sólo se observan curvas fuera del intervalo de control para el contador tipo Woltmann de la marca “D”, el denominado WDW65.

Ninguna de las combinaciones mostradas en las gráficas anteriores afecta a la lectura de los contadores situados aguas abajo. En la configuración “Chorro único-Chorro único” hay alguna gráfica con sobreconteaje pero es debido a que la curva de referencia pasa por el límite

superior, por lo tanto la variación respecto a ella es aproximadamente del 2%, lo cual se sitúa dentro del margen que se ha establecido.



A ninguna de las dos primeras marcas, "I" y "E" les afecta el tener otro contador colocado aguas arriba, no así al contador tipo Woltmann de la marca "D", que como se ve le produce subcontaje.



CDA65, se observa cómo las lecturas fluctúan en torno a un $\pm 2\%$ de la curva de referencia(>10D), por lo que se puede entender que los resultados están dentro de lo estipulado, y si la curva de referencia hubiese estado más centrada, los resultados estarían dentro del intervalo permitido por la normativa.

WDW65, en este caso se observa un subcontaje en las lecturas del contador, principalmente cuando tiene un contador tipo Woltmann aguas arriba, también hay una pequeña variación a la baja con un contador de chorro único aguas arriba, pero menor que para el caso anterior.

En el resto de contadores, no se observa variación apreciable de la curva de error en ninguno de los casos estudiados.

TABLA RESUMEN

CONTADORES EN SERIE					
AGUAS ARRIBA			AGUAS ABAJO		
TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR	TECNOLOGIA	MARCA	CONTADOR
CHORRO UNICO	I	CDA65	CHORRO UNICO	I	CDA65
WOLTMAN	E	WDW65	WOLTMAN	E	WDW65
ULTRASONIDOS	D	CES65	ULTRASONIDOS	D	CES65
ELECTROMAGNETICO		WEH65	ELECTROMAGNETICO		WEH65
		CIF65			CIF65
		WIW65			WIW65
		WSM65			WSM65
		UAO100			UAO100
		ESS100			ESS100

Como se ve en la tabla resumen anterior fruto del estudio de las gráficas que reflejan los ensayos realizados a contadores tipo Woltmann y Chorro único de diferentes marcas, se puede concluir que colocar dos contadores de estas tecnologías embridados juntos en lo que sería una conexión en serie, no afecta a las curvas de error de los mismos más allá de pequeñas fluctuaciones. Dependiendo de la marca del contador, y por lo tanto de sus características constructivas, se puede encontrar algún modelo al que sí le afecta, como en el caso ensayado del WDW65, con un subcontaje de hasta el -8%.

4.6 Resumen de los resultados obtenidos

Se resumen a continuación, con lo que se pretende sean unas tablas de fácil lectura y consulta, los datos de los ensayos realizados. Estas tablas, están pensadas con la idea de que sirvan para que ante la vista de una determinada instalación, con un contador de alguna de las tecnologías estudiadas, se pueda determinar qué error puede estar cometiendo el medidor en sus lecturas, si estas son por defecto o por exceso, si hay una posible solución cambiando el orden de los accesorios en caso de que sea posible, aguas arriba por aguas abajo, o cambiando la tecnología o la marca del contador.

Estos son los criterios seguidos para la elaboración de las tablas con el objetivo anteriormente expuesto de simplificar los resultados.

Las tablas están hechas por TECNOLOGÍA, ACCESORIO y de forma INDIVIDUALIZADA por contador.

En las de TECNOLOGÍA y ACCESORIO, solo se han indicado las situaciones que afectan a la curva de error de los contadores, las que no aparecen es porque no afectan.

Las cantidades que se reflejan en las tablas son normalmente los peores valores absolutos que se han obtenido y por lo tanto que se pueden esperar.

En las que están hechas por tecnología cuando a uno de los contadores no le afecta, indica que la tecnología es capaz de medir bien en dichas condiciones y si afecta a los otros es por sus características constructivas, por lo tanto en la tabla se refleja como que no afecta.

TABLAS POR TECNOLOGÍA

CHORRO ÚNICO DN65							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	83%	±15%	+4%	✓	
		90°	83%	±15%	+4%	✓	
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	66%	+6%	+4%	+4%	✓
		90°	66%	+6%	+4%	✓	
Doble codo	✓	✓		✓			
Filtro	✓	✓		✓	✓		
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		±30%	✓		
		90°		±14%	✓		
Clapeta	✓			✓			
Conos convergente y divergente	✓			✓			

WOLTMANN DN65							
Elemento	Posición	Configuración	%	0 D	3 D	5 D	10 D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	83%	+80%	✓		
		90°	83%	+80%	✓		
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	66%	±60%	+60%	✓	✓
		90°	66%	±40%	+40%	✓	✓
Doble codo	✓	✓		✓			
Filtro	✓	✓		✓			
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		±70%	±20%	✓	
		90°		±70%	±20%	✓	
Clapeta	✓			✓			
Conos convergente y divergente	✓			✓			

ULTRASONIDOS DN100							
Elemento	Posición	Configuración	%	0 D	3 D	5 D	10 D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	90%	-100%	✓		
		90°	90%	-100%	✓		
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	70%	-100%	✓		
			90%		-60%	-15%	✓
		90°	70%	-100%	-8%		✓
			90%			-6%	✓
Doble codo	✓	✓		✓			
Filtro	✓	✓		✓			
Clapeta	✓			✓			
Conos convergente y divergente	✓			✓			

ELECTROMAGNÉTICO DN100							
Elemento	Posición	Configuración	%	0 D	3 D	5 D	10 D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	90%	+7%	-7%	✓	
		90°	90%	-25%	-5%	✓	
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	50%	+5%	✓		
			70%	+10%	✓		
		90°	50%	±10%	✓		
			70%	+12%	✓		
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		+3%	✓		
		Vertical		-4%	✓		
Filtro	Aguas arriba	Sucio		-6%	✓		
Clapeta	✓			✓			
Conos convergente y divergente	✓			✓			

Según las hipótesis planteadas y para los ensayos realizados, del análisis cualitativo por tecnología se puede concluir lo siguiente:

- Ninguna de las tecnologías se ve afectada por los accesorios si estos están colocados aguas abajo.
- Tampoco les afecta ni la válvula de clapeta ni los conos convergentes o divergentes.
- A los contadores de **CHORRO ÚNICO** les afecta las válvulas de compuerta y mariposa, en el primero de los casos a partir de un porcentaje de cierre superior al 80% y en el segundo de los casos del 66%. En ambos casos con un tramo recto de 3D el error producido se reduce prácticamente al mínimo, y con 5D desaparece para las válvulas de compuerta, necesitando llegar hasta los 10 D para las de mariposa. También se ven afectados por las válvulas de retención de doble clapeta en cualquiera de sus dos configuraciones.
- Los contadores **WOLTMANN** se ven afectados tanto por la válvula de mariposa como por la de compuerta si están bastante cerradas, por encima de 2/3. El error producido va en aumento a medida que se va cerrando la válvula, siendo este error muy significativo del lado del sobrecontaje, pudiendo llegar a contar hasta el doble del caudal realmente trasegado. También les afecta la válvula de retención de doble clapeta. En cuanto al filtro, con los criterios de ensayo utilizados y las hipótesis planteadas se tiene que afirmar que no afecta a la tecnología Woltmann, aunque cuando se ensayó un contador con su filtro original el resultado del ensayo fue que la curva de error se elevó en un 15%

por encima de la real. Esto puede significar que igual que con las válvulas de compuerta y mariposa, hay un determinado porcentaje de colmatación del filtro a partir del cual las lecturas comienzan a ser erróneas, y el error aumenta proporcionalmente a ese porcentaje.

- La tecnología de **ULTRASONIDOS** solo se ve afectada por las válvulas de compuerta y de mariposa bastante cerradas, 70% para las de mariposa y 90% para las de compuerta. Es significativo que en ambos casos a partir de cierto caudal se quedan “ciegos”, es decir, dejan de contabilizar el caudal que circula. Con 3D de tramo recto de tubería es suficiente para las válvulas de compuerta, siendo necesarios hasta 10D para las de mariposa.
- A los **ELECTROMAGNÉTICOS** les afectan las válvulas de compuerta a partir de 90% de cierre y hasta 5D, las de mariposa a partir de 50% pero con 3D es suficiente para una lectura correcta, el doble codo tanto horizontal como vertical y el filtro sucio, aunque en estos últimos casos lo hace con unas desviaciones de la curva de error mínimas.

TABLAS POR ACCESORIO

Las siguientes tablas contienen los mismos datos que las anteriores pero ordenadas por el accesorio ensayado.

VÁLVULA DE COMPUERTA						
Tecnología	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D
Chorro único	Aguas arriba	0º	83%	±15%	+4%	✓
		90º	83%	±15%	+4%	✓
Woltmann	Aguas arriba	0º	66%	±7%	✓	
			83%	+80%	✓	
		90º	66%	±5%	✓	
			83%	+80%	✓	
Ultrasonidos	Aguas arriba	0º	90%	-100%	✓	
		90º	90%	-100%	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	0º	90%	+7%	-7%	✓
		90º	90%	-25%	-5%	✓

VÁLVULA DE MARIPOSA							
Tecnología	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Chorro único	Aguas arriba	0º	66%	+6%	+4%	+4%	✓
		90º	66%	+6%	+4%	✓	
Woltmann	Aguas arriba	0º	66%	+60%	+60%	+6%	±5%
		90º	66%	+40%	+40%	+10%	±5%
Ultrasonidos	Aguas arriba	0º	70%	-100%	✓		
			90%		-60%	-15%	✓
		90º	70%	-100%	-8%		✓
			90%			-6%	✓
Electromagnético	Aguas arriba	0º	70%	+10%	✓		
		90º	70%	+12%	✓		

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Config.	0D	3D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonido	✓	✓	✓	
Electromag.	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

FILTRO				
Tecnología	Posición	Config.	0D	3D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromag.	Aguas	Sucio	-6%	✓

DOBLE CLAPETA				
Tecnología	Posición	Config.	0D	3D
Chorro único	Aguas arriba	0º	±30%	✓
		90º	±30%	✓
Woltmann	Aguas arriba	0º	±70%	±20%
		90º	±70%	±20%

CLAPETA		
Tecnología	Posición	0 D
Chorro único	✓	✓
Woltmann	✓	✓
Ultrasonidos	✓	✓
Electromagnético	✓	✓

CONOS CONVERGENTE Y DIVERGENTE		
Tecnología	Posición	0 D
Chorro único	✓	✓
Woltmann	✓	✓
Ultrasonidos	✓	✓
Electromagnético	✓	✓

TABLAS INDIVIDUALIZADAS POR CONTADOR

Las tablas que se presentan a continuación son individuales de cada contador. Los datos se han obtenido de las gráficas de las curvas de error generadas con los resultados de los ensayos.

Para entender estas tablas es necesario conocer las siguientes abreviaturas.

Q: afecta a caudales altos

q: afecta a caudales bajos

S.E.: Sin Ensayar

qQ: afecta a todo el rango de caudales

CDA65 (Chorro único)								
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D	
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓				
			33%	✓				
			66%	✓				
			83%	+8% Q	✓			
		90°	33%	✓				
			83%	+12% Q	+4% Q	✓		
	Aguas abajo	0°	0%	✓				
			33%	✓				
		90°	66%	✓				
			66%	✓				
	Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	S.E.	=		
				60%	S.E.	✓		
66%				S.E.	+4% Q	+4% Q	✓	
Aguas abajo		0°	0%	S.E.	=			
			60%	S.E.	✓			
			66%	S.E.	✓	✓		
		90°	33%	S.E.	=			
			66%	S.E.	=			
Doble codo		Aguas arriba	Horizontal		✓			
			Vertical		✓			
	Aguas abajo	Horizontal		✓				
		Vertical		✓				
Filtro	Aguas arriba	Limpio		✓				
		Sucio		-12%Q	✓			
	Aguas abajo	Limpio		✓				
		Sucio		✓				
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		+12%qQ	+4% Q	✓		
		90°		+14% q	=	=	✓	
	Aguas abajo	0°		✓				
		90°		✓				
Clapeta	Aguas arriba			✓				
	Aguas abajo			✓				
Cono convergente	Aguas arriba			✓				
	Aguas abajo			✓				
Cono divergente	Aguas arriba			✓				
	Aguas abajo			✓				

CES65 (Chorro único)								
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D	
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓				
			33%	✓				
			66%	✓				
		83%	+6% Q	✓				
		90°	33%	✓				
			66%	✓				
	83%		+5% Q	✓				
	Aguas abajo	0°	0%	✓				
			33%	✓				
			66%	✓				
		90°	33%	✓				
			66%	✓				
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	-15% q				
			33%	✓				
			66%	+3% Q	✓			
		90°	33%	-10% q				
			66%	+4% Q	=			
	Aguas abajo	0°	0%	✓				
			33%	✓				
			66%	✓				
		90°	33%	✓				
			66%	✓				
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		✓				
		Vertical		✓				
	Aguas abajo	Horizontal		✓				
		Vertical		✓				
Filtro	Aguas arriba	Limpio		+3% Q	✓			
		Sucio		✓	-3% qQ	✓		
	Aguas abajo	Limpio		✓				
		Sucio		✓				
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		-30% q	✓			
		90°		✓				
	Aguas abajo	0°		✓				
		90°		✓				
Clapeta	Aguas arriba			-3% qQ	✓			
	Aguas abajo			✓				
Cono convergente	Aguas arriba			✓				
	Aguas abajo			✓				
Cono divergente	Aguas arriba			✓				
	Aguas abajo			✓				

WIW65B (Woltmann)							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	+5% qQ	✓		
			83%	+25% qQ	✓		
		90°	33%	✓			
			66%	+3% Q	=		
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
		90°	66%	✓			
			33%	✓			
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	+12% q			
			60%	+18% Q	✓	✓	✓
			66%	+60% qQ	+60% qQ	+6% Q	+4% Q
		90°	33%	+4% Q		✓	
			66%	+40% qQ	+40% qQ	+10% Q	+4% Q
			0%	✓			
	Aguas abajo	0°	33%	✓			
			66%	✓			
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		✓			
		Vertical		✓			
	Aguas abajo	Horizontal		✓			
		Vertical		✓			
Filtro	Aguas arriba	Limpio		✓			
		Sucio		+12% q - Q	✓		
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		+25% q	✓		
		90°		+25% q	-20% q	✓	
	Aguas abajo	0°		✓			
		90°		✓			
Clapeta	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono convergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			

CIF65 (Chorro único)							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
		83%	-15% qQ	+3% Q	✓		
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
	83%		+10% qQ	+3% Q	✓		
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	+6% Q	+4% Q	+3% Q	✓
		90°	33%	✓			
			66%	+6% Q	+4% Q	-12% q	+3% Q
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		✓			
		Vertical		✓			
	Aguas abajo	Horizontal		✓			
		Vertical		✓			
Filtro	Aguas arriba	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		-8% q	✓		
		90°		✓			
	Aguas abajo	0°		✓			
		90°		✓			
Clapeta	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono convergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono divergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			

WDW65 (Woltmann)							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	-7% qQ	-4% qQ	-4% qQ	-6% qQ
			83%	+80% qQ	+20% qQ	-14% q	-5% qQ
	90°	33%	✓				
		66%	-5% qQ	=			
		83%	+80% qQ	=			
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
90°		33%	✓				
66%	✓						
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	+12% qQ	-6% qQ	-7% qQ	-6% qQ
			33%	✓	-10% qQ	-9% qQ	-5% qQ
			66%	-12% qQ	-12% qQ	-20% q	-8% qQ
		90°	33%	✓	-9% qQ	-5% qQ	-7% qQ
			66%	-15% qQ	-5% qQ	+5% qQ	-8% qQ
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	-15% q			
			66%	-8% q			
90°	33%	✓					
	66%	-14% q					
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		-3% qQ	-6% qQ	✓	
		Vertical		✓			
	Aguas abajo	Horizontal		-4% qQ	-5% qQ		
		Vertical		-4% qQ	-5% qQ	-4% qQ	
Filtro	Aguas arriba	Limpio		-5% qQ	-12% qQ	-9% qQ	-7% qQ
		Sucio		-10% qQ	-8% qQ	-8% qQ	-7% qQ
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		-35% qQ	-9% qQ	=	=
		90°		-35% qQ	-9% qQ	-8% qQ	-5% qQ
	Aguas abajo	0°		✓			
		90°		-7% q	-9% q	-8% q	
Clapeta	Aguas arriba			-10% qQ	-8% qQ	-7% qQ	-6% qQ
	Aguas abajo			✓			
Cono convergente	Aguas arriba			-5% qQ	-3% qQ		
	Aguas abajo			-11% q			
Cono divergente	Aguas arriba			+5% qQ	✓		
	Aguas abajo			-11% q			

WDW65 (Woltmann) Corregida							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	-7% qQ	-4% qQ	-4% qQ	-6% qQ
			83%	+80% qQ	+20% qQ	-14% q	-5% qQ
	90°	33%	✓				
		66%	-5% qQ	=			
		83%	+80% qQ	=			
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
		90°	33%	✓			
66%			✓				
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	+12% qQ	-6% qQ	-7% qQ	-6% qQ
			33%	✓	-10% qQ	-9% qQ	-5% qQ
		90°	66%	-12% qQ	-12% qQ	-20% q	-8% qQ
			33%	✓	-9% qQ	-5% qQ	-7% qQ
	Aguas abajo	0°	66%	-15% qQ	-5% qQ	+5% qQ	-8% qQ
			0%	✓			
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		-3% qQ	-6% qQ	✓	
		Vertical		✓			
	Aguas abajo	Horizontal		-4% qQ	-5% qQ		
		Vertical		-4% qQ	-5% qQ	-4% qQ	
Filtro	Aguas arriba	Limpio		-5% qQ	-12% qQ	-9% qQ	-7% qQ
		Sucio		-10% qQ	-8% qQ	-8% qQ	-7% qQ
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		-35% qQ	-9% qQ	=	=
		90°		-35% qQ	-9% qQ	-8% qQ	-5% qQ
	Aguas abajo	0°		✓			
		90°		✓	✓	✓	
Clapeta	Aguas arriba			-10% qQ	-8% qQ	-7% qQ	-6% qQ
	Aguas abajo			✓			
Cono convergente	Aguas arriba			-5% qQ	-3% qQ		
	Aguas abajo			✓			
Cono divergente	Aguas arriba			+5% qQ	✓		
	Aguas abajo			✓			

WEH65 (Woltmann)							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula De Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	+3% Q	✓		
			83%	+45% qQ	✓		
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
			83%	+45% qQ	=		
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			33%	+10% q	✓		
			66%	+60% qQ	+4% Q	+4% Q	✓
		90°	33%	+7% q	=		
			66%	+20% qQ	✓	✓	
			83%	+45% qQ	✓		
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
		90°	33%	✓			
			66%	✓			
			83%	+45% qQ	✓		
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		✓	✓		
		Vertical		✓			
	Aguas abajo	Horizontal		✓			
		Vertical		✓			
Filtro	Aguas arriba	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		+100% q	✓	=	
		90°		+20% qQ	✓	✓	
	Aguas abajo	0°		✓	✓		
		90°		✓			
Clapeta	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono convergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono divergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			

WSM65 (Woltmann)							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	+20% q			
			66%	✓	✓		
			83%	+15% qQ	✓		
		90°	66%	✓			
	83%		+15% qQ	=			
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			66%	✓			
			83%	✓			
90°		66%	✓				
	83%	✓					
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	✓		✓	
			33%	✓		✓	
			66%	+3% Q	+5% Q	✓	
		90°	33%	✓			
	66%		+15% qQ	✓	✓		
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			33%	✓			
			66%	✓			
90°		33%	✓				
	66%	✓					
Filtro	Aguas arriba	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Doble clapeta	Aguas arriba	0°		+12% qQ	=		
		90°		+70% q	+18% q	✓	
	Aguas abajo	0°		✓			
		90°		✓			
Clapeta	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			

UAO100 (Ultrasonidos)							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula de Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			70%	✓			
			90%	-100% Q	✓		
		90°	0%	✓			
			70%	✓			
			90%	-100% Q	✓		
	Aguas abajo	0°	0%	✓			
			70%	✓			
			90%	✓			
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	50%		✓		
			70%	-100% Q	-8% q		
			90%		-60% q	-15% q	
		90°	50%		-8% q		
			70%	-100% Q	-8% q		
			90%			-6% q	
	Aguas abajo	0°	50%	✓			
			70%	✓			
	Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		✓		
Vertical				✓			
Aguas abajo		Horizontal		✓			
		Vertical		✓			
Filtro	Aguas arriba	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Clapeta	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono convergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono divergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			

ESS100 (Electromagnético)							
Elemento	Posición	Configuración	%	0D	3D	5D	10D
Válvula De Compuerta	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			70%	✓	✓		
			90%	+7% Q	-7% Q	✓	✓
	Aguas abajo	0°	70%	✓	✓		
			90%	-25% Q	-5% Q	=	✓
			0%	✓			
Válvula de Mariposa	Aguas arriba	0°	0%	✓			
			50%	+5% qQ	✓	✓	
			70%	+10% qQ	✓	✓	
			90%	-22% q	✓		
	Aguas abajo	90°	50%	+/-10% qQ	✓		
			70%	+12% qQ	✓		
			0%	70%	✓		
			90%	70%	✓		
Doble codo	Aguas arriba	Horizontal		+3% Q	✓	✓	✓
		Vertical		-4% Q	✓	✓	✓
	Aguas abajo	Horizontal		✓			
		Vertical		✓			
Filtro	Aguas arriba	Limpio		✓			
		Sucio		-6% Q	✓		
	Aguas abajo	Limpio		✓			
		Sucio		✓			
Clapeta	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono convergente	Aguas arriba			✓			
	Aguas abajo			✓			
Cono divergente	Aguas arriba			✓			

El contador WDW65 es con diferencia al que más le afectan todos y cada uno de los accesorios, sin embargo, se cree que muchos de los resultados obtenidos tienen más que ver con la calidad constructiva del contador que con la perturbación producida por el accesorio, por eso se ha elaborado una tabla corregida, en la que se han omitido los resultados adversos cuando estos eran únicamente para caudales pequeños, normalmente para el caudal mínimo.

4.7 Otros ensayos realizados

Sin seguir todo el proceso anterior, se han realizado ensayos a un contador volumétrico para ver cómo le afectan ciertas condiciones de instalación. Estos ensayos han surgido en la visita de instalaciones de contadores que se analiza en el capítulo siguiente. Inicialmente no estaba previsto ensayar contadores con tecnología volumétrica, principalmente por dos motivos: el primero es porque es una tecnología a la que teóricamente no le afectan las condiciones de instalación, y el segundo porque el máximo tamaño de este tipo de contadores suele ser DN40, siendo muy difícil encontrarlos en el rango de diámetros nominales, a partir de DN50, objeto de este estudio. Sin embargo como en las visitas realizadas se han encontrado varios casos de este tipo de tecnología en los que han surgido serias dudas de que la instalación estuviese afectando a la lectura de los contadores, se ha decidido ensayarlos simulando las condiciones en las que estaban, lo que nos ha arrojado resultados muy útiles a la hora de evaluar diferentes instalaciones.

Contador volumétrico

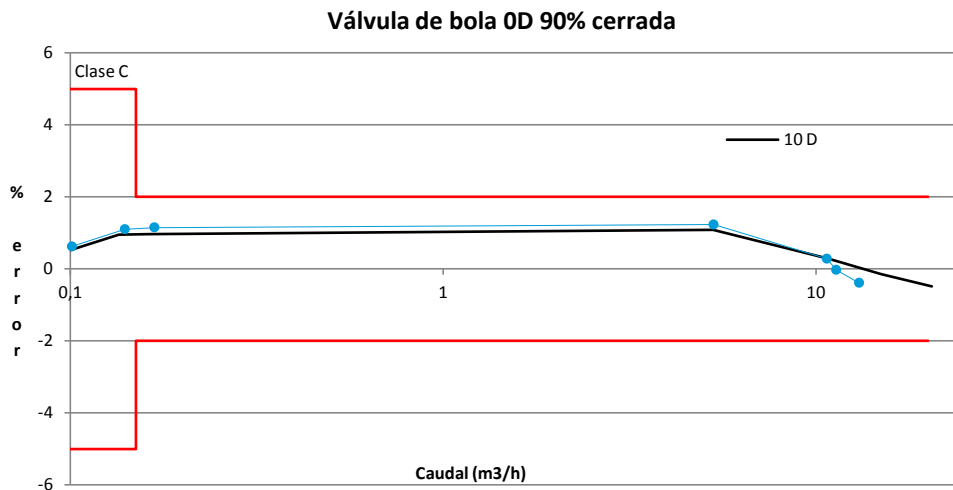
Válvula de bola a 0D aguas arriba cerrada en un 90%.

Se desconoce el efecto que tiene una válvula parcialmente cerrada sobre la lectura de un contador volumétrico. Tal y como se observa en la foto, se ha encontrado un caso real al que no se sabía dar respuesta más allá de las especificaciones del fabricante.



Se quería certificar cual era el efecto de las válvulas colocadas aguas arriba de los contadores volumétricos. Por la experiencia adquirida en todos los ensayos realizados, se sabe que la peor situación se produce cuando la válvula está situada inmediatamente aguas arriba, a 0D (0 diámetros), y cuando está casi completamente cerrada, situación que coincide con el caso encontrado. Se realiza el ensayo en el banco de pruebas del laboratorio con el resultado que refleja la gráfica siguiente, donde la línea negra es el resultado del ensayo en condiciones óptimas, y la línea de puntos con la válvula de bola a 0D y cerrada aproximadamente un 90%,

que es lo máximo que permite la instalación del laboratorio, ya que tal y como se puede observar en la gráfica, con la situación ensayada no se llega al caudal máximo.



Como puede observarse, en este caso la válvula completamente cerrada no afecta en absoluto a la curva de error del contador que resulta casi idéntica para las dos situaciones. Por lo tanto se puede estimar que una válvula de bola no va a afectar a la lectura de un contador volumétrico en ninguna situación, dado que la ensayada es la más desfavorable de todas.

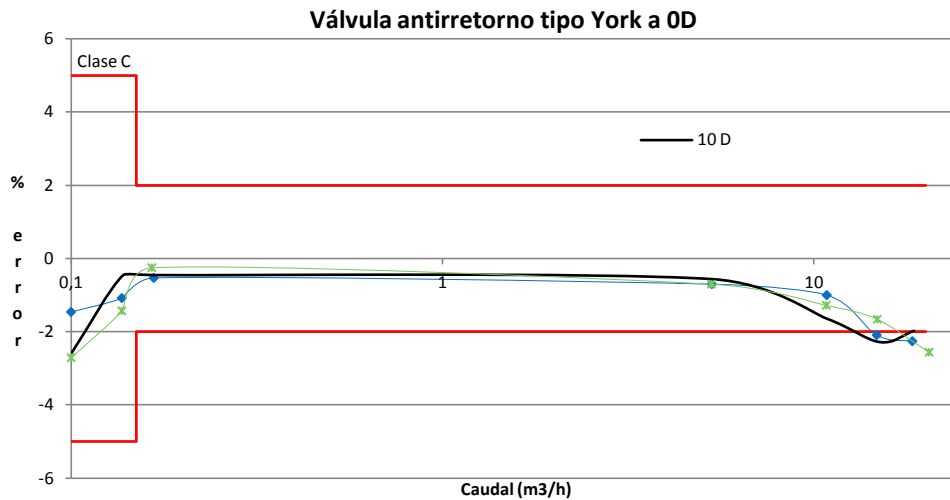
Válvula antirretorno tipo York a OD aguas arriba

Otro de los casos encontrados y cuyo efecto sobre un contador volumétrico se desconoce es el de una válvula de retención tipo York. Tal y como se observa en la foto, se ha encontrado un caso real que igual que en el anterior no se sabía dar respuesta más allá de las especificaciones del fabricante.



Como en el caso anterior, por la experiencia adquirida se sabe que la peor situación se produce cuando la válvula está situada inmediatamente aguas arriba, a OD (0 diámetros), situación que

coincide con el caso encontrado. Se realiza el ensayo en el banco de pruebas del laboratorio con el resultado que se refleja en la gráfica siguiente, donde la línea negra es el resultado del ensayo en condiciones óptimas, y las líneas con marcadores con la válvula antirretorno tipo York.



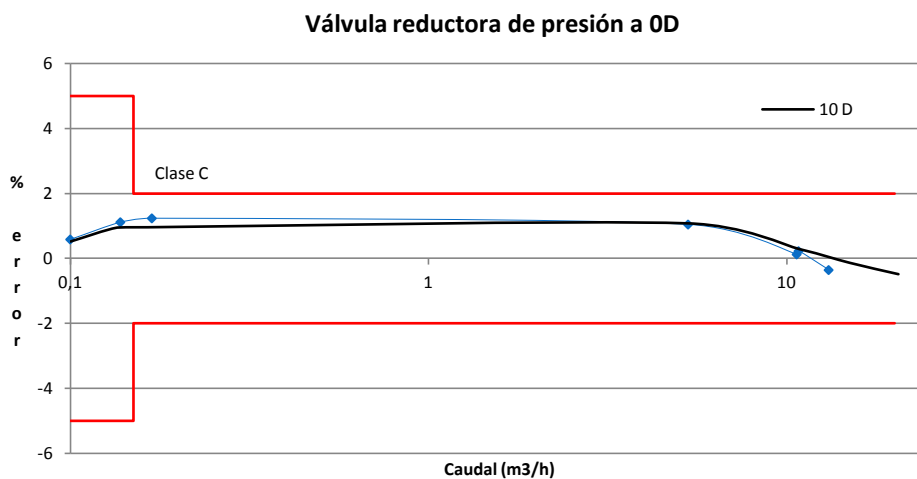
Del análisis de la gráfica anterior se concluye que una válvula antirretorno tipo York, no afecta a la metrología de un contador volumétrico cuando está situada inmediatamente aguas arriba de este, y por lo tanto no lo va a hacer en ninguna situación, dado que la ensayada es la más desfavorable de todas.

Válvula reductora de presión a 0D aguas arriba

Se analiza un contador volumétrico cuando el accesorio inmediatamente aguas arriba es una válvula reductora de presión. No se han incluido este tipo de válvulas entre los accesorios a ensayar con el resto de contadores, debido a que por las condiciones de la instalación no se puede simular la situación en la que se produzca una gran reducción de presión, que es la que probablemente sea la más desfavorable. Esto es así porque la instalación de ensayo con la que se cuenta, está diseñada, tal y como se explica en el capítulo 3, para trasegar caudales para el ensayo de contadores y válvulas, lo que no requiere de grandes presiones, y estas solo suponen mayor potencia instalada y mayores requerimientos de la instalación.



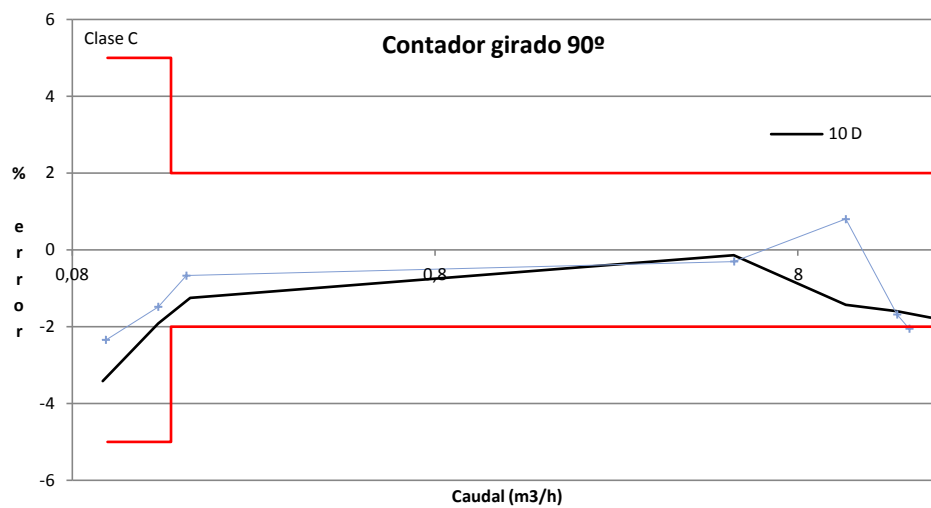
Se estima que la peor situación se produce cuando la válvula esté reduciendo al máximo la presión, es decir, se tenga el máximo salto entre la presión de entrada y la de salida. En este caso y por las razones aducidas anteriormente, no se puede simular tal situación, por lo que el ensayo se realiza con la reductora colocada aguas arriba a 0D (0 diámetros), y tal y como sale de fábrica. Se realiza el ensayo en el banco de pruebas del laboratorio con el resultado que se refleja en la gráfica siguiente, donde la línea negra es el ensayo en condiciones óptimas, y la línea con marcadores con la válvula reductora de presión.



Se concluye que una válvula reductora de presión no afecta a la metrología de un contador volumétrico cuando está situada inmediatamente aguas arriba de este, y por lo tanto no lo va a hacer en ninguna situación siempre y cuando se cumplan las mismas condiciones, en cuanto a la reducción de presión, de las del ensayo. Se desconocen los efectos para el resto de los casos.

Contador girado 90°

Se analiza un contador volumétrico cuando en vez de estar en posición vertical, con el contador numérico hacia arriba, está girado 90°.



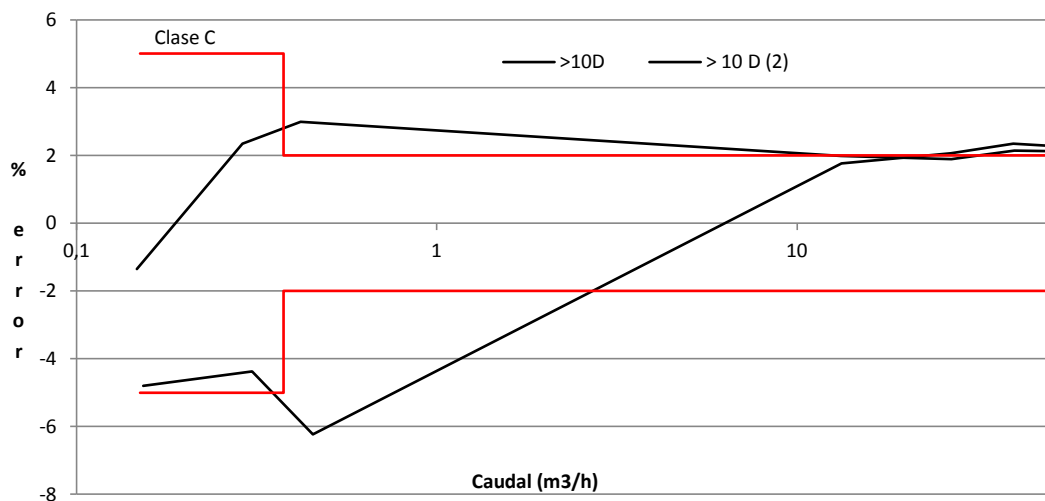
Se estima que el giro del contador no afecta a la lectura del mismo, ya que a pesar del punto extraño que aparece en el quinto caudal, no se produce una diferencia reseñable que no pueda ser debida a la propia incertidumbre del contador.

4.8 Otros resultados

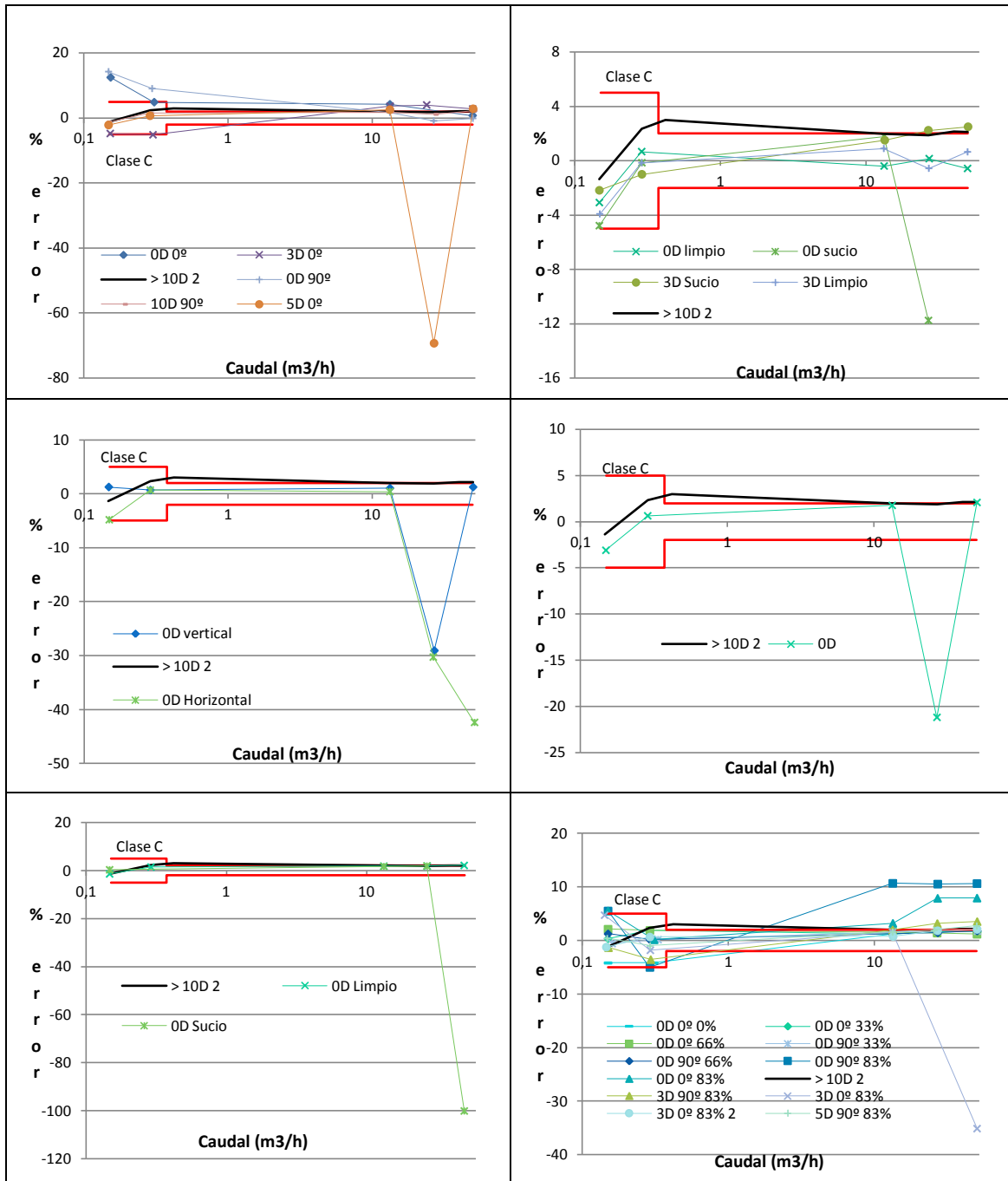
Contador CDA65

El contador CDA65 NUEVO que se ha ensayado en el banco de pruebas del laboratorio no funciona correctamente. Se ha detectado una anomalía que produce un subcontaje del volumen realmente trasegado. Es difícil estimar el volumen de agua que se puede quedar sin contar ya que es un error aleatorio.

Los dos ensayos realizados con tramos rectos de tubería mayores de 10 diámetros aguas arriba y abajo dan como resultado curvas de error no muy buenas, rozando los límites de la normativa. Se constata además poca repetibilidad en los caudales pequeños.

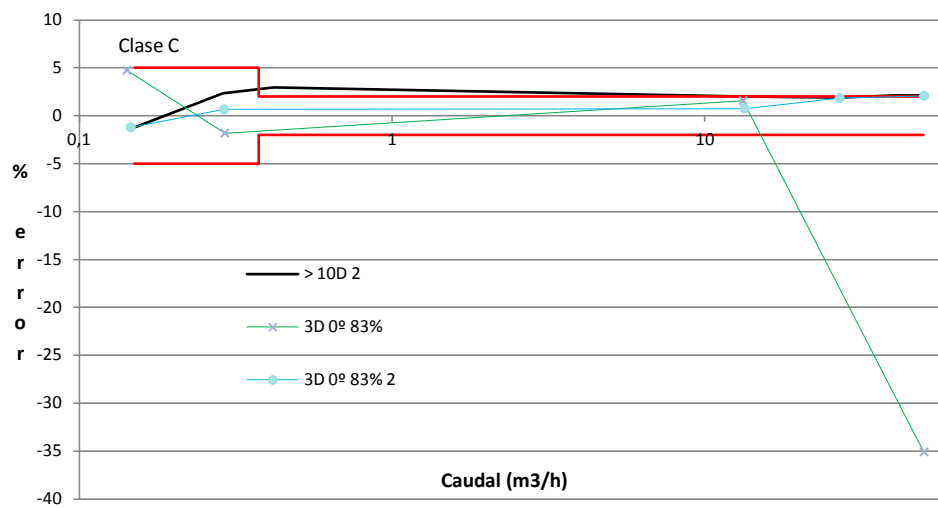


Se han realizado multitud de ensayos a este contador con diferentes elementos aguas arriba y abajo, arrojando los siguientes resultados significativos.



En las gráficas se puede observar cómo en determinados momentos CDA65 deja de contabilizar el volumen trasegado, recuperándose a continuación de manera aleatoria. En las gráficas 1,3 y 4 se recupera de un caudal para otro, en la 3 se observa que en uno de los ensayos se recupera y en el otro no, y en todos los casos, excepto en el de la gráfica 5, no se produce una parada completa del contador, porque entonces el porcentaje de error sería del -100%, como es el caso de la gráfica 5, sino que durante unos instantes mientras dura el ensayo permanece parado.

Ensayando el contador en la misma instalación de forma consecutiva, se obtuvo el siguiente resultado:



Como se puede observar, en el primer ensayo aparece un error a caudal máximo de -35%, sin embargo realizado un segundo ensayo en las mismas condiciones, se obtiene una lectura correcta.

En los videos que se muestran a continuación se observa cómo el contador se queda trabado en lo que parece ser el paso de determinados números, dejando de contabilizar el volumen de agua que está circulando.



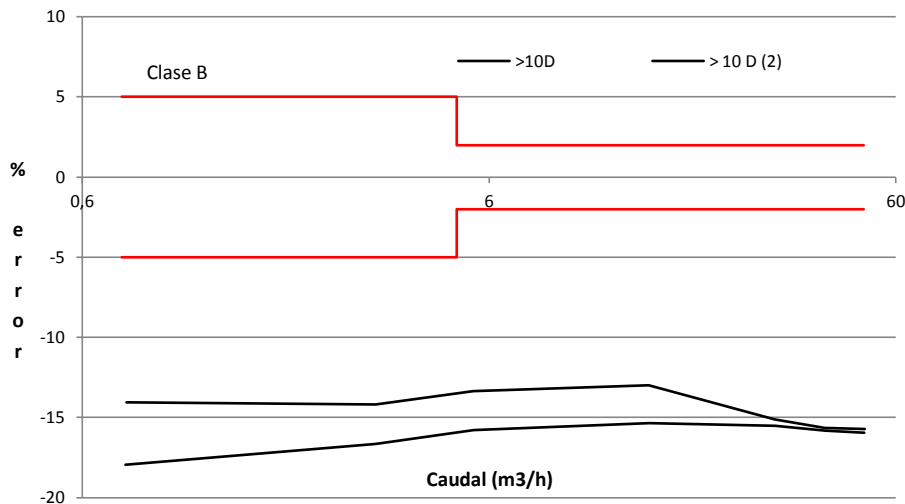
CDA65 a 50m3-h.wmv



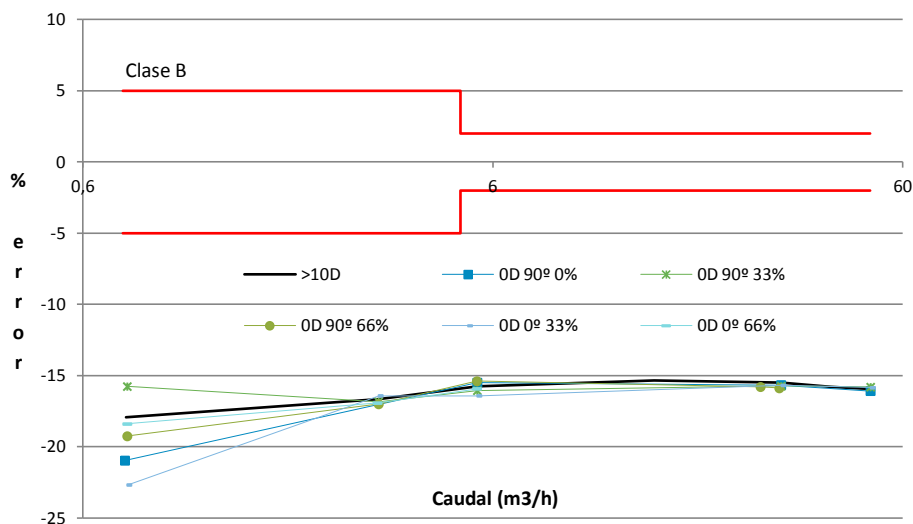
CDA65 a bajo caudal.wmv

Contador WIW65M

Ensayado el contador NUEVO WIW65M en el banco de pruebas del laboratorio, con tramos rectos de tubería mayores de 10 diámetros aguas arriba y abajo arroja los siguientes resultados.

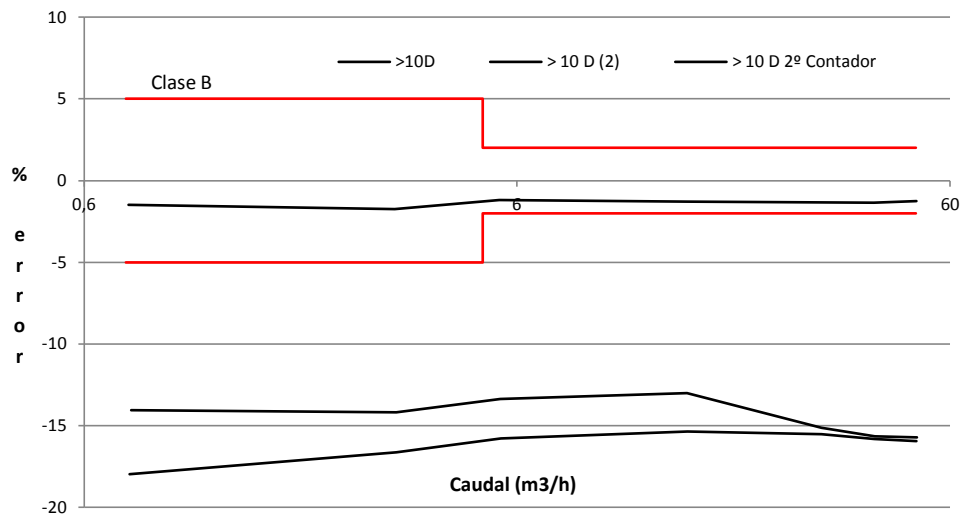


A este contador se le han realizado gran cantidad de ensayos con diferentes accesorios colocados aguas arriba y abajo.



Tal y como se puede observar, en todos los casos la curva de error es muy similar, confirmando que este contador a pesar de ser nuevo tiene un subcontaje de aproximadamente un 16% de media.

Visto el mal resultado obtenido, se procede a ensayar el contador siguiente de la serie, es decir un contador exactamente igual que el anterior. Si el número de serie del primero es XXXXX83, el de este es XXXXX84.



Como se aprecia este segundo contador tiene una buena curva de error, con un pequeño subcontaje pero dentro de lo especificado por la normativa.

4.9 Conclusiones

Analizando los resultados de todos los ensayos realizados con las hipótesis planteadas y cotejándolos con las publicaciones científicas existentes y que se han mencionado en el capítulo 1, se observan las siguientes conclusiones:

- Los accesorios que producen una mayor distorsión de la curva de error son las válvulas de compuerta y de mariposa cuando están bastante cerradas y colocadas inmediatamente aguas arriba del contador. Dependiendo de la tecnología del contador el resultado puede ser elevados sobrecontajes o subcontajes a lo largo de todos los caudales de la curva de error, de hecho la cuantía de estos últimos aumenta con el porcentaje de cierre de las válvulas. También va a depender de la tecnología del contador en cuestión la longitud de tramo recto de tubería necesario para evitar la distorsión de la curva. El comportamiento de los contadores ante los dos tipos de válvula es muy similar.
- El segundo accesorio que afecta a todas las tecnologías es la válvula de doble clapeta. En este caso afecta especialmente a caudales pequeños. Con un tramo recto de tubería aguas arriba de 5D, es suficiente para que desaparezcan los efectos perturbadores en todos los casos.
- El doble codo solo afecta a los contadores electromagnéticos y lo hace en ambos sentidos con sobrecontaje y con subcontaje, dependiendo de si su colocación es horizontal o vertical. Sin embargo, lo hace de una manera casi insignificante, rozando el límite para considerarlo irrelevante. Es suficiente con un tramo recto de 3D para evitar el problema.
- En cuanto al filtro, según las hipótesis que se han planteado solo se verían afectados los contadores electromagnéticos generando un subcontaje pequeño cuando el filtro está sucio. No obstante, se sospecha que con este elemento ocurre como con las válvulas de compuerta y mariposa, y es que el nivel de perturbación generado es proporcional al de colmatación del filtro. Con un tramo recto de tubería de 3D se elimina la perturbación para los casos estudiados.
- El resto de accesorios ensayados no afectan a la lectura de los contadores probados de manera significativa.
- Ninguno de los accesorios afecta de forma significativa a las condiciones de la instalación si está colocado aguas abajo.

- Por tecnologías se puede destacar que la más estable es la de CHORRO ÚNICO, a la que menos le afecta es a la de ULTRASONIDOS, sin embargo es la única que en determinadas condiciones deja de leer completamente. Los resultados de esta tecnología llaman la atención frente a las conclusiones teóricas obtenidas por Palau (2005) en su tesis en la que indica que “...los caudalímetros de ultrasonidos son los más sensibles a las distorsiones del flujo.” Esta diferencia de criterio resulta por las diferencias constructivas que hay entre contadores de la misma tecnología. El estudio planteado por Palau (2005), se centraba en contadores de ultrasonidos con un solo par de sondas, del tipo para montaje exterior de las tuberías, mientras que el dispositivo que se ha ensayado para este estudio, cuenta con un cono convergente que ayuda a regularizar el perfil de velocidades y dos pares de sondas de grosores mayores que los anteriores, con lo que como se ha observado en los ensayos realizados se reduce mucho la sensibilidad a las perturbaciones. A los contadores tipo WOLTMANN les afecta el mismo número de accesorios que a los de chorro único pero lo hace en unos porcentajes mucho mayores. En cuanto a la tecnología de los ELECTROMAGNÉTICOS, le afectan más accesorios pero en todos los casos en unos porcentajes pequeños.
- Las condiciones de la instalación afectan más o menos en función de la MARCA del contador, es decir, a mayor calidad constructiva del medidor menos sensibilidad a los accesorios.

A la luz de los resultados obtenidos, se cree que resulta interesante tanto para el consumidor como para el proveedor de agua hacer una inspección de la instalación de sus contadores, ya que a ambos les puede estar costando caro el mal diseño de su instalación. En el caso de los consumidores se les puede estar llegando a facturar hasta el doble del consumo real, como en algún caso conocido del que se ha tenido noticia, y en el caso de los suministradores ocurre lo mismo con por ejemplo los contadores de ultrasonidos con una válvula de mariposa o compuerta colocada aguas arriba y muy cerrada, llegando a poderse dar el caso estudiado de que a partir de cierto caudal se deje de contar el caudal trasegado.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS CONTADORES DE AGUA NO-DOMÉSTICOS
EN FUNCIONAMIENTO

ÍNDICE

5	ANÁLISIS CONTADORES DE AGUA NO-DOMÉSTICOS EN FUNCIONAMIENTO	5-3
5.1	INTRODUCCIÓN	5-3
5.2	RESUMEN GENERAL	5-4
5.3	CONDICIONES GENERALES DE LAS INSTALACIONES	5-15
5.4	INFLUENCIA DE LA INSTALACIÓN SOBRE LA CURVA DE ERROR DEL CONTADOR	5-21
5.5	HISTÓRICO DE CONSUMOS	5-26
5.6	ESTUDIO DE CONSUMOS EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS	5-33
5.7	ENSAYOS DE LOS CONTADORES EN EL BANCO DE PRUEBAS	5-38
5.8	CÁLCULO DE LOS ERRORES GLOBALES	5-44
5.9	ESTIMACIONES ECONÓMICAS	5-57
5.10	CONCLUSIONES	5-59
ANEXO I	INFORMES INSTALACIONES VISITADAS	5-62
1	A3 (POLIDEPORTIVO), D	5-64
2	A17 (VIVIENDAS), D	5-72
3	E5 (VIVIENDAS), D	5-77
4	E6 (VIVIENDAS), D	5-86
5	E11 (VIVIENDAS), D	5-92
6	M1 (VIVIENDAS), D	5-99
7	M3 (VIVIENDAS), D	5-105
8	T17 (VIVIENDAS), D	5-111
9	A12 (BOCA DE INCENDIOS), D	5-125
10	AR3 (BOCA DE INCENDIOS), D	5-127
11	A19 (FÁBRICA), B	5-129
12	M4 (FÁBRICA), B	5-134
13	M10 (CONCESIONARIO), B	5-142
14	M 26 (FÁBRICA), B	5-147
15	M 900 (DEPURADORA), B	5-153
16	A27 (COLEGIO), Z.	5-161
17	E 38 (HOTEL), Z	5-166
18	Z-A17 (COLEGIO), Z.	5-172
19	Z134 (CAMPING), Z.	5-181
20	B20 (FÁBRICA), M-X	5-186
21	B21 (OFICINAS), M-X	5-192
22	B24 (DEPURADORA), M-X	5-197
23	B26 (ESTACIÓN DE SERVICIO), M-X	5-202
24	E36 (FÁBRICA), M-X	5-207
25	KI1 (FÁBRICA), M-X	5-212
26	X10 (CENTRO DE CUIDADO), M-X	5-217
27	XE10 (TOMA MUNICIPAL), M-X	5-222
28	X12 (ESCUELA), M-X	5-228
29	X19 (ESCUELA), M-X	5-232
30	BL30 (HOTEL), M	5-238

5 ANÁLISIS CONTADORES DE AGUA NO-DOMÉSTICOS EN FUNCIONAMIENTO

5.1 Introducción

Se estudian de forma integral contadores de medio y gran calibre que están en funcionamiento con el propósito de tener una visión general del grado de exactitud existente en el conteo del consumo de agua fuera del nivel doméstico. Para ello se han analizado 30 contadores pertenecientes a la red de una empresa de distribución de agua.

Por cuestiones operativas del suministrador, que amablemente ha accedido a colaborar, este estudio ha estado limitado a una determinada circunscripción, habiendo visitado las instalaciones que están dentro de la misma sin ningún tipo de criterio restrictivo.

Además de la visita a las instalaciones, la empresa nos ha facilitado los históricos de consumo de los contadores analizados, para incluir dichos datos en los informes y tratar de determinar si a partir de ellos se puede detectar algún tipo de anomalía.

Una vez visitadas las instalaciones se retiraron los contadores y se trasladaron al laboratorio donde han sido ensayados. En los casos en los que se ha considerado necesario, se han realizado, además del ensayo normal de 7 puntos, ensayos de larga duración con 70 puntos tomados durante aproximadamente 12 horas y trasegando cerca de 100 m³ (la duración y el cubillaje exacto dependen del tipo de contador). En algún caso, cuando ha sido posible, se han reproducido las condiciones de la instalación en el laboratorio para comprobar de una *manera* fehaciente lo que realmente está midiendo el contador. Esto ha supuesto hacer ensayos con determinados accesorios en determinadas condiciones de instalación, o ensayar el contador en una posición distinta de la normal.

Finalmente se ha elaborado un informe para cada una de las 30 instalaciones/contadores en el que se reflejan los siguientes aspectos:

- Ubicación y uso
- Foto y esquema
- Datos contador
- Análisis instalación
- Análisis del histórico de consumos
- Ensayos del contador en el banco de pruebas
- Estimación económica
- Conclusiones

Todos los informes se encuentran en el Anexo I.

5.2 Resumen general

Los informes de los 30 contadores ocupan 150 páginas, por lo que se van a tratar de analizar de forma conjunta y resumida para poder extraer conclusiones.

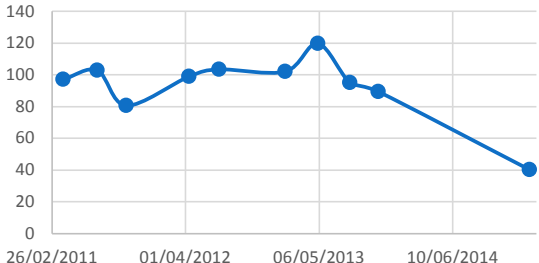
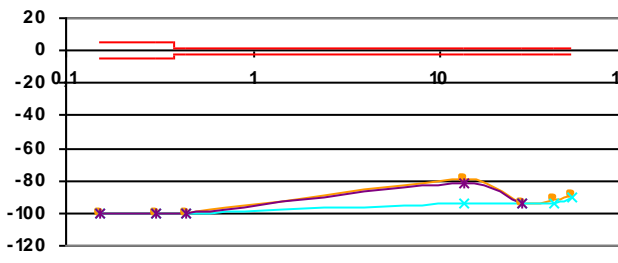
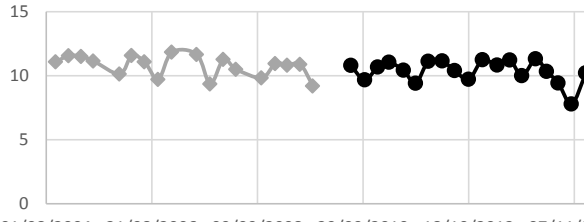
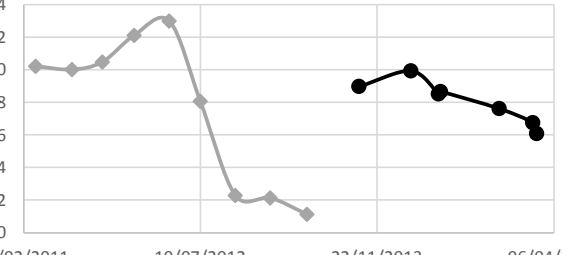
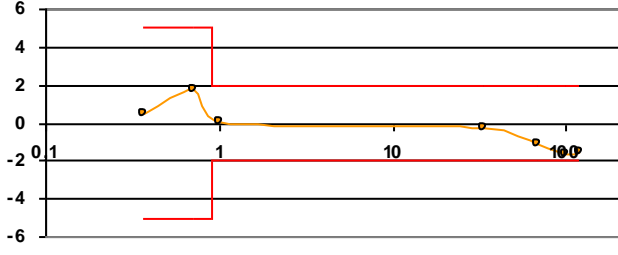
Para ello, se ha elaborado una tabla que muestra los datos más representativos de los 30 contadores, estos datos son:

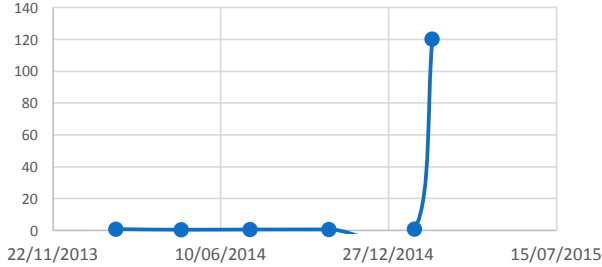
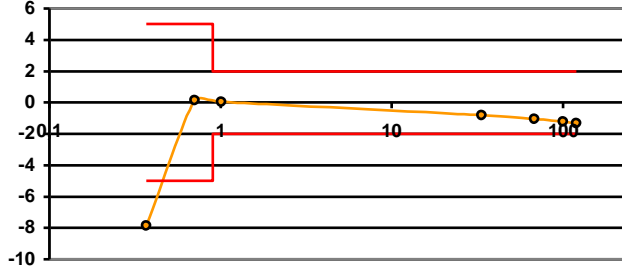
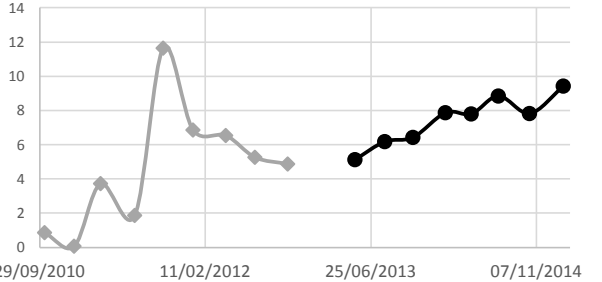
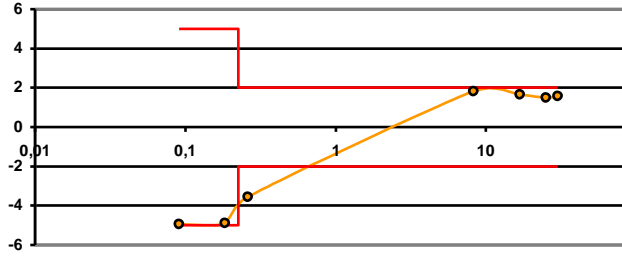
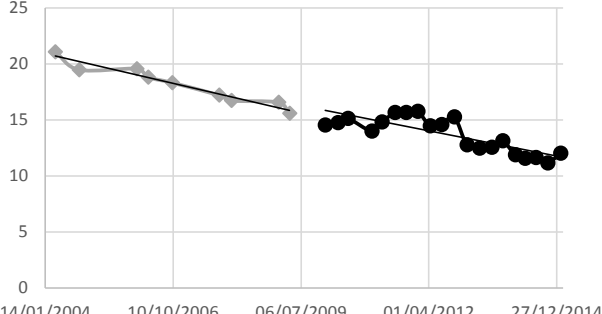
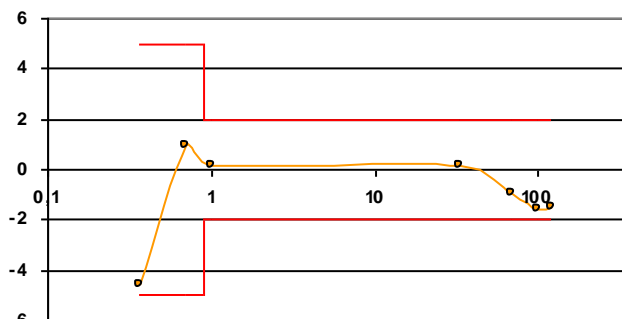
- Localidad donde está ubicado.
- Tipo de suministro
- Diámetro nominal
- Posible porcentaje de error cometido a causa de la instalación
- Histórico de consumos
- Ensayo realizado en el banco de pruebas
- Conclusiones

Como se entiende que la forma más rápida, clara e intuitiva de ofrecer información es la gráfica, en la tabla siguiente, en los apartados “*Histórico de consumos*” y “*Ensayo realizado en el banco de pruebas*”, se han puesto directamente las curvas que representan los resultados obtenidos. Cada gráfica tiene un título en la parte superior indicando si el resultado es **CORRECTO/ANÓMALO** o **CORRECTO/INCORRECTO** respectivamente.

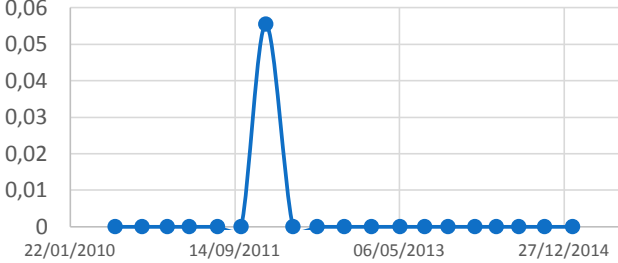
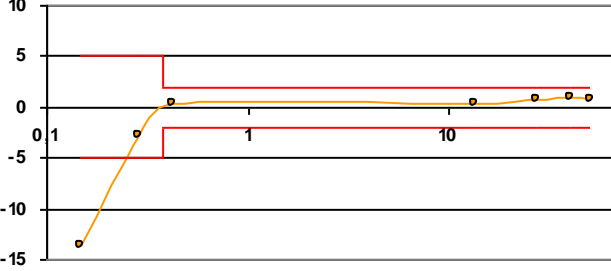
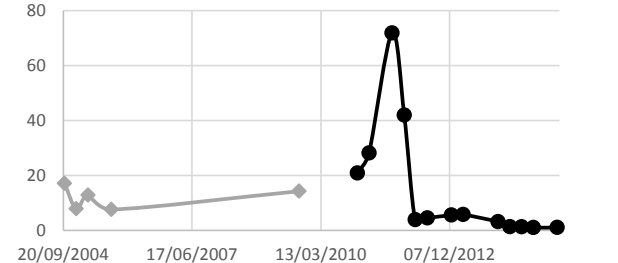
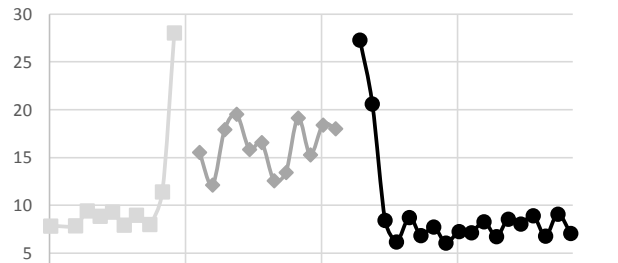
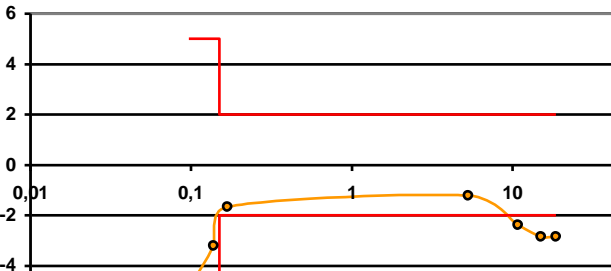
En el apartado “*Posible porcentaje de error cometido a causa de la instalación*”, se ha reflejado con una cifra la cantidad estimada de sobrecontaje o subcontaje que producen las condiciones de la instalación en el contador. Si las condiciones de la instalación no afectan, se indica un **0%**, en caso de que lo hagan, se indica la cantidad en **rojo** con signo positivo para sobrecontaje y con signo negativo para subcontaje. Los signos de interrogación **¿?**, significan que no es posible determinar si las condiciones de la instalación van a afectar al contador o no.

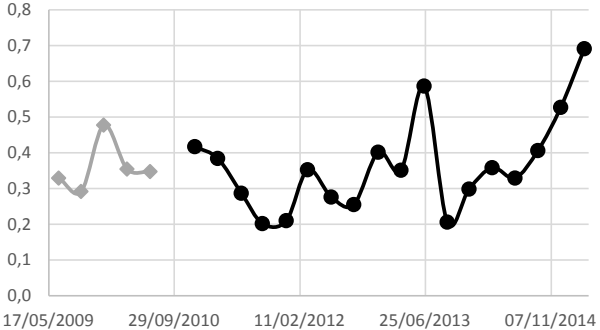
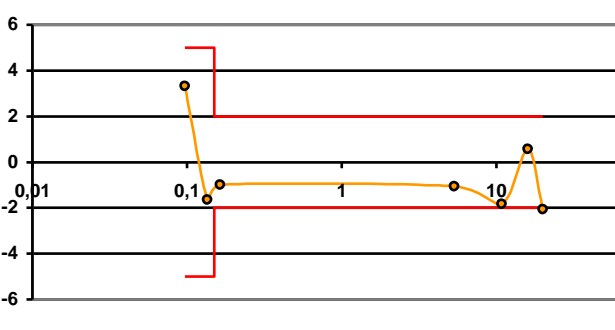
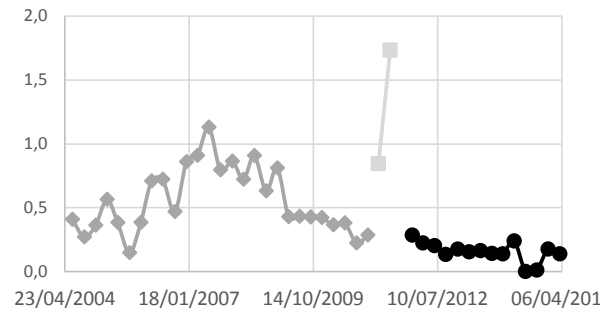
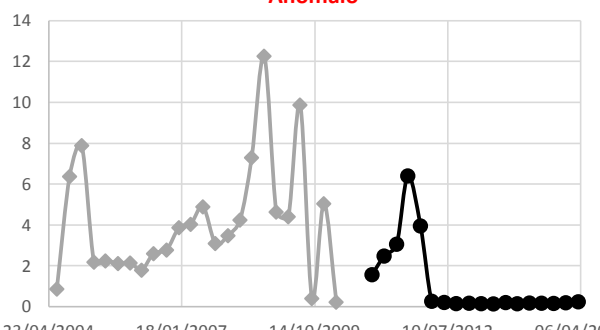
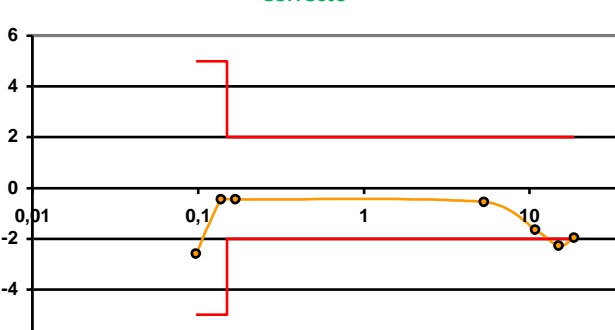
Finalmente en el apartado “*Conclusiones*”, se recoge en pocas palabras si hay algo destacable del contador y si se puede considerar que la contabilización del volumen de agua que realiza es **CORRECTA**, **INCORRECTA** o **DESCONOCIDA**, en este último caso significa que hay alguna variable que no encaja y que es necesario encontrar el motivo.

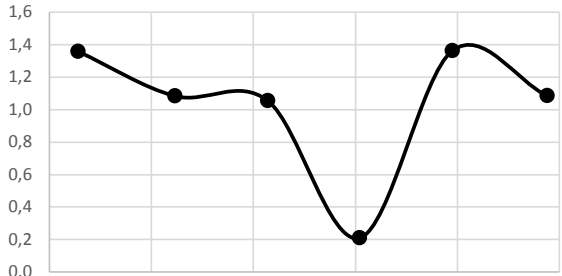
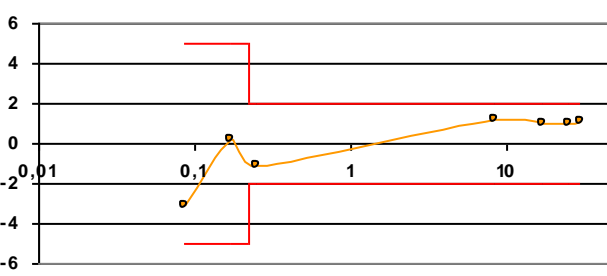
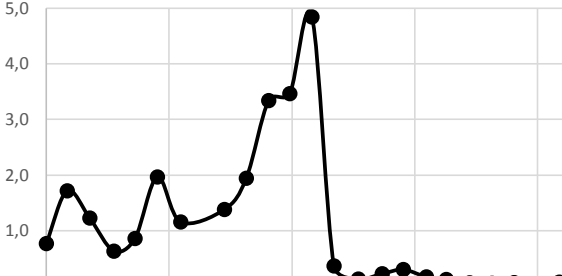
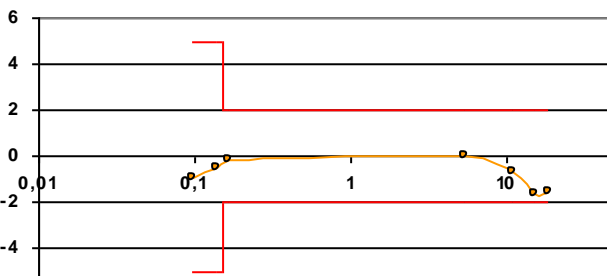
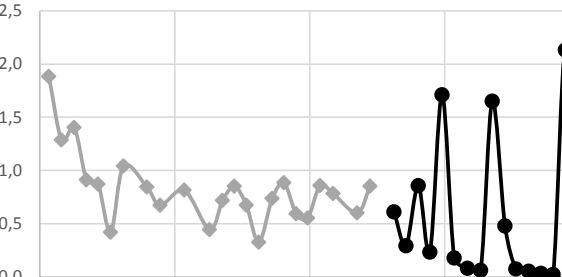
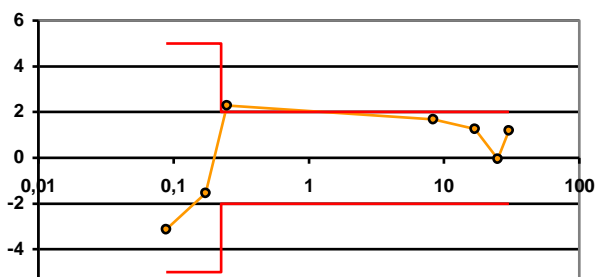
Localidad	Tipo de suministro	DN	% Posible error Instalación	Histórico consumos (m ³ /día)	Ensayo banco de pruebas	Conclusiones
1 D	Polideportivo Municipal	65	0%	<p style="text-align: center;">Anómalo</p> 	<p style="text-align: center;">Incorrecto</p> 	<p>Gran cantidad de agua sin contar durante 1 año y medio.</p> <p>Contabilización INCORRECTA.</p>
2 D	Viviendas	50	0%	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
3 D	Viviendas	100	¿?	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p>Se recomienda colocar la reductora de presión aguas abajo. Consumo medio anómalo.</p> <p>Contabilización DESCONOCIDA.</p>

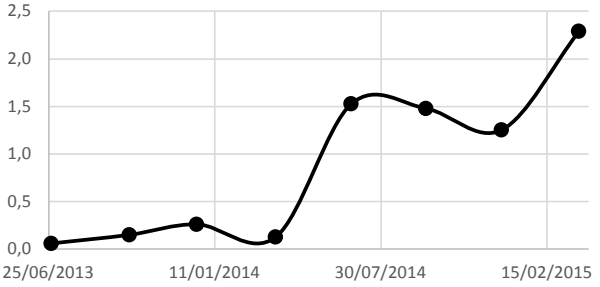
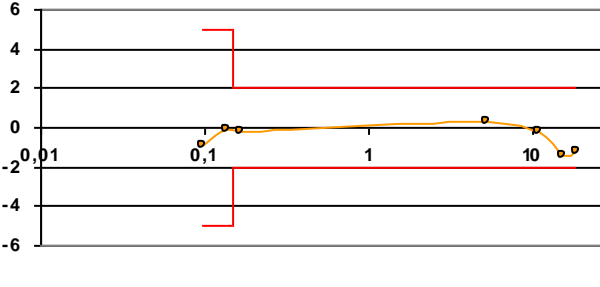
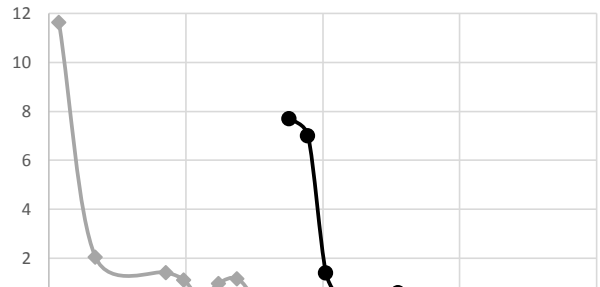
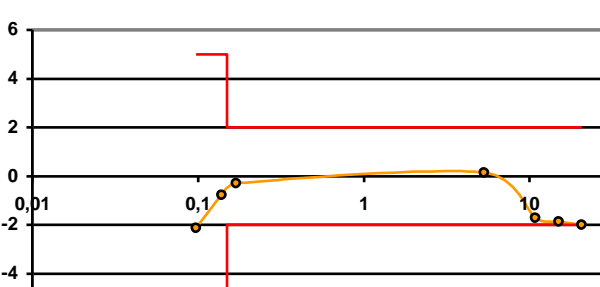
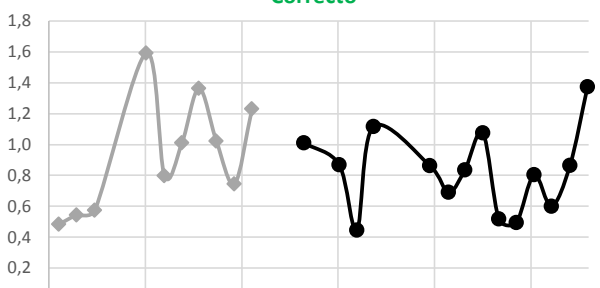
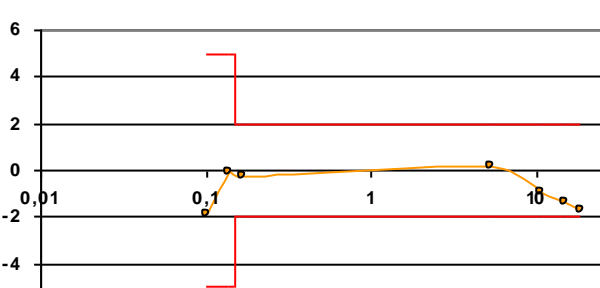
<p>4 D</p>	<p>Viviendas</p>	<p>100</p>	<p>¿?</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p>Buen funcionamiento del contador. Incertidumbre sobre las condiciones de la instalación. Se recomienda colocar reductora presión aguas abajo. Datos histórico consumo anómalo, causas desconocidas. Contabilización DESCONOCIDA.</p>
<p>5 D</p>	<p>Viviendas</p>	<p>50</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p>Consumo medio anómalo. Contabilización DESCONOCIDA.</p>
<p>6 D</p>	<p>Viviendas</p>	<p>100</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p>Descenso de consumo progresivo con 2 contadores diferentes. Contabilización CORRECTA.</p>

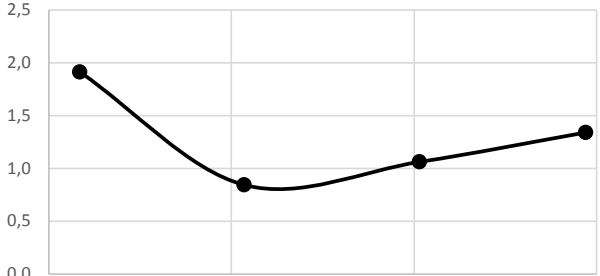
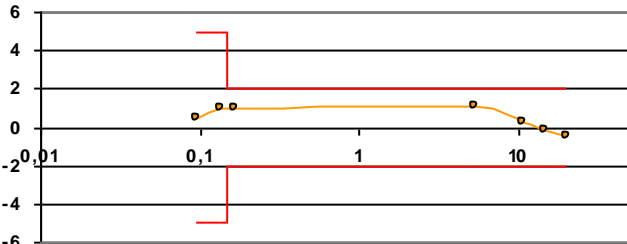
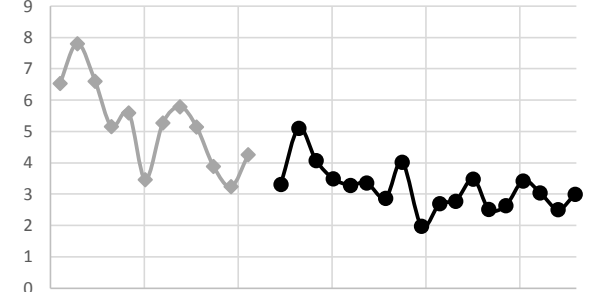
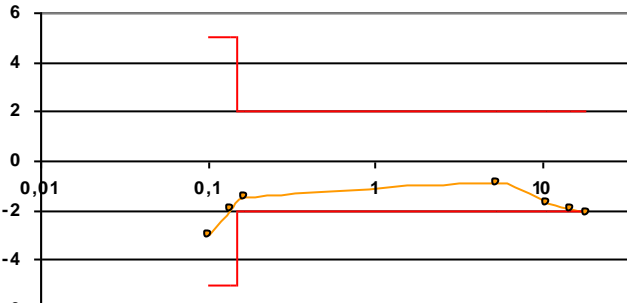
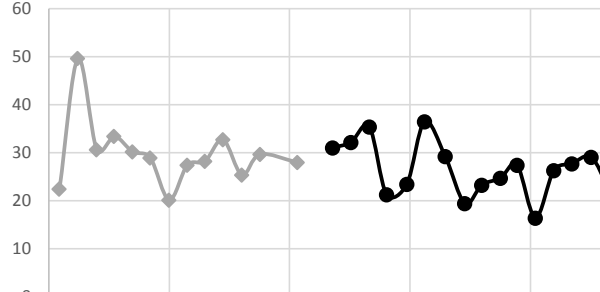
<p>7 D</p>	<p>Viviendas</p>	<p>100</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Descenso de consumo progresivo con 2 contadores diferente.</i></p> <p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>8 D</p>	<p>Viviendas</p>	<p>50</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>	<p style="text-align: center;">Incorrecto</p>	<p><i>Elevado caudal de arranque, progresiva disminución del consumo medio. Calculado error global. Realizado ensayo larga duración.</i></p> <p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>9 D</p>	<p>Boca de incendios</p>	<p>65</p>	<p>No disponible</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>

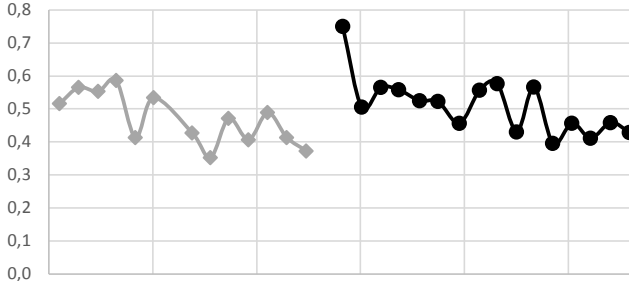
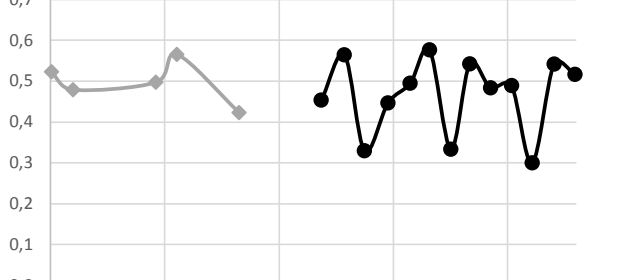
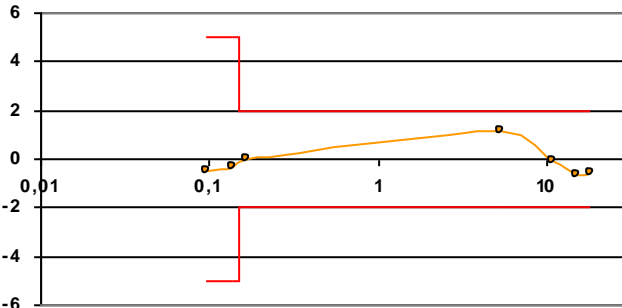
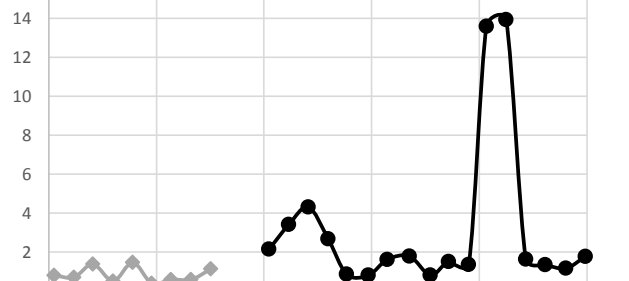
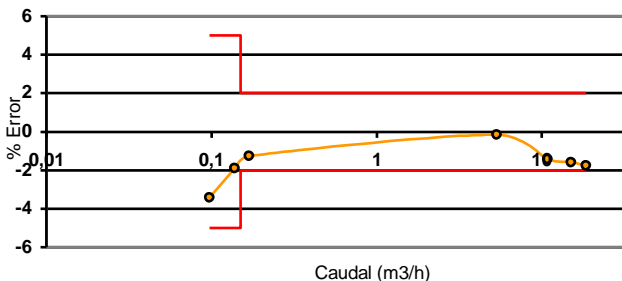
<p>10 D</p>	<p>Boca de incendios</p>	<p>65</p>	<p>No disponible</p>	<p>Correcto</p> 	<p>Incorrecto</p> 	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>11 B</p>	<p>Fábrica</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p> 	<p>No ensayado</p>	<p>Fábrica cerrada. Contabilización CORRECTA.</p>
<p>12 B</p>	<p>Fábrica</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Anómalo</p> 	<p>Incorrecto</p> 	<p>Realizado ensayo de larga duración. Calculado error global. Contabilización CORRECTA.</p>

<p>13 B</p>	<p>Concesionario</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>14 B</p>	<p>Fábrica</p>	<p>50</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p> 	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p>No se puede ensayar el contador.</p> <p>Contabilización DESCONOCIDA.</p>
<p>15 B</p>	<p>Depuradora</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p>Averiguar por qué disminución consumo.</p> <p>Contabilización DESCONOCIDA</p>

<p>16 Z</p>	<p>Colegio</p>	<p>50</p>	<p>¿?</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>  <p style="text-align: center;">22/11/2013 02/03/2014 10/06/2014 18/09/2014 27/12/2014 06/04/2015</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p><i>Se desconoce cómo afecta la reductora presión aguas arriba.</i></p> <p>Contabilización DESCONOCIDA.</p>
<p>17 Z</p>	<p>Hotel</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>  <p style="text-align: center;">06/07/2009 18/11/2010 01/04/2012 14/08/2013 27/12/2014</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p><i>Realizado ensayo de larga duración. Averiguar por qué disminución consumo.</i></p> <p>Contabilización DESCONOCIDA.</p>
<p>18 Z</p>	<p>Colegio</p>	<p>50</p>	<p>-12%</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>  <p style="text-align: center;">23/04/2004 18/01/2007 14/10/2009 10/07/2012 06/04/2015</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p><i>Realizado ensayo de larga duración. Error global.</i></p> <p>Contabilización DESCONOCIDA.</p>

<p>19 Z</p>	<p>Camping</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p> 	<p>Correcto</p> 	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>20 MX</p>	<p>Fábrica</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p> 	<p>Correcto</p> 	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>21 MX</p>	<p>Oficinas</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p> 	<p>Correcto</p> 	<p>Contabilización CORRECTA.</p>

<p>22 MX</p>	<p>Depuradora</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>  <p>2,5 2,0 1,5 1,0 0,5 0,0</p> <p>10/06/2014 18/09/2014 27/12/2014 06/04/2015</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>  <p>6 4 2 0 -2 -4 -6</p> <p>0,01 0,1 1 10</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>23 MX</p>	<p>Estación de servicio</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>  <p>9 8 7 6 5 4 3 2 1 0</p> <p>06/08/2007 18/12/2008 02/05/2010 14/09/2011 26/01/2013 10/06/2014</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>  <p>6 4 2 0 -2 -4 -6</p> <p>0,01 0,1 1 10</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>24 MX</p>	<p>Fábrica</p>	<p>100</p>	<p>0%</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>  <p>60 50 40 30 20 10 0</p> <p>06/08/2007 28/03/2009 18/11/2010 10/07/2012 02/03/2014</p>	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>

<p>25 MX</p>	<p>Fábrica</p>	<p>50</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p>  <p>06/08/2007 18/12/2008 02/05/2010 14/09/2011 26/01/2013 10/06/2014</p>	<p>No ensayado</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>26 MX</p>	<p>Centro de cuidado</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p>  <p>18/12/2008 02/05/2010 14/09/2011 26/01/2013 10/06/2014</p>	<p>Correcto</p> 	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>27 MX</p>	<p>Toma municipal</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p>  <p>01/06/2008 14/10/2009 26/02/2011 10/07/2012 22/11/2013 06/04/2015</p>	<p>Correcto</p>  <p>Caudal (m3/h)</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>

<p>28 MX</p>	<p>Escuela</p>	<p>100</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p> <p>06/06/2011 01/04/2012 26/01/2013 22/11/2013 18/09/2014</p>	<p>No ensayado</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>
<p>29 MX</p>	<p>Escuela</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Anómalo</p> <p>06/08/2007 28/03/2009 18/11/2010 10/07/2012 02/03/2014</p>	<p>Correcto</p>	<p>Realizado ensayo de larga duración. Averiguar por qué disminuir consumo.</p> <p>Contabilización DESCONOCIDA.</p>
<p>30 M</p>	<p>Hotel</p>	<p>40</p>	<p>0%</p>	<p>Correcto</p> <p>06/07/2009 18/11/2010 01/04/2012 14/08/2013 27/12/2014</p>	<p>No ensayado</p>	<p>Contabilización CORRECTA.</p>

5.3 Condiciones generales de las instalaciones





La Norma “UNE-EN ISO: 4064-5 Requisitos de instalación”, en su apartado 6, establece los requisitos que debe de cumplir la instalación de un contador de agua, entre los que se incluye:







Accesibilidad







- Facilidad de lectura, instalación, mantenimiento o retirada. Para los contadores con masa > 25 kg, espacio suficiente para trabajar con grúa elevadora. Se requiere además:
 - Buena iluminación
 - Suelo plano, rígido, no resbaladizo y libre de obstáculos.
- Los accesorios de la instalación también deben ser fácilmente accesibles.







Estado de conservación

- Si el contador está en una arqueta, tiene que estar a una altura suficiente por encima del suelo para evitar la contaminación.

Nº	Foto	Accesibilidad	Estado de conservación
1 CDA65		Buena	Malo Suelo de tierra, tubos cortados y elementos desordenados. Altura insuficiente.
2 CDA50		Buena	Bueno
3 CDA100		Buena	Bueno
4 CDA100		Regular Difícil acceso a los elementos de la instalación.	Bueno

5 CDA50		<i>Buena</i>	<i>Bueno</i>
6 CDA100		<i>Buena</i>	<i>Bueno</i>
7 CDA100		<i>Buena</i>	<i>Bueno</i>
8 CDA50		<i>Buena</i>	<i>Bueno</i>
9	No disponible	--	--
10	No disponible	--	--
11 VDA40		Mala Arqueta demasiado estrecha Es necesario cambiar instalación	Regular Suelo de tierra
12 VDA40		Mala Difícil lectura del contador en caso de no tener el sistema de radiofrecuencia. Arqueta demasiado estrecha	<i>Bueno</i>

<p>13 VDA40</p>		<p><i>Buena</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>14 CDA65</p>		<p>Mala <i>Arqueta demasiado estrecha Es necesario cambiar instalación.</i></p>	<p>Regular <i>Arqueta sucia. Altura insuficiente</i></p>
<p>15 VDA40</p>		<p><i>Buena</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>16 CDA50</p>		<p>Regular <i>Arqueta demasiado estrecha</i></p>	<p>Regular <i>Suelo de tierra</i></p>
<p>17 VDA40</p>		<p><i>Buena</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>18 CDA50</p>		<p>Regular <i>Poca altura, difícil lectura del contador.</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>19 VDA40</p>		<p>Mala <i>Arqueta demasiado estrecha. Difícil accesibilidad accesorios.</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>

<p>20 VDA40</p>		<p>Bueno</p>	<p>Regular Arqueta muy sucia con agua</p>
<p>21 VDA40</p>		<p>Mala Difícil lectura del contador y maniobrabilidad de los elementos Arqueta demasiado estrecha. Llena de tubos y desordenada.</p>	<p>Malo Suelo inundado, mal aspecto general.</p>
<p>22 VDA40</p>		<p>Mala Arqueta demasiado estrecha. Altura escasa. Mala accesibilidad accesorios.</p>	<p>Bueno</p>
<p>23 VDA40</p>		<p>Buena</p>	<p>Bueno</p>
<p>24 CDA100</p>		<p>Mala Arqueta demasiado estrecha Es necesario cambiar instalación.</p>	<p>Regular Suelo de tierra</p>
<p>25 CDA50</p>		<p>Buena</p>	<p>Bueno</p>

<p>26</p> <p>VDA40</p>		<p><i>Buena</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>27</p> <p>VDA40</p>		<p><i>Mala</i> <i>Difícil lectura del contador en caso de no tener el sistema de radiofrecuencia.</i> <i>Arqueta demasiado estrecha</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>28</p> <p>CDA100</p>		<p><i>Buena</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>29</p> <p>VDA40</p>		<p><i>Buena</i></p>	<p><i>Bueno</i></p>
<p>30</p> <p>VDA40</p>		<p><i>Buena</i></p>	<p><i>Malo</i> <i>Suelo inundado, mal aspecto general.</i></p>

Las principales anomalías detectadas han sido las siguientes:

Accesibilidad

- Difícil acceso a los elementos de la instalación y a la maniobrabilidad de los mismos
- Arqueta demasiado estrecha
- Dificultad para la lectura del contador

Estado de conservación

- Suelo de tierra
- Arqueta sucia
- Suelo inundado

De un total de 28 contadores analizados, se obtienen los datos reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 5.1 Estado instalaciones

ESTADO	Accesibilidad		Conservación		Accesibilidad y conservación	
	Total	%	Total	%	Total	%
Bueno	18	65	20	72	14	50
Regular	2	7	5	18	-	-
Malo	8	28	3	10	-	-

Si se trasladan los datos de la tabla a gráficos para una mejor comprensión, se ve que la relación entre instalaciones con buena accesibilidad y buena conservación es parecida y en ambos casos superior a la mitad de los mismos.



Ilustración 5.1 Estado instalaciones

Se comprueban las instalaciones que han sido consideradas con buena accesibilidad y buena conservación, y se observa que son exactamente 14, lo que supone un 50%.

5.4 Influencia de la instalación sobre la curva de error del contador

Se analizan las condiciones de la instalación desde los siguientes puntos de vista:

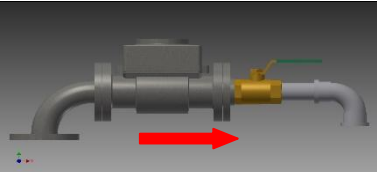
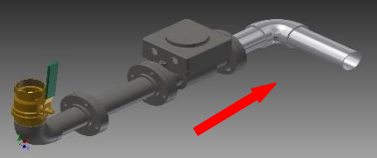
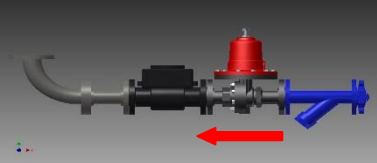

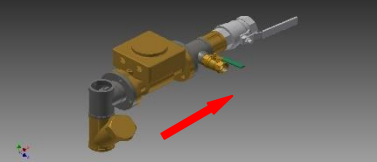
- Condiciones en las que está instalado el contador, con qué elementos cuenta aguas arriba y abajo y a qué distancia están colocados en número de diámetros de tubería.
- Cuáles son los requerimientos del fabricante para cada contador, qué longitudes de tramo recto de tubería recomienda para cada caso.
- Comprobación del cumplimiento de la instalación con lo especificado por el fabricante.
- Estimación de si las condiciones de instalación van a afectar a las lecturas de los contadores en base a los ensayos realizados y expuestos en el capítulo anterior.

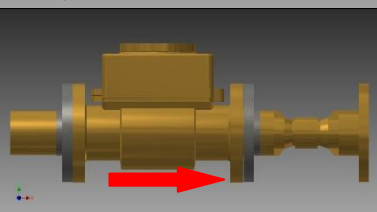
Los símbolos y abreviaturas que se emplean en la tabla son los siguientes:

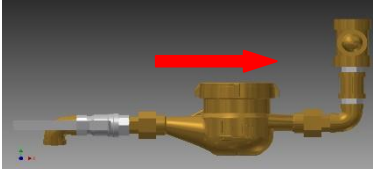

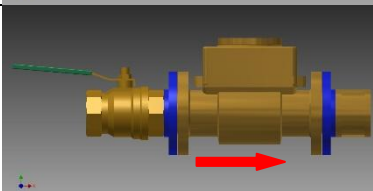
A↑: Aguas arriba del contador;

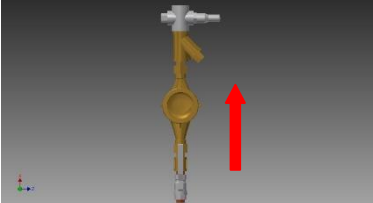
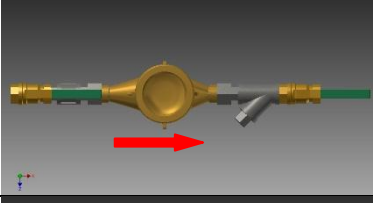
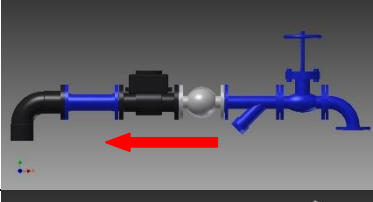

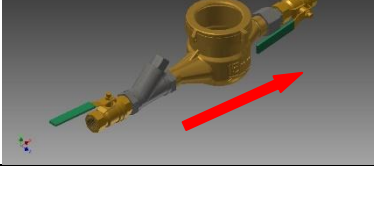
A↓: Aguas abajo del contador;

“**N**”**D**: “N” diámetros de distancia entre accesorio y contador; **0°/90°**: posición vertical/horizontal respectivamente de válvula

Nº	Foto	Condiciones	Fabricante	Cumple	Afecta
1 CDA65		A↑ : 0D Codo 90° A↓ : 0D Válvula bola 0° y 0% cerrada	A↑ : 0D A↓ : 0D	A↑ : SI A↓ : SI	0%
2 CDA50		A↑ : 5D Codo 90° vertical A↓ : 2D Codo 90° horizontal	A↑ : 0D A↓ : 0D	A↑ : SI A↓ : SI	0%
3 CDA100		A↑ : 0D Reductora presión A↓ : 2D Codo 90° vertical	A↑ : 0D A↓ : 0D	A↑ : SI A↓ : SI	¿?
4 CDA100		A↑ : 0D Doble codo 90° con reductora presión A↓ : 0D Codo 90° horizontal	A↑ : 0D A↓ : 0D	A↑ : SI A↓ : SI	¿?
5 CDA50		A↑ : 0D Te 90° vertical A↓ : 3D Válvula antirretorno tipo York	A↑ : 0D A↓ : 0D	A↑ : SI A↓ : SI	0%

6 CDA100		<u>A↑</u> : 5D Codo 90º vertical <u>A↓</u> :3D Válvula reductora presión	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
7 CDA100		<u>A↑</u> : 5D Codo 45º horizontal <u>A↓</u> :0D Codo 45º horizontal	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
8 CDA50		<u>A↑</u> : 4D Válvula compuerta 0º <u>A↓</u> :0D Válvula compuerta 0º	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
9	No disponible	---	---	---	---
10	No disponible	---	---	---	---
11 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Válvula bola 0º 0% cerrada <u>A↓</u> :0D Te	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
12 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Codo 90º vertical <u>A↓</u> :0D 0D Codo 90º vertical	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
13 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Filtro <u>A↓</u> :0D Válvula bola 90º 0% cerrada	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
14 CDA65		<u>A↑</u> : 0D Tramo recto <u>A↓</u> :0D Cono convergente	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
15 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Válvula retención tipo York <u>A↓</u> :2D Codo 90º vertical	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
16 CDA50		<u>A↑</u> : 0D Reductora presión <u>A↓</u> :0D Válvula bola 0º 0% cerrada	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	¿?

17 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Válvula bola 90º 0% cerrada <u>A↓</u> : 0D Codo 90º vertical	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
18 CDA50		<u>A↑</u> : 0D Filtro <u>A↓</u> : 0D Te	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	-12%
19 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Codo 90º vertical <u>A↓</u> : 0D Codo 90º vertical	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
20 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Te vertical <u>A↓</u> : 0D Tramo recto	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
21 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Codo 90º vertical <u>A↓</u> : 2D Codo 90º vertical	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
22 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Válvula bola 0º 90% cerrada <u>A↓</u> : 0D Tramo recto	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
23 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Codo 90º <u>A↓</u> : 0D Válvula bola 0º 0% cerrada	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
24 CDA100		<u>A↑</u> : 0D Válvula bola 0º 0% cerrada <u>A↓</u> : 0D Tramo recto	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
25 CDA50		<u>A↑</u> : 0D Codo 90º vertical y Válvula bola 0% cerrada <u>A↓</u> : 0D Tramo recto	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> : 0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%

26 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Válvula bola 0º 0% cerrada <u>A↓</u> :0D Filtro	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
27 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Válvula bola 0º 0% cerrada <u>A↓</u> :0D Filtro	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
28 CDA100		<u>A↑</u> : 0D Válvula retención <u>A↓</u> :2D Codo 90º vertical	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
29 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Filtro <u>A↓</u> :0D Te	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%
30 VDA40		<u>A↑</u> : 0D Filtro <u>A↓</u> :0D Válvula bola 90º 0% cerrada	<u>A↑</u> : 0D <u>A↓</u> :0D	<u>A↑</u> : SI <u>A↓</u> : SI	0%

Las principales anomalías detectadas han sido las siguientes:

- Se desconoce cómo afecta una válvula reductora de presión colocada aguas arriba sobre un contador de chorro único.
- A pesar de lo que estipula el fabricante, en nuestros ensayos se ha detectado subcontaje puntual de hasta el **-12%** para caudales altos en el contador de chorro único DIEHL Aquila.

De un total de 28 contadores analizados, se obtienen los datos reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 5.2 Condiciones instalación

ESTADO	Cumple recomendaciones fabricante		Le afectan las condiciones instalación	
	Total	%	Total	%
SI	28	100	1	3,5
NO	0	0	24	85,5
Desconocido	0	0	3	11

Se trasladan los datos de la tabla a gráficos para una mejor comprensión.

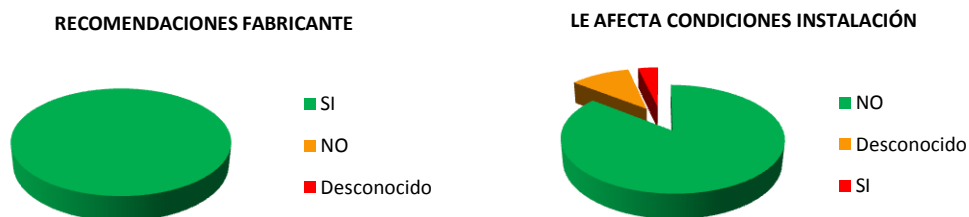


Ilustración 5.2 Condiciones instalación

Como ninguno de los contadores analizados requiere tramos rectos de tubería ni aguas arriba ni abajo para ningún tipo de accesorio o elemento de la instalación, lógicamente el 100% de las instalaciones cumplen con los requerimientos del fabricante. Por lo tanto según este en ningún caso, ningún elemento de la instalación va a afectar a la metrología de los contadores.

En lo referente a las instalaciones, a las que según los ensayos que se han realizado y que están documentados en el capítulo 4, le puede estar afectando la disposición de sus elementos a la lectura del contador, se encuentra que al 85,5% no le va a afectar, al 11% se desconoce lo que puede estar ocurriendo y al 3,5%, en concreto a un contador de los 28, según nuestros ensayos se va a producir un subcontaje para un caudal alto de hasta el -12%.

5.5 Históricos de consumo

Se estudian los históricos de consumo como indicadores de anomalías o malos funcionamientos. Los aspectos a tener en cuenta son los siguientes:

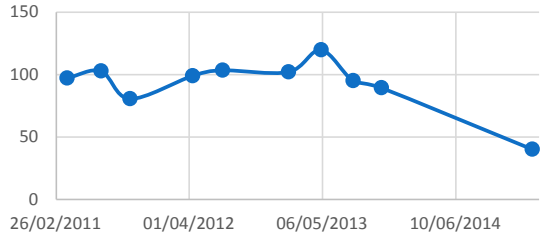
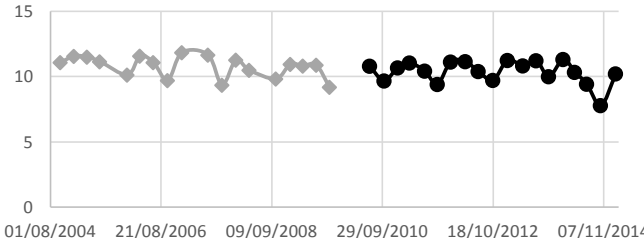
- Similitud de lecturas a lo largo del tiempo.
- Consumos medios similares entre contadores anteriores y el actual para un mismo suministro.
- Tipo de consumidor, que puede justificar descensos bruscos de consumo (cierre de fábricas), variaciones estacionales (verano en colegios), lecturas puntuales (boca de incendios), etc.

En la tabla, se clasifican los resultados como:

Anómalo: aquel histórico cuya lectura nos ha servido para detectar alguna anomalía.

Correcto: aquel que indica un funcionamiento correcto tanto del contador como del sistema de adquisición de datos.

Desconocido: aquel del que no se sabe explicar la causa de su comportamiento.

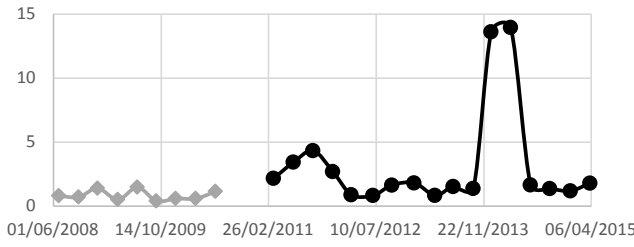

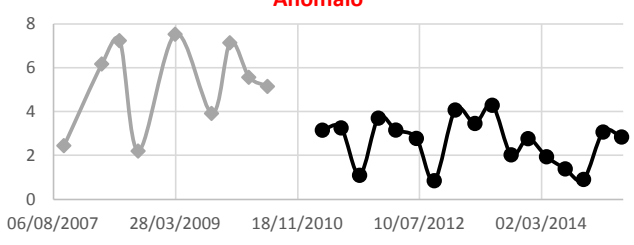
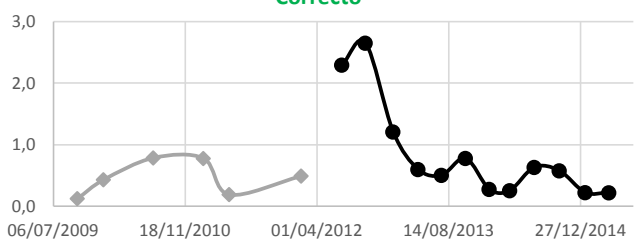
Nº	Históricos de consumo (m ³ /día)	Comentarios	Resultado
1 CDA65	<p style="text-align: center; color: red;">Anómalo</p> 	<p><i>Descenso brusco del consumo, indicativo de fallo del contador por el tipo de consumidor, (Polideportivo), tal y como se ha comprobado.</i></p>	Anómalo
2 CDA50	<p style="text-align: center; color: green;">Correcto</p> 	<p><i>Datos de consumo de dos contadores uniformes en el tiempo, indicativo de buenas lecturas.</i></p>	Correcto

<p>3 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>	<p><i>Descenso brusco de consumo en contador antiguo, probablemente debido a fallo del mismo. Descenso progresivo en el actual, no es debido al contador, estudiar causa</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>4 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>	<p><i>Comportamiento anómalo de las lecturas, no es fallo del contador, fallo en la recogida de datos.</i></p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>
<p>5 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>	<p><i>Final del contador antiguo e inicio del actual mismo consumo, indicativo de buenas lecturas. Aumento progresivo del consumo en el actual, estudiar causa, no es debido al contador.</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>6 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>	<p><i>Descenso progresivo del consumo con la misma progresión en el contador antiguo y en el actual, indicativo de buenas lecturas. Estudiar causa descenso. No es fallo del contador.</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>7 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Descenso progresivo del consumo con la misma progresión en el contador antiguo y en el actual, indicativo de buenas lecturas. Estudiar causa descenso. No es fallo del contador.</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>8 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>	<p><i>Descenso brusco del consumo últimos 2 años. Estudiar causa</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>

<p>9 CDA65</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Puede ser correcta la evolución del consumo por el tipo de suministro, boca de riego.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>10 CDA65</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Puede ser correcta la evolución del consumo por el tipo de suministro, boca de riego.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>11 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Se considera la evolución del consumo correcta al ser una fábrica cerrada</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>12 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>	<p><i>Extraño comportamiento del periodo intermedio, evolución del consumo actual correcto.</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>13 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Mismo consumo medio en los dos contadores.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>14 CDA65</p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>	<p><i>Contador intermedio con lecturas extrañas. En la actualidad descenso del consumo, estudiar situación productiva fábrica</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>

<p>15 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>	<p><i>Descenso brusco del consumo, no es debido al contador. Estudiar causas, principalmente si ha habido cambios en el funcionamiento de la depuradora</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>16 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Histórico de consumos correcto, con valle en verano, propio de un colegio.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>17 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>	<p><i>Descenso brusco del consumo, la causa no es el contador. Averiguar si hay variaciones en el funcionamiento del hotel.</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>18 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>	<p><i>Buenas lecturas del primer contador, no así en el actual que tiene lecturas dispares, descartado el contador, error en la recogida de datos.</i></p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p>
<p>19 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Histórico de consumo correcto, el aumento progresivo se debe a que es un negocio en expansión.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>20 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>	<p><i>Consumo prácticamente cero coherente con fábrica cerrada.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>

<p>21 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> <p>06/08/2007 18/12/2008 02/05/2010 14/09/2011 26/01/2013 10/06/2014</p>	<p><i>Datos de consumo de dos contadores uniformes en el tiempo, indicativo de buenas lecturas.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>22 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> <p>10/06/2014 18/09/2014 27/12/2014 06/04/2015</p>	<p><i>Pocos datos disponibles. Con lo que se tiene se concluye que hay un consumo correcto.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>23 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> <p>06/08/2007 18/12/2008 02/05/2010 14/09/2011 26/01/2013 10/06/2014</p>	<p><i>Datos de consumo de dos contadores uniformes en el tiempo, indicativo de buenas lecturas.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>24 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> <p>06/08/2007 28/03/2009 18/11/2010 10/07/2012 02/03/2014</p>	<p><i>Datos de consumo de dos contadores uniformes en el tiempo, indicativo de buenas lecturas.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>25 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> <p>06/08/2007 18/12/2008 02/05/2010 14/09/2011 26/01/2013 10/06/2014</p>	<p><i>Datos de consumo de dos contadores uniformes en el tiempo, indicativo de buenas lecturas.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>26 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> <p>18/12/2008 02/05/2010 14/09/2011 26/01/2013 10/06/2014</p>	<p><i>Datos de consumo de dos contadores uniformes en el tiempo, indicativo de buenas lecturas.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>

<p>27 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p><i>Histórico de consumos correcto excepto por dos puntos muy por encima de la media, al ser una toma municipal, puede que sean debidos a algún evento puntual en esas fechas que haya hecho aumentar el consumo.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>28 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p><i>Datos de consumo correctos.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>
<p>29 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Anómalo</p> 	<p><i>Descenso del consumo medio en el contador actual, descartado el mal funcionamiento del contador, estudiar la causa.</i></p>	<p style="text-align: center;">Desconocido</p>
<p>30 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p><i>Datos de consumo de dos contadores uniformes en el tiempo, indicativo de buenas lecturas, excepto por dos lecturas iniciales que apuntan a un error.</i></p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p>

Las principales anomalías detectadas, entendiendo por anomalías las situaciones en las que no se puede explicar el comportamiento del histórico, han sido las siguientes:

- Descenso brusco del consumo, descartando la posibilidad de que sea a causa del contador.
- Fallo en la recogida de datos.
- Descenso progresivo del consumo con desconocimiento de causa.
- Lecturas dispares aunque con media homogénea.

Analizados los históricos de consumo de un total de 30 contadores, se obtienen los datos reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 5.3 Históricos de consumo

ESTADO	Históricos de consumo	
	Total	%
Correcto	17	56,5
Anómalo	3	10
Desconocido	10	33,5

Se trasladan los datos de la tabla al gráfico para una mejor comprensión.



Ilustración 5.3 Históricos de consumo

De los históricos de los consumos de los contadores se pueden obtener datos muy valiosos para detectar anomalías tanto en el funcionamiento del contador como en la propia recogida de datos, consiguiendo con un seguimiento mínimo una optimización de la gestión del parque de contadores, que en el caso estudiado aquí de medios y grandes consumidores, supone una cantidad importante tanto en metros cúbicos de agua no contabilizados como en facturación perdida.

5.6 Estudio de consumos en edificios de viviendas

En el apartado anterior, se han analizado los históricos de consumo de todos los contadores cuyas instalaciones se han visitado. Entre ellos hay un lote de contadores pertenecientes a edificios de viviendas en los que aparecen consumos que se estiman muy por debajo de lo esperado y además se detecta un descenso progresivo del consumo en los últimos años. Se va a estudiar el porqué de esa situación tratando de encontrar una relación entre el número de pisos y el consumo medio diario de los diferentes edificios pertenecientes al mismo municipio, y por lo tanto se supone que con patrones de consumo sino iguales, al menos lo suficientemente parecidos.

Se ha elaborado una tabla en la que se compara el consumo medio diario en $m^3/\text{día}$ en cada edificio, con el consumo medio diario en $m^3/\text{día}$ esperado estadísticamente, teóricamente estos resultados tienen que guardar cierto parecido, con un pequeño margen de error.

Los datos que se conocen son los pisos que tiene cada edificio. En algún caso se tiene el dato de cuántos de estos pisos están habitados, pero al ser datos antiguos pueden estar obsoletos, por lo que se hará un tratamiento estadístico para estimar el número de personas que hay en cada edificio. Para ello se utilizan los datos publicados por el INE en «Encuesta Continua de Hogares, Año 2014» (<http://www.ine.es/prensa/np903.pdf>), según la cual en el País Vasco viven una media de 2,39 personas por hogar.

Por otra parte, se conoce también la «Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua, Año 2012» (<http://www.ine.es/prensa/np872.pdf>), que especifica que en el País Vasco se consumen una media de 119 litros por persona y por día. Este consumo aumentó en un 1,7% respecto al año anterior, en el que la media fue de 117 litros por persona y por día.

Para calcular el consumo de agua esperado se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Consumo esperado} = n^{\circ} \text{ viviendas} \cdot \% \text{ ocupación} \cdot 2,39 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} \cdot 0,119 \frac{\text{m}^3}{\text{persona} \cdot \text{día}} =$$

$m^3/\text{día}$, estableciendo el porcentaje de ocupación en un 90%.

Se realiza la siguiente tabla comparativa en la que como se ha comentado se refleja el consumo medio teórico esperado, el facturado en $m^3/\text{día}$ y el diferencial entre ambos.

Tabla 5.4 Comparativa consumo esperado/facturado

	nº viviendas	% ocupación estimado	Esperado	Facturado 2011-2014 (m3/día)	Dif. (%)	% ocupación calculado	Facturado 2011 (m3/día)	Dif. (%)	Facturado 2014 (m3/día)	Dif. (%)
Edificio 1	37	90%	9,5	10,4	9	98,83	10,7	11,5	10,0	5,3
Edificio 2	85		21,8	8,1	-169	33,51	10,0	-117,6	6,0	-262,6
Edificio 3	87		22,3	5,8	-286	23,32	¿?	¿?	5,8	-285,9
Edificio 4	58		14,8	7,4	-100	45,04	7,0	-112,1	9,4	-57,9
Edificio 5	42		10,8	13,7	21	114,61	15,0	28,3	11,1	3,1
Edificio 6	122		31,2	44,0	29	126,66	45,0	30,6	40,0	21,9
Edificio 7	36		9,2	16,4	44	159,78	19,0	51,5	10,5	12,2

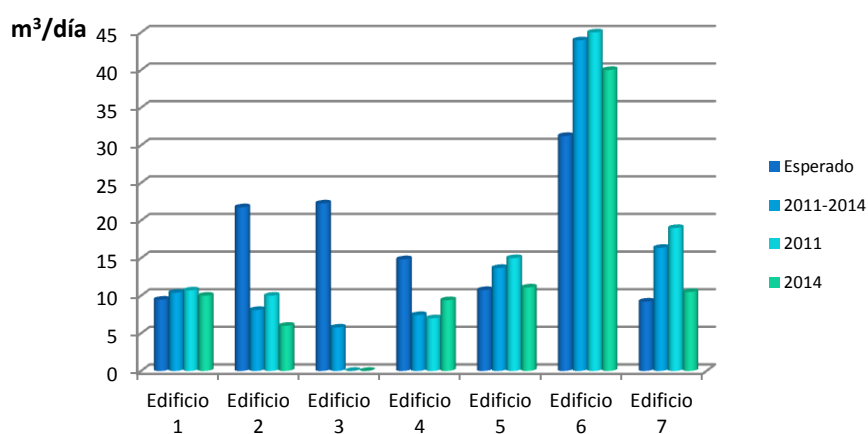
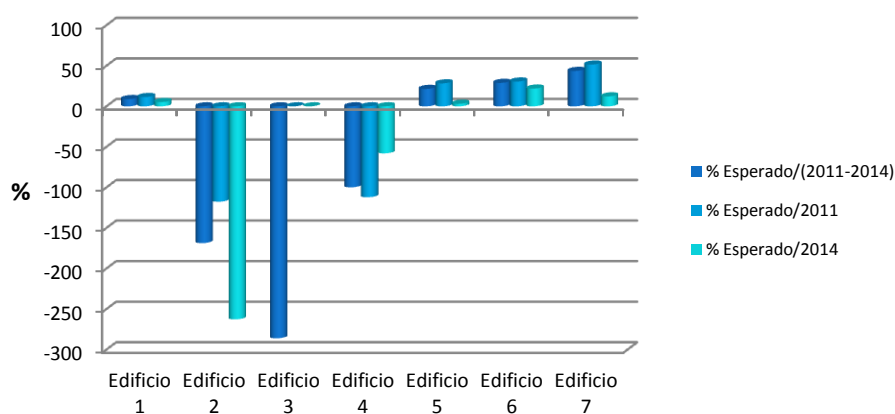
Ilustración 5.4 Comparativa consumo esperado/facturado en m³/día

Ilustración 5.5 Comparativa consumo esperado/facturado en %



Se observa en los gráficos anteriores cómo en los edificios 1, 5, 6 y 7 el consumo está un poco por encima de lo esperado. Además, si se compara el consumo esperado con las últimas lecturas registradas, las de 2014, se ve cómo prácticamente coinciden los datos, con una

diferencia máxima del 22% por encima de lo estimado que entra dentro de lo lógico al tratarse de datos estadísticos.

Se tiene sin embargo los edificios 2,3 y 4, pertenecientes todos a la misma comunidad en los que hay un gran desfase entre los consumos esperados y los facturados, en la tabla se ve que los porcentajes de ocupación que se corresponden con los consumos facturados son 33, 23 y 45% respectivamente, que son porcentajes muy bajos, sobre todo si se comparan con los otros edificios estudiados donde se encuentran porcentajes de ocupación del 98, 114, 126 y 160%, pero al ser viviendas nuevas, podría darse la circunstancia.

Si se estudia la evolución de los consumos en los 7 edificios desde 2011 hasta la fecha se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5.5 Evolución consumos

Edificio	2011 (m ³ /día)	2014 (m ³ /día)	Variación (%)
Edificio 7	19,04	10,84	-43
Edificio 6	45	40	-11
Edificio 1	10,7	10	-7
Edificio 5	15	11,15	-26
Edificio 4	7	9,42	35
Edificio 2	10	6	-40
Edificio 3	¿?	5,77	--

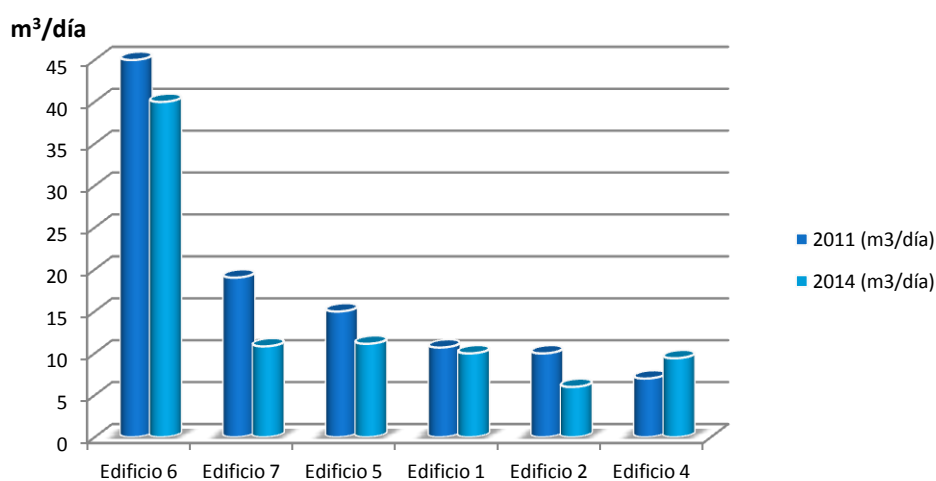


Ilustración 5.6 Evolución consumos por edificio

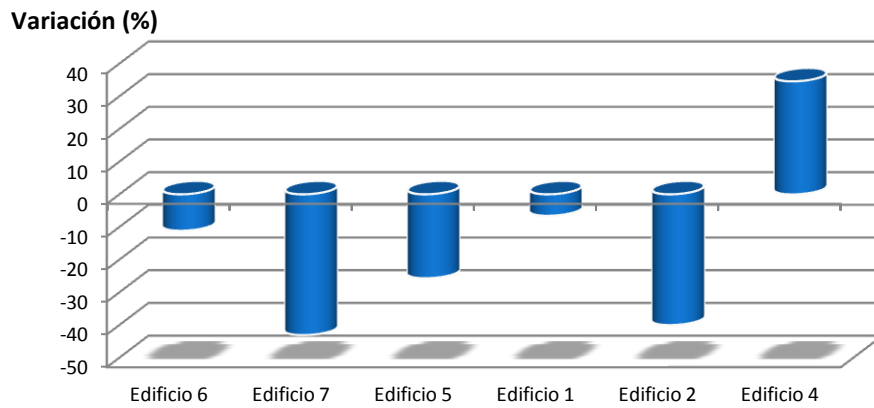


Ilustración 5.7 % variación por edificio 2011/2014

Se ve que la tendencia general es la disminución del consumo, aunque no en todos los casos. En los edificios 1, 5, 6 y 7 se aprecia que la disminución de consumo producida entre 2011 y 2014 lleva a unos consumos más razonables y cercanos a la media estadística, que en cualquier caso siguen siendo altos, aunque ya por poco, con lo que la tendencia esperada es que continúe la disminución de consumo, aunque de manera menos acusada durante un breve periodo de tiempo y progresivamente se produzca una estabilización del mismo. El edificio 4 es el único que muestra un aumento de consumo, que en este caso tiene su explicación por el bajo porcentaje de ocupación teórico que tenía en 2011, y que lógicamente si esa era la causa del consumo tan bajo que mostraba, haya ido creciendo este a medida que se han ido incorporando los vecinos.

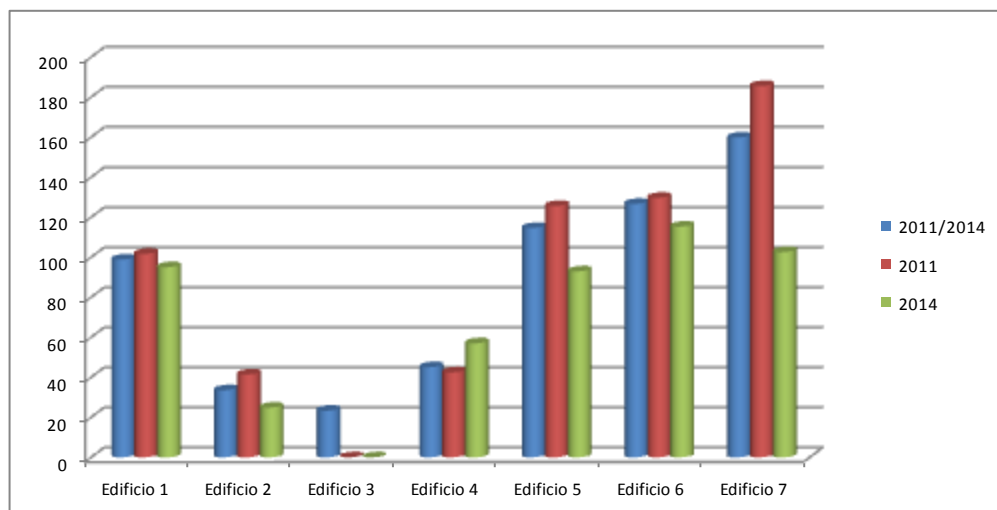


Ilustración 5.8 Porcentajes de ocupación calculados

Para este edificio en concreto se pasa, tal y como se observa en la gráfica anterior, de un porcentaje de ocupación calculado del 45% al 57%, algo más razonable, pero aún lejos de lo esperado.

No ocurre así sin embargo en el edificio 2, donde se tenía un porcentaje de ocupación calculado anormalmente bajo en 2011 del 41% pasando en 2014 al 25%, con una disminución del consumo del 40%.

Del edificio 3 no se tienen datos de 2011, ya que como se ha comentado anteriormente su histórico de consumos es completamente anómalo debido a errores en la lectura vía radio. Se cuenta con una única lectura visual con la que se obtiene el caudal medio, pero se carece de más información para tratar de explicar el bajo consumo.

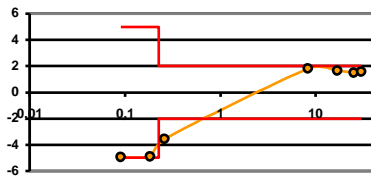
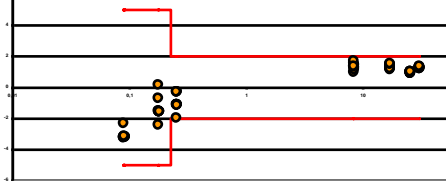
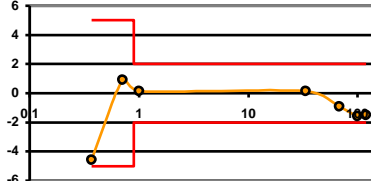
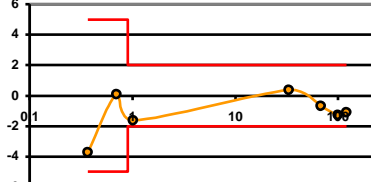
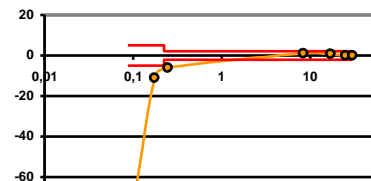
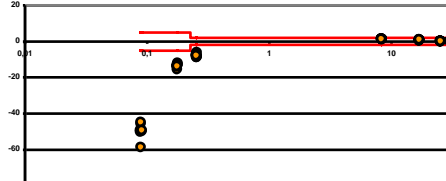
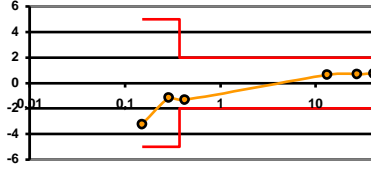
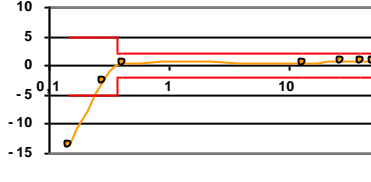
Los tres edificios conflictivos son iguales y pertenecen a la misma promotora, por lo que tiene que haber alguna explicación de este comportamiento anómalo. Se recomienda obtener más información hasta averiguar la causa de las discrepancias con el comportamiento esperado.

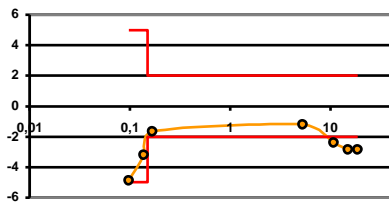
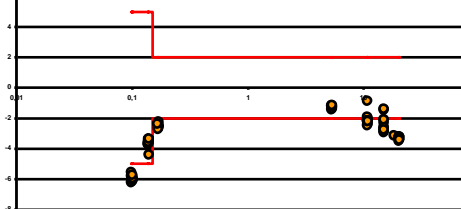
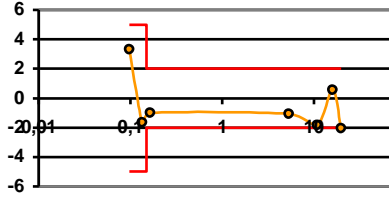
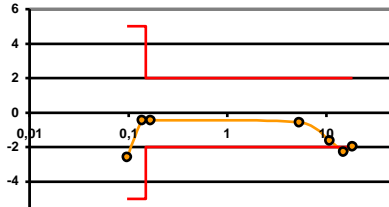
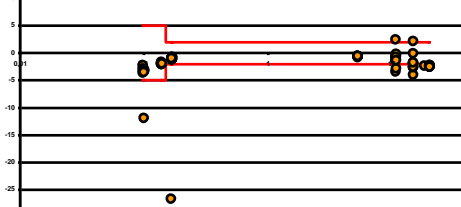
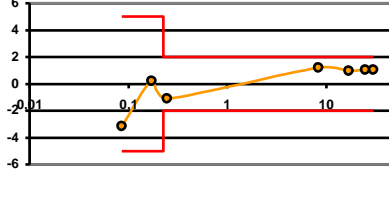
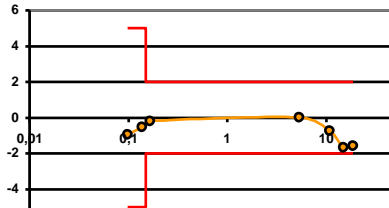

5.7 Ensayos de los contadores en el banco de pruebas

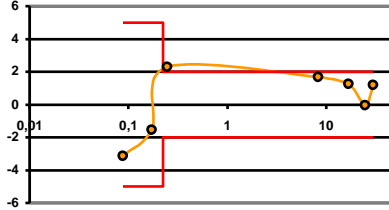
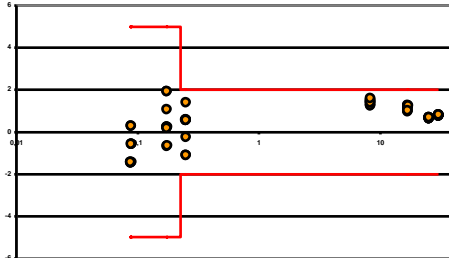
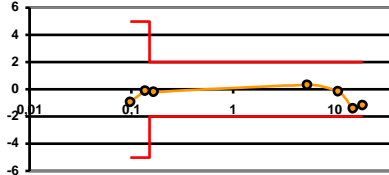
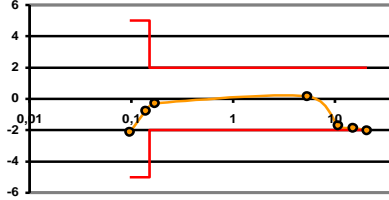
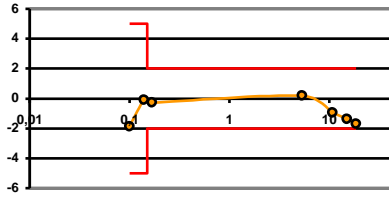
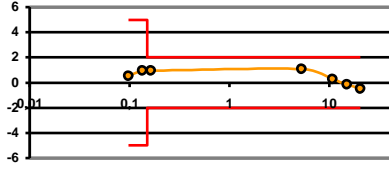
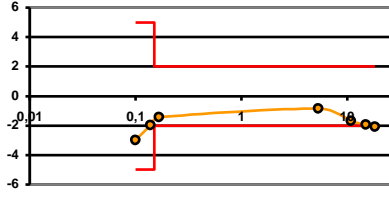
Se estudian de forma conjunta los resultados de los ensayos realizados en el banco de pruebas del laboratorio a los contadores previamente visitados y que posteriormente fueron retirados de su instalación y llevados al laboratorio.

A algunos de estos contadores, cuando se ha considerado necesario por los identificadores que se estaban manejando, se les ha realizado además del ensayo especificado en la normativa, un ensayo de larga duración consistente en tomar 70 puntos del contador durante un periodo de funcionamiento de alrededor de 12 horas. Con estos ensayos se ha pretendido descartar la posibilidad de que algún contador haya respondido positivamente al ensayo normalizado, y sin embargo oculte algún tipo de anomalía que haga que de forma aleatoria se pare produciendo un subcontaje oculto, como ya ha ocurrido con un contador nuevo de la misma marca y modelo que alguno de los ensayados. Dado el carácter aleatorio del fenómeno antes descrito, es difícil descartar la posibilidad del subcontaje incluso después del ensayo de larga duración.

Nº	Ensayo normal	Ensayo larga duración	Resultado
1 CDA65	Incorrecto 	No ensayado	Malo
2 CDA50	No ensayado	No ensayado	--
3 CDA100	Correcto 	Correcto 	Bueno
4 CDA100	Regular 	Regular 	Regular

<p>5 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Bueno</p>
<p>6 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p style="text-align: center;">Bueno</p>
<p>7 CDA100</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p style="text-align: center;">Bueno</p>
<p>8 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Incorrecto</p> 	<p style="text-align: center;">Incorrecto</p> 	<p style="text-align: center;">Malo</p>
<p>9 CDA65</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p style="text-align: center;">Bueno</p>
<p>10 CDA65</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p style="text-align: center;">Regular</p>
<p>11 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p style="text-align: center;">No ensayado</p>	<p style="text-align: center;">--</p>

<p>12 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Regular</p> 	<p style="text-align: center;">Regular</p> 	<p style="text-align: center;">Regular</p>
<p>13 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;"><i>No ensayado</i></p>	<p style="text-align: center;">Bueno</p>
<p>14 CDA65</p>	<p style="text-align: center;"><i>No ensayado</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>No ensayado</i></p>	<p style="text-align: center;">--</p>
<p>15 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Incorrecto</p> 	<p style="text-align: center;">Malo</p>
<p>16 CDA50</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;"><i>No ensayado</i></p>	<p style="text-align: center;">Bueno</p>
<p>17 VDA40</p>	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Correcto</p> 	<p style="text-align: center;">Bueno</p>

<p>18 CDA50</p>	<p>Correcto</p> 	<p>Correcto</p> 	<p>Bueno</p>
<p>19 VDA40</p>	<p>Correcto</p> 	<p>No ensayado</p>	<p>Bueno</p>
<p>20 VDA40</p>	<p>Correcto</p> 	<p>No ensayado</p>	<p>Bueno</p>
<p>21 VDA40</p>	<p>Correcto</p> 	<p>No ensayado</p>	<p>Bueno</p>
<p>22 VDA40</p>	<p>Correcto</p> 	<p>No ensayado</p>	<p>Bueno</p>
<p>23 VDA40</p>	<p>Correcto</p> 	<p>No ensayado</p>	<p>Bueno</p>
<p>24 CDA100</p>	<p>No ensayado</p>	<p>No ensayado</p>	<p>---</p>

25 CDA50	No ensayado	No ensayado	---
26 VDA40	<p>Correcto</p>	No ensayado	Bueno
27 VDA40	<p>Correcto</p>	No ensayado	Bueno
28 CDA100	No ensayado	No ensayado	--
29 VDA40	<p>Correcto</p>	<p>Regular</p>	Regular
30 VDA40	No ensayado	No ensayado	--

Las principales anomalías detectadas han sido las siguientes:

- Subcontajes en caudales bajos en los contadores de chorro único.
- Subcontajes en caudales altos en los contadores volumétricos.

De un total de 23 contadores analizados, se han obtenido los datos reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 5.6 Resultados ensayos contadores

ESTADO	Curva normal		Curva larga duración	
	Total	%	Total	%
Bueno	16	70	4	44,5
Regular	4	17	3	33,5
Malo	3	13	2	22

Se trasladan los datos de la tabla a gráficos para una mejor comprensión.

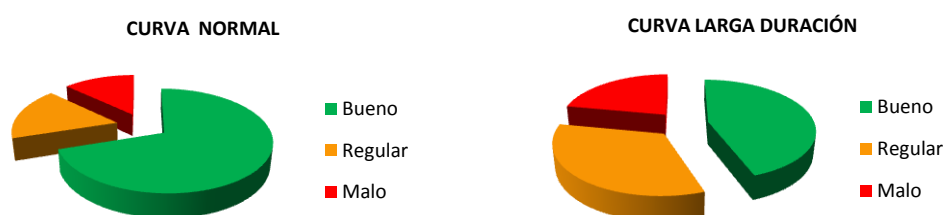


Ilustración 5.9 Resultados ensayos

Se extrae como conclusión principal del ensayo de los contadores en el banco de pruebas que los contadores de chorro único ensayados tienen tendencia al subcontaje en los caudales pequeños. Los contadores volumétricos sin embargo, tienen tendencia hacia el subcontaje en los caudales grandes.

El 70% de los contadores sometidos al ensayo normal de 7 puntos presentan curvas correctas. Si se analizan los contadores sometidos a los dos ensayos, el normal y el de larga duración, el número de contadores sin ningún punto fuera de lo especificado por la normativa disminuye hasta el 44,5%, dato dentro de la lógica ya que los contadores que se han sometido al doble ensayo son aquellos que presentaban algún dato incierto. Dos contadores de los nueve ensayados doblemente, tenían la calificación de correcto con un solo ensayo, habiendo cambiado dicha calificación con el ensayo de larga duración, lo que representa un 22%.

5.8 Cálculo de los errores globales

En algunos de los contadores ensayados se ha encontrado que su curva de error estaba fuera de lo permitido por la normativa, con errores superiores al 5% entre el caudal mínimo y el de transición y al 2% entre el de transición y el máximo. Además sus históricos de consumo marcaban una tendencia a la disminución del consumo medio.

Con el fin de encontrar una explicación a esa progresiva disminución del consumo, se ha tratado de relacionar el aumento del error del contador con dicha disminución. Para ello se ha supuesto que cuando se instaló el contador su curva de error entraba dentro de los parámetros permitidos, además, se necesita conocer el patrón de consumo de los contadores, para a partir de él poder obtener el error global del contador y con este la disminución en el consumo que va a aparecer reflejada en los históricos, demostrando, si la hipótesis es válida, que no es realmente una disminución del consumo sino un subcontaje del mismo.

Como se acaba de comentar, para estimar la cantidad de agua que el contador está dejando de registrar, se necesita conocer el error global del contador, para lo cual, se necesita a su vez el patrón de consumo esperado para este tipo de consumidor.

Se tiene que buscar en la bibliografía estudios que hayan determinado los patrones de consumo. Estos son específicos de cada consumidor, no es lo mismo por ejemplo una vivienda que una casa unifamiliar con jardín, e incluso dentro de ambos casos se puede hilar más fino y clasificar las viviendas por número de habitaciones y cuartos de baño, y las casas unifamiliares por metros cuadrados de jardín y si tienen piscina o no. En nuestro caso particular se quiere obtener el error global de 4 contadores, con probablemente patrones de consumo muy diferentes, ya que el primero es un edificio de viviendas, el segundo una fábrica, el tercero una depuradora, aunque por los consumos se entiende que funciona como una vivienda ya que sólo da servicio a las oficinas, y el último un albergue de estudiantes, que se puede asemejar o a un edificio o a un hotel, se opta por la primera alternativa por tener datos más representativos. En cada caso se ha buscado el patrón de consumo que mejor se ajusta al uso de cada contador, y siempre buscando la peor situación posible, ya que lo único que se pretende es justificar la disminución del consumo medio.

Para los cuatro contadores, a la hora de calcular el error global, se sigue el criterio establecido por F. Arregui en el capítulo 6 de su libro “Gestión Integral de contadores de agua”, es decir,

Para la curva de error;

- El error de medición a caudal de arranque es del -70%.
- Evolución lineal de la curva de error entre los caudales de error conocido.

Para el patrón de consumo;

- En cada intervalo de caudales el consumo está repartido uniformemente.

Para el error de medición global;

- Todo el volumen consumido por debajo del caudal de arranque no se registra.
- El volumen consumido en cada intervalo del patrón de consumo se registra con el error al caudal medio del mismo, obtenido de la reconstrucción de la curva de error.

CONTADORES

Nº	Localidad	Tipo de suministro	DN	% Posible error Instalación
8	D	Viviendas	50	0%

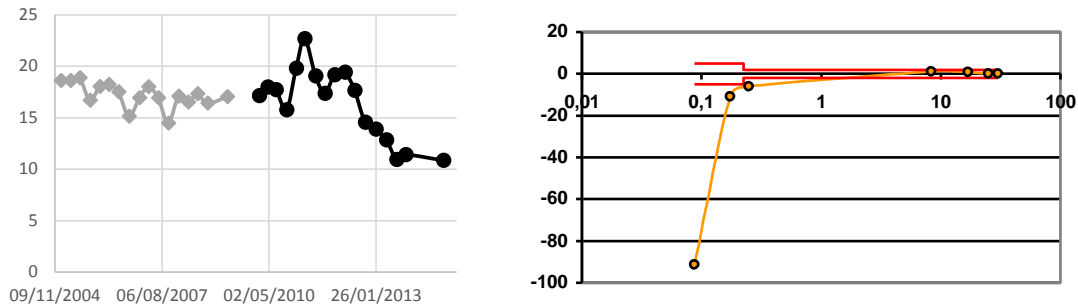


Ilustración 5.10 Histórico y ensayo contador

Del análisis de los ensayos resulta evidente que este contador comete errores elevados para caudales pequeños, no así para los grandes donde permanece dentro de los rangos permitidos. En la gráfica que representa el histórico de los consumos, se observa cómo se produce un descenso progresivo en los dos últimos años, hasta lo que parece la estabilización del consumo en las 3 últimas lecturas disponibles, resaltadas en negrita en la tabla siguiente.

Tabla 5.7 Datos históricos de consumo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
17/10/2014	30456	352	3817	10.84
30/10/2013	26639	85	969	11.40
06/08/2013	25670	96	1049	10.93
02/05/2013	24621	98	1258	12.84
24/01/2013	23363	99	1374	13.88
17/10/2012	21989	99	1440	14.55
10/07/2012	20549	90	1588	17.64
11/04/2012	18961	97	1883	19.41
05/01/2012	17078	91	1744	19.16
06/10/2011	15334	87	1510	17.36
11/07/2011	13824	102	1943	19.05
31/03/2011	11881	79	1791	22.67
11/01/2011	10090	90	1782	19.80
13/10/2010	8308	99	1560	15.76
06/07/2010	6748	77	1364	17.71
20/04/2010	5384	79	1420	17.97
31/01/2010	3964	207	3547	17.14
			Promedio	16.36

Se quiere comprobar si este descenso puede ser debido a los subcontajes del contador, y para ello se necesita calcular el error global del mismo que nos indique el subcontaje producido.

En el caso de este primer contador, alimenta a un edificio de 36 viviendas con un contador de DN50. Para obtener el patrón de consumo de este tipo de contador, se cree que la mejor aproximación a la realidad son los datos publicados en el cuaderno de I+D+i titulado "Precisión

de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid” del Canal de Isabel II, que para uso doméstico y contadores de diámetro nominal 40 presentan el patrón de consumo simplificado que aparece en la ilustración 5.10

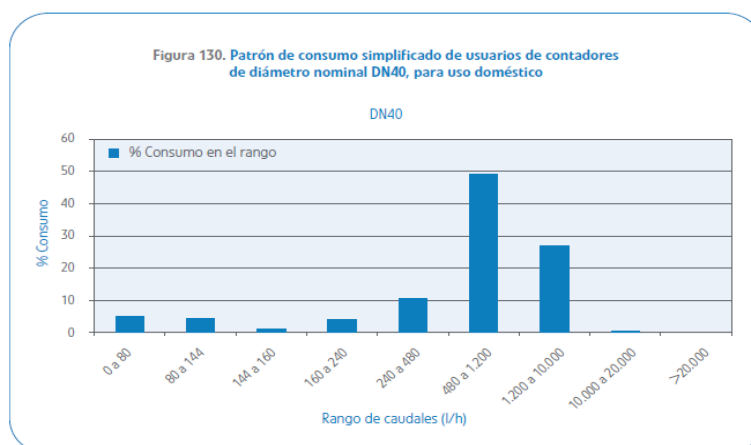


Ilustración 5.11 Patrón de consumo DN40

Esta gráfica es para usuarios domésticos con contadores de diámetro nominal DN40, cuando el nuestro es de DN50, no se han encontrado datos para este diámetro nominal, por lo que se adaptan los resultados publicados. Todo parece indicar que en este caso los datos estarán desplazados hacia la derecha, ya que si se supone que el contador está bien dimensionado los consumos tienen que ser mayores que para los de un contador de DN40.

Si se establece la relación que hay entre los intervalos de los rangos de caudales estudiados en dicho documento, se llega a la conclusión de que se multiplican por 2 entre DN20 y DN30, y entre DN30 y DN40, por lo tanto, parece una hipótesis válida que ocurrirá lo mismo entre DN40 y DN50. También se tiene que estimar los porcentajes de cada intervalo. En este caso no hay una tendencia clara, ya que en todos los contadores pequeños el máximo porcentaje se produce en el tercer intervalo empezando por el final, en el contador de DN40 cambia esa tendencia y pasa a ser el intervalo cuarto el de mayor porcentaje.

La suposición que se va a hacer es que la distribución por intervalos permanece constante entre un contador de DN40 y uno de DN50, y lo que se hace es ajustar los rangos de caudales para un contador de DN50 multiplicando por 2 los de DN40. El resultado aparece reflejado en la gráfica siguiente.

Patrón de consumo estimado contadores DN50 uso doméstico

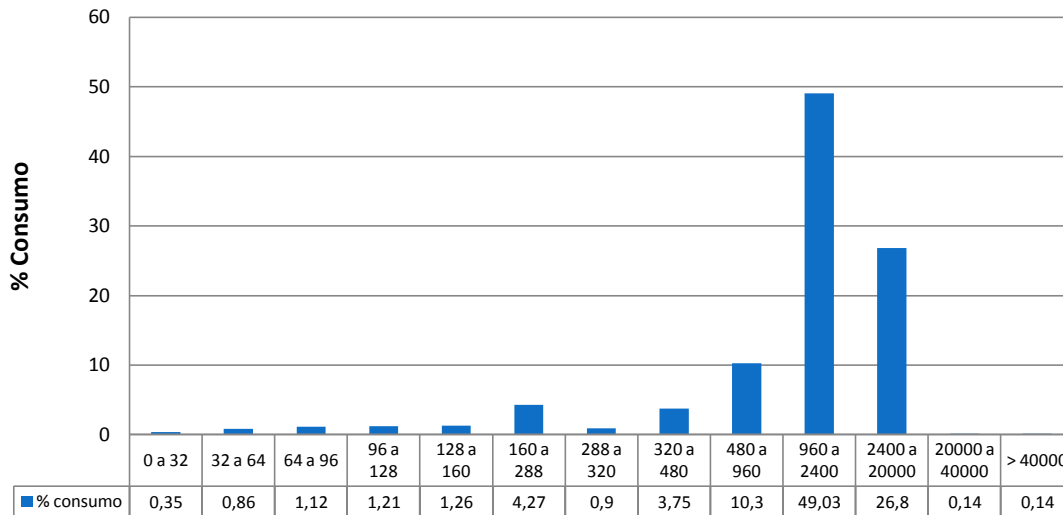


Ilustración 5.12 Patrón de consumo estimado contadores DN50 uso doméstico

Con el patrón de consumo estimado para un contador de DN50 de uso doméstico se traslada a nuestros puntos de ensayo de la curva de error los porcentajes de consumo en el rango. Para ello se calcula previamente el caudal de cálculo de consumo como el caudal medio entre dos caudales consecutivos, de manera que establecido el caudal de arranque, entre 0 y este se suman los porcentajes de los intervalos de caudales hasta el intervalo en el cual esté comprendido en el que se estima el porcentaje que representa. En nuestro caso, como el caudal de arranque es de 140 l/h, el porcentaje de consumo será el del intervalo 0 – 140 l/h que es la suma de los cuatro primeros intervalos $0,35 + 0,86 + 1,12 + 1,21$ mas el 38% del error del cuarto intervalo que es lo que representan los 140 l/h en el intervalo de 128 a 160 l/h, es decir $1,26 * 0,38 = 0,48$. Con lo que el porcentaje de consumo total del intervalo queda en 4,02% con un error del -100%. Para calcular el porcentaje de consumo del siguiente intervalo se sigue el mismo procedimiento sumando además el porcentaje del intervalo anterior que no se había tenido en cuenta. Con el resto de intervalos se procede de igual manera obteniendo los resultados reflejados en la tabla siguiente en la columna “Consumo en el rango (%)”. Con los datos de consumo en el rango y de los errores cometidos por el contador en cada intervalo de caudal, obtenidos como la media de los 10 puntos por caudal del ensayo de larga duración en el banco de pruebas, resultan los errores ponderados para cada intervalo, y finalmente como suma de estos el error global.

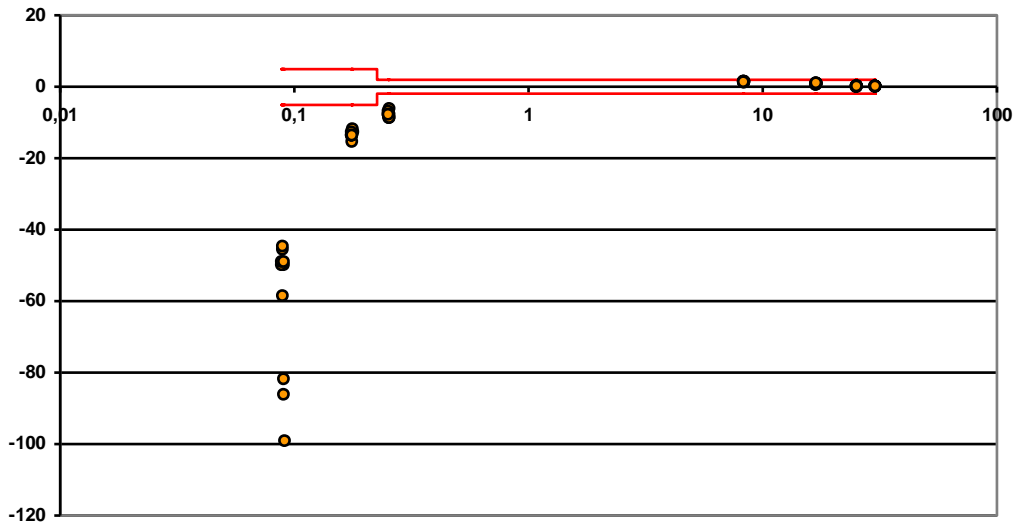


Ilustración 5.13 Ensayo de larga duración

Tabla 5.8 Cálculo error ponderado

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr.	-100	0,14	4,02	-4,02
0,14	-70	0,16	1,14	-0,8
0,173	-13,339	0,21	1,7	-0,22
0,248	-7,797	1,20	25,68	-2
8,352	1,359	10,00	52,26	0,71
16,895	0,824	20,94	15,28	0,12
24,982	0,144	27,50	0,14	0,00
30,014	0,112	30,01	0,14	0,00
			Error Global	-6,21

Como resultado se obtiene un error global para este contador de aproximadamente un subcuenta del 6,21%, este subcuenta por sí solo no explica la caída de un 35% que se ha producido en las lecturas de los últimos años, pero es un factor a tener en cuenta ya que constituye un subcuenta importante.

Nº	Localidad	Tipo de suministro	DN	% Posible error Instalación
12	B	Fábrica	40	0%

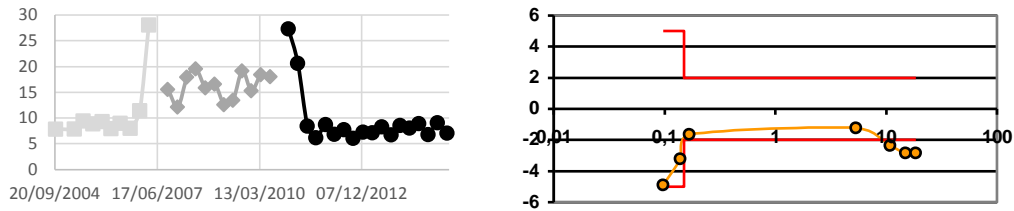


Ilustración 5.14 Histórico de consumo y ensayo contador

Se observa en el ensayo normal, una tendencia al subcontaje en los caudales grandes, permaneciendo dentro de los límites para los pequeños. En la gráfica que representa el histórico de los consumos, hay discrepancias entre el contador central y los de los extremos. Que dos contadores midan lo mismo y un tercero no, hace pensar que el erróneo es el diferente, por lo que las lecturas del contador actual serían correctas. Aún así, se calcula el error global para ver en qué grado puede afectar al consumo total.

En este caso el contador da servicio a una fábrica, con lo que resulta bastante complicado buscar un patrón de consumo que se asemeje, ya que en el patrón de consumo de una fábrica entran en juego factores tales como si se utiliza el agua solo para lo que se llamaría uso doméstico o también parte del consumo se utiliza en el proceso de producción, etc. Son tantas las variables que entran en juego, que prácticamente es necesario obtener el patrón de consumo específico para cada una de ellas. Como no se tiene ninguna aproximación mejor, se utiliza el mismo patrón de consumo y el mismo procedimiento que para el contador anterior, con la salvedad de que en este caso el contador es del mismo diámetro nominal que en la gráfica cuyos datos se utilizan, con lo que no se tiene que hacer ninguna estimación, sino que se utiliza directamente.

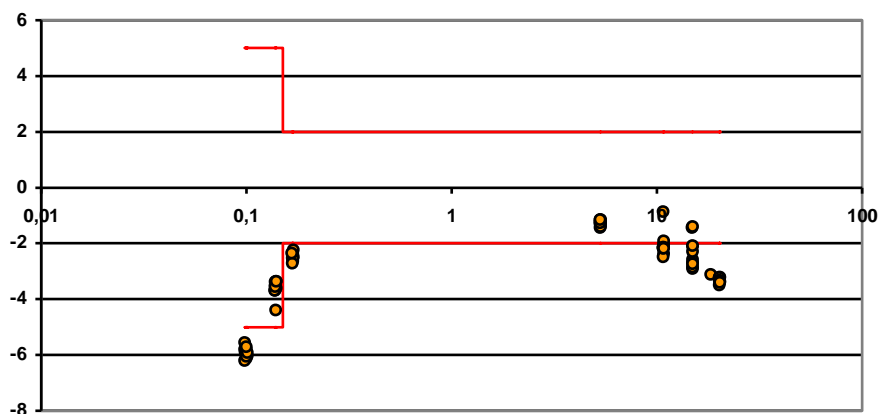


Ilustración 5.15 Ensayo larga duración

Tabla 5.9 Cálculo error ponderado

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr. 0,015	-100	0,015	0,33	-0,33
0,015	-70	0,058	2,76	-1,93
0,1	-5,914	0,12	4,38	-0,25
0,14	-3,597	0,155	2,22	-0,08
0,17	-2,493	2,74	68,05	-1,69
5,315	-1,263	8	15,92	-0,20
10,823	-2,052	12,9335	6,13	-0,12
15,044	-2,31	16,819	0,04	0,00
18,594	-3,303	18,594	0,03	0,00
			Error global (%)	-4,6

Como resultado se obtiene un error global del -4,6%, subcontaje no significativo.

Nº	Localidad	Tipo de suministro	DN	% Posible error Instalación
15	B	Depuradora	40	0%

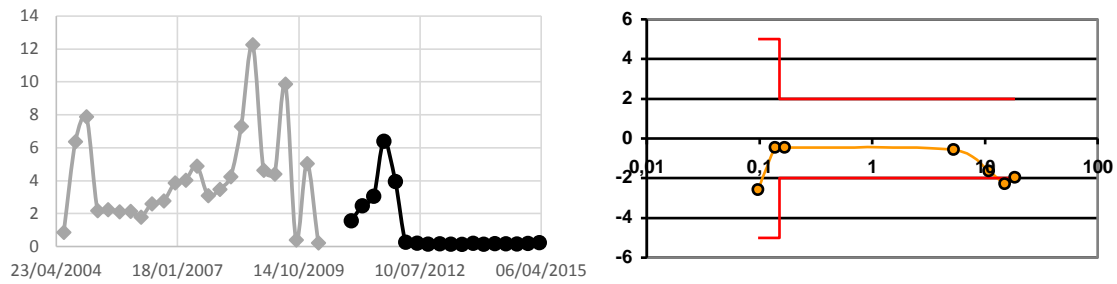


Ilustración 5.16 Ensayo contador

Se observa en el ensayo normal, una pequeña tendencia al subcontaje para los caudales grandes, permaneciendo dentro de los límites para los pequeños, sin embargo en el ensayo de larga duración, aparecen un par de puntos de gran subcontaje en los caudales pequeños y gran dispersión de resultados para los caudales grandes. En la gráfica que representa el histórico de los consumos, se observa cómo a partir de mediados de 2012 cae el consumo hasta casi cero. Descartado el mal funcionamiento del contador, lo más probable es que sea debido o bien a un cambio en la actividad de la depuradora o a errores en la toma de datos. Se calcula el error global de todas formas para ver en qué grado puede afectar al consumo total.

Se estima por el consumo que este es solo para las oficinas, por lo que las suposiciones hechas, en cuanto al patrón de consumo, en el contador anterior son las que mejor encajan en esta instalación.

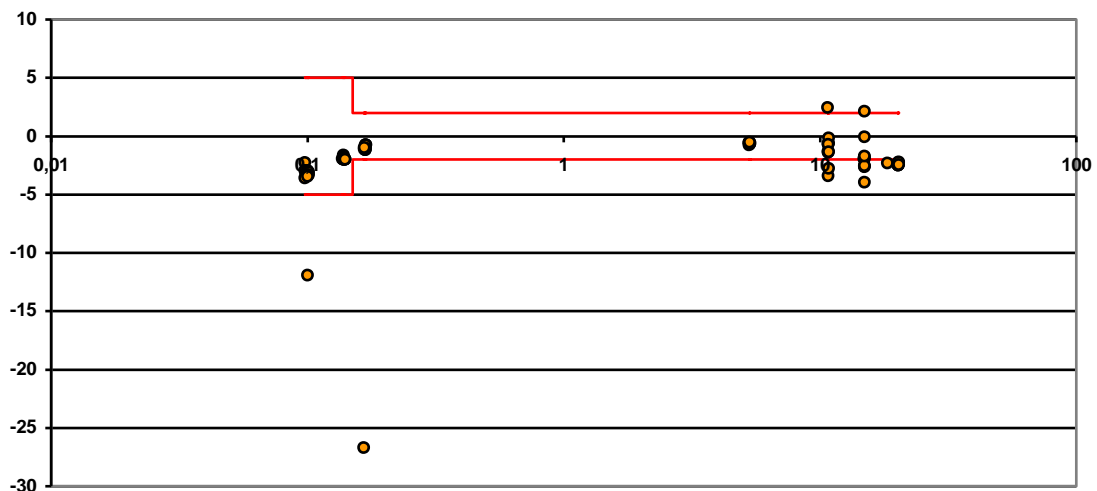


Ilustración 5.17 Ensayo larga duración

Tabla 5.10 Cálculo error ponderado

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr. 0,017	-100	0,017	0,33	-0,33
0,017	-70	0,057	2,76	-1,93
0,1	-4,03	0,12	4,38	-0,17
0,14	-1,914	0,155	2,22	-0,04
0,17	-3,557	2,74	68,05	-2,42
5,315	-0,626	8	15,92	-0,10
10,823	-0,993	12,9335	6,13	-0,06
15,044	-1,7	16,819	0,04	0,00
18,594	-2,385	18,594	0,03	0,00
			Error global (%)	-5,05

Como resultado se obtiene un error global de aproximadamente un -5,05%, subcontaje importante, aunque por sí solo no es significativo.

Nº	Localidad	Tipo de suministro	DN	% Posible error Instalación
18	Z	Colegio	50	-12%

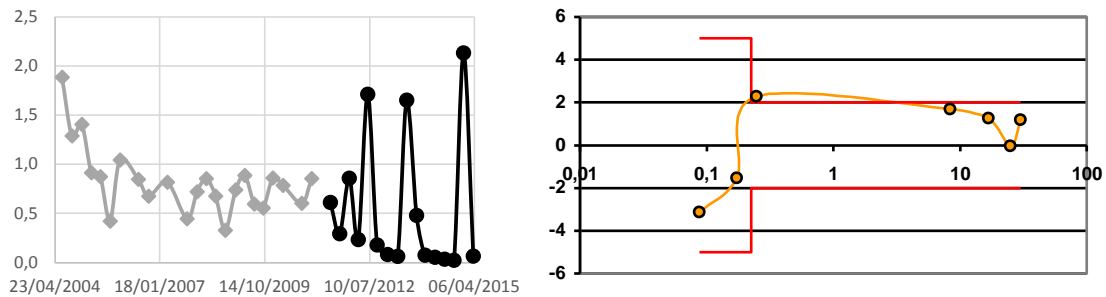


Ilustración 5.18 Histórico de consumo y ensayo contador

Se observa en el ensayo normal un punto de caudal medio en el límite superior de los márgenes permitidos, pero se puede afirmar que el funcionamiento de este contador es correcto. Esta afirmación es corroborada por el resultado del ensayo de larga duración tal y como se aprecia en la gráfica que se presenta a continuación. En la gráfica que representa el histórico de los consumos hay muchos altibajos, que descartado el mal funcionamiento del contador y el cambio en el patrón de consumo al ser un colegio, todo apunta a una mala recogida de datos. No obstante, en este caso, según los ensayos que se han realizado, sí que afectan las condiciones de la instalación, hasta valores de subcontaje del -12%. Se va a calcular el error global del contador teniendo en cuenta el error de la instalación y sin tenerlo, para ver en qué forma puede afectar al consumo total y hacer una comparativa entre ambos casos.

En este caso y tal y como se ha comentado al principio del capítulo, se considera el patrón de consumo como el de un edificio de viviendas, y por lo tanto se sigue el mismo procedimiento que con el primer contador, ya que como aquel, este es de diámetro nominal 50.

Con el patrón de consumo, el error del -12% registrado y la media de los errores cometidos por el contador en el resto de los intervalos de caudal, obtenidos en el ensayo de larga duración en el banco de pruebas, resultan los errores ponderados para cada intervalo, y finalmente como suma de estos el error global.

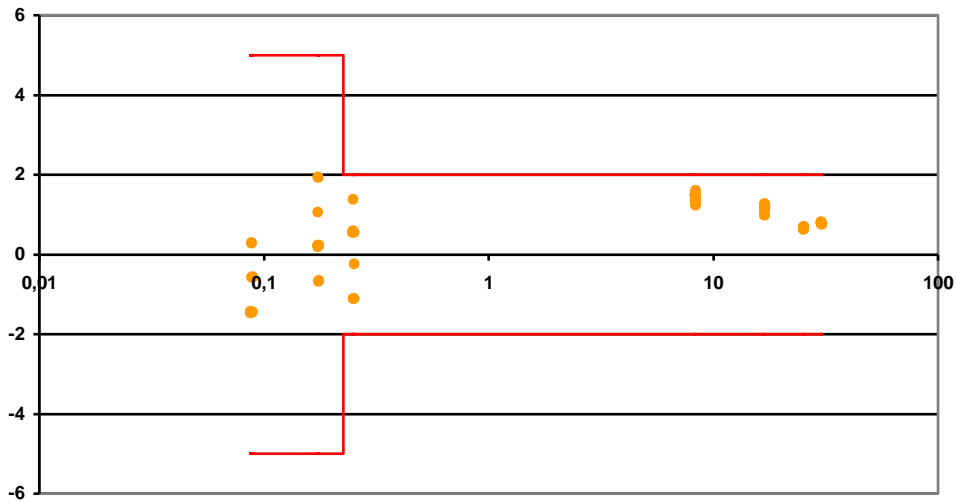


Ilustración 5.19 Ensayo larga duración

Tabla 5.11 Cálculo error ponderado

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr. 0,026	-100	0,026	0,28	-0,28
0,026	-70	0,057	0,73	-0,51
0,087	-0,833	0,13	2,6	-0,02
0,173	0,473	0,2105	2,88	0,01
0,248	0,237	1,2	25,68	0,06
8,352	1,423	10	52,26	0,74
16,895	1,15	20,9385	15,28	0,17
24,982	-12	27,498	0,14	-0,02
30,014	0,79	30,014	0,14	0,00
			Error global (%)	0,15

Sin tener en cuenta el error cometido por la instalación.

Tabla 5.12 Cálculo error ponderado sin error instalación

<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>Error ensayo (%)</i>	<i>Caudal cálculo consumo (m³/h)</i>	<i>Consumo en el rango (%)</i>	<i>Error ponderado (%)</i>
Qarr. 0,026	-100	0,026	0,28	-0,28
0,026	-70	0,057	0,73	-0,51
0,087	-0,833	0,13	2,6	-0,02
0,173	0,473	0,2105	2,88	0,01
0,248	0,237	1,2	25,68	0,06
8,352	1,423	10	52,26	0,74
16,895	1,15	20,9385	15,28	0,17
24,982	0,67	27,498	0,14	0,00
30,014	0,79	30,014	0,14	0,00
			Error global (%)	0,17

Como resultado se obtiene un error global para este contador de aproximadamente un sobreconteo del 0,15%. Se ve además que el error cometido por las condiciones de la instalación no afecta al error global al haberse producido en los ensayos el subconteo del -12% de forma puntual para un caudal alto que no tiene mucha incidencia en el patrón de consumo. Se descarta la posibilidad de que las lecturas cercanas a cero que se producen sean debidas a un mal funcionamiento del contador o a su instalación.

5.9 Estimaciones económicas

Se hace una estimación económica de la situación de los contadores analizados, es decir, después de realizar el estudio integral de la instalación, se estima para cada una de ellas si se ha estado contabilizando adecuadamente el volumen de agua suministrado o por el contrario si ha habido subcontaje o sobrecontaje del agua realmente consumida, haciendo además una valoración económica del coste producido, diferenciando si este coste ha sido para el consumidor, sobrecontaje, o para el suministrador, subcontaje.

En la tabla siguiente, aparecen en **rojo** los datos que se corresponden con la realidad y en **naranja** las suposiciones, que podrían haber ocurrido o pueden estar ocurriendo, pero no se dispone de información suficiente como para estimarlas o desestimarlas. En ambos casos si el signo es negativo indica un subcontaje y si es positivo sobrecontaje.

Nº Contador	Estimación económica
1 CDA65	Contador en mal estado. Se han dejado de facturar -26.538 m³ con un coste estimado de -26.572€ . En caso de haber pertenecido a la tarifa más habitual el coste hubiese sido de -61.754 €
2 CDA50	Contabiliza correctamente .
3 CDA100	El contador anterior podía haber dejado de facturar -1.860m³ o -4.440 € . Es necesario averiguar porque se aleja tanto el consumo esperado del facturado, el consumo continúa disminuyendo. Podría estar dejando de facturar -6.570 m³/año o -15.682€/año
4 CDA100	Es necesario averiguar porque se aleja tanto el consumo esperado del facturado, el consumo continúa disminuyendo. Podría estar dejando de facturar -5.183 m³/año o -12.371 €/año
5 CDA50	Es necesario averiguar porque se aleja tanto el consumo esperado del facturado, el consumo continúa disminuyendo. Podría estar dejando de facturar -2.033 m³/año o -4.852 €/año .
6 CDA100	Contabiliza correctamente .
7 CDA100	Contabiliza correctamente .
8 CDA50	El error global de este contador es de -6,21% lo que supone dejar de contabilizar -526 m³ y -1.255 € .
9 CDA65	Contabiliza correctamente .
10 CDA65	Contabiliza correctamente .
11 VDA40	Contabiliza correctamente .
12 VDA40	El error global de este contador es de -4,6% lo que supone dejar de contabilizar -477 m³ y -1.138 € .
13 VDA40	Contabiliza correctamente .
14 CDA65	Es necesario averiguar porque ha disminuido tanto el consumo y si el contador actual está midiendo bien. Si la media del contador anterior era correcta, posible subcontaje de hasta -546 m³ o -1.200€ ; -146 m³/año o -320€/año .
15 VDA40	El error global de este contador es de -5,05% lo que supone dejar de contabilizar -82 m³ y -197 € . Averiguar causa disminución consumo, posible subcontaje de hasta -4.451 m³ o -10.000 € ; -1.368 m³/año o -3.075 €/año .
16 CDA50	Contabiliza correctamente
17 VDA40	Averiguar causa disminución consumo, posible subcontaje hasta -1.510 m³ o -3.500€ o -548 m³/año o -1.268€/año .
18 CDA50	Contabiliza correctamente .
19 VDA40	Contabiliza correctamente .
20 VDA40	Contabiliza correctamente .
21 VDA40	Contabiliza correctamente .
22 VDA40	Contabiliza correctamente .
23 VDA40	Contabiliza correctamente .
24 CDA100	Contabiliza correctamente .
25 CDA50	Contabiliza correctamente .

26 VDA40	Contabiliza <i>correctamente</i> .
27 VDA40	Contabiliza <i>correctamente</i> .
28 CDA100	Contabiliza <i>correctamente</i> .
29 VDA40	Averiguar causa disminución del consumo a la mitad frente al contador anterior, se pueden haber dejado de facturar hasta - 4.352 m ³ o -10.000 €, que supone -912 m ³ /año o -2.111 €/año.
30 VDA40	Contabiliza <i>correctamente</i> .

De un total de 30 contadores analizados, se obtienen los datos reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 5.13 Estado contabilización volumen suministrado

ESTADO	Contaje volumen suministrado	
	Total	%
Correcto	20	67
Duda	6	20
Malo	4	13

Se trasladan los datos de la tabla al gráfico para una mejor comprensión.



Ilustración 5.20 Estado contabilización volumen suministrado

Un 67% de los contadores analizados cuentan correctamente el volumen de agua suministrado. Hay un 20% de los contadores, en concreto 6 que presentan dudas, principalmente por no tener un histórico de consumos uniforme y desconocerse el motivo del bajo consumo medio actual frente al esperado o el precedente. En todos los casos se descarta el mal funcionamiento del contador y hay que buscar las causas en malas lecturas, en una disminución real del consumo o incluso estudiar posibles casos de fraude. Hay 4 contadores, un 13%, en los que el contaje del volumen de agua se ha estado realizando de forma incorrecta, lo que ha supuesto no contabilizar aproximadamente 27.623 m³ de agua, lo que en este caso concreto habría supuesto dejar de ingresar unos 29.162€.

5.10 Conclusiones

Del estudio integral de los 30 contadores en sus instalaciones se obtienen las siguientes conclusiones:

- Alrededor del 70% de las instalaciones tienen o buena accesibilidad o conservación, el porcentaje de ambas cosas disminuye hasta el 50%.



Ilustración 5.21 Accesibilidad y conservación

- Sólo al 3,5% de los contadores estudiados les afectan las condiciones de su instalación, y todos ellos cumplen con lo especificado por el fabricante.

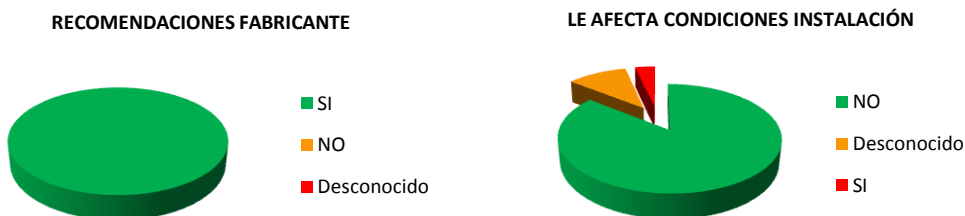


Ilustración 5.22 Condiciones instalación

- El 56% de los históricos de consumo es correcto y nos indica claramente un buen funcionamiento del contador, este dato indica que para realizar una buena gestión del parque de contadores habría que mejorar la adquisición de los datos y el seguimiento de los consumidores.



Ilustración 5.23 Históricos consumo

- El consumo medio en las viviendas analizadas ha ido disminuyendo progresivamente desde 2011 hasta 2015 en aproximadamente un 25% de media. Los consumos actuales de dichas viviendas aún están un poco por encima de la media estadística.
- Los contadores de chorro único ensayados en el banco de pruebas del laboratorio tienen tendencia al subcontaje en los caudales pequeños. En los volumétricos, la tendencia hacia el subcontaje es en los caudales grandes.
- De los contadores ensayados en el banco de pruebas con un único ensayo, el denominado normal, el 70% presentaba resultados correctos, sin embargo el porcentaje disminuye cuando se realiza también el ensayo de larga duración.

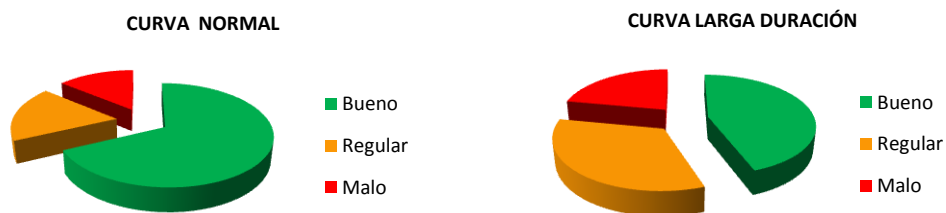


Ilustración 5.24 Curvas de error contadores

- Calculados los errores globales de 5 contadores, 3 de ellos presentan errores reseñables, 1 con un error superior al **-90%** y otros 2 con errores globales del **-6,21%** y del **-5,05%**.
- El 67% de los contadores contabilizaron correctamente el volumen de agua suministrado. El volumen de agua no contabilizado ha sido de **27.623 m³** de agua lo que ha supuesto un coste de **29.162€**.

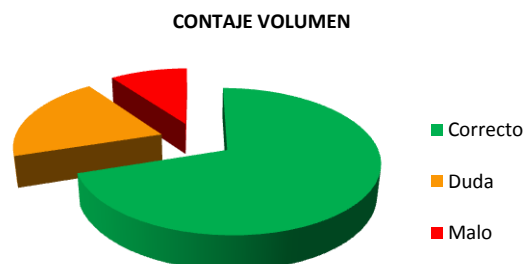


Ilustración 5.25 Características contaje volumen

- Quedan todavía incógnitas por resolver que pueden haber supuesto un subcontaje de un total de **26.505 m³** o **62.000 €** de facturación y mientras no se resuelvan pueden estar suponiendo anualmente **16.760 m³/año** y **39.679€/año**.

Se destaca que a pesar de que la mayoría de los contadores están funcionando correctamente, en este tipo de instalaciones para medios y grandes consumidores, un solo contador que se detecte en mal estado, justifica la inversión en tiempo y dinero, ya que por ejemplo en el caso que nos ocupa ha supuesto dejar de contabilizar **26.538 m³** de agua, y en las condiciones más habituales, con la tarifa de la mayoría de los contadores hubiese supuesto un coste económico de **61.754 €**.

ANEXO I

INFORMES INSTALACIONES VISITADAS

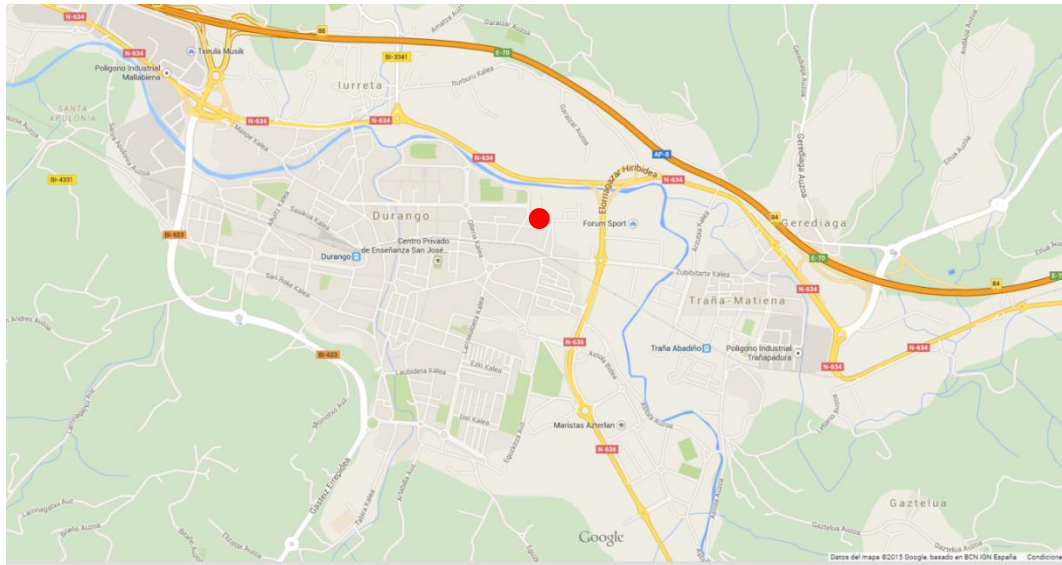
ÍNDICE

ANEXO I	5-62
1 A3 (POLIDEPORTIVO), D	5-64
2 A17 (VIVIENDAS), D	5-72
3 E5 (VIVIENDAS), D	5-77
4 E6 (VIVIENDAS), D	5-86
5 E11 (VIVIENDAS), D	5-92
6 M1 (VIVIENDAS), D	5-99
7 M3 (VIVIENDAS), D	5-105
8 T17 (VIVIENDAS), D	5-111
9 A12 (BOCA DE INCENDIOS), D	5-125
10 AR3 (BOCA DE INCENDIOS), D	5-127
11 A19 (FÁBRICA), B	5-129
12 M4 (FÁBRICA), B	5-134
13 M10 (CONCESIONARIO), B	5-142
14 M 26 (FÁBRICA), B	5-147
15 M 900 (DEPURADORA), B	5-153
16 A27 (COLEGIO), Z	5-161
17 E 38 (HOTEL), Z	5-166
18 Z-A17 (COLEGIO), Z	5-172
19 Z134 (CAMPING), Z	5-181
20 B20 (FÁBRICA), M-X	5-186
21 B21 (OFICINAS), M-X	5-192
22 B24 (DEPURADORA), M-X	5-197
23 B26 (ESTACIÓN DE SERVICIO), M-X	5-202
24 E36 (FÁBRICA), M-X	5-207
25 KI1 (FÁBRICA), M-X	5-212
26 X10 (CENTRO DE CUIDADO), M-X	5-217
27 XE10 (TOMA MUNICIPAL), M-X	5-222
28 X12 (ESCUELA), M-X	5-228
29 X19 (ESCUELA), M-X	5-232
30 BL30 (HOTEL), M	5-238

1 A3 (Polideportivo), D

1.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta en la acera delante del pabellón deportivo donde se encuentran las piscinas municipales a las que abastece. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 3.



1.2 Foto y esquema

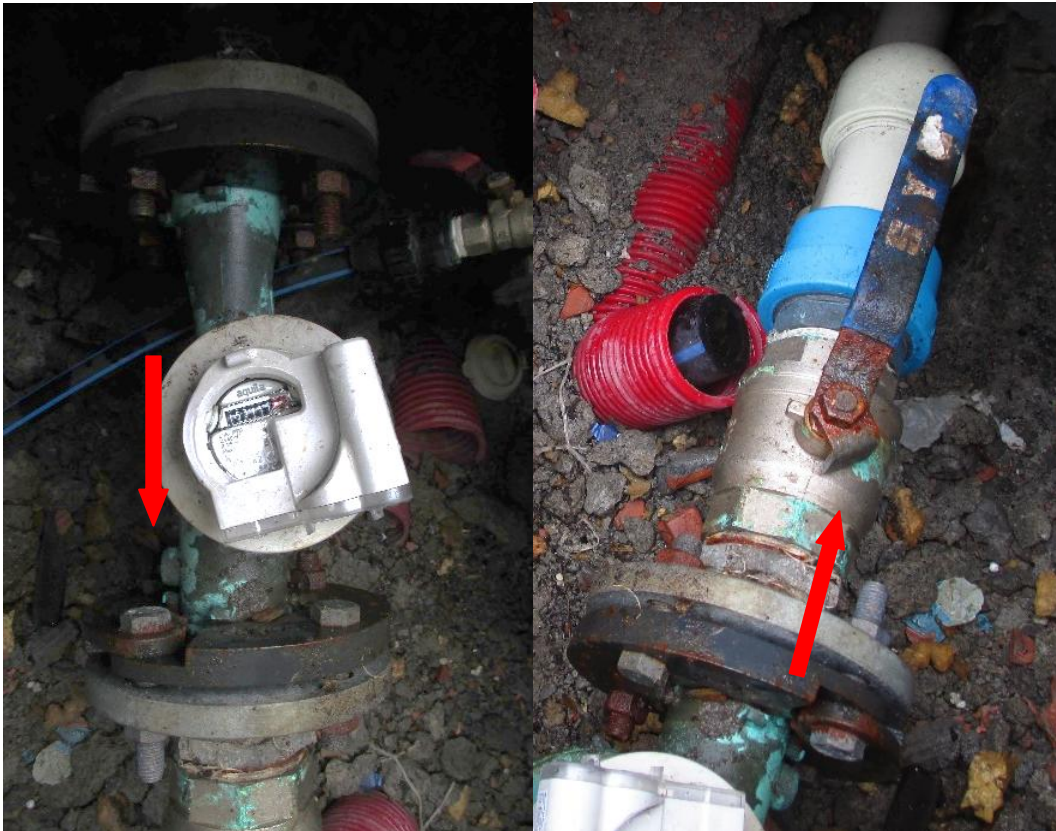


Figura 1. Foto de la instalación original del contador en A3, D.

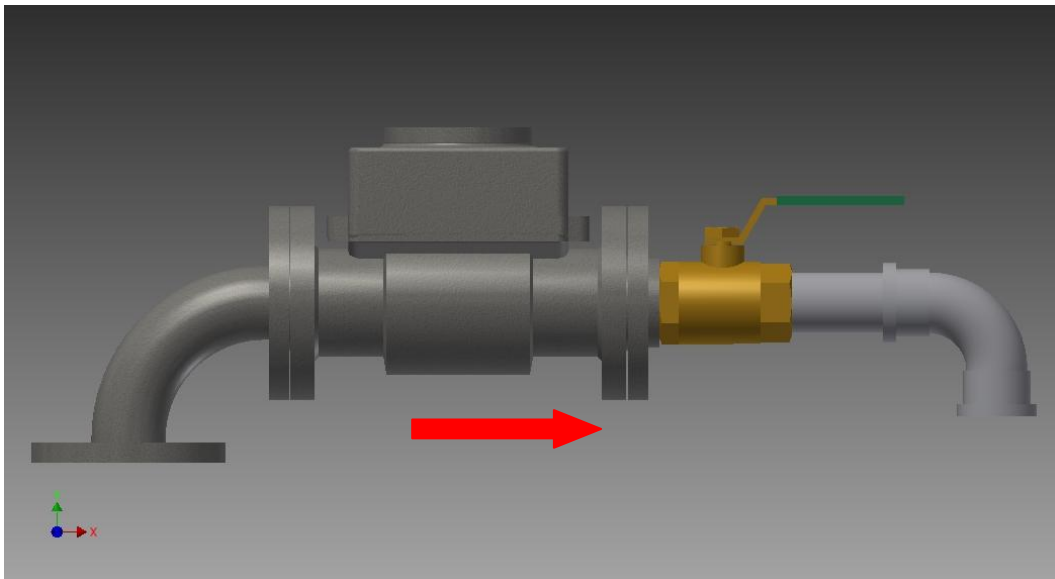


Figura 2. Esquema

1.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 65

Modelo: Aquila
Nº serie: C09JG0000142

1.4 Análisis instalación

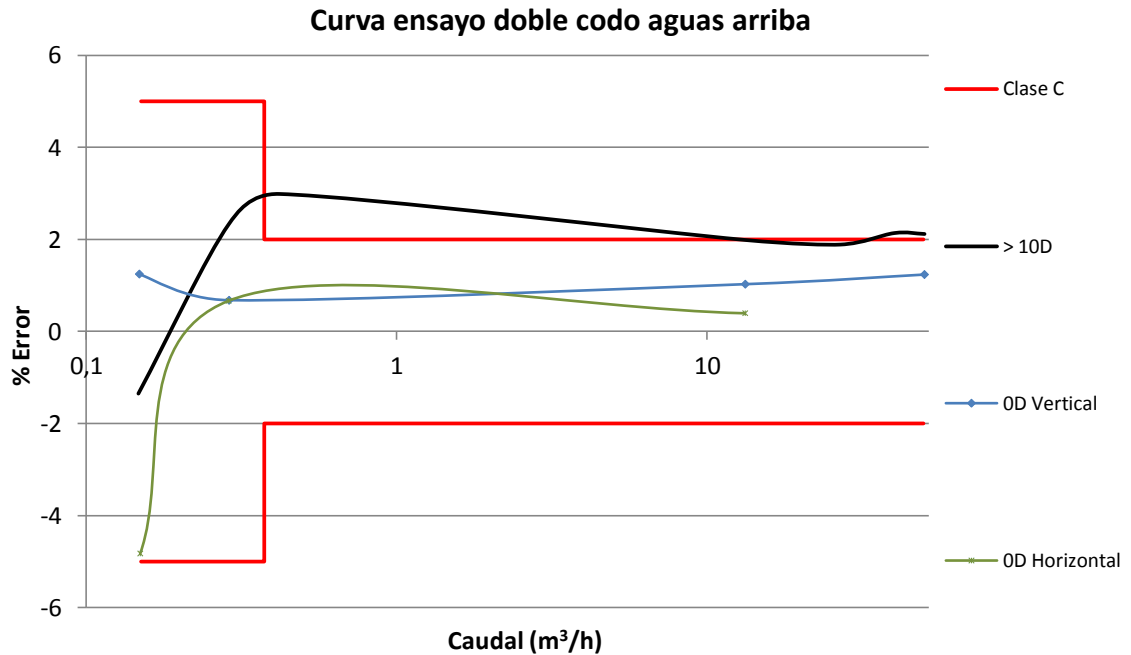
Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Doble codo 90º
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Codo 90º vertical
Distancia a contador: 0 D



Como se puede observar, un doble codo de 90º a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** a la medición de estos contadores ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Válvula de compuerta

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único

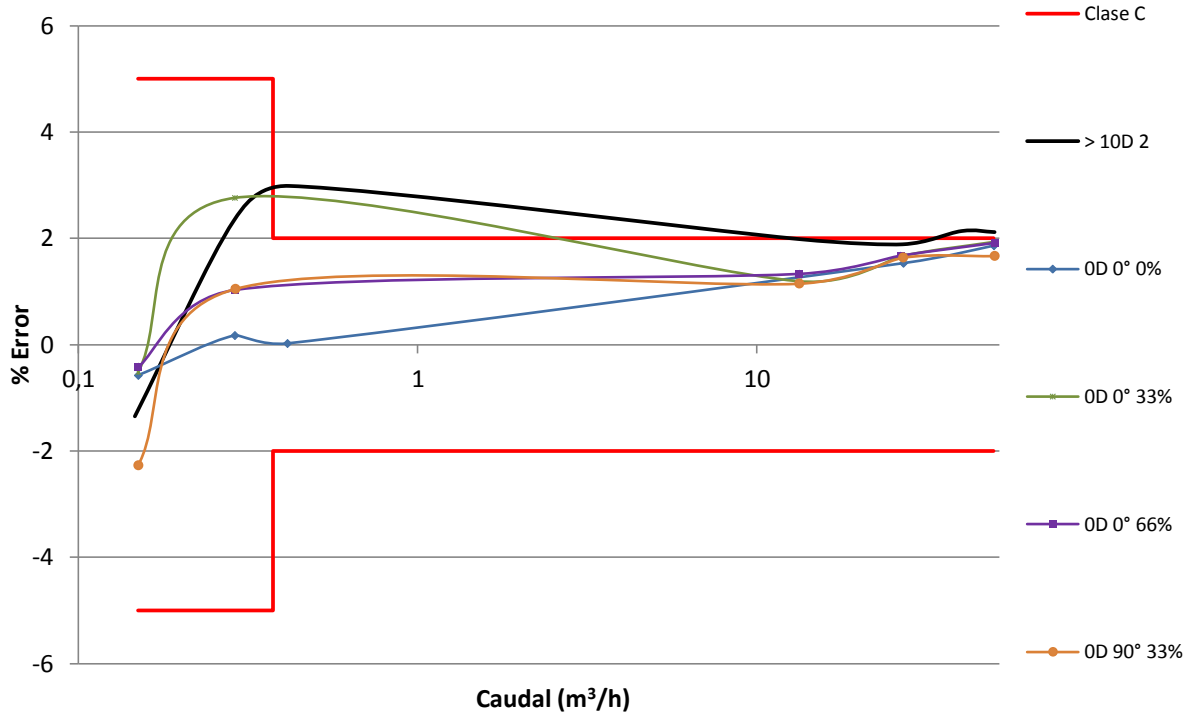
Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Válvula de bola 0º 0% cerrada

Distancia a contador: 0 D

Curva ensayo válvula compuerta aguas abajo



Lo mismo ocurre con una válvula de compuerta completamente abierta colocada a 0 diámetros de distancia aguas abajo del contador. De hecho, aguas abajo, tal y como se observa en los ensayos realizados, tampoco afecta a la lectura del contador si la válvula está parcialmente cerrada, incluso hasta valores del 66% de cierre. En este caso no se trata del mismo tipo de válvula, pero también se han realizado ensayos con válvulas de mariposa colocadas a 0 diámetros aguas abajo del contador, obteniéndose en estos ensayos los mismos resultados que con las válvulas de compuerta: la lectura del contador no se ve afectada. En consecuencia, se puede suponer con una fiabilidad muy alta que la válvula de bola situada aguas abajo del contador **NO VA A AFECTAR** a la lectura de este incluso en los casos puntuales en los que la válvula haya estado parcialmente cerrada.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

1.5 Análisis del histórico de los consumos.

Se analiza la evolución del consumo en la instalación a lo largo del tiempo para tratar de detectar situaciones y comportamientos anómalos en la medición del volumen de agua realmente trasegado.

A continuación se muestra el histórico de consumos de este contador.

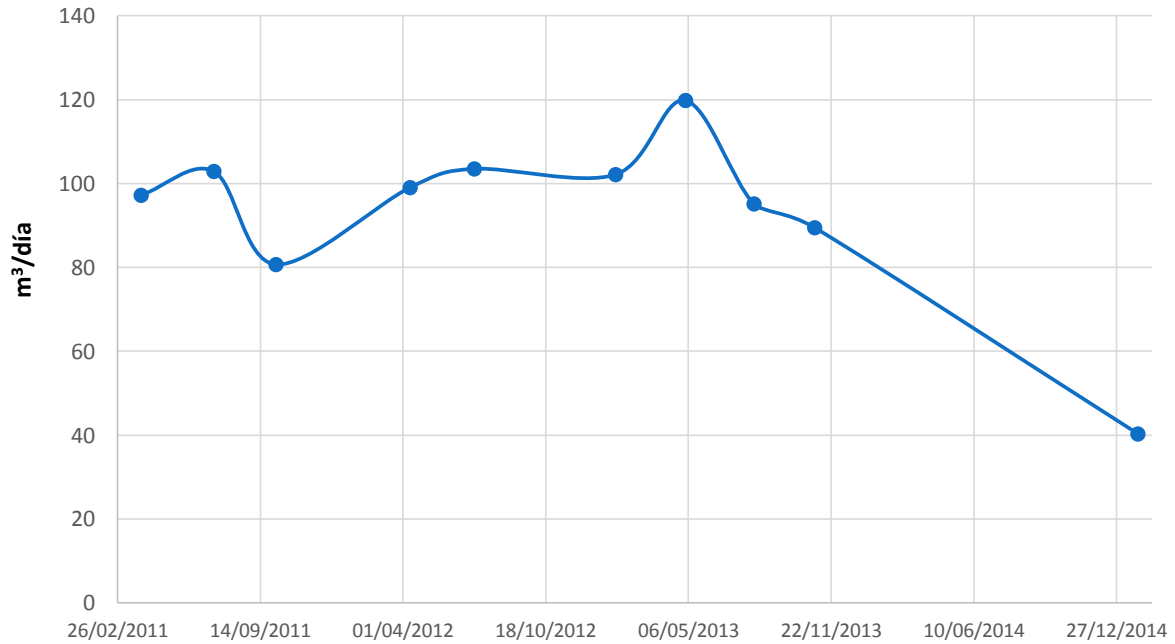
Fecha Lectura	Índice (m3)
26/01/2015	148587
17/10/2014	9458
17/07/2014	9458
23/04/2014	9458
06/02/2014	9458
30/10/2013	130318
06/08/2013	122710
02/05/2013	113572
24/01/2013	101827
17/10/2012	9458
10/07/2012	81597
11/04/2012	72279
05/01/2012	9458
06/10/2011	53654
11/07/2011	46631
31/03/2011	36132
20/04/2010	2585

Como se puede observar, se repite una lectura "9458", marcada en rojo, que no encaja con la lógica de la sucesión de datos. Se achaca dicha lectura a un error en la transmisión o recepción del dato vía radio, por lo que se descartan quedando las siguientes:

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
26/01/2015	148587	453	18269	40.33
30/10/2013	130318	85	7608	89.51
06/08/2013	122710	96	9138	95.19
02/05/2013	113572	98	11745	119.85
24/01/2013	101827	198	20230	102.17
10/07/2012	81597	90	9318	103.53
11/04/2012	72279	188	18625	99.07
06/10/2011	53654	87	7023	80.72
11/07/2011	46631	102	10499	102.93
31/03/2011	36132	345	33547	97.24
20/04/2010	2585	78	2585	
			Promedio	98.91

Se trasladan a una gráfica los datos anteriores.

Evolución consumo



Se observa un consumo medio diario uniforme hasta finales de 2013, donde cae de forma significativa.

Este contador abastece de agua a unas Piscinas/Polideportivo municipal que continua en funcionamiento sin que se conozca ninguna variación importante en su funcionamiento que justifique la disminución tan acusada del consumo de agua, por lo que se considera necesario ensayar el contador en el banco de pruebas para conocer su estado.

1.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas.

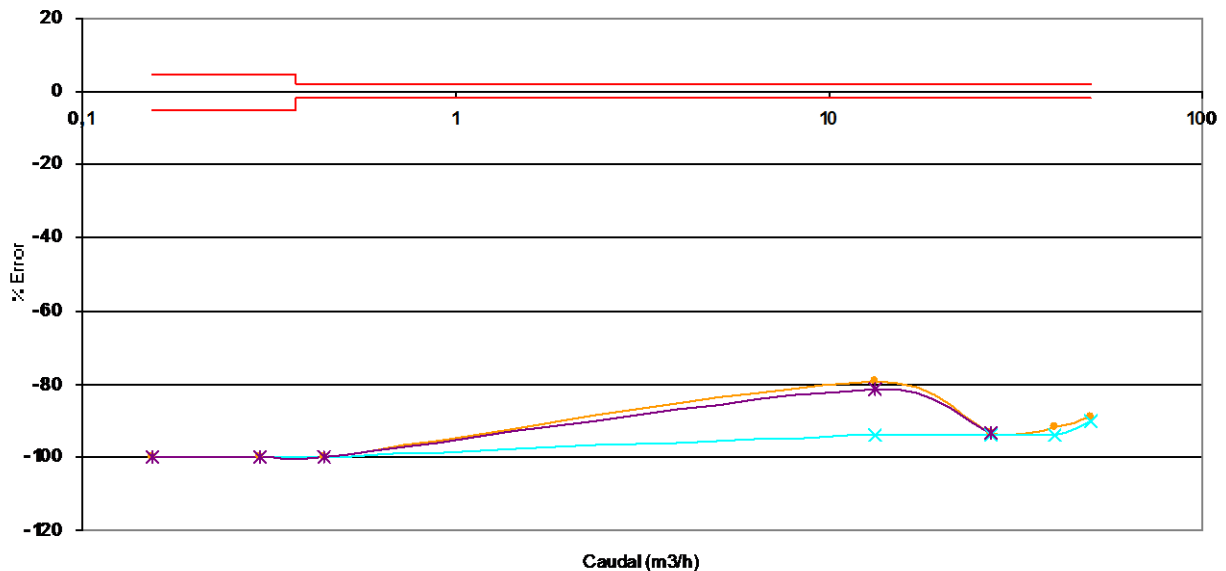
Retirado el contador de la instalación, se procede a su ensayo en el banco de pruebas, inicialmente se hace un ensayo normal, esto es manteniendo los diámetros de tramo recto de tubería aguas arriba y abajo, como en este caso las condiciones de la instalación no le afectan, no procede tratar de simular estas en el laboratorio.

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **INCORRECTO**.

Dado los malos resultados de los ensayos, se realizan hasta tres diferentes, con los siguientes resultados:

RESULTADOS DE CALIBRACION				
Tª media agua (°C)		P media agua (kg/m ³)		P media aire (Kg/m ³)
20,70		998,05		1,21

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Dif. relativa lecturas	Dif. relativa lecturas	Dif. relativa lecturas
1	0,146	-100,00	-100,00	-100,00
2	0,285	-100,00	-100,00	-100,00
3	0,418	-100,00	-100,00	-100,00
4	13,291	-81,14	-79,14	-93,78
5	26,903	-93,49	-93,41	-93,93
6	40,153		-91,77	-93,61
7	50,343		-88,75	-90,01



Se realizan 3 ensayos en los que se obtienen resultados iguales, como puede observarse en los datos anteriores el contador apenas contabiliza el caudal trasegado, lo que explica la caída en el consumo medio diario que se había detectado en el análisis anterior. Una vez detectada la causa de la variación en el consumo, no se considera necesario realizar más ensayos.

1.7 Estimación económica

Se va a realizar una estimación económica del coste del mal funcionamiento del contador con objeto de justificar la viabilidad económica de acciones correctoras, de detección y estudio de comportamientos anómalos.

A partir de los datos que se tienen, se puede calcular que la media de consumo entre la puesta en marcha del contador en abril de 2010 y finales de 2013, que es hasta donde se tienen lecturas uniformes, es de $98,91 \text{ m}^3/\text{día}$. Entre finales de 2013 y enero de 2015 solo se tiene una lectura fiable, lamentablemente no se tienen más lecturas intermedias válidas que nos reflejen con una mayor exactitud la fecha en la que el contador comenzó su deterioro.

Si se resta la lectura media diaria del contador hasta finales de 2013, $98,91 \text{ m}^3/\text{día}$ de la lectura media diaria desde entonces hasta la actualidad, $40,33 \text{ m}^3/\text{día}$, y esta resta se multiplica por el número de días transcurridos, se puede estimar la cantidad de agua no contada, esto es, unos 26.538 m^3 . Si bien es cierto que se sabe, que el grado de deterioro actual del contador, con un subcontaje medio cercano al 90%, no pudo comenzar a finales de 2013, ya que entonces el caudal medio diario sería aproximadamente un 10% de los $98,91 \text{ m}^3/\text{día}$, es decir unos $10 \text{ m}^3/\text{día}$.

Si se utilizan las lecturas del contador para facturar el consumo, se puede calcular lo que se habría dejado de facturar si solo se pudiesen utilizar las dos lecturas que se tienen, $26.538 \text{ m}^3 \cdot (0,4905 + 0,5108) \text{ €/m}^3 = 26.572,5 \text{ €}$. Si en vez de ser las piscinas municipales hubiese sido cualquier otro tipo de establecimiento incluido en la Tarifa 4, la facturación perdida hubiese ascendido a $26.538 \cdot (2 \cdot 1,1935 \text{ €}) = 61.754 \text{ €}$. Como se ve, esto supone una cantidad importante.

Se sabe que con el contador nuevo que ha sustituido al ensayado, el consumo medio del primer mes ha sido de $140 \text{ m}^3/\text{día}$, lo que corrobora el análisis realizado.

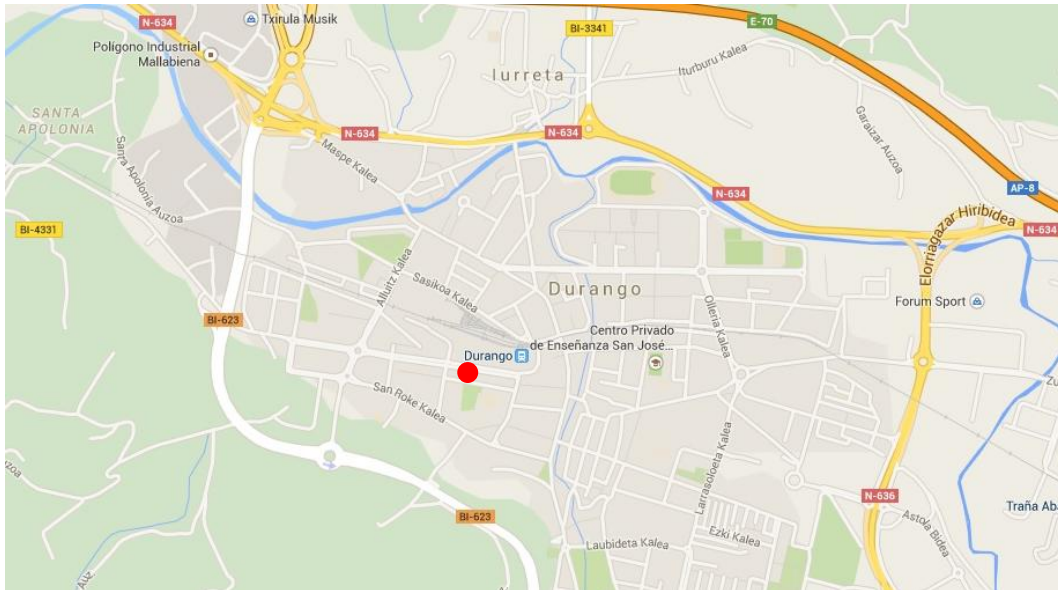
1.8 Conclusiones

En este caso el cambio de contador era imprescindible, preferentemente por una marca o modelo diferente, con el que no se produzcan las paradas aleatorias que se han detectado en este modelo, y que ha sido analizado en el capítulo 4. En este caso particular, no se puede deducir del histórico de consumo que se hayan producido dichas interrupciones, aunque tampoco es descartable ya que la media de lecturas es superior a los 100 días, lo que puede enmascarar pequeñas paradas. Tampoco se cuenta en este caso con los datos del contador anterior que nos hubiese podido dar el dato del consumo medio de la instalación. Lo que si se puede afirmar es que en este caso no es probable que la instalación haya afectado a la curva de error del contador, sino que el problema ha surgido por el deterioro del mismo. Con lecturas adecuadas más frecuentes quizás se podría haber detectado antes la anomalía en el funcionamiento del contador.

2 A17 (Viviendas), D

2.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un edificio de **viviendas** al que abastece de agua. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 1.



2.2 Foto y esquema

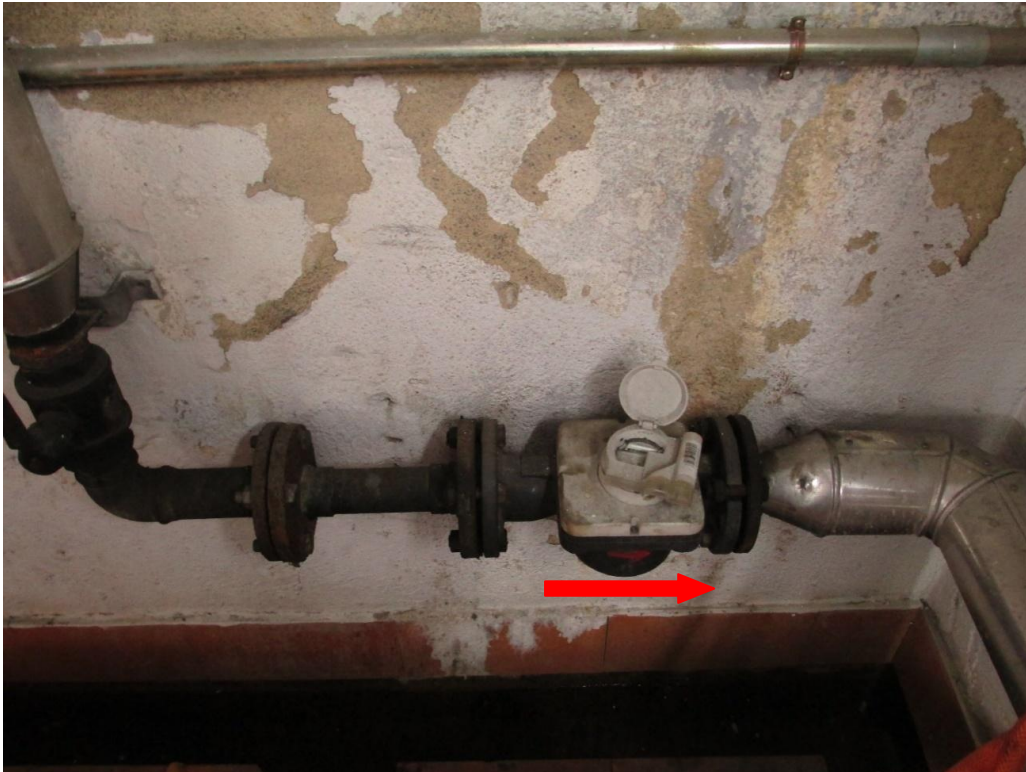


Figura 3. Foto de la instalación original del contador en A17, D.

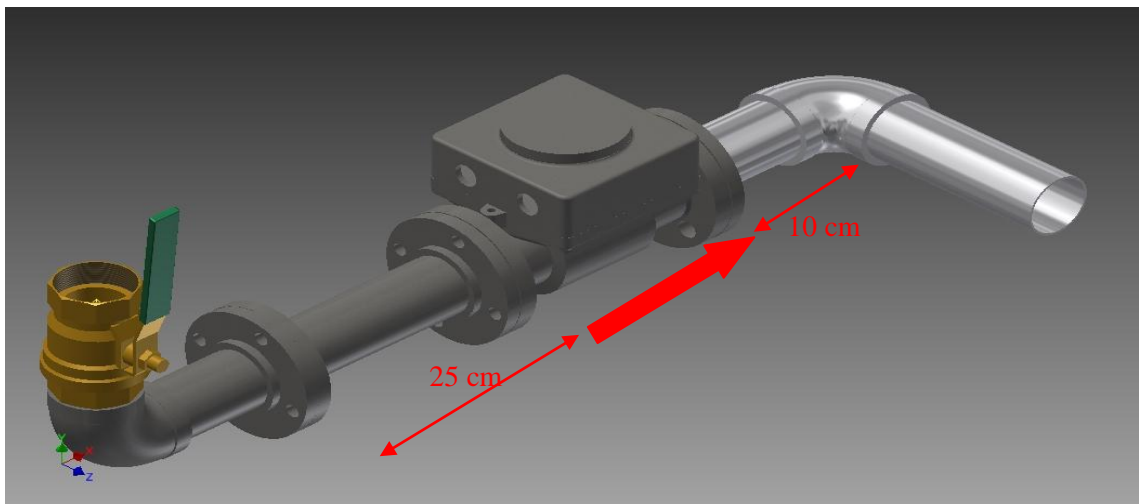


Figura 4. Esquema de la instalación original del contador en A17, D.

2.3 Datos Contador

Marca: DIEHL

DN: 50

Modelo: Aquila

Nº serie: C09HF0000380

2.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

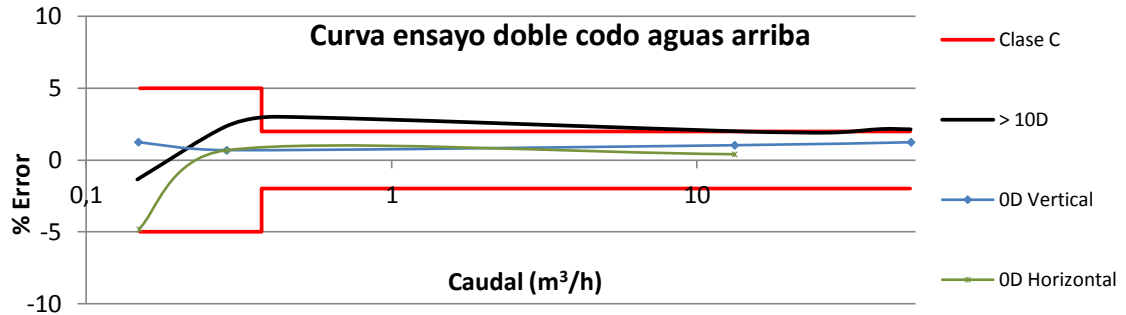
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 5 D



Un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** a la medición de estos contadores ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un único codo a 5 diámetros del contador, precedido de una válvula de bola completamente abierta, tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

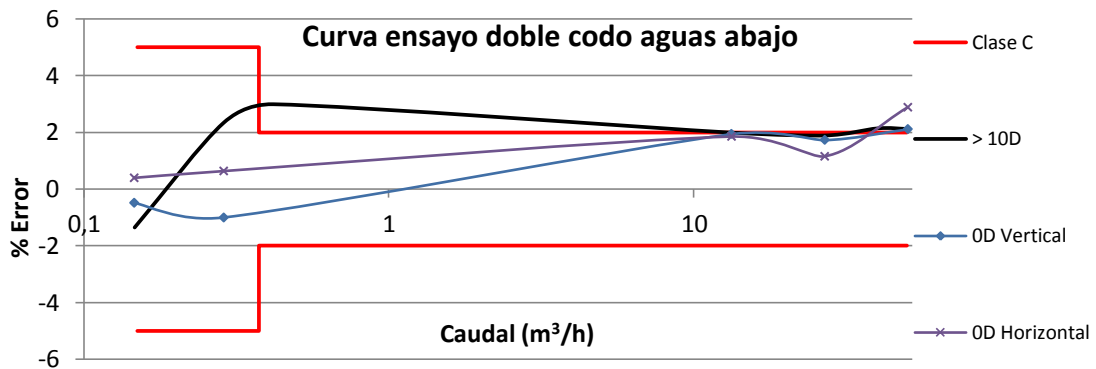
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Codo 90° horizontal

Distancia a contador: 2 D



Un doble codo colocado a 0 diámetros aguas abajo **NO AFECTA** a lectura del contador ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un único codo horizontal a 90° a 2 diámetros de distancia tampoco.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

2.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
27/01/2015	19118	102	1042	10.22
17/10/2014	18076	94	732	7.79
15/07/2014	17344	82	773	9.43
24/04/2014	16571	78	806	10.33
05/02/2014	15765	98	1109	11.32
30/10/2013	14656	85	850	10.00
06/08/2013	13806	90	1010	11.22
08/05/2013	12796	104	1126	10.83
24/01/2013	11670	99	1113	11.24
17/10/2012	10557	99	962	9.72
10/07/2012	9595	88	915	10.40
13/04/2012	8680	99	1104	11.15
05/01/2012	7576	90	1001	11.12
07/10/2011	6575	86	809	9.41
13/07/2011	5766	103	1074	10.43
01/04/2011	4692	80	884	11.05
11/01/2011	3808	92	982	10.67
11/10/2010	2826	98	948	9.67
05/07/2010	1878	76	821	10.80
			Promedio	10.36

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
06/10/2009	34964	90	827	9.19
08/07/2009	34137	91	990	10.88
08/04/2009	33147	85	919	10.81
13/01/2009	32228	98	1072	10.94
07/10/2008	31156	181	1778	9.82
09/04/2008	29378	90	944	10.49
10/01/2008	28434	94	1059	11.27
08/10/2007	27375	95	888	9.35
05/07/2007	26487	177	2062	11.65
09/01/2007	24425	97	1148	11.84
04/10/2006	23277	97	941	9.70
29/06/2006	22336	91	1008	11.08
30/03/2006	21328	86	995	11.57
03/01/2006	20333	186	1883	10.12
01/07/2005	18450	86	958	11.14
06/04/2005	17492	89	1023	11.49
07/01/2005	16469	92	1063	11.55
07/10/2004	15406	274	3035	11.08
			Promedio	10.78

3 E5 (Viviendas), D

3.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un edificio de **viviendas** al que abastece de agua. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 1.



3.2 Foto y esquema

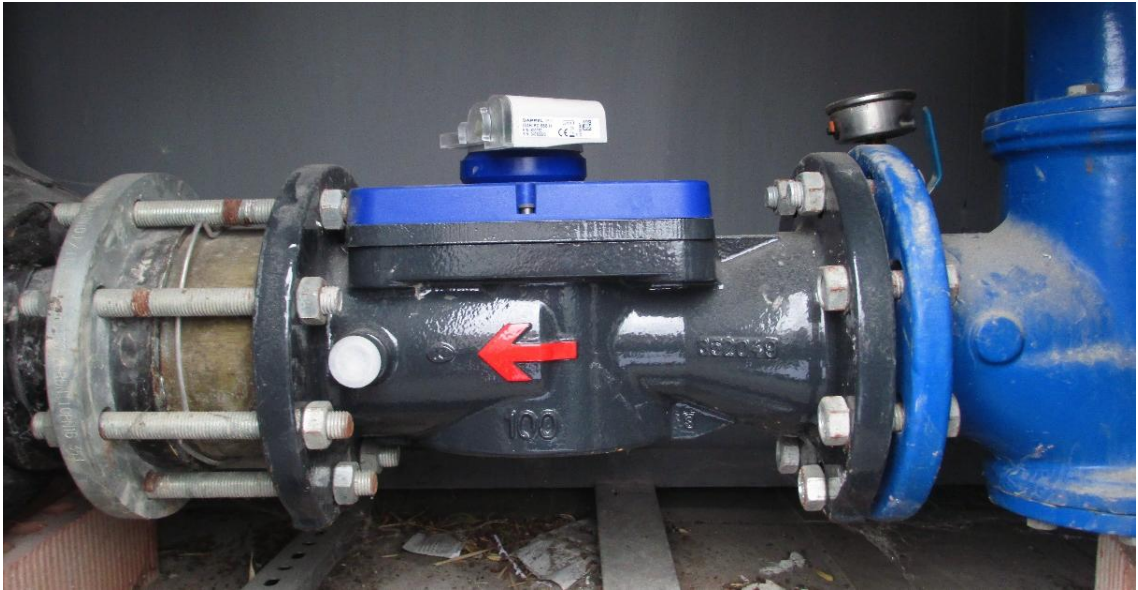


Figura 5. Foto de la instalación original del contador en E5, D.



Figura 6. Foto de los elementos hidráulicos del contador en E5, D.

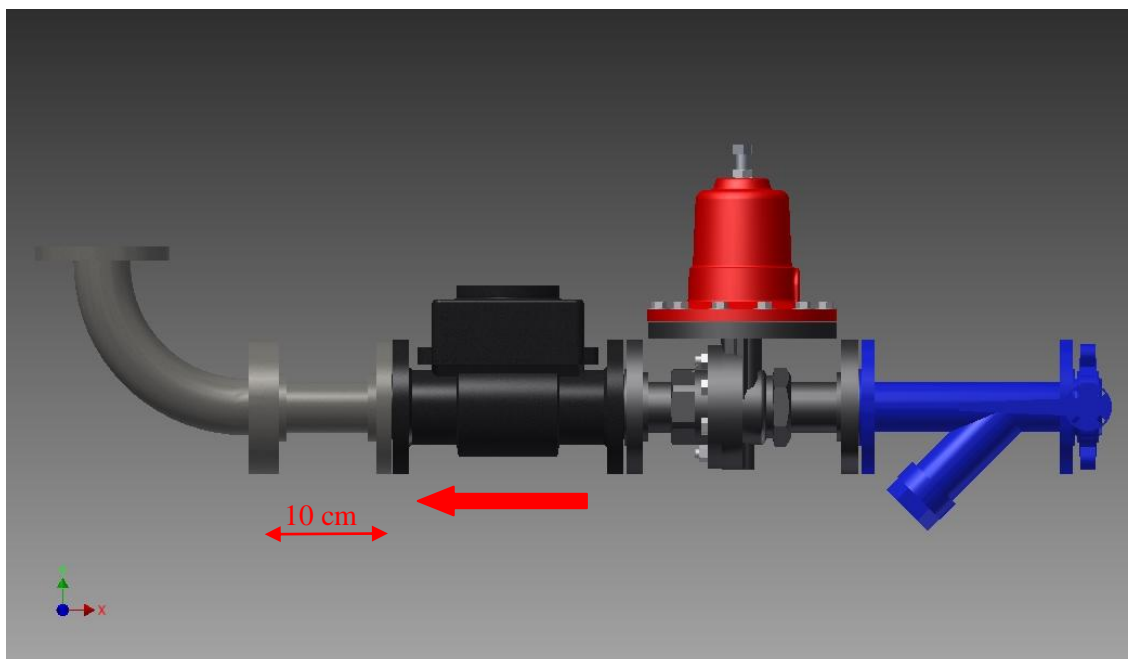


Figura 7. Esquema

3.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 100

Modelo: Aquila
Nº serie: C04CI0491008

3.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: -
Modelo: -
DN: -
Elemento: -
Distancia a contador: -

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 100
Elemento: Válvula reductora de presión
Distancia a contador: 0 D

No se han realizado ensayos en el laboratorio con válvulas reductoras de presión, la única referencia disponible son los ensayos publicados en la tesis doctoral «Palau Estevan, Carmen Virginia. *Aportaciones a La Gestión De Los Sistemas De Medición De Caudal En Redes De Distribución De Agua a Presión*, 2005, 79», en la se muestran los resultados del ensayo de un contador tipo Woltmann con una válvula reductora de presión colocada inmediatamente aguas abajo.

Se **DESCONOCE** el impacto que puede tener una válvula reductora de presión situada aguas arriba del contador, máxime cuando se ha comprobado en los ensayos de laboratorio que aguas abajo prácticamente no afecta ningún tipo de accesorio, no así aguas arriba.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

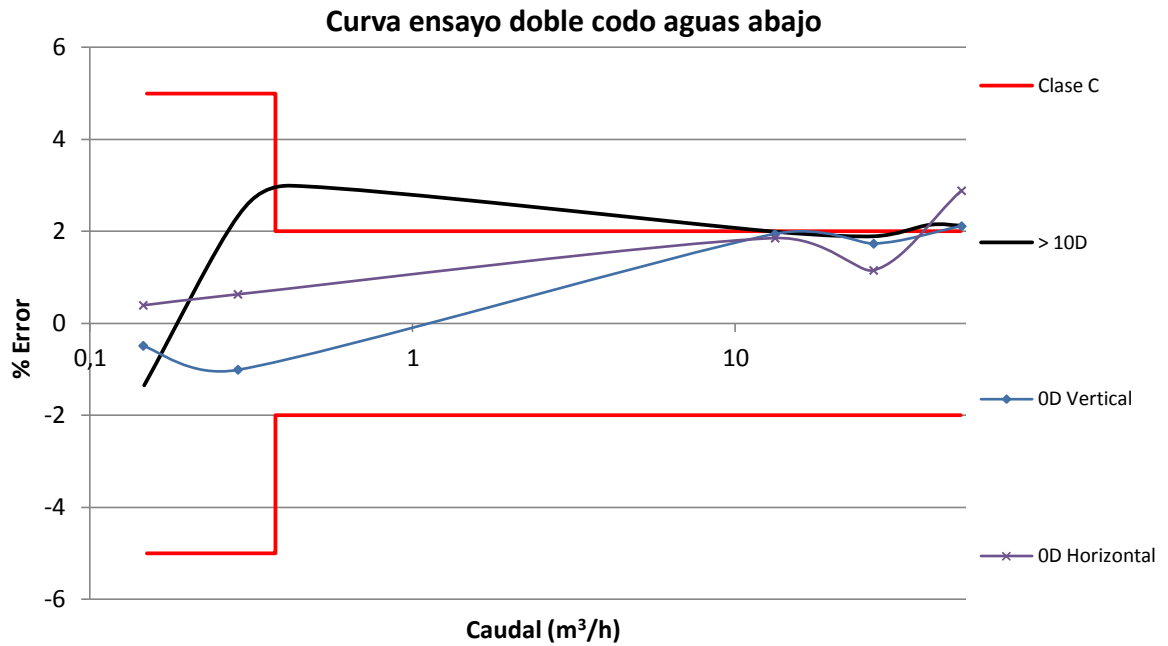
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 100

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 2 D



Un doble codo colocado a 0 diámetros aguas abajo **NO AFECTA** a lectura del contador ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un único codo horizontal a 90° a 2 diámetros de distancia tampoco.

En el caso de esta instalación, se sabe que los elementos colocados aguas abajo no afectan a la lectura del contador, siendo **DESCONOCIDOS** los efectos de la válvula reductora de presión colocada aguas arriba.

3.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior, aunque en ambos casos el registro no es muy coherente. Abajo se explica cada caso y se intenta corregir los datos.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
17/02/2015	5380	11	67	6.09
06/02/2015	5313	10	1723	172.30
27/01/2015	3590	84	-1081	-12.87
04/11/2014	4671	1	0	0.00
03/11/2014	4671	17	1157	68.06
17/10/2014	3514	94	66	0.70
15/07/2014	3448	55	43	0.78
21/05/2014	3405	6	52	8.67
15/05/2014	3353	21	1933	92.05
24/04/2014	1420	57	-1268	-22.25
26/02/2014	2688	21	1335	63.57
05/02/2014	1353	86	100	1.16
11/11/2013	1253	12	0	0.00
30/10/2013	1253	28	26	0.93
02/10/2013	1227	134	1204	8.99

En primera instancia, se presenta la tabla completa con algunas líneas resaltadas o tachadas. Como puede apreciarse, la lista completa presenta lecturas incongruentes: algunas líneas tienen un consumo negativo, cero o hay saltos inexplicables. Las líneas resaltadas denotan que esas mediciones fueron realizadas manualmente por un operario, mientras que las demás fueron recogidas vía radio. Además las líneas tachadas suponen una redundancia en la medición puesto que muestran una variación nula. Se decide eliminar todas las filas que fueron registradas vía radio al ver la inconsistencia de las mismas y se eligen solamente las lecturas efectuadas por el operario como válidas al ver la mayor consistencia que presentan.

Con este criterio, se replantea la tabla a continuación:

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
17/02/2015	5380	11	67	6.09
06/02/2015	5313	95	642	6.76
03/11/2014	4671	166	1266	7.63
21/05/2014	3405	6	52	8.67
15/05/2014	3353	78	665	8.53
26/02/2014	2688	147	1461	9.94
02/10/2013	1227	134	1204	8.99
			Promedio	8.08

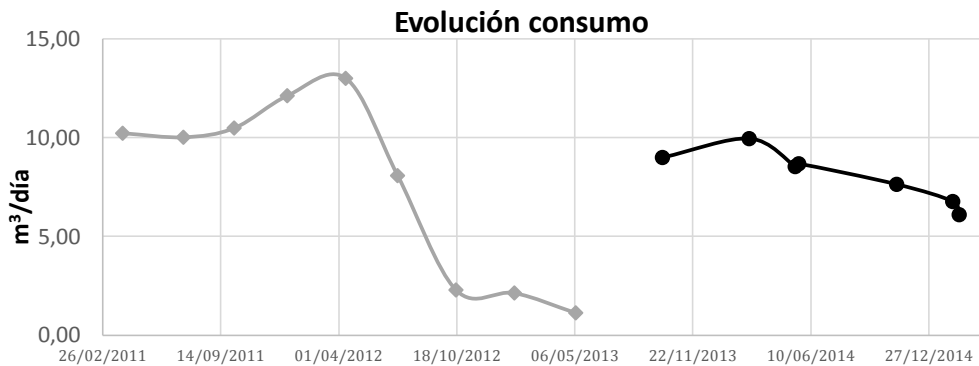
Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
21/05/2013	6811	5	14	2.80
16/05/2013	6797	8	7	0.88
08/05/2013	6790	57	35	0.61
12/03/2013	6755	47	82	1.74
24/01/2013	6673	65	116	1.78
20/11/2012	6557	21	54	2.57
30/10/2012	6503	13	41	3.15
17/10/2012	6462	90	204	2.27
19/07/2012	6258	9	22	2.44
10/07/2012	6236	88	710	8.07
13/04/2012	5526	99	1286	12.99
05/01/2012	4240	90	1090	12.11
07/10/2011	3150	86	901	10.48
13/07/2011	2249	103	1031	10.01
01/04/2011	1218	65	663	10.20
26/01/2011	555	15	154	10.27
11/01/2011	401	40	401	10.03

Con este contador también existen dos fuentes de datos: vía radio o mediante la lectura manual de un operario, señalizadas en las líneas resaltadas. A diferencia del anterior, las lecturas son más coherentes entre sí aunque aun así inverosímiles por el descenso abrupto del consumo. En este caso se conservan las lecturas realizadas mediante el radiotransmisor por ser a intervalos más frecuentes y dar un resultado un poco más constante (ambos son similares en forma y valores).

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
08/05/2013	6790	104	117	1.13
24/01/2013	6673	99	211	2.13
17/10/2012	6462	99	226	2.28
10/07/2012	6236	88	710	8.07
13/04/2012	5526	99	1286	12.99
05/01/2012	4240	90	1090	12.11
07/10/2011	3150	86	901	10.48
13/07/2011	2249	103	1031	10.01
01/04/2011	1218	80	817	10.21

Promedio 7.71



Incluso después de corregir el registro de las lecturas de los contadores, los valores finales no son verosímiles. En la primera mitad del período de funcionamiento del contador antiguo se registraban valores razonables para las características de la instalación (edificio de 86 viviendas estrenadas en 2010); a partir de abril de 2012 el consumo cae en picado y no se recupera en todo el año hasta que es reemplazado el contador. El nuevo contador inicialmente muestra valores parecidos a los iniciales del contador nuevo pero con una disminución progresiva bastante acusada.

3.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas.

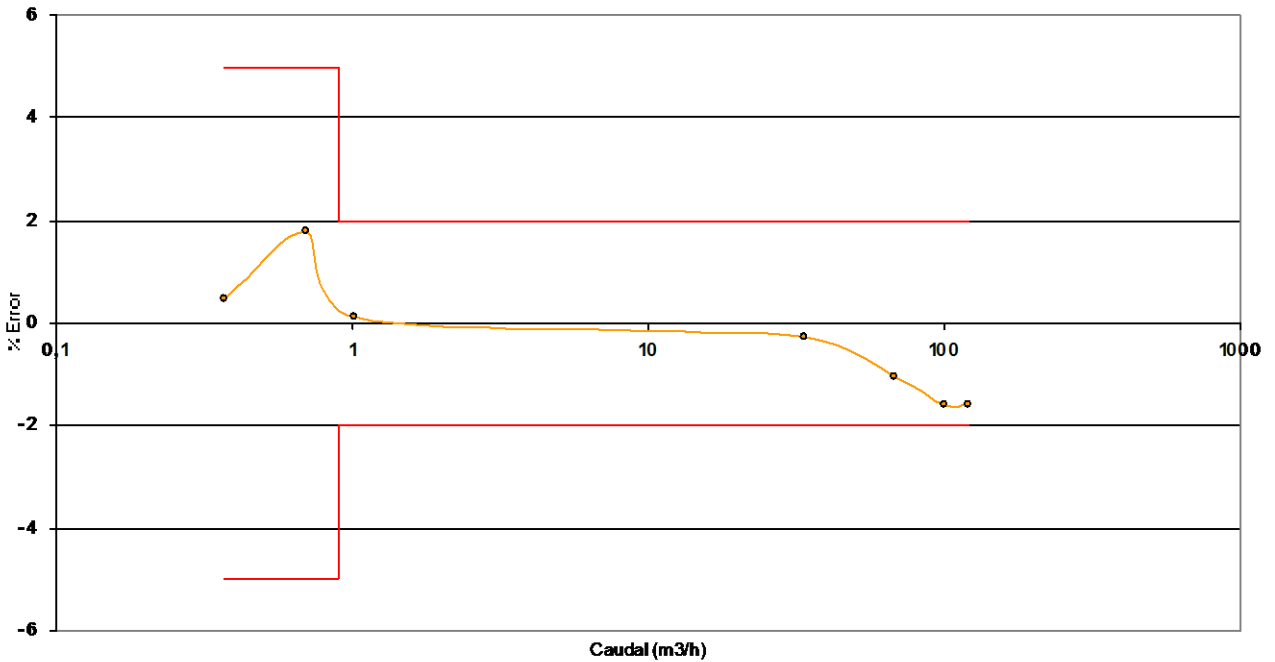
Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION

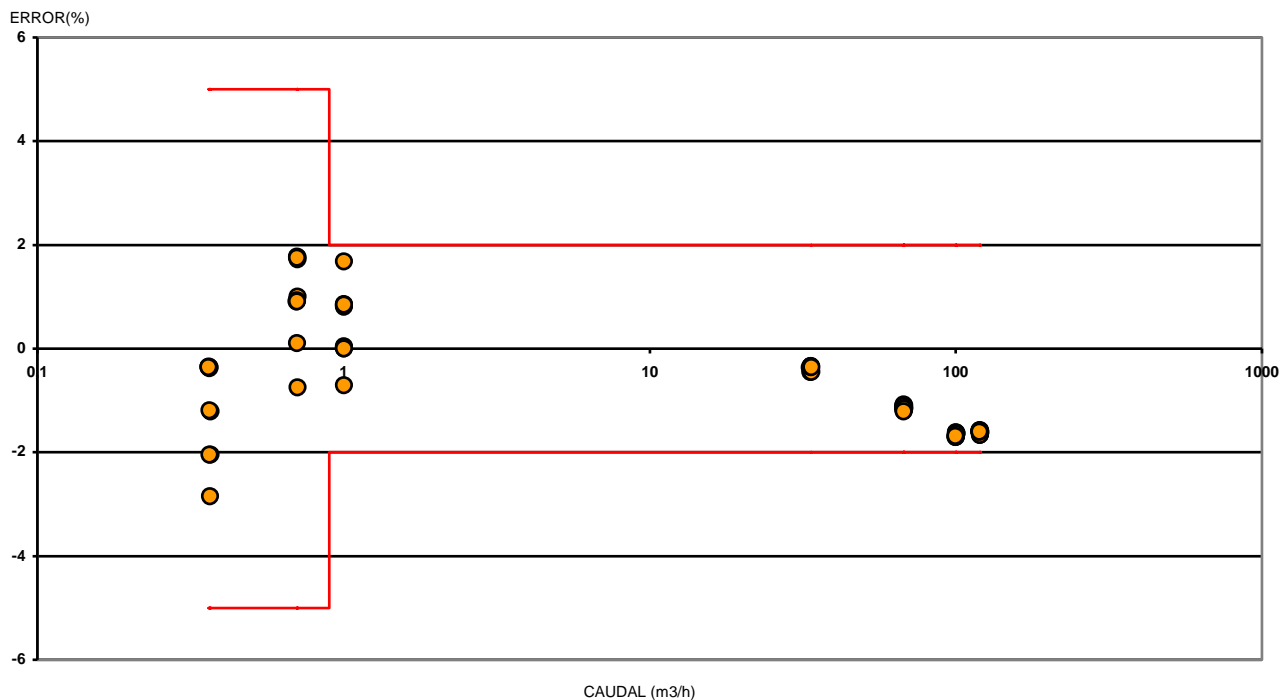
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
23,12	997,51	1,17

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,370	0,47
2	0,704	1,79
3	1,011	0,10
4	33,584	-0,26
5	68,002	-1,07
6	100,461	-1,60
7	119,742	-1,58

CURVA DE ERROR



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, se ha obtenido los siguientes resultados para un total de 70 puntos ensayados con un total de 257 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 11 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, este contador funciona **CORRECTAMENTE**.



3.7 Estimación económica

Se hace un primer análisis para el caso del contador antiguo, a partir de los datos que se tienen, se puede calcular que la media de consumo entre la puesta en marcha del contador en abril de 2011 y julio de 2012, que es hasta donde se tienen lecturas uniformes, es de $10,64 \text{ m}^3/\text{día}$. Entre finales de 2012 y mayo de 2013 el consumo medio es de $1,84 \text{ m}^3/\text{día}$, con lo que se puede estimar que en julio de 2012 comenzó el deterioro del contador, sino antes, pues la lectura anterior disminuyó un 20% con respecto a la media.

Si se resta la lectura media diaria del contador a partir de julio de 2012, $8,0 \text{ m}^3/\text{día}$ que coincide con la lectura media del contador nuevo, de la lectura media diaria entre finales de 2012 y mayo de 2013, $1,84 \text{ m}^3/\text{día}$, y esta resta se multiplica por el número de días transcurridos, se puede estimar la cantidad de agua no contada, esto es, unos 1.860 m^3 .

Si se utilizan las lecturas del contador para facturar el consumo, sabiendo que la tarifa a aplicar es la 4, se puede calcular lo que se habría dejado de facturar $1.860 \cdot (2 \cdot 1.1935\text{€}) = 4.440 \text{ €}$.

El contador abastece a un edificio de 85 viviendas, de las cuales, a fecha 27/01/2011 (la única de la que se tiene constancia), 61 estaban habitadas; se supone que a día de hoy, un mayor número de las mismas estarán ocupadas. Para los cálculos parece adecuada una estimación de 70 viviendas habitadas.

Según las notas de prensa del INE:

«Encuesta Continua de Hogares, Año 2014» (<http://www.ine.es/prensa/np903.pdf>), en el País Vasco viven una media de 2,39 personas por hogar.

«Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua, Año 2012» (<http://www.ine.es/prensa/np872.pdf>), en el País Vasco se consumen una media de 119 litros por persona y por día, y aumentó en un 1,7% respecto al año anterior, en el que la media fue de 117 litros por persona y por día.

Para calcular el consumo de agua esperado se utiliza la siguiente expresión:

$Consumo\ esperado = n^{\circ}\ viviendas \cdot \%ocupación \cdot 2,39 \frac{personas}{vivienda} \cdot 0,119 \frac{m^3}{persona \cdot día} = m^3/día$ estableciendo el porcentaje de ocupación en un 80%.

$$Consumo\ esperado = 70\ viviendas \cdot 2,39 \frac{personas}{vivienda} \cdot 0,119 \frac{m^3}{persona \cdot día} \approx 20\ m^3/día$$

Incluso minorando el consumo a la mitad para ser conservadores y tener de alguna forma en cuenta que son hogares urbanos, edificios nuevos, que llevan asociados una mayor eficiencia en el uso del agua, conciencia de ahorro, etcétera, cabría esperar un consumo superior a los $2\ m^3/día$ de media que se registraron durante 2013.

Esto supone una pérdida anual frente al consumo esperado de $(20-2)\ m^3 = 18\ m^3/día \cdot 365\ días/año = 6.570\ m^3$ que en facturación son $6.570\ m^3 \cdot (2 \cdot 1,1935\ €) = 15.682\ €/año$

3.8 Conclusiones

Este es un caso complicado de analizar. Por un lado se tiene la incertidumbre de las condiciones de la instalación, ya que se desconoce los efectos de la válvula reductora de presión colocada inmediatamente aguas arriba sobre la curva de error del contador. Además en este modelo de contador se ha encontrado, tal y como se ha comentado en el capítulo anterior, anomalías tales como que se quede trabado sin contar el agua trasegada por intervalos de tiempo indeterminados. Con el ensayo de duración que se ha realizado al contador se ha DESCARTADO en parte que esté afectado por dicha anomalía. En cuanto al histórico de consumos, parece claro que el primer contador dejó de funcionar correctamente en abril de 2012, y no es hasta noviembre de 2013 cuando se tiene otra lectura consistente. Las lecturas del contador nuevo tienen una progresión descendente, acorde con lo observado en el resto de contadores pertenecientes a viviendas.

4 E6 (Viviendas), D

4.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un edificio de **viviendas** al que abastece de agua. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 1.



4.2 Foto y esquema

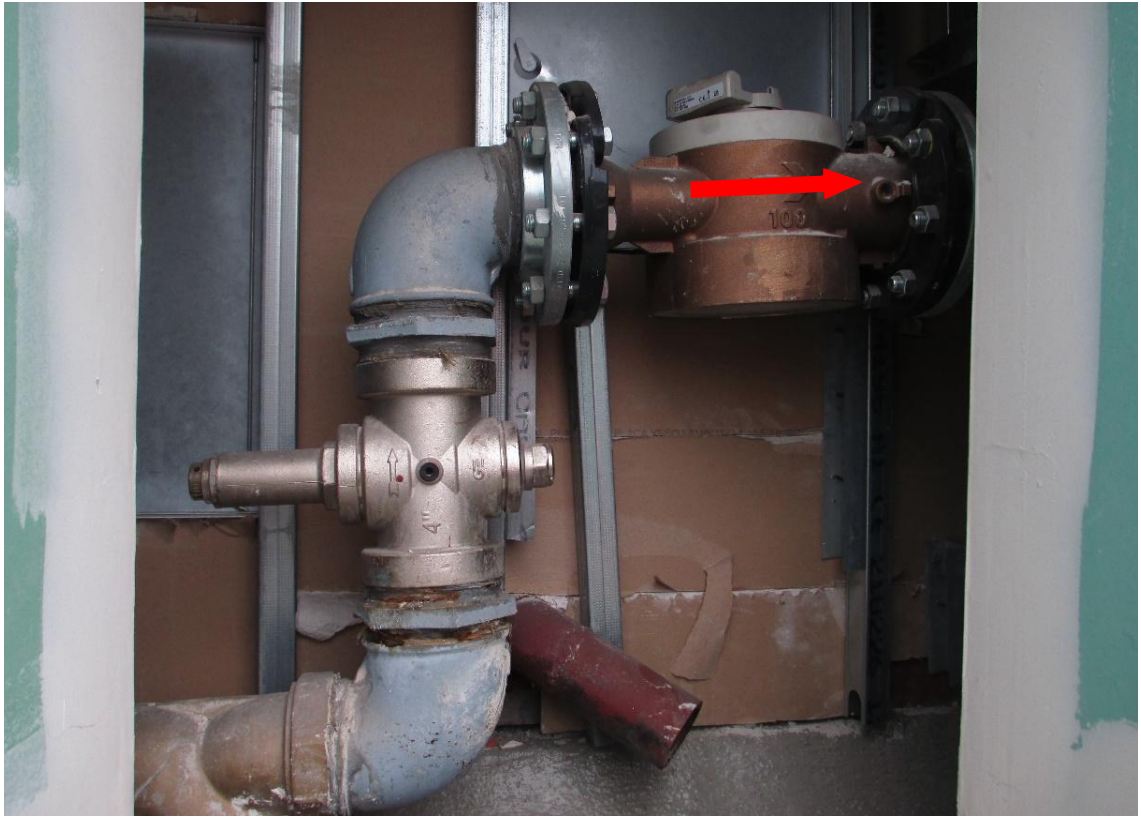


Figura 8. Foto de la instalación original del contador en E6, D.

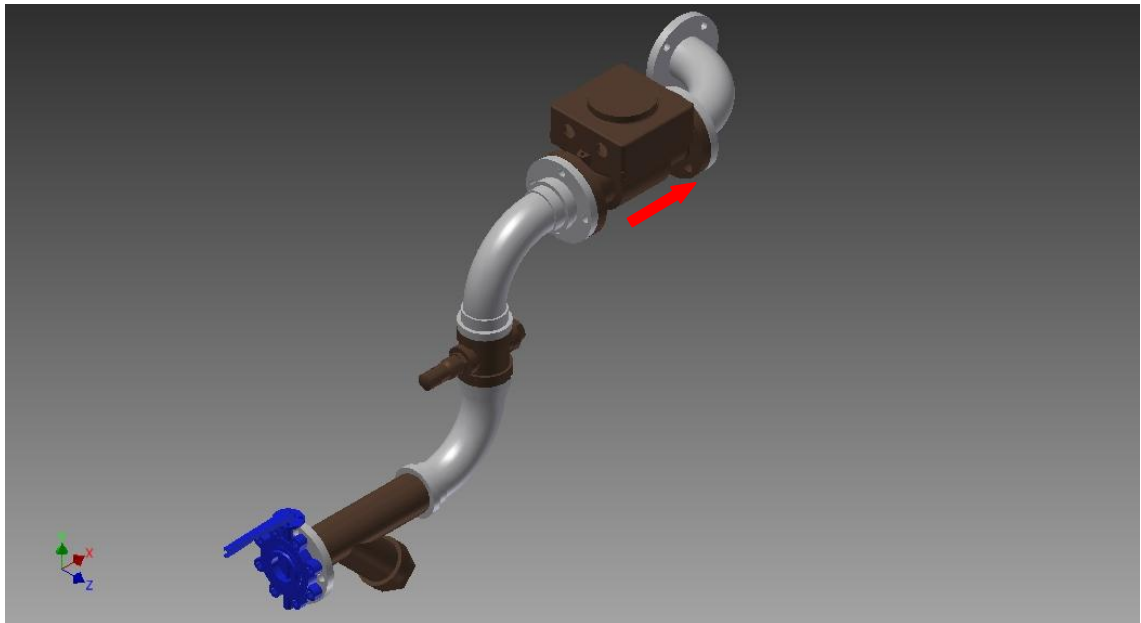


Figura 9. Esquema

4.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 100

Modelo: Aquila
Nº serie: C13JI0000077

4.4 Análisis instalación

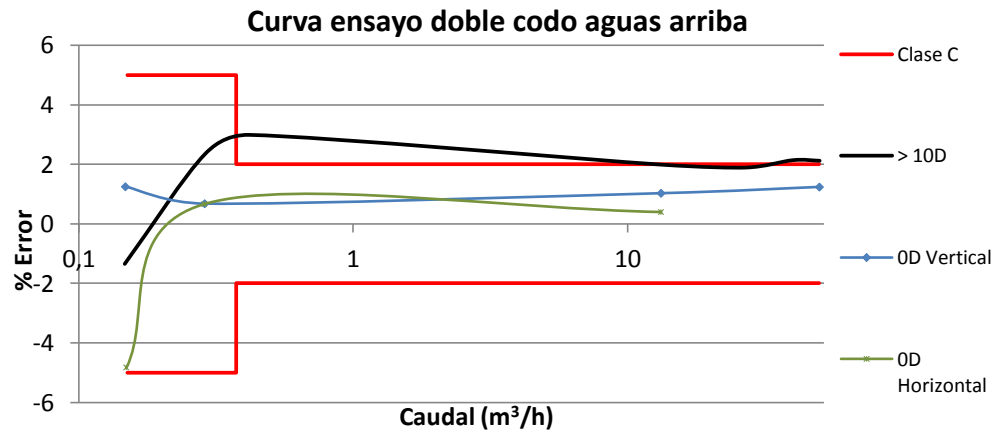
Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Doble codo 90º
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 100
Elemento: Doble codo 90º vertical con reductora de presión
Distancia a contador: 0 D



Un doble codo de 90º colocado verticalmente a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador no afecta a la medición de estos contadores ni en posición horizontal ni en posición vertical. No obstante, hay una válvula reductora de presión entre el doble codo.

Tal y como se ha comentado anteriormente, se desconoce el impacto que puede tener una válvula reductora de presión situada aguas arriba del contador, aunque en este caso al estar seguida de un codo de 90º, el cual se sabe que no afecta a la lectura de este tipo de contadores, se estima que se reducen las posibilidades de un efecto negativo.

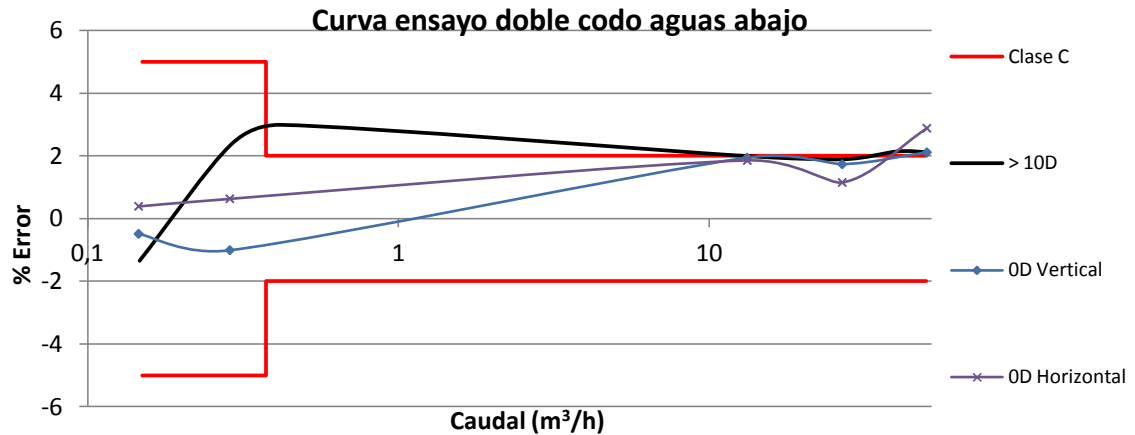
Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Doble codo 90º
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 50
Elemento: Codo 90º horizontal
Distancia a contador: 0 D



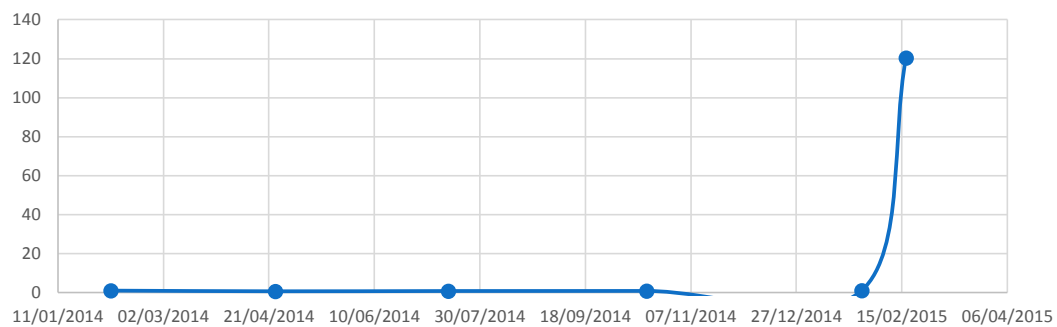
Un doble codo colocado a 0 diámetros aguas abajo **NO AFECTA** a lectura del contador ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un único codo horizontal a 90º tampoco.

En el caso de esta instalación, se sabe que los elementos colocados aguas abajo no afectan a la lectura del contador, siendo **DESCONOCIDOS** los efectos de la válvula reductora de presión colocada aguas arriba.

4.5 Análisis del histórico de consumos

En este caso solo se dispone de un breve registro del contador actual.

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
17/02/2015	2871	21	2527	120.33
27/01/2015	344	102	91	0.89
17/10/2014	253	94	63	0.67
15/07/2014	190	82	51	0.62
24/04/2014	139	78	38	0.49
05/02/2014	101	121	101	0.83



Se cuenta con muy pocos registros y evidentemente ha habido un problema con estos. El último dato con un consumo muy alto con respecto a los anteriores, refleja el subcontaje que se produjo en las primeras lecturas.

Si se toma el último valor como el único válido, se tiene un consumo de 2871 m³ en un periodo de 498 días, lo que resulta en un consumo de 5.77 m³/día, cifra un poco más razonable aunque lo más probable es que haya subcontaje.

4.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas.

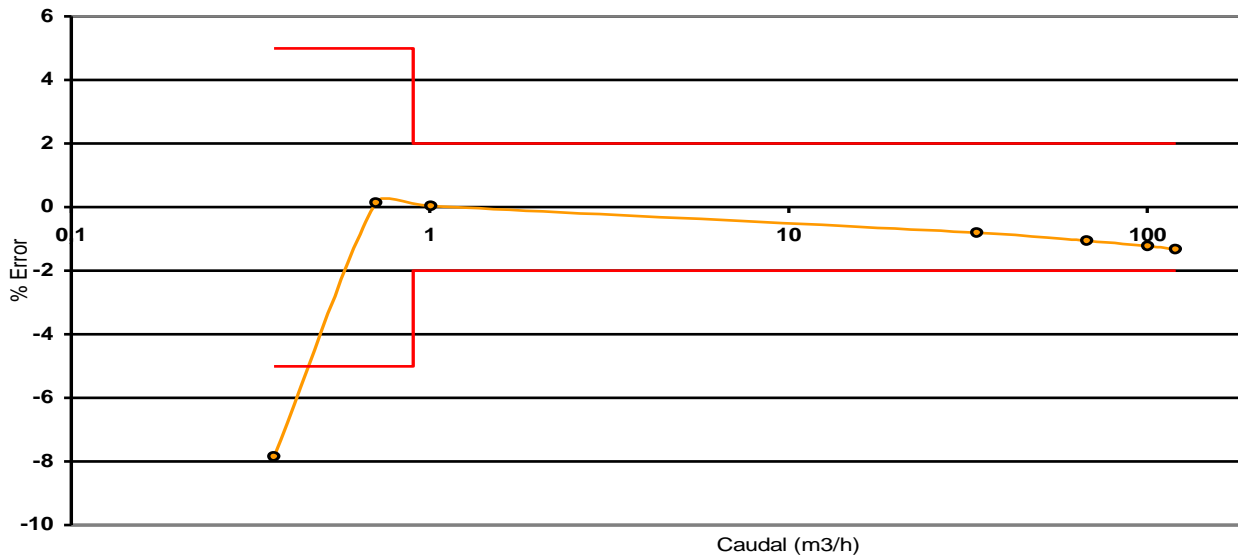
Tal y como se puede apreciar el resultado de los dos ensayos realizados al contador son **CORRECTOS**.

RESULTADOS DE CALIBRACION

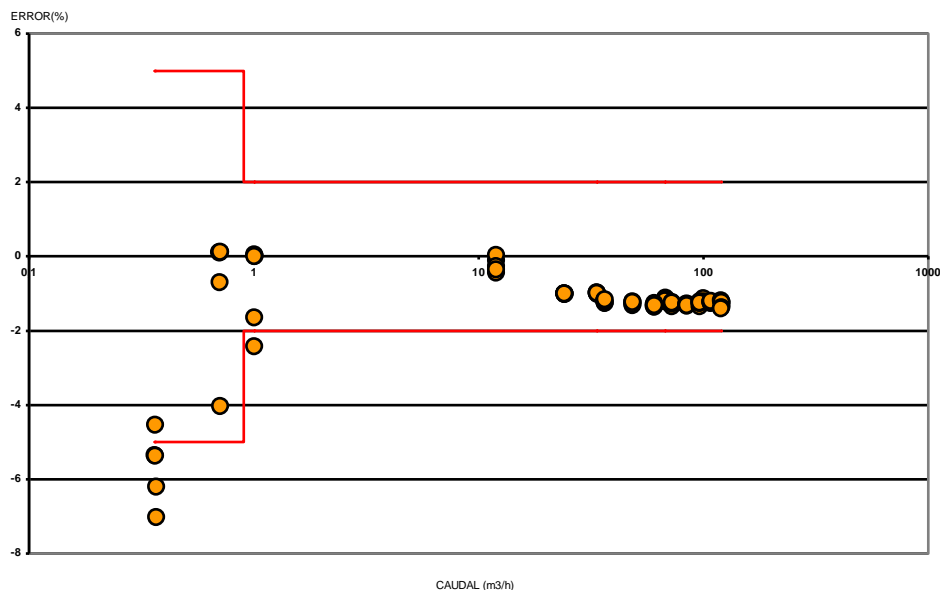
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,97	997,55	1,17

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,367	-7,85
2	0,709	0,14
3	1,008	0,03
4	33,558	-0,81
5	67,944	-1,06
6	100,368	-1,23
7	120,129	-1,32

CURVA DE ERROR



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, se han obtenido los siguientes resultados para un total de 85 puntos ensayados con un total de 277 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 17 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, este contador funciona **CORRECTAMENTE**.



4.7 Estimación económica

A pesar de la corrección realizada en el histórico de consumos, se obtiene un consumo medio de $5.77 \text{ m}^3/\text{día}$, valor bajo para un edificio de 87 pisos.

Para calcular el consumo de agua esperado se utiliza la misma expresión que en el contador anterior:

$\text{Consumo esperado} = n^{\circ} \text{ viviendas} \cdot \% \text{ ocupación} \cdot 2,39 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} \cdot 0,119 \frac{\text{m}^3}{\text{persona} \cdot \text{día}} = \text{m}^3/\text{día}$ estableciendo el porcentaje de ocupación en un 80%.

$$\text{Consumo esperado} = 70 \text{ viviendas} \cdot 2,39 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} \cdot 0,119 \frac{\text{m}^3}{\text{persona} \cdot \text{día}} \approx 20 \text{ m}^3/\text{día}$$

Al tener prácticamente el mismo número de pisos que el contador anterior, lógicamente nos sale el mismo resultado, con la misma reflexión, un consumo medio de $5,77 \text{ m}^3/\text{día}$ está muy por debajo de lo esperado

Esto supone una pérdida anual frente al consumo esperado de $(20-5,8) \text{ m}^3 = 14,2 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 365 \text{ días/año} = 5.183 \text{ m}^3$ que en facturación son $5.183 \text{ m}^3 \cdot (2 \cdot 1,1935 \text{ €}) = 12.371 \text{ €/año}$

4.8 Conclusiones

Resulta evidente que los datos del histórico de consumos no son lógicos. Si tal y como se ha comentado anteriormente, se toma el último valor como el único válido, se tiene un consumo de 2871 m^3 en un periodo de 498 días, lo que resulta en un consumo de $5.77 \text{ m}^3/\text{día}$, cifra un poco más razonable. Al ser un contador modelo Aquila, se estudia la hipótesis de que sufriese paradas aleatorias, pero queda descartada por dos motivos, primero el ensayo de larga duración que se ha realizado al contador, en el que no se ha detectado ninguna anomalía, aunque este tipo de ensayo no lo descarta por completo dado su carácter aleatorio, y segundo porque se podía sospechar que el contador ha estado parado hasta enero de 2015, fecha en la que ha arrancado, pero resulta altamente improbable un consumo de 2527 m^3 en 21 días, a una media de $120 \text{ m}^3/\text{día}$, lo que apunta más a errores propios de las lecturas. Nos queda la incertidumbre de cómo afecta la válvula reductora de presión a la lectura del contador, pero en este caso resulta bastante improbable que sea la causa de las anomalías del histórico de consumo.

5 E11 (Viviendas), D

5.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un edificio de **viviendas** al que abastece de agua. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 1.



5.2 Foto y esquema

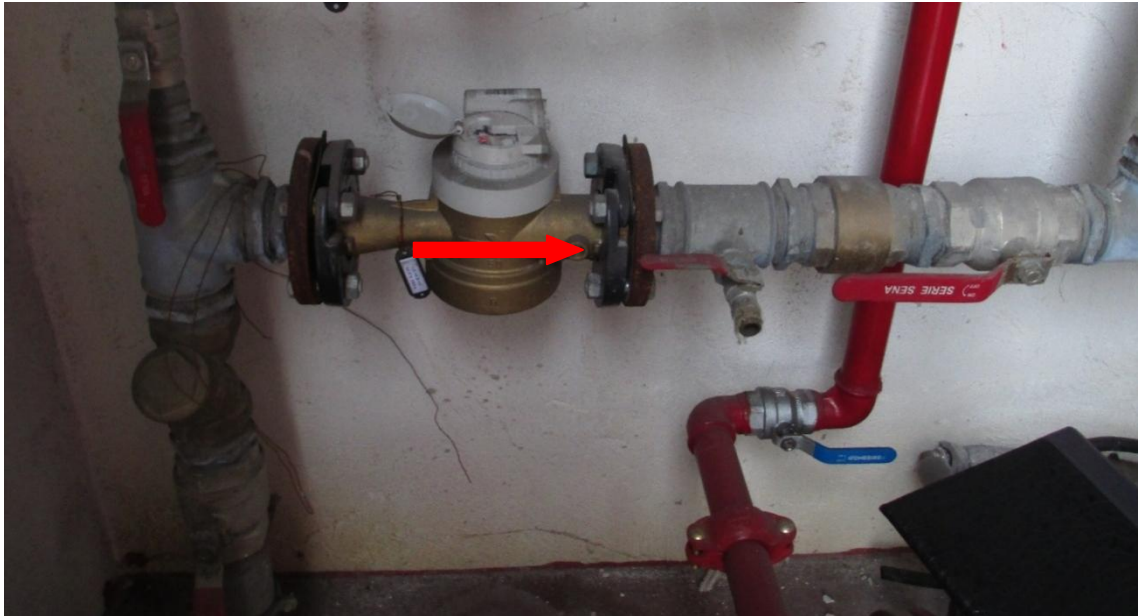


Figura 10. Foto de la instalación original del contador en E11, D.

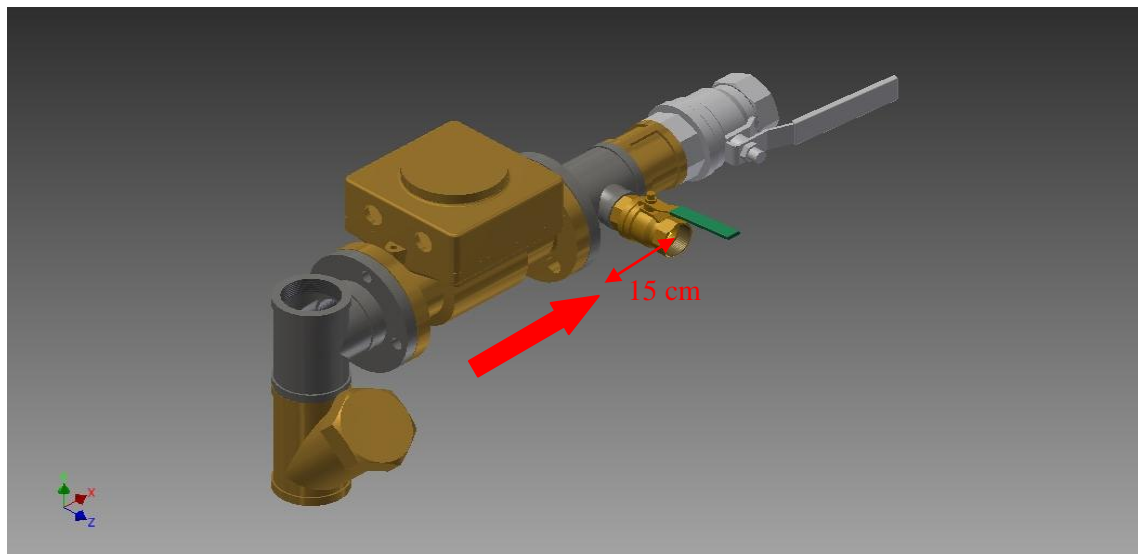


Figura 11. Esquema

5.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 50

Modelo: Aquila
Nº serie: C10JF0000568

5.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

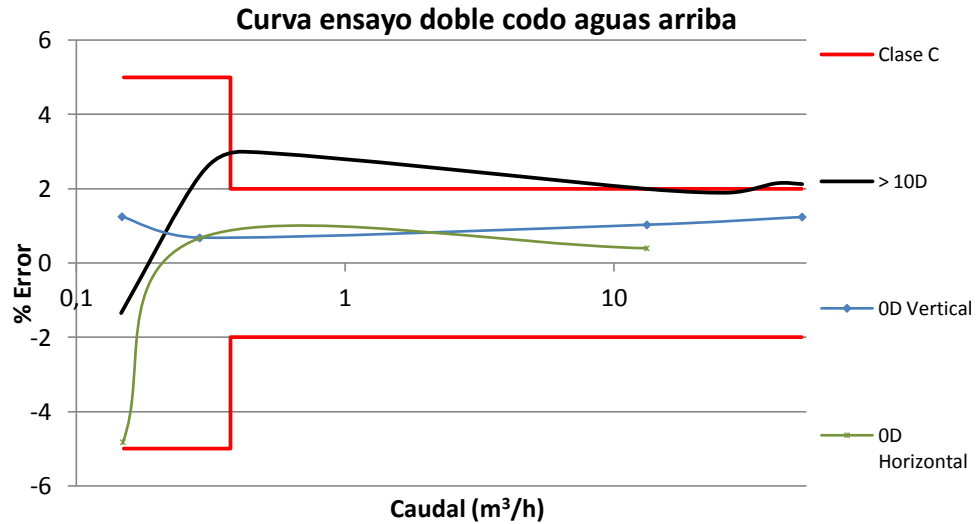
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Te 90° vertical

Distancia a contador: 0 D



Básicamente una “te” a 90° a efectos hidráulicos por el lado de la desviación a 90° se puede considerar como un codo. Entonces, como se puede observar, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** a la medición de este tipo de contadores ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Válvula antirretorno de disco doble

Distancia a contador: 0 D

Actual

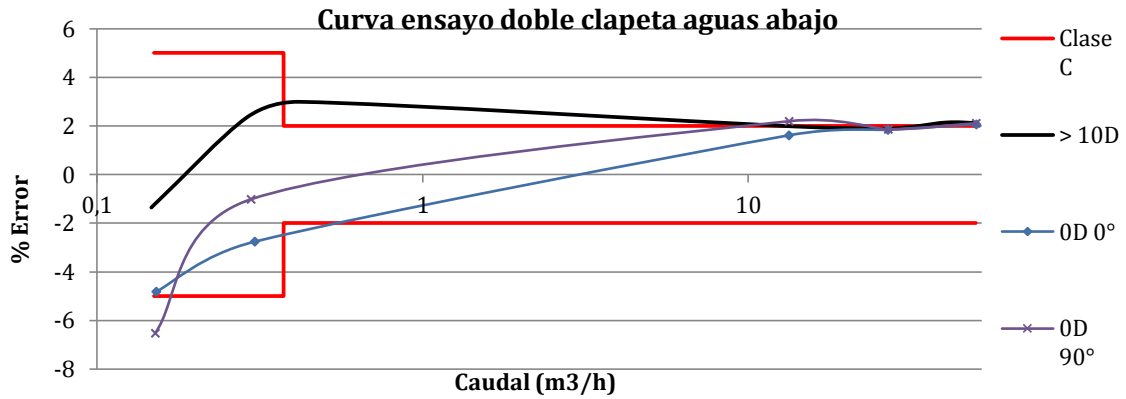
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Válvula antirretorno tipo York

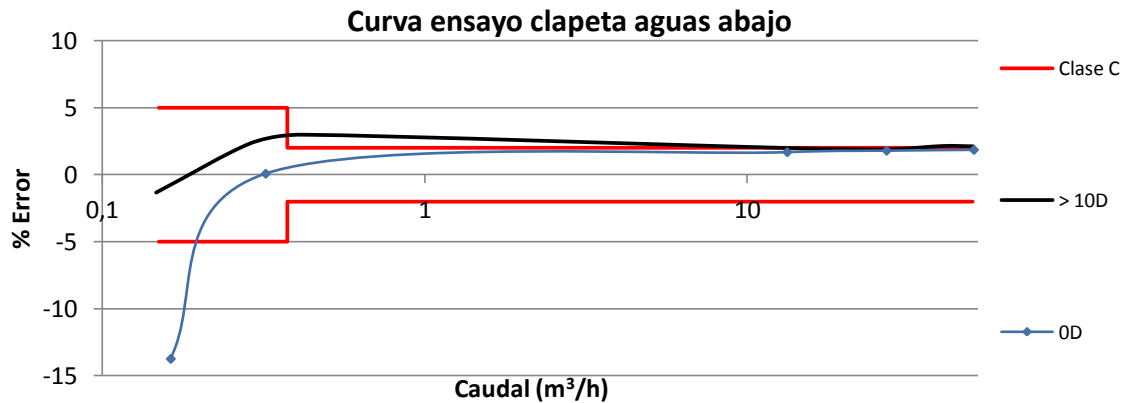
Distancia a contador: 3 D



No se han realizado ensayos con una válvula tipo York en el laboratorio, pero se realizaron ensayos con otros dos tipos de válvulas antirretorno ligeramente diferentes, ambas arrojando resultados similares. Arriba se muestra el ensayo de una de doble clapeta, observándose como no afecta a la curva de error, excepto a caudales bajos pero no se considera significativo.

Elemento: Válvula antirretorno de clapeta

Elemento: Válvula antirretorno tipo York



La lectura cuando hay una válvula antirretorno de clapeta inmediatamente aguas abajo es muy similar, aunque en este caso a caudales bajos claramente se produce un subcuenta fuera de lo permitido en la normativa. Es importante remarcar que en los ensayos realizados en el laboratorio, la válvula estaba a 0 diámetros aguas abajo, mientras que en la instalación analizada se encuentra a 3D. Con todos estos datos, se considera que la válvula antirretorno **NO AFECTA** a la lectura del contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

5.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
27/01/2015	5473	102	961	9.42
17/10/2014	4512	94	735	7.82
15/07/2014	3777	82	725	8.84
24/04/2014	3052	78	608	7.79
05/02/2014	2444	98	771	7.87
30/10/2013	1673	85	546	6.42
06/08/2013	1127	90	556	6.18
08/05/2013	571	104	533	5.13

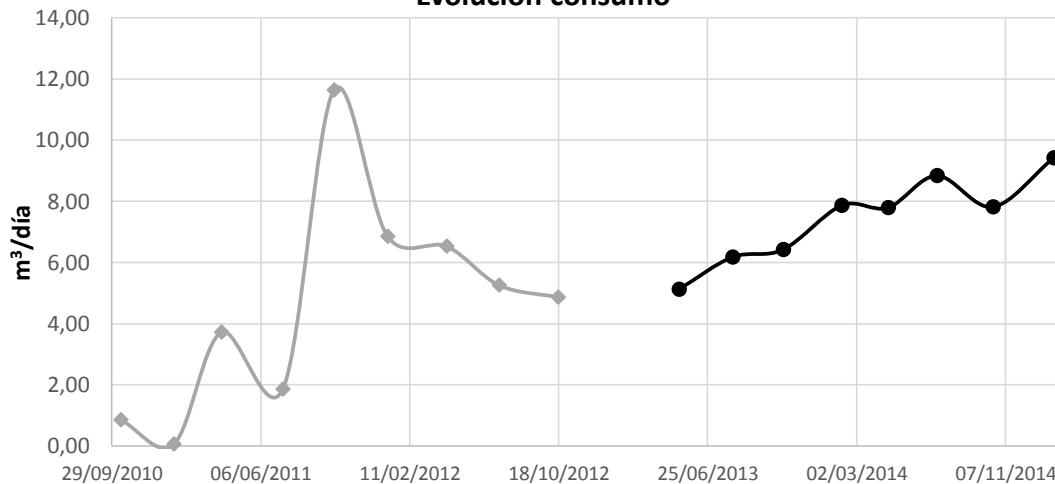
Promedio 7.43

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
17/10/2012	3792	99	482	4.87
10/07/2012	3310	88	463	5.26
13/04/2012	2847	99	647	6.54
05/01/2012	2200	90	617	6.86
07/10/2011	1583	86	1001	11.64
13/07/2011	582	103	192	1.86
01/04/2011	390	80	298	3.73
11/01/2011	92	89	6	0.07
14/10/2010	86	100	86	0.86

Promedio 7.03

Evolución consumo



Los consumos del contador antiguo no parecen muy coherentes, pero hay que tener en cuenta que las viviendas son nuevas y los primeros consumos de la serie fueron cuando se habían acabado de estrenar. El salto sí que parece un valor atípico, aunque es probable que fuese debido a una mala lectura, puesto que después baja a valores más normales. De hecho, los valores que siguen al máximo del contador antiguo están en el mismo rango que los que se registran al principio en el contador actual. Las lecturas incrementan progresivamente a un ritmo moderado según se supone que aumenta el número de habitantes en el edificio. Cabe añadir que los promedios de los dos contadores son muy similares, con el antiguo presentando un valor un poco más bajo, lo cual es de esperar ya que coincidió con el estreno de las viviendas. Sin embargo no sigue la tendencia hacia la disminución progresiva del consumo mostrada en el resto de contadores de viviendas de la misma zona.

5.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

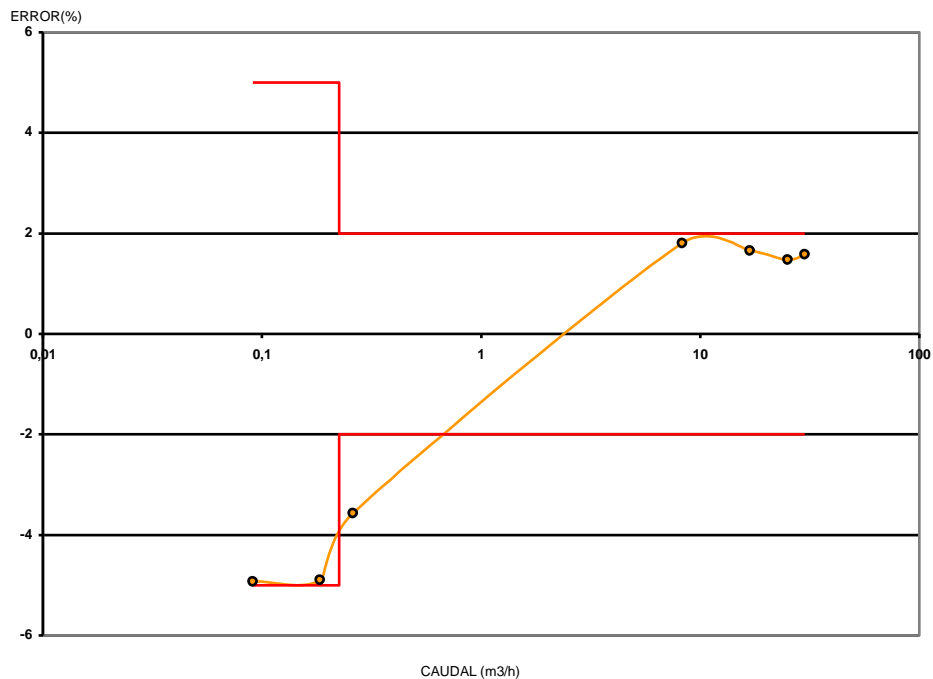
Tal y como se puede apreciar el resultado de los dos ensayos realizados al contador son **CORRECTOS**.

RESULTADOS DE CALIBRACION

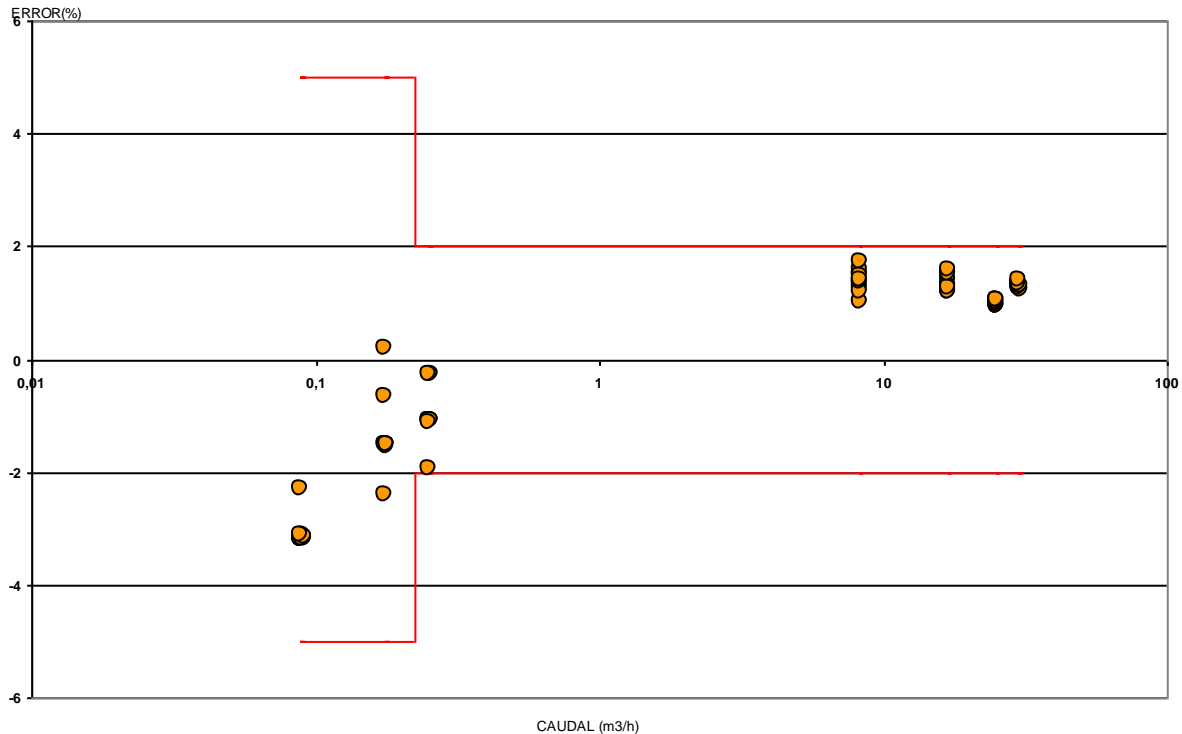
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,33	997,70	1,17

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,091	-4,93
2	0,184	3,65
3	0,260	-3,57
4	8,288	1,81
5	16,873	1,66
6	25,154	1,48
7	30,003	1,58

CURVA DE ERROR



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, se han obtenido los siguientes resultados para un total de 70 puntos ensayados con un total de 114 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 12 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, este contador funciona **CORRECTAMENTE**.



5.7 Estimación económica

En este caso se tiene un consumo medio de $7,43 \text{ m}^3/\text{día}$, que resulta bajo para un edificio con un total de 58 pisos, con lo cual se puede esperar un consumo:

Para calcular el consumo de agua esperado se utiliza la misma expresión que en el contador anterior:

$$\text{Consumo esperado} = 46 \text{ viviendas} \cdot 2,39 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} \cdot 0,119 \frac{\text{m}^3}{\text{persona} \cdot \text{día}} \approx 13 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se obtiene un consumo medio esperado de $13 \text{ m}^3/\text{día}$, que es aproximadamente el doble del que se está registrando.

Esto supone una pérdida anual frente al consumo esperado de $(13-7,43) \text{ m}^3 = 5,57 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 365 \text{ días/año} = 2.033 \text{ m}^3$ que en facturación son $2.033 \text{ m}^3 \cdot (2 \cdot 1,1935 \text{ €}) = 4.852 \text{ €/año}$

5.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica y los ensayos realizados al contador, tanto el normal como el de larga duración arrojan buenos resultados, por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento.

6 M1 (Viviendas), D

6.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un edificio de **viviendas** al que abastece de agua. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 1.



6.2 Foto y esquema



Figura 12. Foto de la instalación original del contador en M1, D.

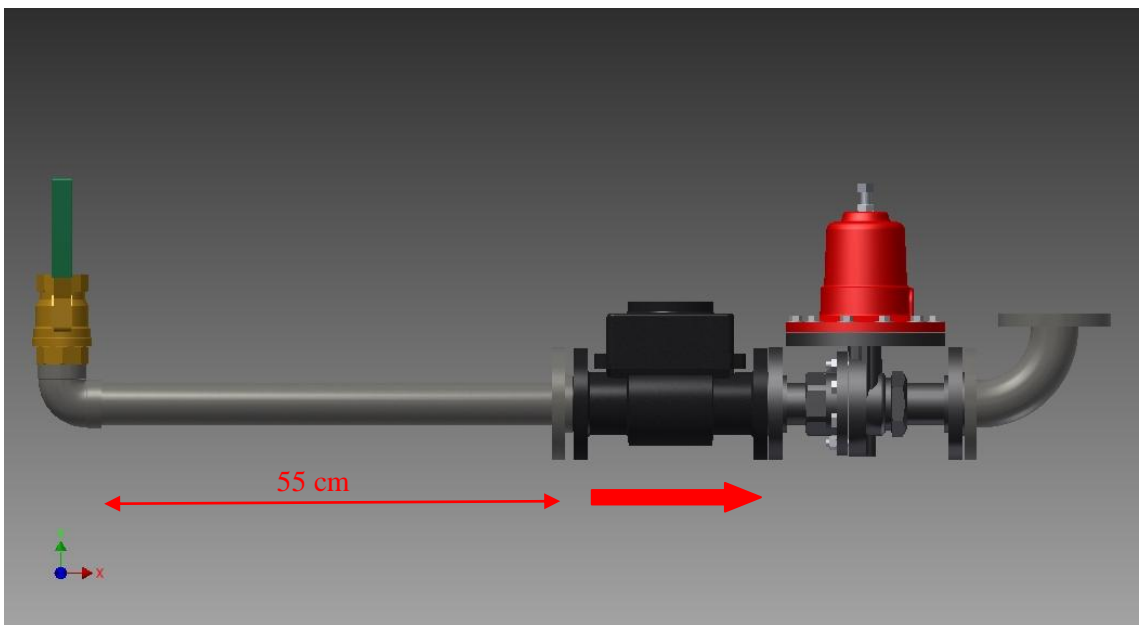


Figura 13. Esquema

6.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 100

Modelo: Aquila
Nº serie: C09HI0000172

6.4 Análisis instalación

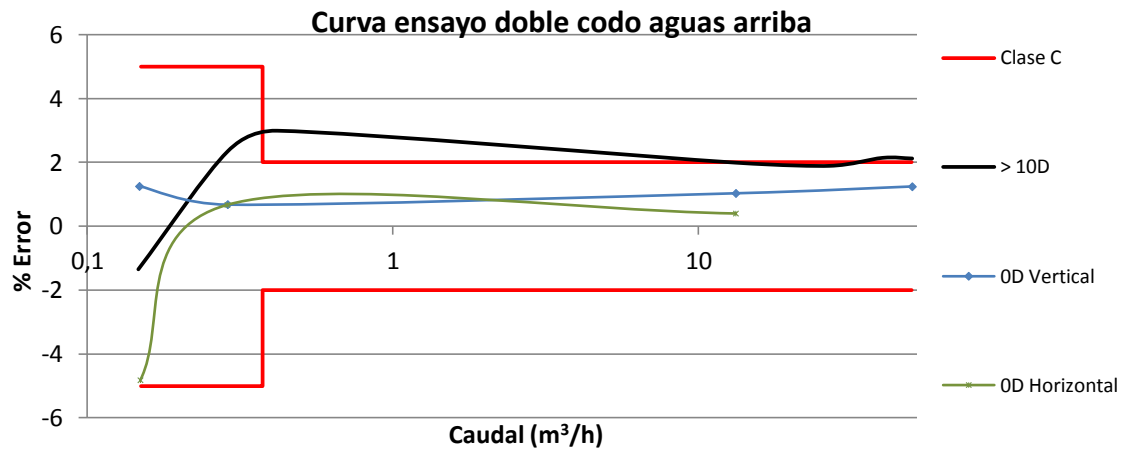
Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Doble codo 90º
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 100
Elemento: Codo 90º vertical
Distancia a contador: 5 D



Un doble codo de 90º a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** a la medición de estos contadores ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un único codo a 5 diámetros del contador tampoco lo haga.

Aguas abajo

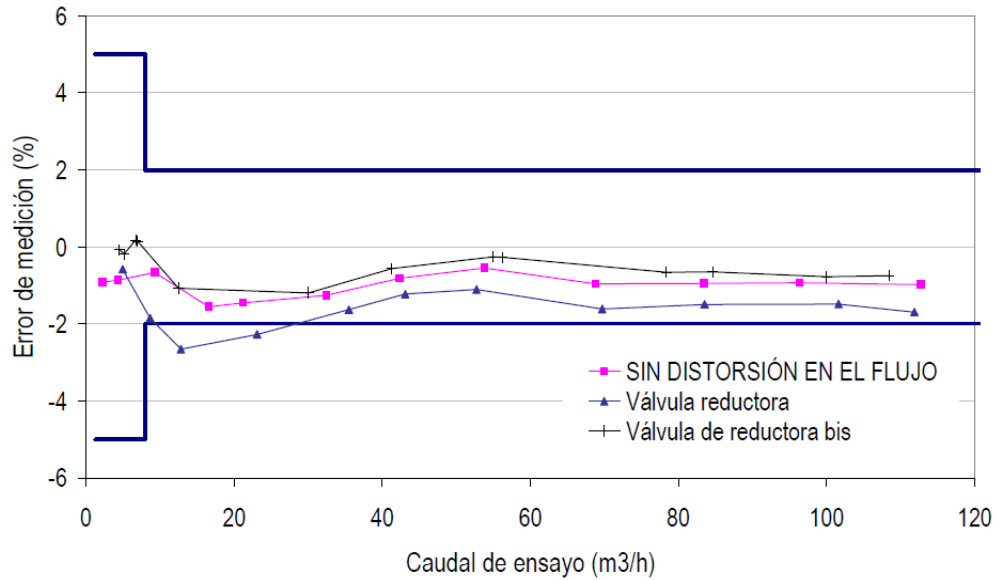
Ensayado

Tecnología: -
Modelo: -
DN: -
Elemento: -
Distancia a contador: -

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 50
Elemento: Válvula reductora de presión
Distancia a contador: 3 D

Tal como se ha comentado previamente, no se han realizado ensayos en el laboratorio con válvulas reductoras de presión, pero de la tesis doctoral citada anteriormente, se obtienen los siguientes resultados:



Conociendo por los ensayos realizados que ningún accesorio colocado aguas abajo afecta a la lectura del contador, se puede afirmar que en este caso la válvula reductora de presión **NO AFECTA** al contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

6.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

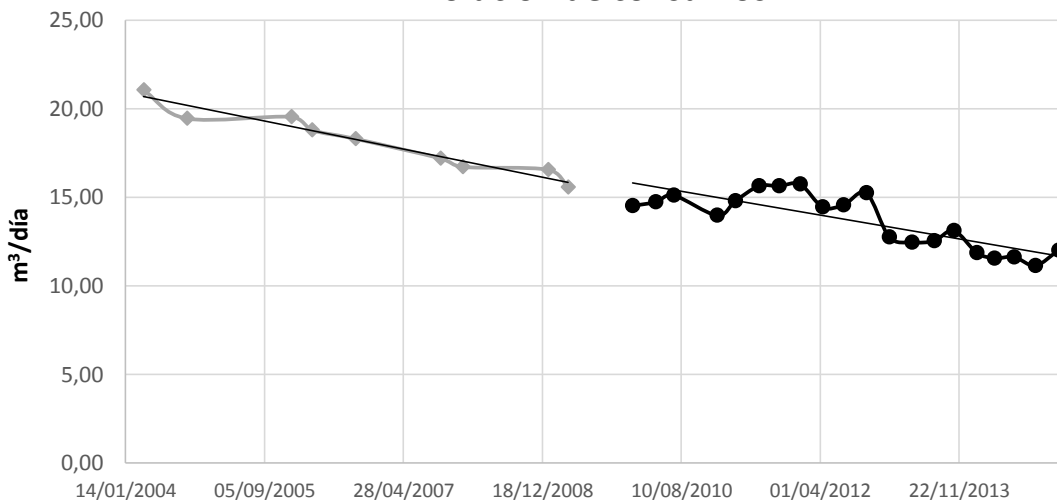
Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
26/01/2015	28757	101	1214	12.02
17/10/2014	27543	92	1026	11.15
17/07/2014	26517	85	989	11.64
23/04/2014	25528	76	879	11.57
06/02/2014	24649	99	1176	11.88
30/10/2013	23473	85	1116	13.13
06/08/2013	22357	96	1205	12.55
02/05/2013	21152	98	1222	12.47
24/01/2013	19930	99	1264	12.77
17/10/2012	18666	99	1511	15.26
10/07/2012	17155	90	1312	14.58
11/04/2012	15843	97	1403	14.46
05/01/2012	14440	91	1434	15.76
06/10/2011	13006	87	1362	15.66
11/07/2011	11644	102	1597	15.66
31/03/2011	10047	79	1170	14.81
11/01/2011	8877	187	2617	13.99
08/07/2010	6260	78	1180	15.13
21/04/2010	5080	100	1475	14.75
11/01/2010	3605	97	1410	14.54
			Promedio	13.69

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
08/04/2009	47232	86	1340	15.58
12/01/2009	45892	369	6114	16.57
09/01/2008	39778	96	1606	16.73
05/10/2007	38172	367	6316	17.21
03/10/2006	31856	188	3443	18.31
29/03/2006	28413	89	1674	18.81
30/12/2005	26739	451	8820	19.56
05/10/2004	17919	187	3640	19.47
01/04/2004	14279	84	1770	21.07
			Promedio	18.15

Evolución de consumos



Se observa un notable descenso en el consumo medio entre el contador antiguo y el actual, lo cual no es muy habitual en un edificio residencial. No obstante, tal descenso se produce de manera gradual y se refleja en ambos contadores; de hecho, la pendiente (línea de tendencia) de los contadores es homogénea.

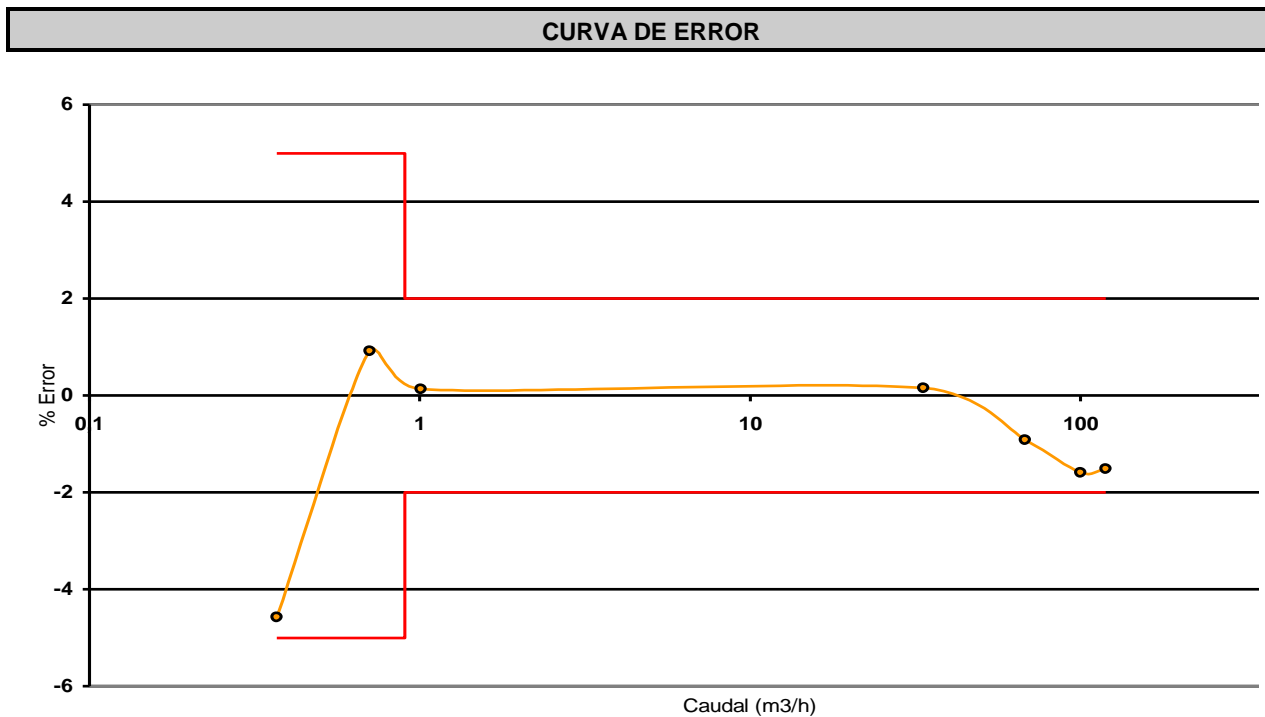
Que dos contadores diferentes registren un descenso continuo y constante que se extiende desde el inicio del periodo de lecturas hasta la actualidad es un indicio bastante razonable para considerar que los contadores miden bien y que es el consumo el que va disminuyendo en los hogares, bien por una disminución en el número de gente o bien por la mayor concienciación en el ahorro de agua de los últimos años.

6.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,99	997,54	1,17

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,369	-4,58
2	0,705	0,92
3	1,008	0,13
4	33,458	0,15
5	68,005	-0,92
6	100,157	-1,59
7	119,388	-1,51



6.7 Estimación económica

Los consumos registrados son **CORRECTOS**.

6.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados, por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento.

7 M3 (Viviendas), D

7.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un edificio de **viviendas** al que abastece. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 1.



7.2 Foto y esquema



Figura 14. Foto de la instalación original del contador en M3, D.

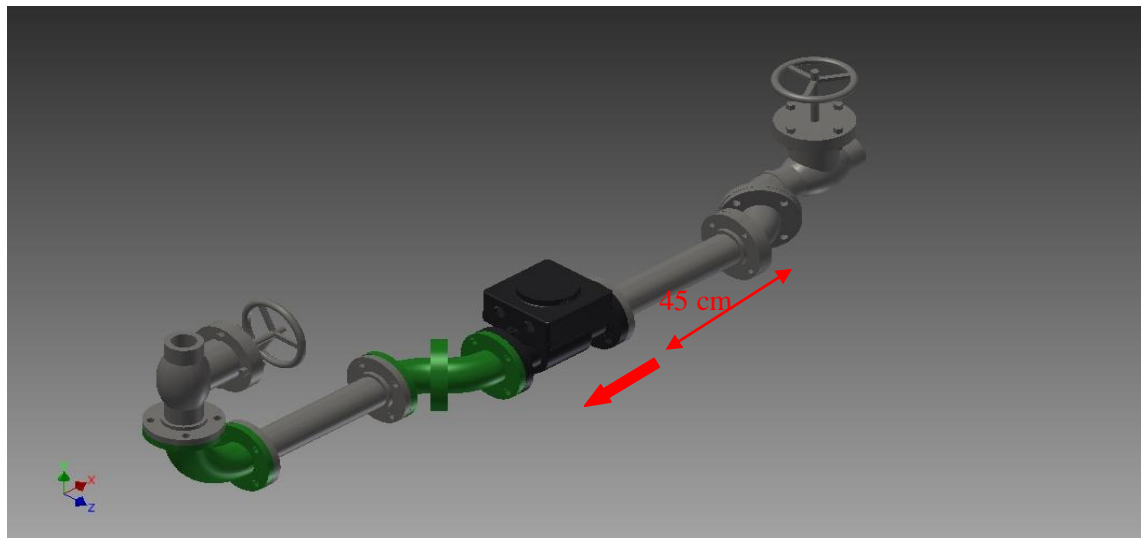


Figura 15. Esquema

7.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 100

Modelo: Aquila
Nº serie: C09HI0000171

7.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

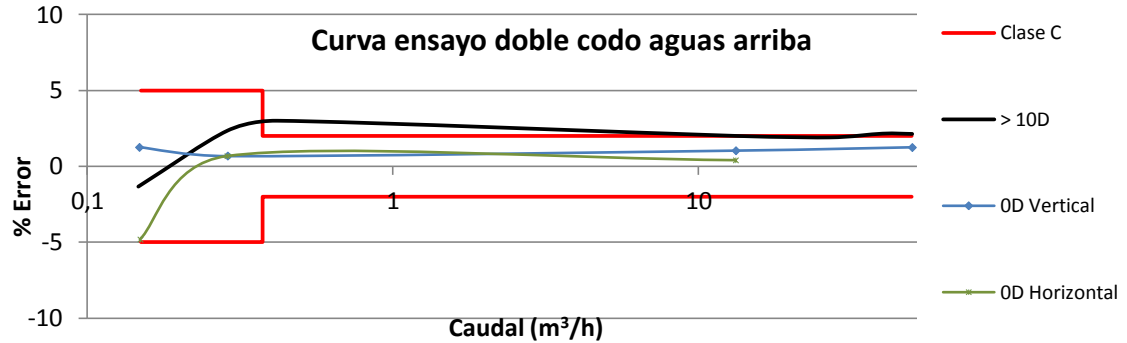
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 100

Elemento: Codo 45° horizontal

Distancia a contador: 5 D



Un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** a la medición de estos contadores ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un doble codo de 45° a 5 diámetros del contador tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

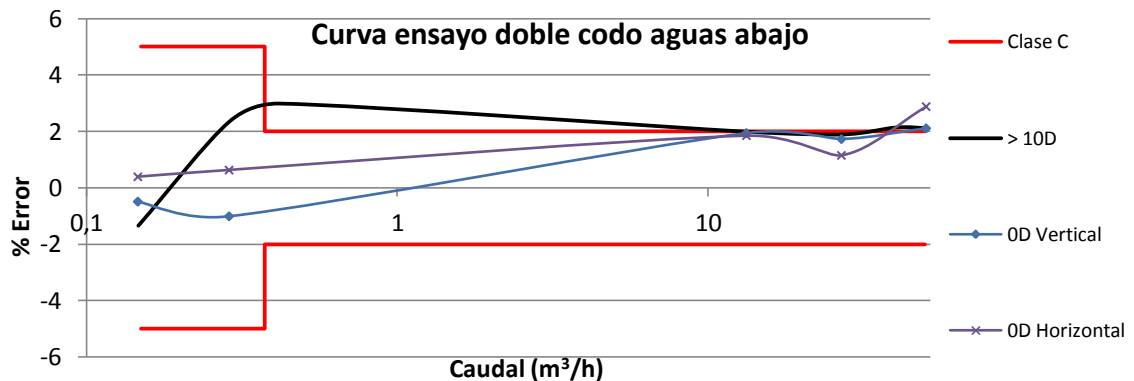
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 100

Elemento: Codo 45° horizontal

Distancia a contador: 0 D



Un doble codo colocado a 0 diámetros aguas abajo **NO AFECTA** a lectura del contador ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un doble codo horizontal a 45° tampoco.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

7.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

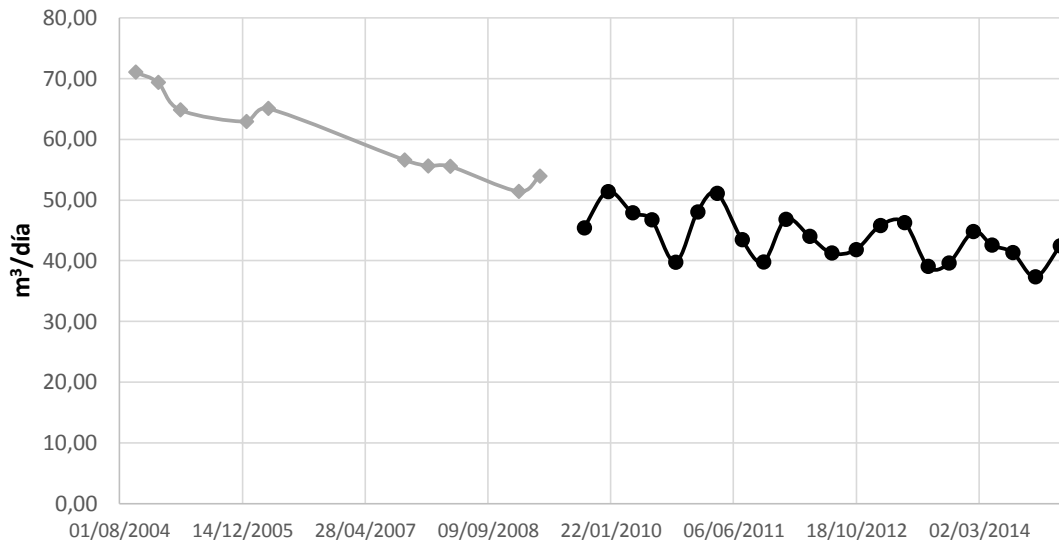
Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
26/01/2015	91655	101	4288	42.46
17/10/2014	87367	92	3436	37.35
17/07/2014	83931	85	3514	41.34
23/04/2014	80417	76	3236	42.58
06/02/2014	77181	99	4436	44.81
30/10/2013	72745	85	3368	39.62
06/08/2013	69377	96	3751	39.07
02/05/2013	65626	98	4535	46.28
24/01/2013	61091	99	4534	45.80
17/10/2012	56557	99	4141	41.83
10/07/2012	52416	90	3715	41.28
11/04/2012	48701	97	4270	44.02
05/01/2012	44431	91	4261	46.82
06/10/2011	40170	87	3462	39.79
11/07/2011	36708	102	4434	43.47
31/03/2011	32274	79	4037	51.10
11/01/2011	28237	90	4323	48.03
13/10/2010	23914	97	3856	39.75
08/07/2010	20058	78	3646	46.74
21/04/2010	16412	100	4790	47.90
11/01/2010	11622	97	4984	51.38
06/10/2009	6638	90	4087	45.41
			Promedio	43.95

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
08/04/2009	163671	86	4639	53.94
12/01/2009	159032	279	14347	51.42
08/04/2008	144685	90	5000	55.56
09/01/2008	139685	96	5339	55.61
05/10/2007	134346	555	31412	56.60
29/03/2006	102934	89	5794	65.10
30/12/2005	97140	269	16931	62.94
05/04/2005	80209	90	5838	64.87
05/01/2005	74371	92	6384	69.39
05/10/2004	67987	187	13293	71.09
			Promedio	60.65

Evolución consumo



Se observa un notable descenso en el consumo medio entre el contador antiguo y el actual, lo cual no es muy habitual en un edificio residencial. No obstante, también hay que percatarse de que el descenso empezó con el contador antiguo y fue progresivo hasta alcanzar el mínimo al final de su periodo de instalación, en cuyo momento era similar a la media del contador actual.

Imaginando la línea de tendencia, se ve que es uniforme, prácticamente con la misma pendiente para los dos contadores.

Se concluye entonces que el contador actual mide el consumo correctamente y dado que la última lectura del contador antiguo arroja valores similares a los actuales, no hay motivos para pensar que este midiese el consumo de forma errónea. Parece más probable que el consumo haya ido disminuyendo progresivamente debido a los factores apuntados anteriormente.

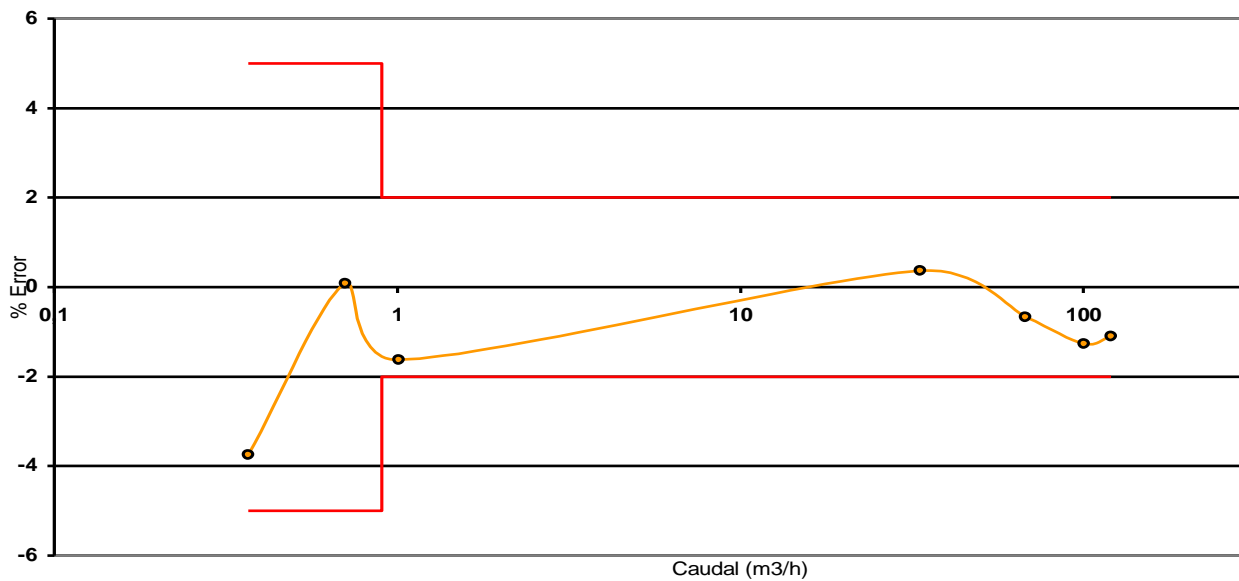
7.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,66	997,62	1,18

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,368	-3,74
2	0,705	0,08
3	1,009	-1,62
4	33,365	0,37
5	67,677	-0,67
6	100,272	-1,27
7	120,287	-1,10

CURVA DE ERROR



7.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

7.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados, por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento.

8 T17 (Viviendas), D

8.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un edificio de **viviendas** al que abastece de agua. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 1.



8.2 Foto y esquema



Figura 16. Foto de la instalación original del contador en T17, D.

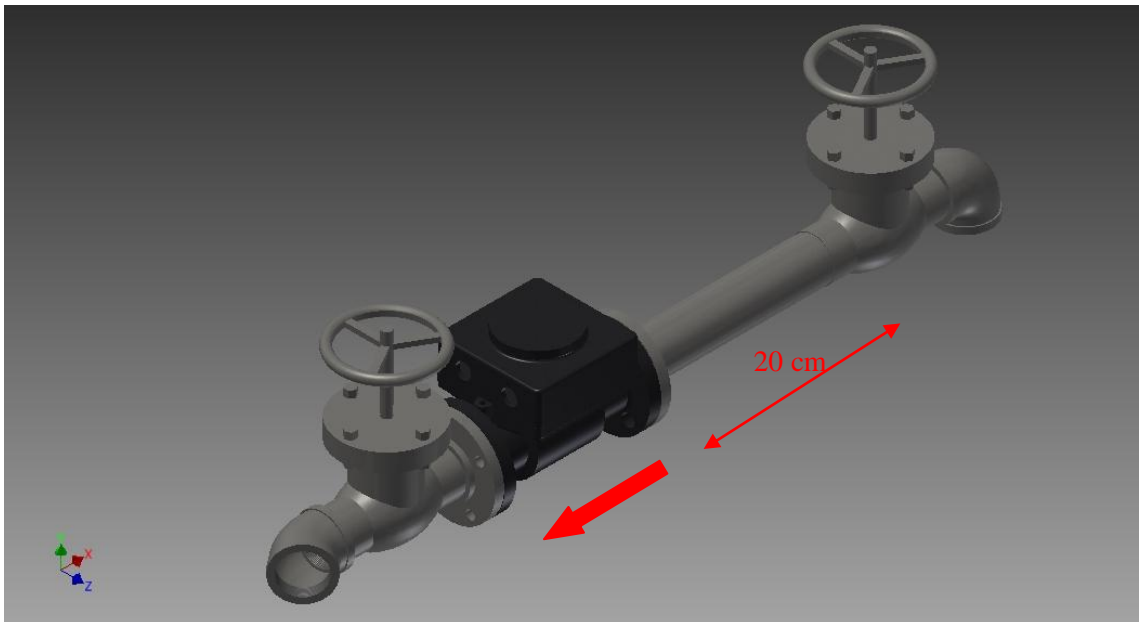


Figura 17. Esquema

8.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 50

Modelo: Aquila
Nº serie: C09CF0000447

8.4 Análisis instalación

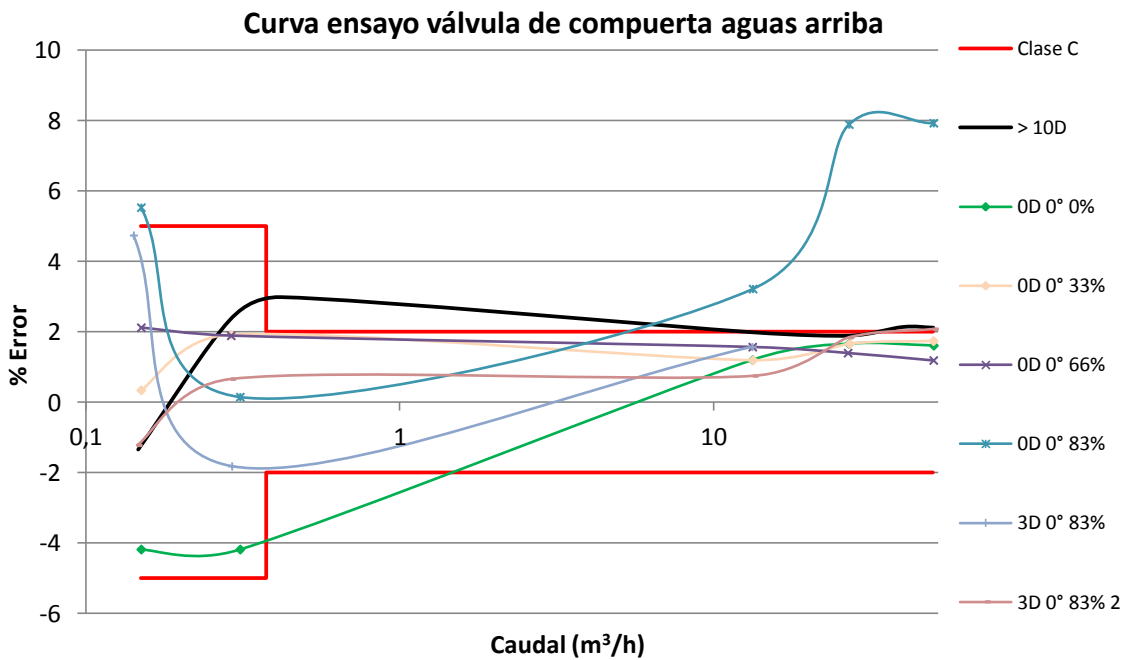
Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Válvula de compuerta 0º
Distancia a contador: 0D, 3 D

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 50
Elemento: Válvula de compuerta 0º
Distancia a contador: 4 D



Una válvula de compuerta no afecta a la lectura del contador excepto cuando se encuentra justo aguas arriba y la válvula está prácticamente cerrada, situación bastante infrecuente. Cuando la distancia entre válvula y contador se incrementa a 3D, este efecto disminuye considerablemente suponiendo un sobreconteo del 4% si la válvula está cerrada en un 83%. En este caso en particular se va a considerar que **NO AFECTA** al ser la diferencia muy pequeña y no ser probable que la válvula trabaje en ningún momento tan cerrada.

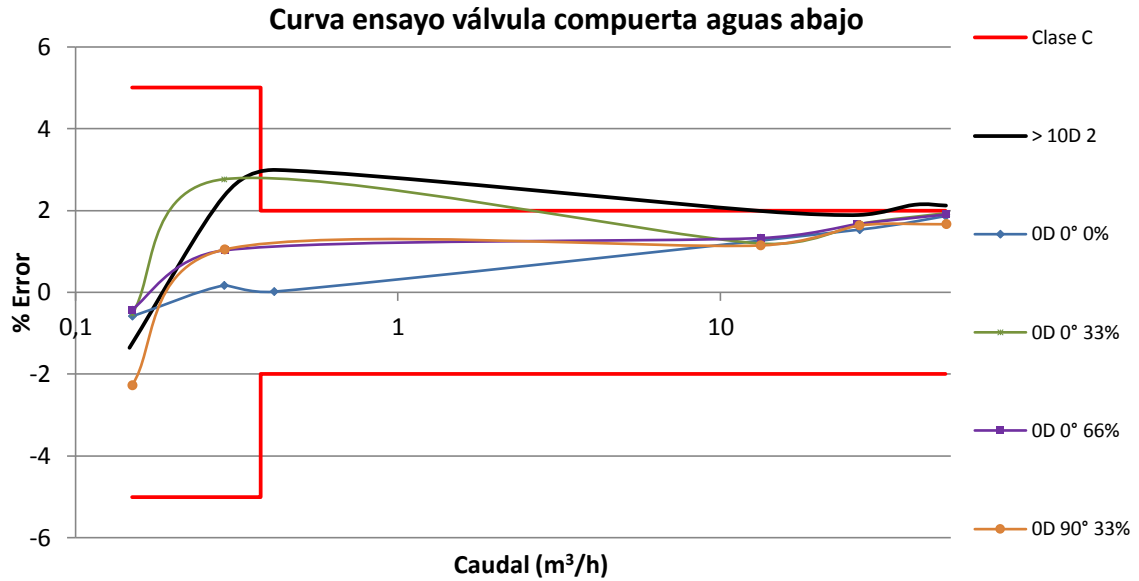
Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Válvula de compuerta
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 50
Elemento: Válvula de compuerta 0º
Distancia a contador: 0 D



Aguas abajo, tal y como se observa en los ensayos realizados, tampoco afecta a la lectura del contador si la válvula está parcialmente cerrada, incluso hasta valores del 66% de cierre, por lo que en este caso se estima que **NO AFECTA**.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

8.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
26/01/2015	30567	101	111	1.10
17/10/2014	30456	177	3428	19.37
23/04/2014	27028	76	85	1.12
06/02/2014	26943	99	304	3.07
30/10/2013	26639	85	969	11.40
06/08/2013	25670	96	1049	10.93
02/05/2013	24621	98	1258	12.84
24/01/2013	23363	99	1374	13.88
17/10/2012	21989	99	1440	14.55
10/07/2012	20549	90	1588	17.64
11/04/2012	18961	97	1883	19.41
05/01/2012	17078	91	1744	19.16
06/10/2011	15334	87	1510	17.36
11/07/2011	13824	102	1943	19.05
31/03/2011	11881	79	1791	22.67
11/01/2011	10090	90	1782	19.80
13/10/2010	8308	99	1560	15.76
06/07/2010	6748	77	1364	17.71
20/04/2010	5384	79	1420	17.97
31/01/2010	3964	207	3547	17.14

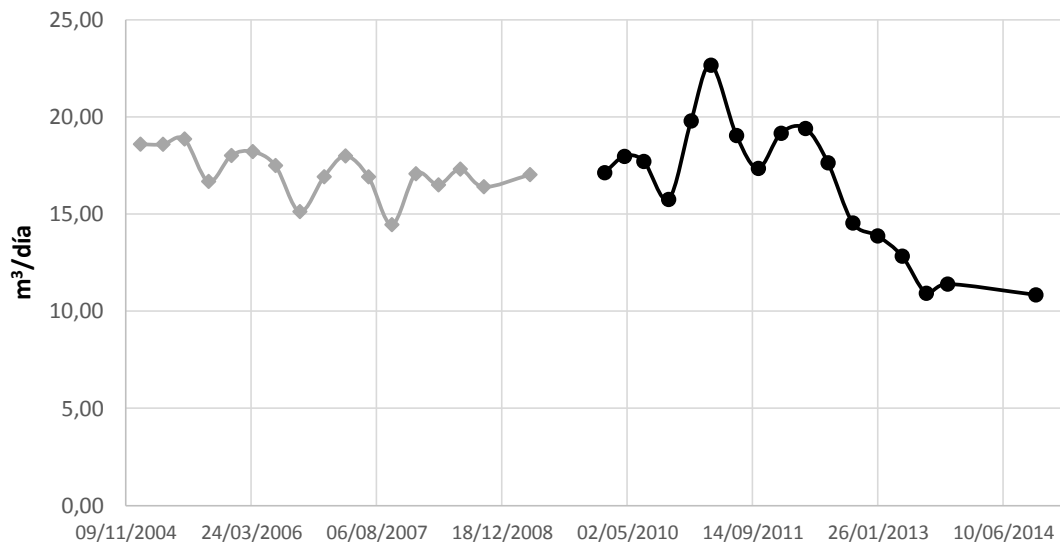
En la lista original de lecturas, hay algunos datos que aparecen incompletos. Aunque en la tabla resumida anterior todas las casillas aparecen completas, las líneas tachadas indican las filas que están incompletas en la base de datos original. Por si esto no fuese suficiente, los valores medios de consumo de tales lecturas no concuerdan en absoluto con todos los demás. En consecuencia, se decide eliminar tales puntos. A continuación se presenta la tabla corregida:

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
17/10/2014	30456	352	3817	10.84
30/10/2013	26639	85	969	11.40
06/08/2013	25670	96	1049	10.93
02/05/2013	24621	98	1258	12.84
24/01/2013	23363	99	1374	13.88
17/10/2012	21989	99	1440	14.55
10/07/2012	20549	90	1588	17.64
11/04/2012	18961	97	1883	19.41
05/01/2012	17078	91	1744	19.16
06/10/2011	15334	87	1510	17.36
11/07/2011	13824	102	1943	19.05
31/03/2011	11881	79	1791	22.67
11/01/2011	10090	90	1782	19.80
13/10/2010	8308	99	1560	15.76
06/07/2010	6748	77	1364	17.71
20/04/2010	5384	79	1420	17.97
31/01/2010	3964	207	3547	17.14
Promedio				16.36

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
08/04/2009	63289	184	3135	17.04
06/10/2008	60154	94	1543	16.41
04/07/2008	58611	87	1507	17.32
08/04/2008	57104	90	1486	16.51
09/01/2008	55618	96	1640	17.08
05/10/2007	53978	93	1345	14.46
04/07/2007	52633	92	1557	16.92
03/04/2007	51076	85	1530	18.00
08/01/2007	49546	97	1642	16.93
03/10/2006	47904	97	1468	15.13
28/06/2006	46436	91	1593	17.51
29/03/2006	44843	85	1549	18.22
03/01/2006	43294	91	1640	18.02
04/10/2005	41654	96	1602	16.69
30/06/2005	40052	86	1623	18.87
05/04/2005	38429	90	1674	18.60
05/01/2005	36755	363	6754	18.61
Promedio				17.20

Evolución consumo



Después de corregir los datos y obtener las medias de consumo, se considera que aunque las lecturas son relativamente consistentes, la brusca tendencia a la baja (para unas viviendas) en los últimos dos años no encaja dentro de lo que cabría esperar.

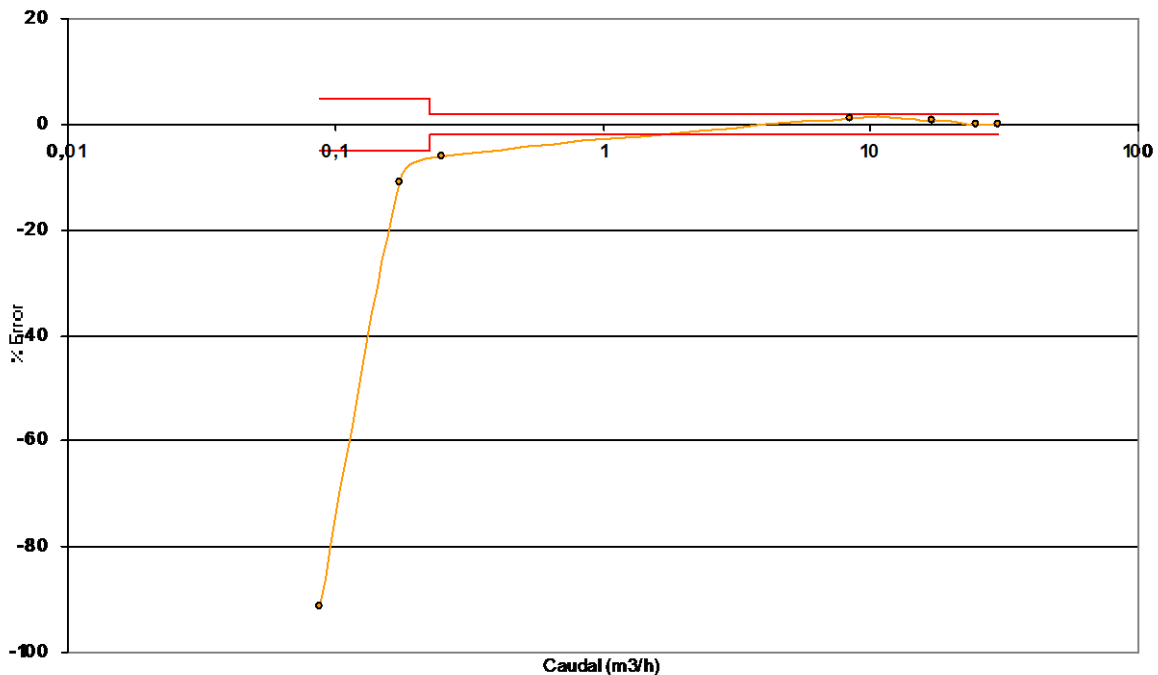
8.6 Ensayo del contador en el banco de ensayos

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **INCORRECTO**, tiene un elevado caudal de arranque y elevado subcontaje para caudales pequeños.

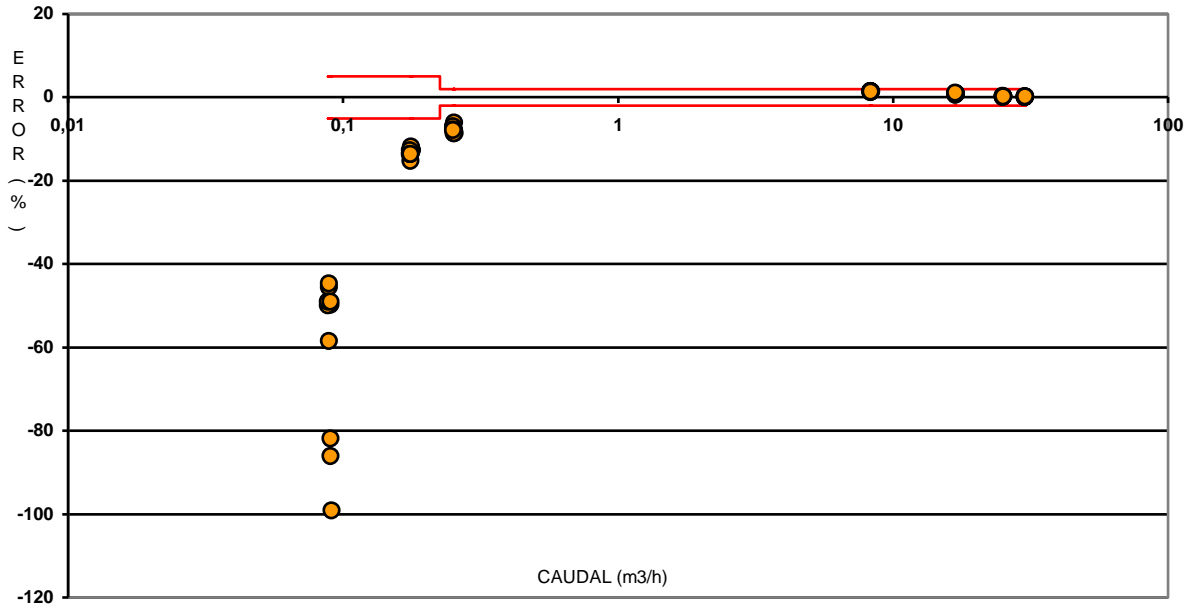
RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,70	997,61	1,19

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,087	-91,35
2	0,173	-10,95
3	0,248	-6,05
4	8,352	1,15
5	16,895	0,80
6	24,982	0,03
7	30,014	0,01

CURVA DE ERROR



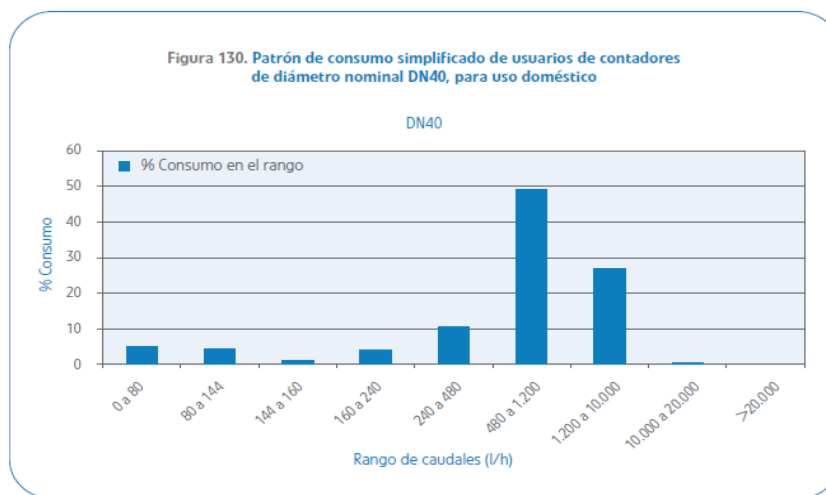
Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, se han obtenido los siguientes resultados para un total de 70 puntos ensayados con un total de 114 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 12 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, este contador funciona **CORRECTAMENTE**.



8.7 Estimación económica

Resulta evidente del análisis de los ensayos que este contador comete errores elevados para caudales pequeños, no así para los grandes donde permanece dentro de los rangos permitidos. Para conocer la cantidad de agua que el contador está dejando de registrar, se necesita conocer el error global del contador, para lo cual, se necesita a su vez el patrón de consumo esperado para este tipo de consumidor.

En el caso de este primer contador, alimenta a un edificio de 36 viviendas con un contador de DN50. Para obtener el patrón de consumo de este tipo de contador, se cree que la mejor aproximación a la realidad son los datos publicados en el cuaderno de I+D+i titulado "Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid" del Canal de Isabel II, que para uso doméstico y contadores de diámetro nominal 40 presentan el patrón de consumo simplificado que aparece en la siguiente gráfica:

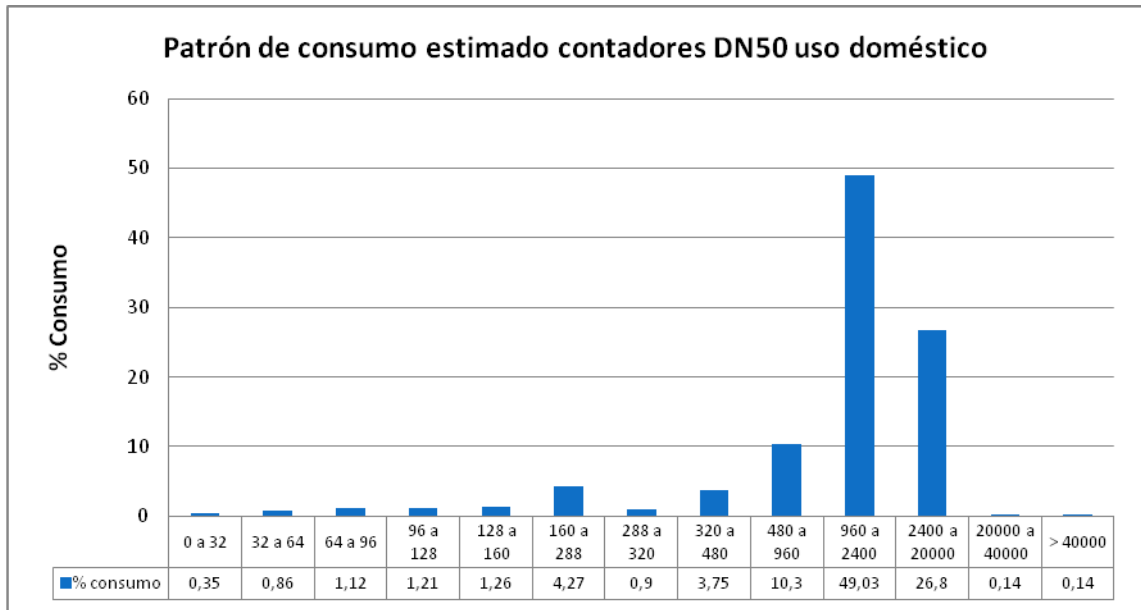


La gráfica anterior es para usuarios domésticos con contadores de diámetro nominal DN40, cuando el nuestro es de DN50, no se han encontrado datos para este diámetro nominal, por lo que se adaptarán los resultados publicados.

Todo parece indicar que en nuestro caso los datos estarán desplazados hacia la derecha, ya que si se supone que el contador está bien dimensionado los consumos tienen que ser mayores que para los de un contador de DN40.

Si se establece la relación que hay entre los intervalos de los rangos de caudales estudiados en dicho documento, se llega a la conclusión de que se multiplican por 2 entre DN20 y DN30, y entre DN30 y DN40, por lo tanto, parece una hipótesis válida que ocurrirá lo mismo entre DN40 y DN50. También se tienen que estimar los porcentajes de cada intervalo. En este caso no hay una tendencia clara, ya que en todos los contadores pequeños el máximo porcentaje se produce en el tercer intervalo empezando por el final, en el contador de DN40 cambia esa tendencia y pasa a ser el intervalo cuarto el de mayor porcentaje.

La suposición que se va a hacer es que la distribución por intervalos permanece constante entre un contador de DN40 y uno de DN50, y lo que se hace es ajustar los rangos de caudales para un contador de DN50 multiplicando por 2 los de DN40. El resultado aparece reflejado en la gráfica siguiente.



Con el patrón de consumo estimado para un contador de DN50 de uso doméstico se trasladan a nuestros puntos de ensayo de la curva de error los porcentajes de consumo en el rango. Para ello se calcula previamente el caudal de cálculo de consumo como el caudal medio entre dos caudales consecutivos, de manera que establecido el caudal de arranque, entre 0 y este se suman los porcentajes de los intervalos de caudales hasta el intervalo en el cual esté comprendido en el que se estima el porcentaje que representa. En nuestro caso, como el caudal de arranque es de 140 l/h, el porcentaje de consumo será el del intervalo 0 – 140 l/h que es la suma de los cuatro primeros intervalos $0,35 + 0,86 + 1,12 + 1,21$ mas el 38% del error del cuarto intervalo que es lo que representan los 140 l/h en el intervalo de 128 a 160 l/h, es decir $1,26 * 0,38 = 0,48$. Con lo que el porcentaje de consumo total del intervalo queda en 4,02% con un error del -100%. Para calcular el porcentaje de consumo del siguiente intervalo se sigue el mismo procedimiento sumando además el porcentaje del intervalo anterior que no se había tenido en cuenta. Con el resto de intervalos se procede de igual manera obteniendo los resultados reflejados en la tabla siguiente en la columna "Consumo en el rango (%)". Con los datos de consumo en el rango y de los errores cometidos por el contador en cada intervalo de caudal, obtenidos como la media de los 10 puntos por caudal del ensayo de larga duración en el banco de pruebas, resultan los errores ponderados para cada intervalo, y finalmente como suma de estos el error global.

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr. 0,14	-100	0,14	4,02	-4,02
0,14	-70	0,16	1,14	-0,8
0,173	-13,339	0,21	1,7	-0,22
0,248	-7,797	1,20	25,68	-2
8,352	1,359	10,00	52,26	0,71
16,895	0,824	20,94	15,28	0,12
24,982	0,144	27,50	0,14	0,00
30,014	0,112	30,01	0,14	0,00
			Error Global	-6,21

El error global del contador no explica el descenso tan acusado que se ha producido en el consumo en esta instalación, pasando de una media de 17,2 m³/día con el contador anterior a aproximadamente 11 m³/día desde mediados de 2013. Para tratar de encontrar una explicación, se va a analizar en su conjunto todos los contadores que suministran agua a viviendas, que además en este caso coincide que están en el mismo municipio y en algunos casos son comunidades vecinas.

Entre los históricos de consumo hay un lote de contadores pertenecientes a edificios de viviendas en los que aparecen consumos que se estiman muy por debajo de lo esperado y además se detecta un descenso progresivo del mismo en los últimos años. Se va a estudiar el porqué de esa situación tratando de encontrar una relación entre el número de pisos y el consumo medio diario de los diferentes edificios pertenecientes a l mismo municipio, y por lo tanto se supone que con patrones de consumo sino iguales, al menos lo suficientemente parecidos.

Se ha elaborado una tabla en la que se comparan el consumo medio diario en m³/día en cada edificio, con el consumo medio diario en m³/día esperado estadísticamente, teóricamente estos resultados tienen que guardar cierto parecido, con un pequeño margen de error.

Los datos que se conocen son los pisos que tiene cada edificio. En algún caso se tiene el dato de cuántos de estos pisos están habitados, pero al ser datos antiguos pueden estar obsoletos, por lo que se hace un tratamiento estadístico para estimar el número de personas que hay en cada edificio. Para ello se utilizan los datos publicados por el INE en «Encuesta Continua de Hogares, Año 2014» (<http://www.ine.es/prensa/np903.pdf>), según la cual en el País Vasco viven una media de 2,39 personas por hogar.

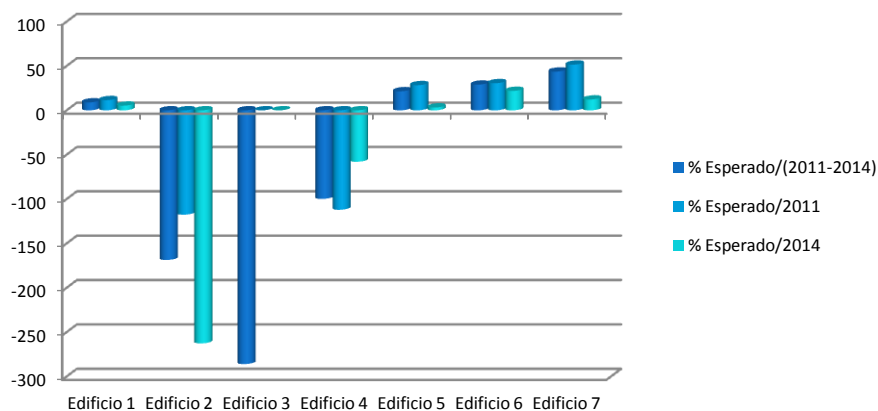
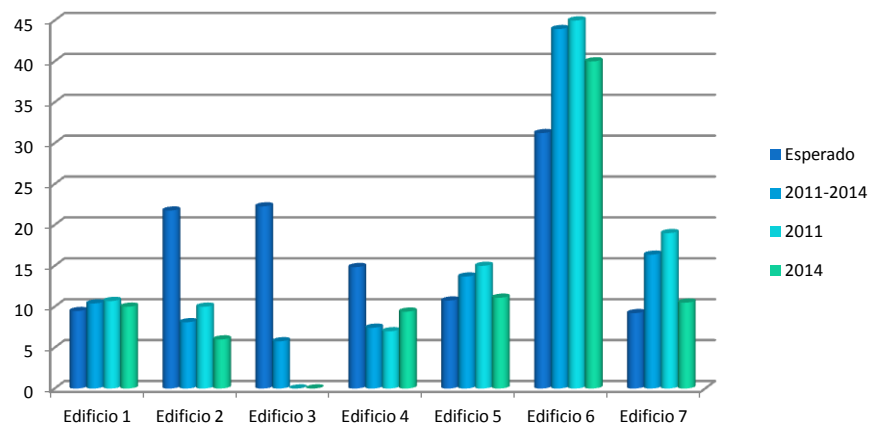
Por otra parte, se conocen también la «Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua, Año 2012» (<http://www.ine.es/prensa/np872.pdf>), que especifica que en el País Vasco se consumen una media de 119 litros por persona y por día. Este consumo aumentó en un 1,7% respecto al año anterior, en el que la media fue de 117 litros por persona y por día.

Para calcular el consumo de agua esperado se utiliza la siguiente expresión:

$Consumo\ esperado = n^{\circ}\ viviendas \cdot \%ocupación \cdot 2,39 \frac{personas}{vivienda} \cdot 0,119 \frac{m^3}{persona-día} = m^3/día'$ estableciendo el porcentaje de ocupación en un 90%.

Se realiza la siguiente tabla comparativa en la que como se ha comentado se refleja el consumo medio teórico esperado, el facturado en m³/día y el diferencial entre ambos.

	nº viviendas	% ocupación estimado	Esperado	Facturado 2011-2014 (m3/día)	Dif. (%)	% ocupación calculado	Facturado 2011 (m3/día)	Dif. (%)	Facturado 2014 (m3/día)	Dif. (%)
Edificio 1 Askatasuna nº 17	37	90%	9,5	10,4	9	98,83	10,7	11,5	10,0	5,3
Edificio 2 Errotarituena nº 5	85		21,8	8,1	-169	33,51	10,0	-117,6	6,0	-262,6
Edificio 3 Errotarituena nº 6	87		22,3	5,8	-286	23,32	¿?	¿?	5,8	-285,9
Edificio 4 Errotarituena nº 11	58		14,8	7,4	-100	45,04	7,0	-112,1	9,4	-57,9
Edificio 5 Murueta torre nº 1	42		10,8	13,7	21	114,61	15,0	28,3	11,1	3,1
Edificio 6 Murueta torre nº 3	122		31,2	44,0	29	126,66	45,0	30,6	40,0	21,9
Edificio 7 Txibitena nº 17	36		9,2	16,4	44	159,78	19,0	51,5	10,5	12,2



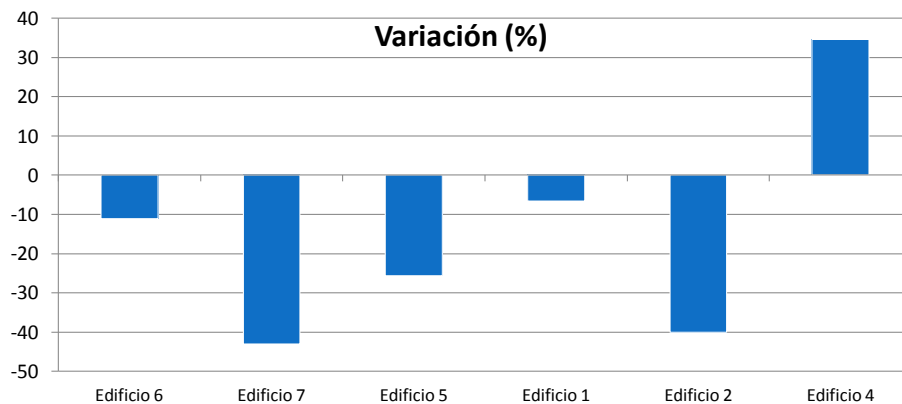
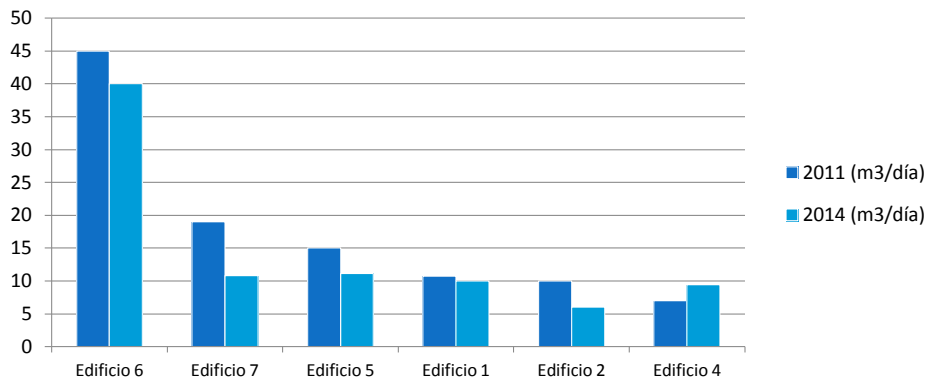
Se observa en los gráficos anteriores cómo en los edificios 1, 5, 6 y 7 el consumo está un poco por encima de lo esperado. Además, si se compara el consumo esperado con las últimas lecturas registradas, las de 2014, se ve cómo

prácticamente coinciden los datos, con una diferencia máxima del 22% por encima de lo estimado que entra dentro de lo lógico al tratarse de datos estadísticos.

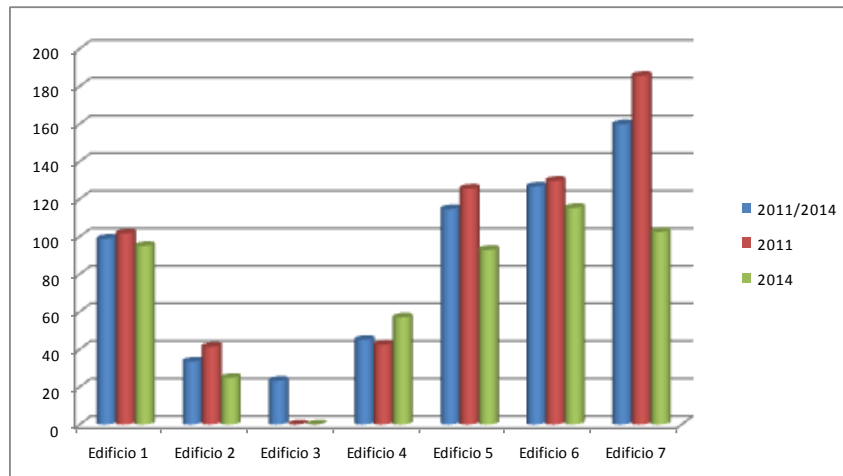
Se tienen sin embargo los edificios 2,3 y 4, pertenecientes todos a las comunidades de Errotaritzuena en los que hay un gran desfase entre los consumos esperados y los facturados, en la tabla se ve que los porcentajes de ocupación que se corresponden con los consumos facturados son 33, 23 y 45% respectivamente, que son porcentajes muy bajos, sobre todo si se comparan con los otros edificios estudiados donde se encuentran porcentajes de ocupación del 98, 114, 126 y 160%, pero al ser viviendas nuevas, podría darse la circunstancia.

Si se estudia la evolución de los consumos en los 7 edificios desde 2011 hasta la fecha se obtienen los siguientes resultados:

Edificio	2011 (m3/día)	2014 (m3/día)	Variación (%)
Edificio 7 Txibitena nº 17	19,04	10,84	-43
Edificio 6 Murueta torre nº 3	45	40	-11
Edificio 1 Askatasuna nº 17	10,7	10	-7
Edificio 5 Murueta torre nº 1	15	11,15	-26
Edificio 4 Errotaritzuena nº 11	7	9,42	35
Edificio 2 Errotaritzuena nº 5	10	6	-40
Edificio 3 Errotaritzuena nº 6	¿?	5,77	--



Se ve que la tendencia general es la disminución del consumo, aunque no en todos los casos. En los edificios 1, 5, 6 y 7 se aprecia que la disminución de consumo producida entre 2011 y 2014 lleva a unos consumos más razonables y cercanos a la media estadística, que en cualquier caso siguen siendo altos, aunque ya por poco, con lo que la tendencia esperada es que continúe la disminución de consumo, aunque de manera menos acusada durante un breve periodo de tiempo y progresivamente se produzca una estabilización del mismo. El edificio 4 es el único que muestra un aumento de consumo, que en este caso tiene su explicación por el bajo porcentaje de ocupación teórico que tenía en 2011, y que lógicamente si esa era la causa del consumo tan bajo que mostraba, haya ido creciendo este a medida que se han ido incorporando los vecinos.



Para este edificio en concreto se pasa, tal y como se observa en la gráfica anterior, de un porcentaje de ocupación calculado del 45% al 57%, algo más razonable, pero aún lejos de lo esperado.

No ocurre así sin embargo en el edificio 2, donde se tenía un porcentaje de ocupación calculado anormalmente bajo en 2011 del 41% pasando en 2014 al 25%, con una disminución del consumo del 40%.

Del edificio 3 no se tienen datos de 2011, ya que como se ha comentado anteriormente su histórico de consumos es completamente anómalo debido a errores en la lectura vía radio. Se cuenta con una única lectura visual con la que se obtiene el caudal medio, pero se carece de mas información para tratar de explicar el bajo consumo.

Los tres edificios conflictivos son iguales y pertenecen a la misma promotora, por lo que tiene que haber alguna explicación de este comportamiento anómalo. Se recomienda obtener más información hasta averiguar la causa de las discrepancias con el comportamiento esperado.

Se calcula el coste económico del error global del contador, suponiendo que el deterioro del mismo comienza el 17/10/2012 cuando el histórico de consumos marca el inicio del descenso., lo que supone dejar de contabilizar aproximadamente unos $(30.456 - 21.989) \text{ m}^3 = 8.467 * 0,0621 = 525,8 \text{ m}^3 * (2 * 1,1935 \text{ €/m}^3) = 1.255 \text{ €}$

8.8 Conclusiones

En este caso se constata que las condiciones de la instalación no van a afectar. En el histórico de consumos se observa una disminución del consumo a partir de finales de 2012. El ensayo del contador arroja unos resultados que no se ajustan a la normativa en los que destaca un elevado caudal de arranque, y un subcontaje grande para los caudales pequeños. Con el ensayo de larga duración se descarta la posibilidad de paradas imprevistas del contador. Se recurre al patrón de consumo para establecer el error global del contador y tratar de justificar mediante este la disminución en el consumo, sin embargo, se encuentra que una disminución del 43% no se justifica con un error global en el contador del 11%, incluso aunque no se haya acertado plenamente en la extrapolación de los resultados de los contadores de DN40 al de DN50, la diferencia es demasiado grande. Finalmente se intenta explicar la disminución del consumo haciendo un estudio conjunto de las viviendas, encontrando que sí que se puede estimar que hay una disminución del consumo en el conjunto, aunque no de manera clara y homogénea, además como no coincide con la tendencia general detectada para la comunidad que es de un aumento en el consumo de agua por persona y día de un 1,7% en 2012 respecto del año anterior, se considera que tal hipótesis no es concluyente.

9 A12 (Boca de incendios), D

9.1 Ubicación y uso

Está ubicado en la calle Askatasun 12 y es una boca de incendios.

9.2 Foto y esquema

No ha sido posible obtenerla.

9.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 65

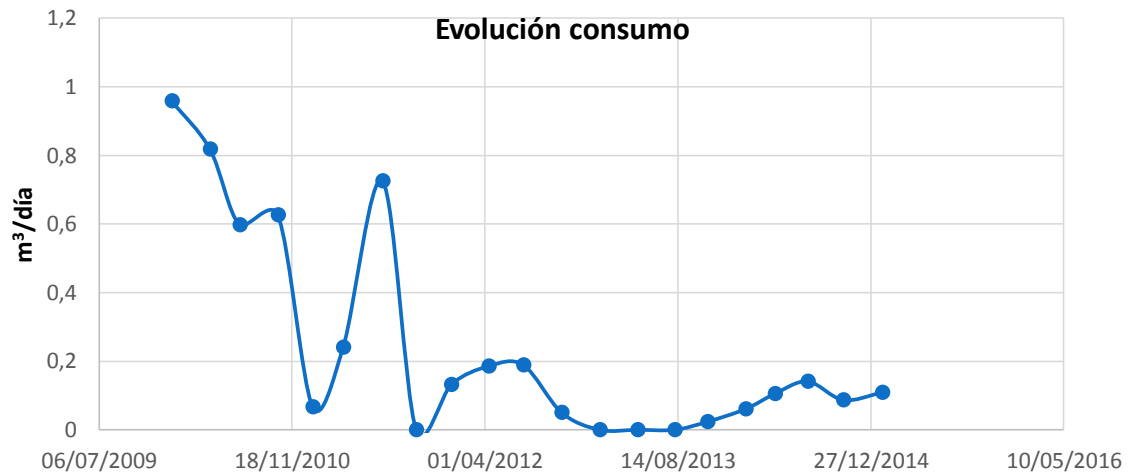
Modelo: Aquila
Nº serie: C09JG000555N

9.4 Análisis instalación

No se tienen datos de la instalación.

9.5 Análisis del histórico de consumos

En el siguiente gráfico se representa el histórico de consumos.



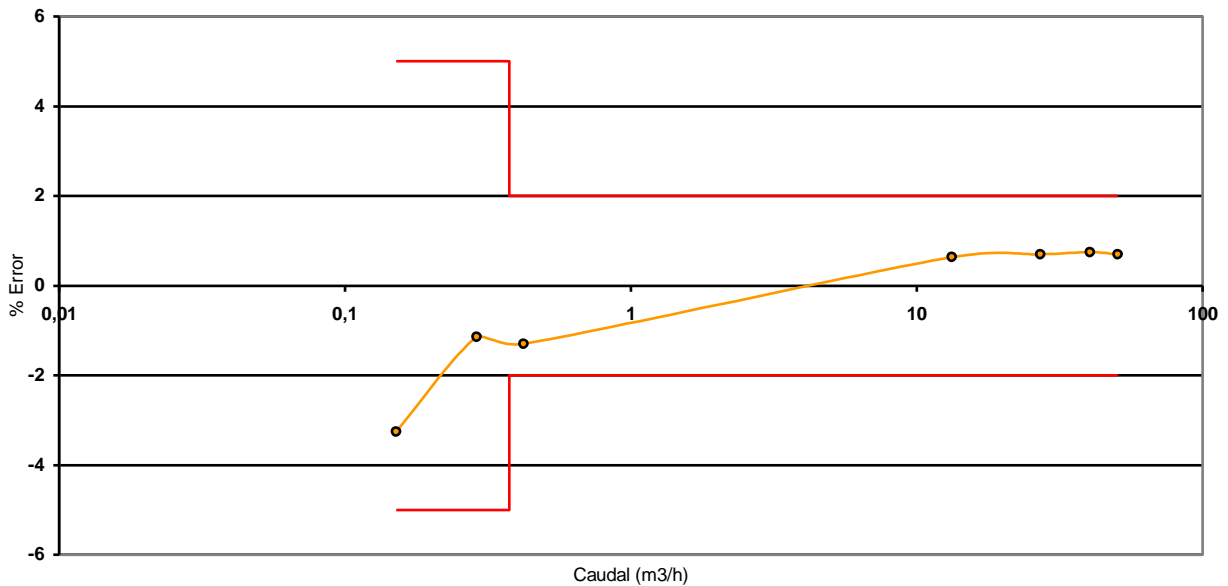
Este contador pequeños consumos de forma aleatoria, se considera **CORRECTO** al ser una boca de incendios. Este tipo de información en este tipo de contadores no nos sirve como indicador al no seguir ninguna clase de patrón.

9.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,99	997,54	1,17

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,151	-3,26
2	0,289	-1,15
3	0,422	-1,30
4	13,259	0,64
5	27,090	0,70
6	40,390	0,74
7	50,440	0,69



9.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

9.8 Conclusiones

Se estima que el contador está funcionando **CORRECTAMENTE**.

10 Ar3 (Boca de incendios), D

10.1 Ubicación y uso

Está ubicado en la calle Arripausueta 3 y es una boca de incendios.

10.2 Foto y esquema

No ha sido posible obtenerla.

10.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 65

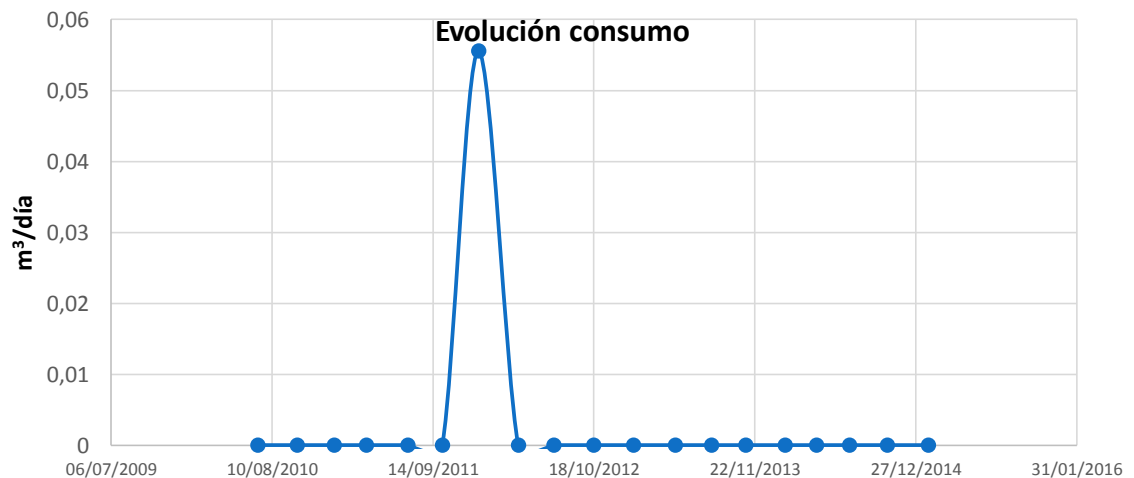
Modelo: Aquila
Nº serie: C09JG000557P

10.4 Análisis instalación

No se tienen datos de la instalación.

10.5 Análisis del histórico de consumos

En el siguiente gráfico se representa el histórico de consumos.



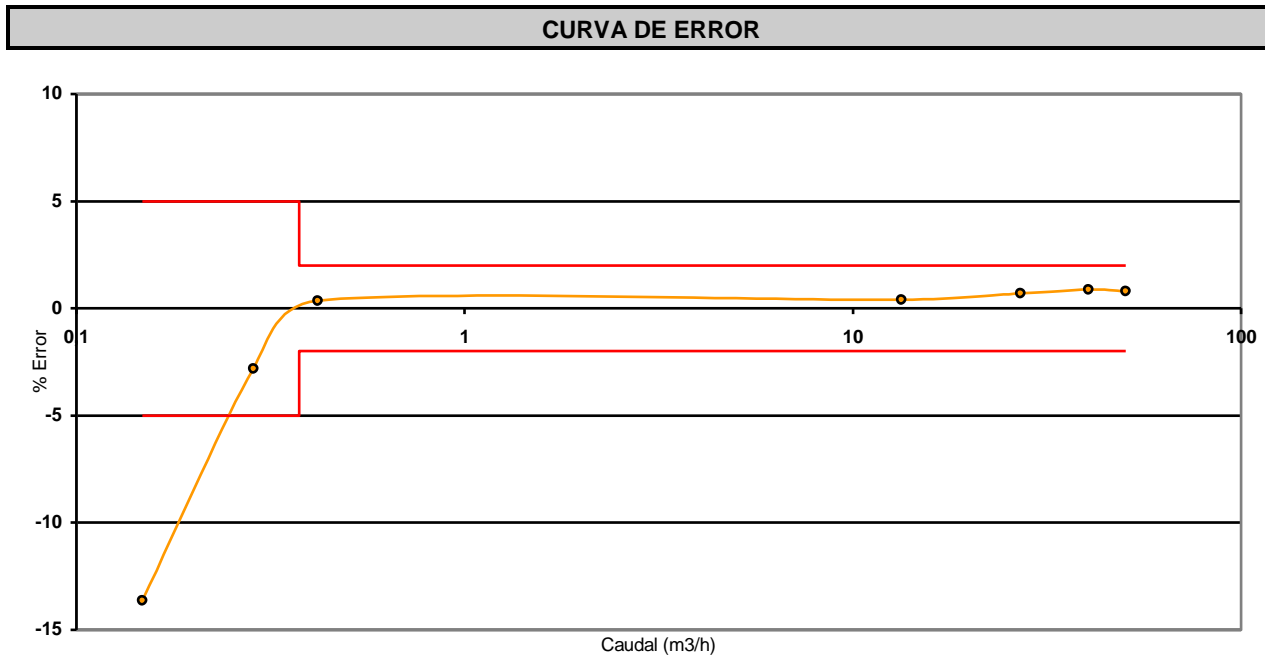
Tiene pequeños consumos de forma aleatoria, se considera **CORRECTO** al ser una boca de incendios. Este tipo de información en este tipo de contadores no nos sirve como indicador al no seguir ninguna clase de patrón.

10.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
23,09	997,52	1,18

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,148	-13,62
2	0,286	-2,80
3	0,419	0,35
4	13,335	0,41
5	27,008	0,70
6	40,402	0,87
7	50,488	0,81



10.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

10.8 Conclusiones

Se estima que el contador está funcionando **CORRECTAMENTE**, ya que el error que se produce a caudal mínimo no tiene importancia en este tipo de instalaciones.

11 A19 (Fábrica), B

11.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta delante de la **fábrica cerrada** de Incoesa. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



11.2 Foto y esquema



Figura 18. Foto de la instalación original del contador en A19, B.

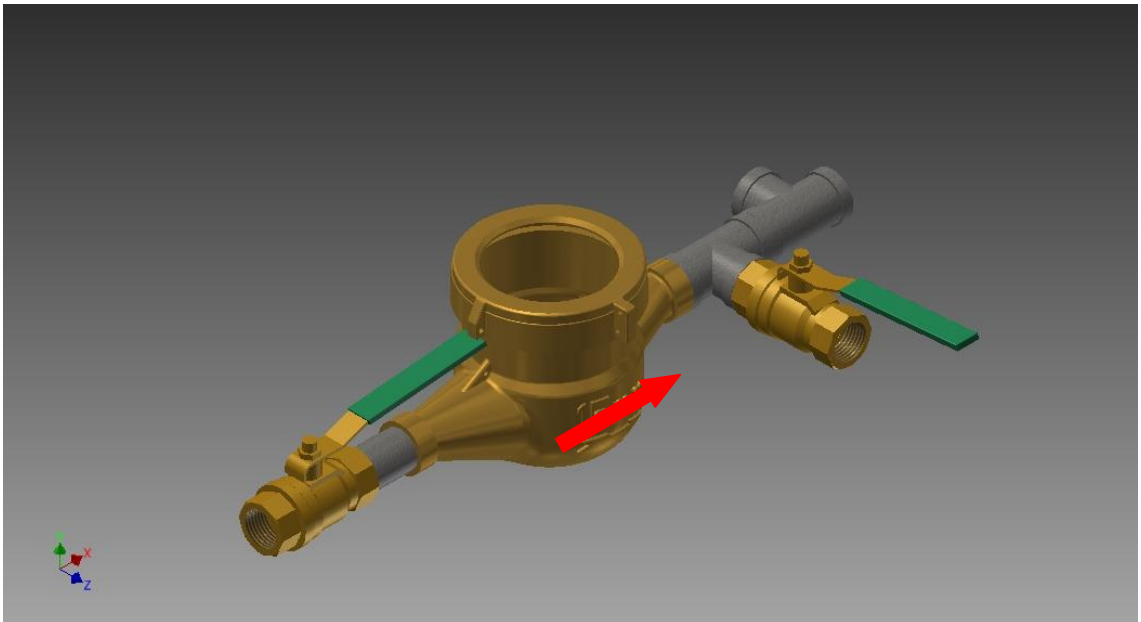


Figura 19. Esquema

11.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003992

11.4 Análisis instalación

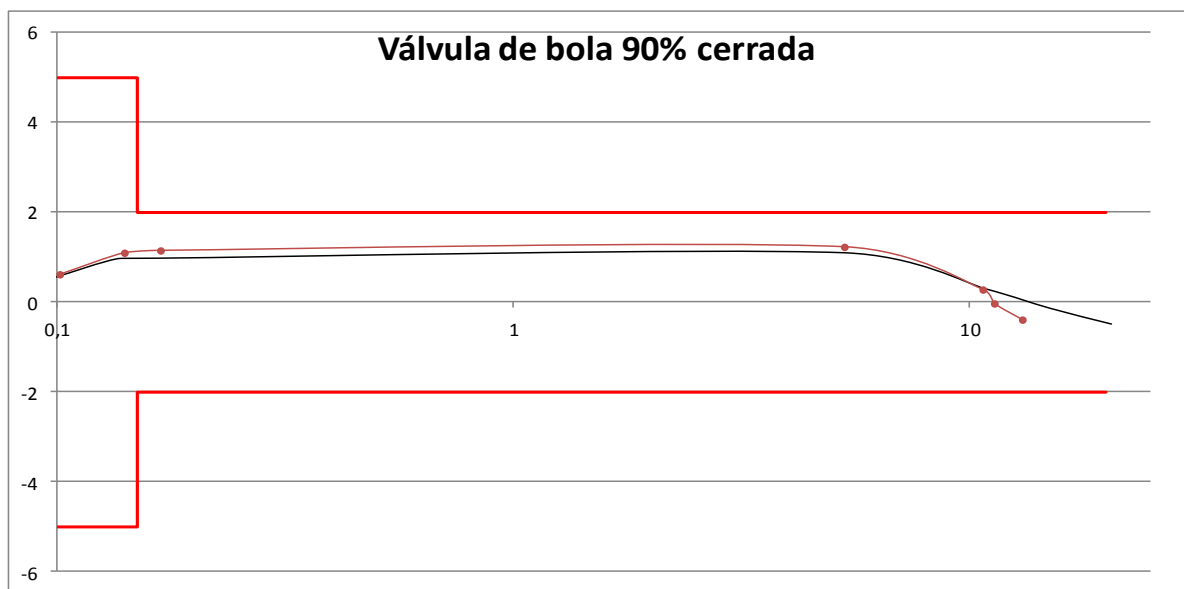
Aguas arriba

Ensayados

Tecnología: Volumétrico
Modelo: Altair
DN: 40
Elemento: Válvula de bola 0° 90% cerrada
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico
Modelo: Altair
DN: 40
Elemento: Válvula de bola 0° 0% cerrada
Distancia a contador: 0 D



En el gráfico anterior se observa cómo una válvula de bola cerrada en un 90% colocada a 0 Diámetros aguas arriba de un contador volumétrico, **NO AFECTA** a la lectura de este, con lo que se concluye que si la válvula está completamente abierta tampoco afectará a las lecturas del contador.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético
DN: 65
Elemento: Tramo recto
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico
Modelo: Altair
DN: 40
Elemento: Te
Distancia a contador: 0 D

En base al análisis de los resultados de todos los ensayos realizados en el laboratorio y reflejados en el capítulo 4, se considera que una "te" colocada aguas abajo de un contador volumétrico **NO AFECTA** a las lecturas de este.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

11.5 Análisis del histórico de consumos

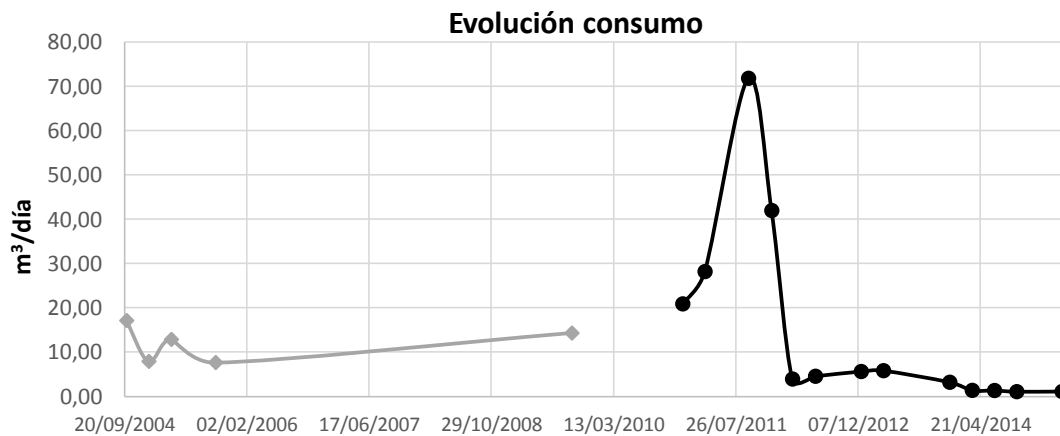
Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
20/03/2015	26002	185	206	1.11
16/09/2014	25796	91	98	1.08
17/06/2014	25698	91	122	1.34
18/03/2014	25576	92	126	1.37
16/12/2013	25450	271	868	3.20
20/03/2013	24582	91	529	5.81
19/12/2012	24053	187	1052	5.63
15/06/2012	23001	94	428	4.55
13/03/2012	22573	85	334	3.93
19/12/2011	22239	95	3986	41.96
15/09/2011	18253	178	12783	71.81
21/03/2011	5470	91	2565	28.19
20/12/2010	2905	91	1901	20.89

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
23/09/2009	30705	1457	20847	14.31
27/09/2005	9858	181	1385	7.65
30/03/2005	8473	92	1184	12.87
28/12/2004	7289	91	720	7.91
28/09/2004	6569	96	1644	17.13



Lo que en principio se creía como un problema de medición importante, no solo por los mínimos consumos, sino también por el gran repunte a mediados del 2011, al realizar una visita a la instalación se averiguó que la compañía había cerrado las puertas precisamente entonces, en el 2011. Actualmente solo hay un guardia de seguridad vigilando las instalaciones.

Si acaso, llama la atención el consumo de alrededor de 1 metro cúbico día (muy alto para una sola persona), quizá debido a alguna fuga en las tuberías o a algún proceso de mantenimiento.

11.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Dado de que se trata de una fábrica cerrada con un consumo pequeño, y de que del análisis de las condiciones de la instalación no se deduce que pueda haber errores en la lectura, no se considera necesario ensayarlo en el banco.

11.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

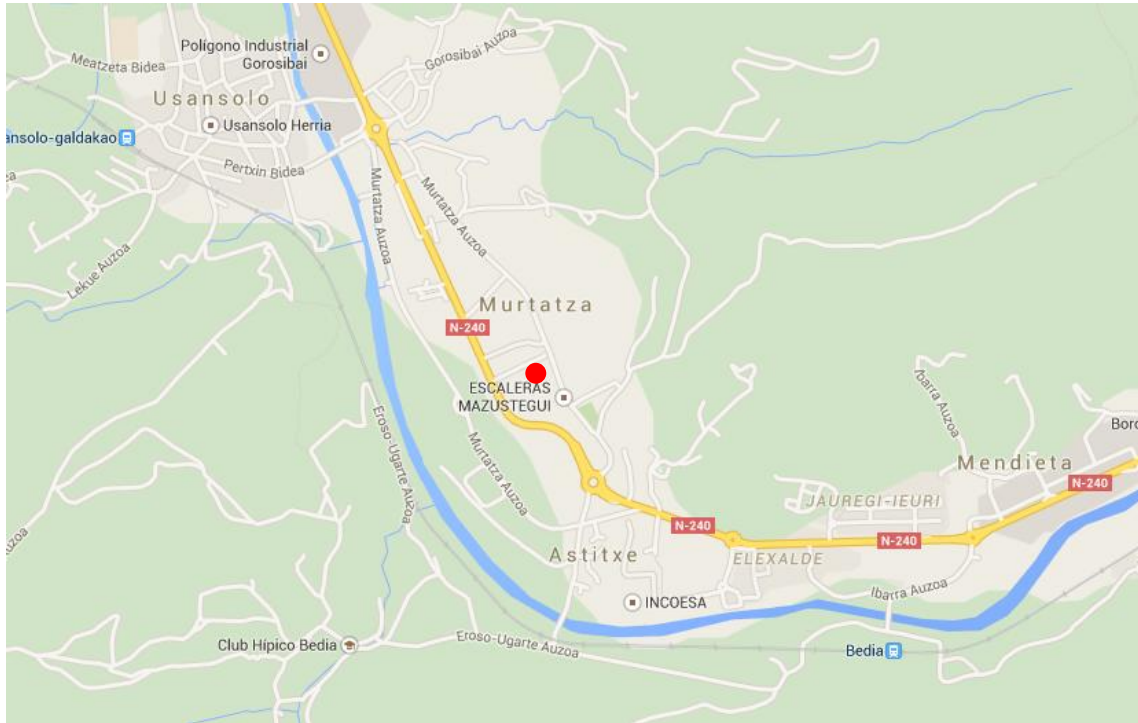
11.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, por lo tanto se considera **CORRECTA**. Tampoco tiene mucho interés dedicarle recursos a un contador de una fábrica parada.

12 M4 (Fábrica), B

12.1 Ubicación y uso

El contador está en un nicho detrás de la entrada de una **fábrica**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



12.2 Foto y esquema

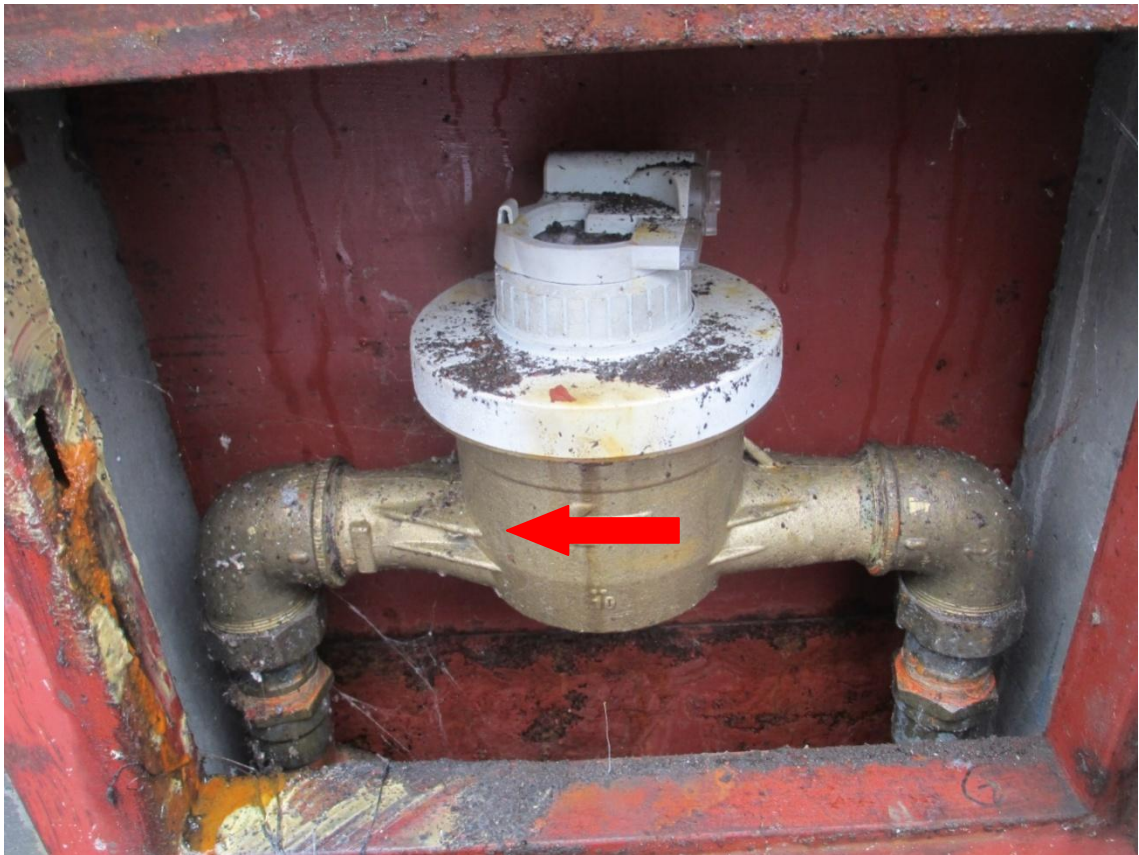


Figura 20. Foto de la instalación original del contador en M4 (Fábrica), B.

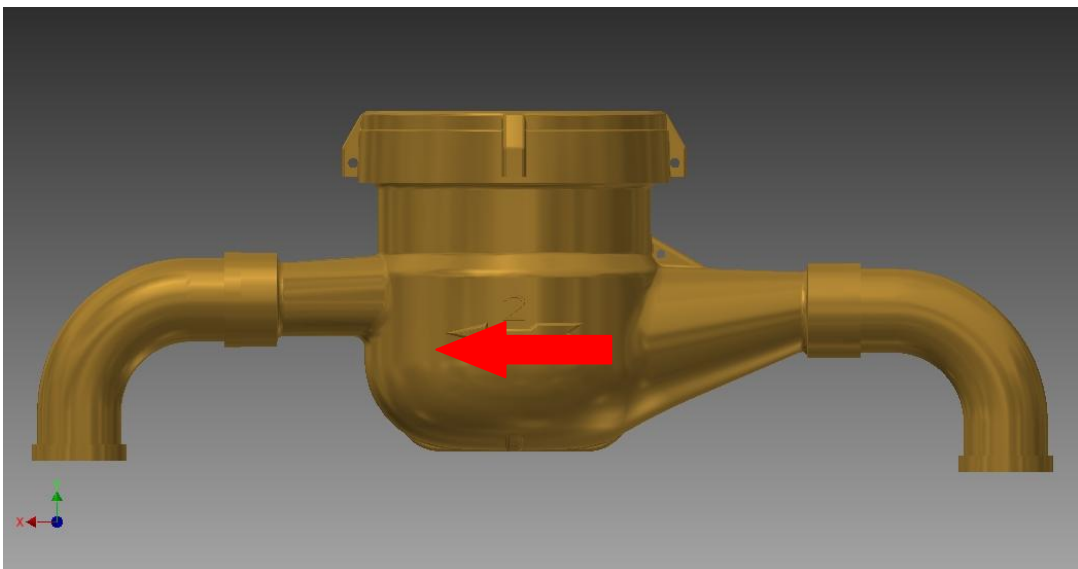


Figura 21. Esquema

12.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003994

12.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 0 D

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

Como se puede observar en la tabla anterior, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** ni en posición horizontal ni en posición vertical a prácticamente ninguna tecnología, solo a los contadores electromagnéticos y de forma muy leve, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° horizontal

Distancia a contador: 0 D

Se tiene la misma situación pero aguas abajo, como se ha establecido en el capítulo anterior, ningún accesorio colocado aguas abajo afecta a ninguna de las tecnologías ensayadas, por lo que es altamente probable que en este caso suceda lo mismo.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

12.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de tres contadores diferentes, el instalado actualmente, el intermedio y el más antiguo.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
20/03/2015	15734	94	666	7.09
16/12/2014	15068	91	828	9.10
16/09/2014	14240	91	619	6.80
17/06/2014	13621	91	813	8.93
18/03/2014	12808	92	742	8.07
16/12/2013	12066	87	746	8.57
20/09/2013	11320	92	621	6.75
20/06/2013	10699	92	764	8.30
20/03/2013	9935	91	651	7.15
19/12/2012	9284	97	706	7.28
13/09/2012	8578	90	547	6.08
15/06/2012	8031	94	729	7.76
13/03/2012	7302	85	583	6.86
19/12/2011	6719	95	831	8.75
15/09/2011	5888	84	520	6.19
23/06/2011	5368	94	794	8.45
<i>21/03/2011</i>	<i>4574</i>	<i>91</i>	<i>1877</i>	<i>20.63</i>
<i>20/12/2010</i>	<i>2697</i>	<i>91</i>	<i>2485</i>	<i>27.31</i>
			Promedio	7.63

Por algún motivo, los dos primeros registros (señalados en cursiva) presentan un consumo totalmente atípico, al igual que también el registro más reciente del contador antiguo, como se muestra más abajo. Por sus valores tan extremos, no se tienen en cuenta en el cómputo del promedio, pero se muestran en la gráfica de la evolución del consumo. Aparte de esto, todos los demás valores se mantienen muy constantes con mínimos recurrentes en verano.

Contador intermedio

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
25/06/2010	17935	92	1659	18.03
25/03/2010	16276	93	1713	18.42
22/12/2009	14563	90	1377	15.30
23/09/2009	13186	89	1705	19.16
26/06/2009	11481	88	1184	13.45
30/03/2009	10297	91	1146	12.59
29/12/2008	9151	90	1493	16.59
30/09/2008	7658	95	1507	15.86
27/06/2008	6151	87	1701	19.55
01/04/2008	4450	90	1615	17.94
02/01/2008	2835	96	1166	12.15
28/09/2007	1669	93	1447	15.56
			Promedio	16.22

Esta serie de datos presenta valores medios más altos y mucha mayor variación que las otras dos, también por motivos desconocidos.

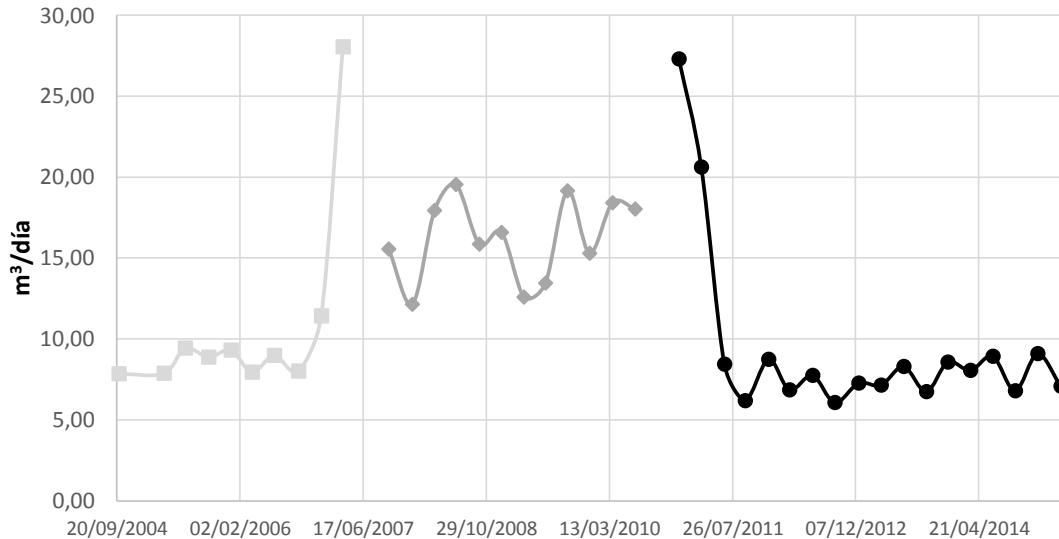
Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
<i>27/03/2007</i>	<i>11632</i>	88	2469	<i>28.06</i>
29/12/2006	9163	93	1063	11.43
27/09/2006	8100	98	786	8.02
21/06/2006	7314	90	809	8.99
23/03/2006	6505	86	684	7.95
27/12/2005	5821	91	848	9.32
27/09/2005	4973	95	844	8.88
24/06/2005	4129	86	812	9.44
30/03/2005	3317	183	1443	7.89
28/09/2004	1874	96	754	7.85

Promedio 8.86

Como se comentaba, el primer valor de la tabla muestra una cifra desproporcionada, en el resto de ocasiones la progresión es muy constante y parecida a los últimos valores de los que se tiene constancia. Por esto se descarta el valor señalado en cursiva en el cómputo del promedio

Evolución del consumo



El registro de lecturas presenta valores constantes y muy parecidos en lo que respecta al primer y último contador, a excepción de los picos en el momento de recambio en ambas instancias; antes que contemplar un cambio repentino en el consumo en dos situaciones muy similares y puntuales, parece más razonable creer que hubo algún problema en la manipulación de los contadores o los registros durante la instalación.

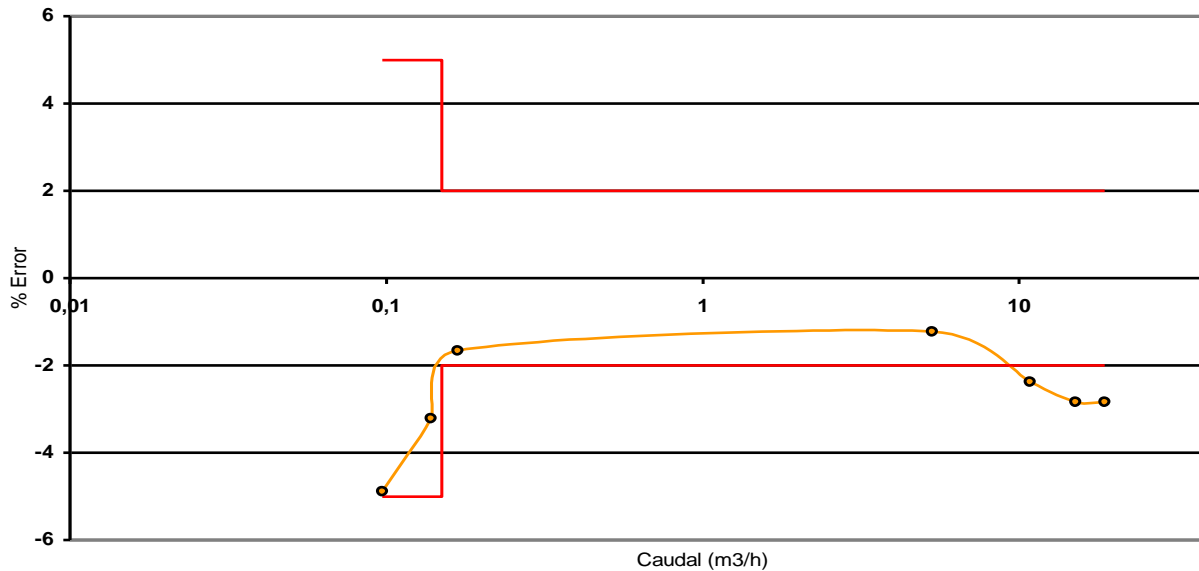
También es interesante resaltar que los consumos durante el segundo período son marcadamente más volátiles y, lo que es más importante todavía, su media es aproximadamente el doble de la del primer y tercer período. Es difícil achacar este comportamiento a nada más que un sobreconteaje de agua de dicho contador, puesto que parece demasiada coincidencia que un aumento en el consumo se produzca en este mismo período (aunque no imposible, puesto que el hipotético incremento también se reflejaría en los picos de los otros dos contadores). Más improbable resulta que dos contadores diferentes midan consumos muy parecidos en intervalos separados.

12.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

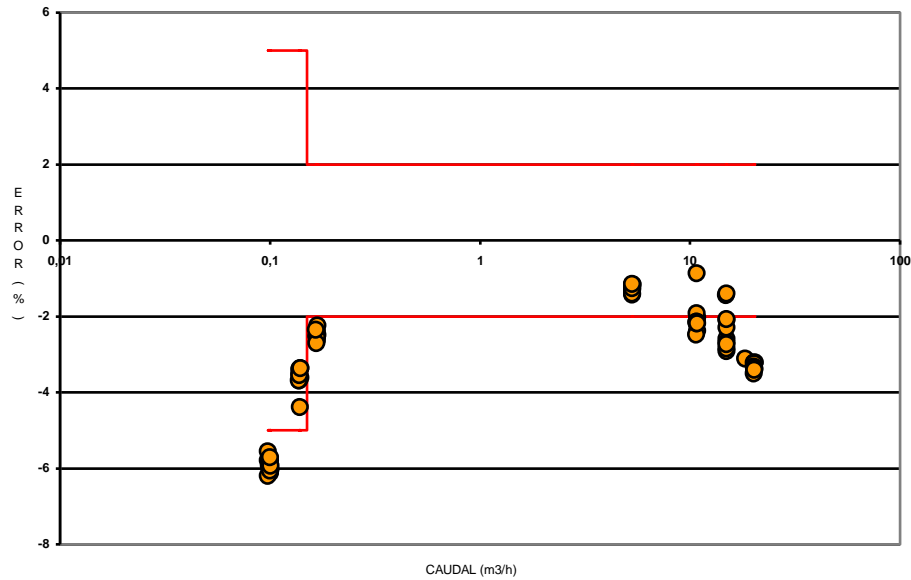
Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **INCORRECTO**, los tres últimos puntos presentan un subcontaje, no muy elevado, pero fuera de lo permitido por la normativa.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,23	997,72	1,19

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,097	-4,89
2	0,138	-3,21
3	0,168	-1,66
4	5,315	-1,22
5	10,823	-2,38
6	15,044	-2,84
7	18,594	-2,84



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, se han obtenido los siguientes resultados para 70 puntos ensayados con un total de 63 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 11 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, se desestima cualquier anomalía que hubiera podido pasar oculta al ensayo normal, no encontrándose, tal y como se observa en la gráfica, ningún punto extraño o incoherente, por lo que se descarta un funcionamiento errático del contador y se estima que funciona **CORRECTAMENTE**.



12.7 Estimación económica

Para conocer la cantidad de agua que el contador está dejando de registrar, se necesita conocer el error global del mismo, para lo cual, se necesita a su vez el patrón de consumo esperado para este tipo de consumidor.

En este caso el contador da servicio a una fábrica, con lo que resulta bastante complicado buscar un patrón de consumo que se asemeje, ya que en el patrón de consumo de una fábrica entran en juego factores tales como si se utiliza el agua solo para lo que se llamaría uso doméstico o también parte del consumo se utiliza en el proceso de producción, etc. Son tantas las variables que entran en juego, que prácticamente es necesario obtener el patrón de consumo específico para cada una de ellas. Como no se tiene ninguna aproximación mejor, se utiliza el mismo patrón de consumo y el mismo procedimiento que para el contador número 8, con la salvedad de que en este caso el contador es del mismo diámetro nominal que en la gráfica cuyos datos se utilizan, con lo que no se tiene que hacer ninguna estimación, sino que se utiliza directamente.

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr. 0,015	-100	0,015	0,33	-0,33
0,015	-70	0,058	2,76	-1,93
0,1	-5,914	0,12	4,38	-0,25
0,14	-3,597	0,155	2,22	-0,08
0,17	-2,493	2,74	68,05	-1,69
5,315	-1,263	8	15,92	-0,20
10,823	-2,052	12,9335	6,13	-0,12
15,044	-2,31	16,819	0,04	0,00
18,594	-3,303	18,594	0,03	0,00
			Error global (%)	-4,6

Con el error global que se ha estimado para este contador, supone dejar de contabilizar aproximadamente unos $(15734 - 5368) \text{ m}^3 = 10.366 * 0,046 = 477 \text{ m}^3 * (2 * 1,1935 \text{ €/m}^3) = \mathbf{1.138 \text{ €}}$.

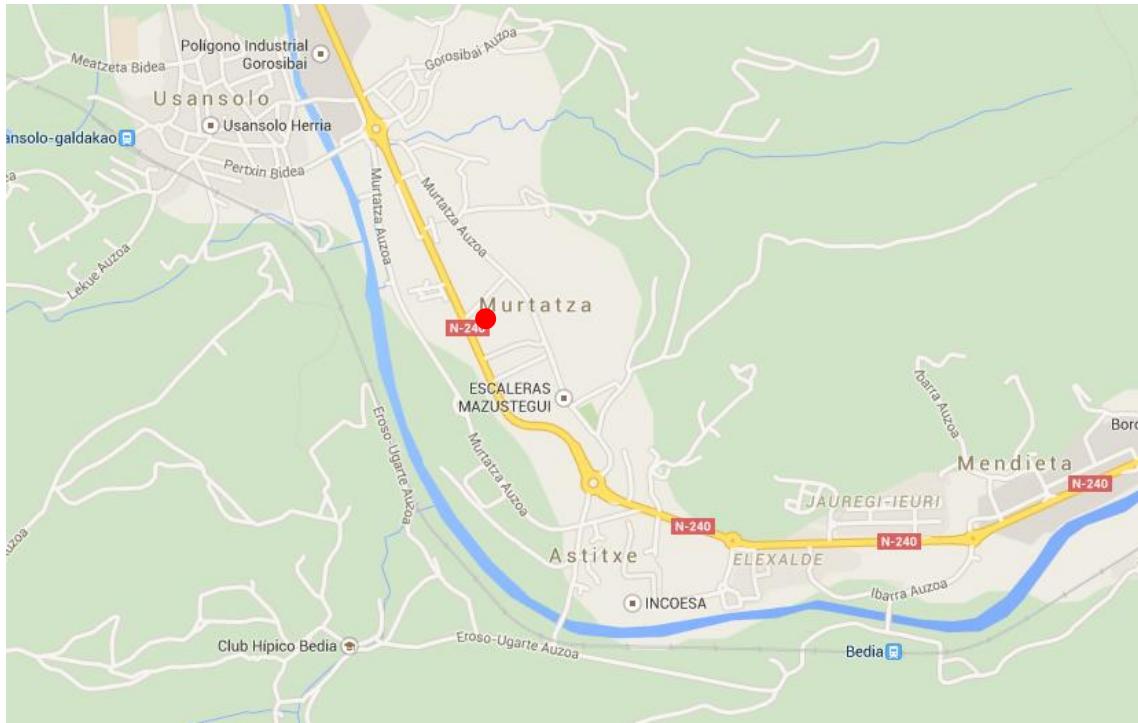
12.8 Conclusiones

En este caso la instalación no afecta a las lecturas del contador, del estudio del histórico de consumos se observa gran diferencia entre los consumos registrados entre los 3 contadores de los que se tienen lecturas. Dos se parecen entre sí, el más antiguo y el más moderno, no así el del medio que tiene de media el doble de los otros dos. No obstante hay un dato curioso que son los picos de consumo fuera de toda lógica que se producen en el primer y último contador, y que en ambos casos son coincidentes con el periodo de consumo del contador central. Pudiera ser que el aumento de consumo fuese debido al aumento del proceso productivo, coincidiendo en el tiempo con el cambio de contador, volviendo posteriormente la fábrica a su proceso inicial. Si se descartan las lecturas del contador anterior al que es objeto de estudio, se concluye que aunque el contador que los consumos son homogéneos, por lo que el único error que comete este contador es su error global.

13 M10 (Concesionario), B

13.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el cuarto de mantenimiento de un **concesionario**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



13.2 Foto y esquema



Figura 22. Foto de la instalación original del contador en M10, B.

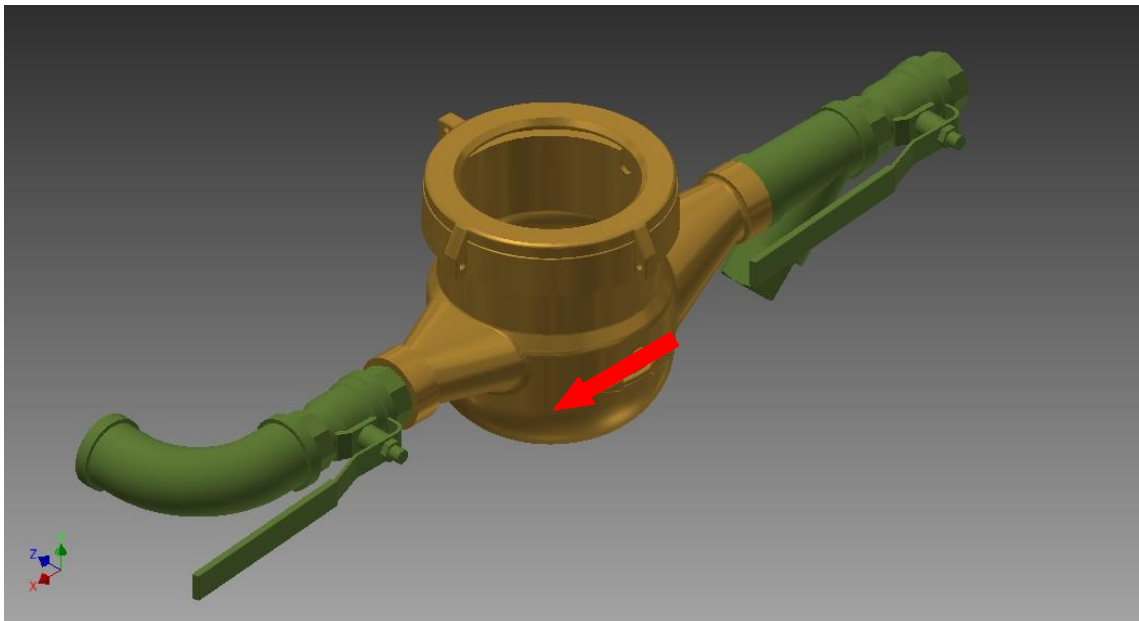


Figura 23. Esquema

13.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003971

13.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

FILTRO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Sucio	-6%	✓

Tal y como refleja la tabla anterior, un filtro colocado inmediatamente aguas arriba no afecta en principio a ninguna tecnología, excepto de en forma de un pequeño subcontaje a los contadores electromagnéticos. Si bien es cierto que una colmatación excesiva puede ocasionar sobrecontaje en contadores tipo Woltmann. No obstante, se entiende que el grado de colmatación del filtro estará dentro de unos límites razonables, por lo que se considera que en este caso, las condiciones de instalación **NO AFECTAN**.

Aguas abajo

Ensayados

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Válvula de **compuerta**

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de **bola** 90º completamente abierta

Distancia a contador: 0 D

En este caso se tiene una válvula de bola completamente abierta colocada inmediatamente aguas abajo del contador, como se ha establecido en el capítulo anterior, ningún accesorio colocado aguas abajo afecta a ninguna de las tecnologías ensayadas, por lo que es altamente probable que en este caso suceda lo mismo.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

13.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior, aunque este durante un periodo muy breve.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
20/03/2015	612	94	65	0.69
16/12/2014	547	91	48	0.53
16/09/2014	499	91	37	0.41
17/06/2014	462	91	30	0.33
18/03/2014	432	92	33	0.36
16/12/2013	399	87	26	0.30
20/09/2013	373	92	19	0.21
20/06/2013	354	92	54	0.59
20/03/2013	300	91	32	0.35
19/12/2012	268	97	39	0.40
13/09/2012	229	90	23	0.26
15/06/2012	206	94	26	0.28
13/03/2012	180	85	30	0.35
19/12/2011	150	95	20	0.21
15/09/2011	130	84	17	0.20
23/06/2011	113	94	27	0.29
21/03/2011	86	91	35	0.38
20/12/2010	51	91	38	0.42

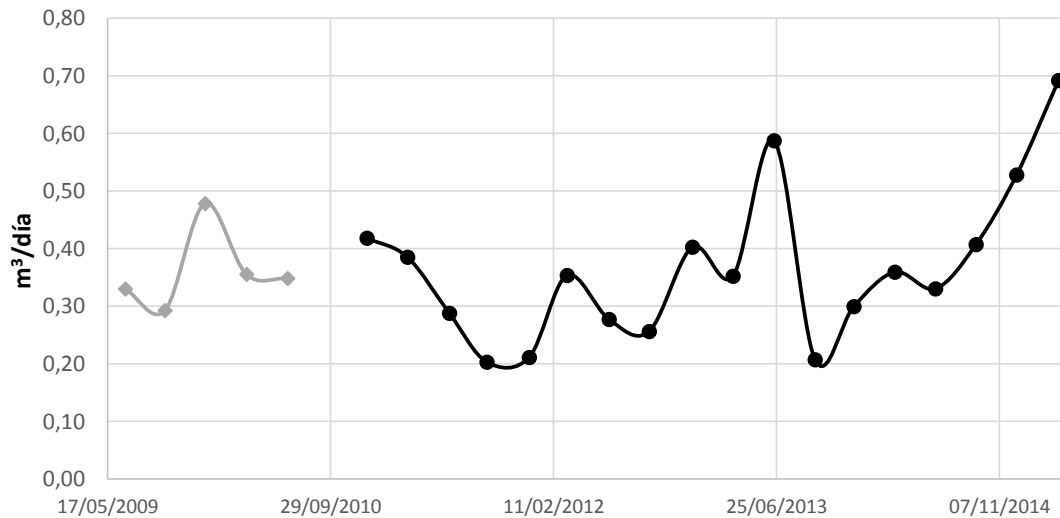
Promedio 0.36

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
25/06/2010	357	92	32	0.35
25/03/2010	325	93	33	0.35
22/12/2009	292	90	43	0.48
23/09/2009	249	89	26	0.29
26/06/2009	223	88	29	0.33

Promedio 0.36

Evolución consumo



Los consumos medios de ambos contadores han sido iguales y todos los datos son coherentes.

13.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

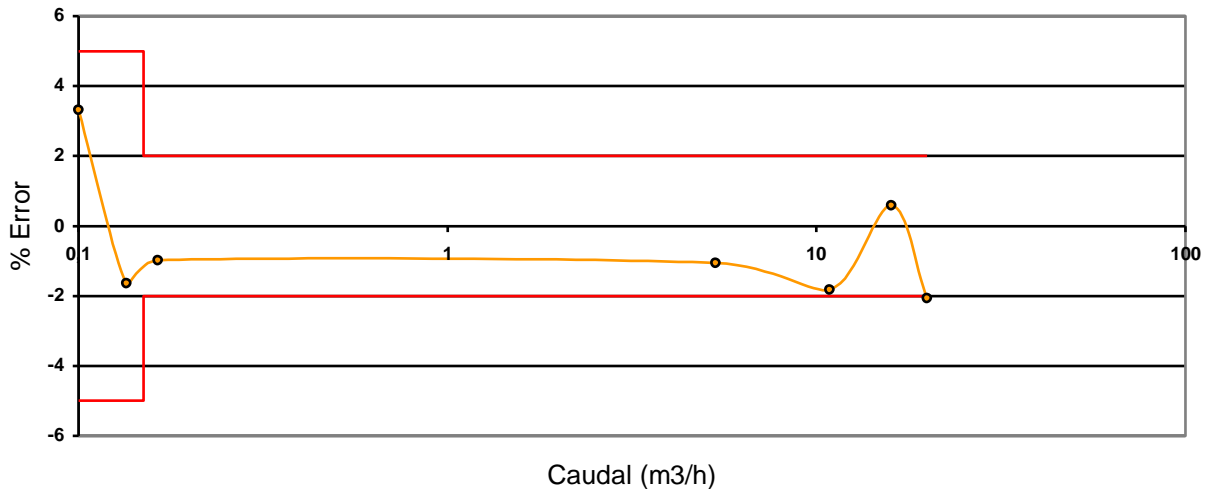
Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**, aunque hay un punto a caudales elevados que está fuera por poco de lo permitido por la normativa.

RESULTADOS DE CALIBRACION

Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
25,04	997,03	1,18

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,1	3,31
2	0,135	-1,64
3	0,164	-0,98
4	5,321	-1,06
5	10,843	-1,82
6	15,971	0,58
7	19,924	-2,06

CURVA DE ERROR



13.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

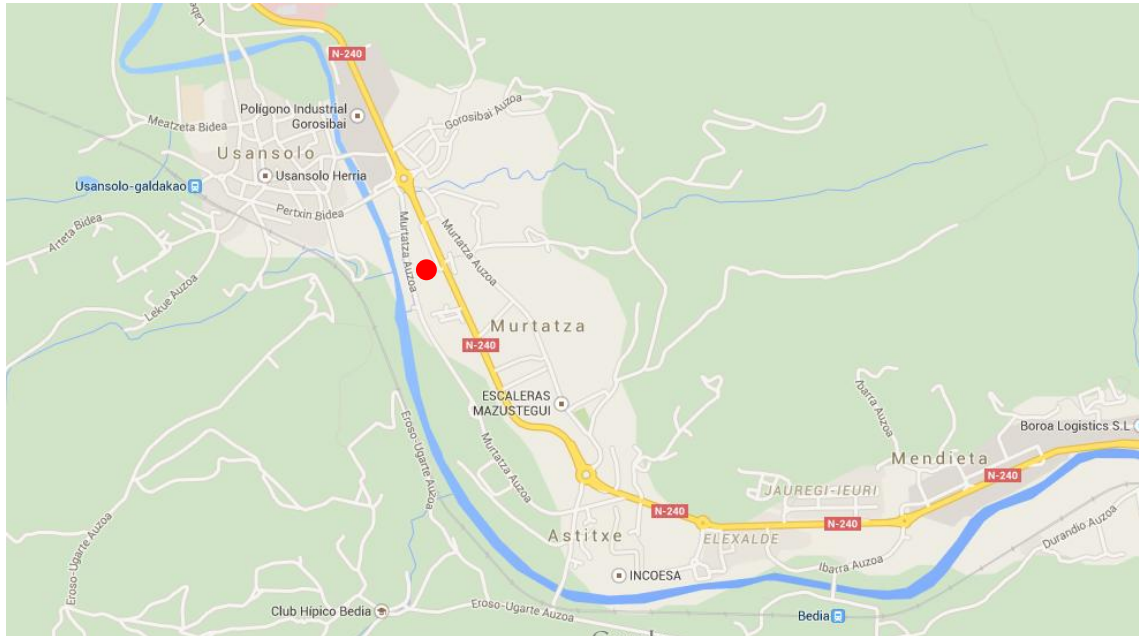
13.8 Conclusiones

Se estima que el contador está funcionando **CORRECTAMENTE**.

14 M 26 (Fábrica), B

14.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta al lado de una **fábrica**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



14.2 Foto y esquema

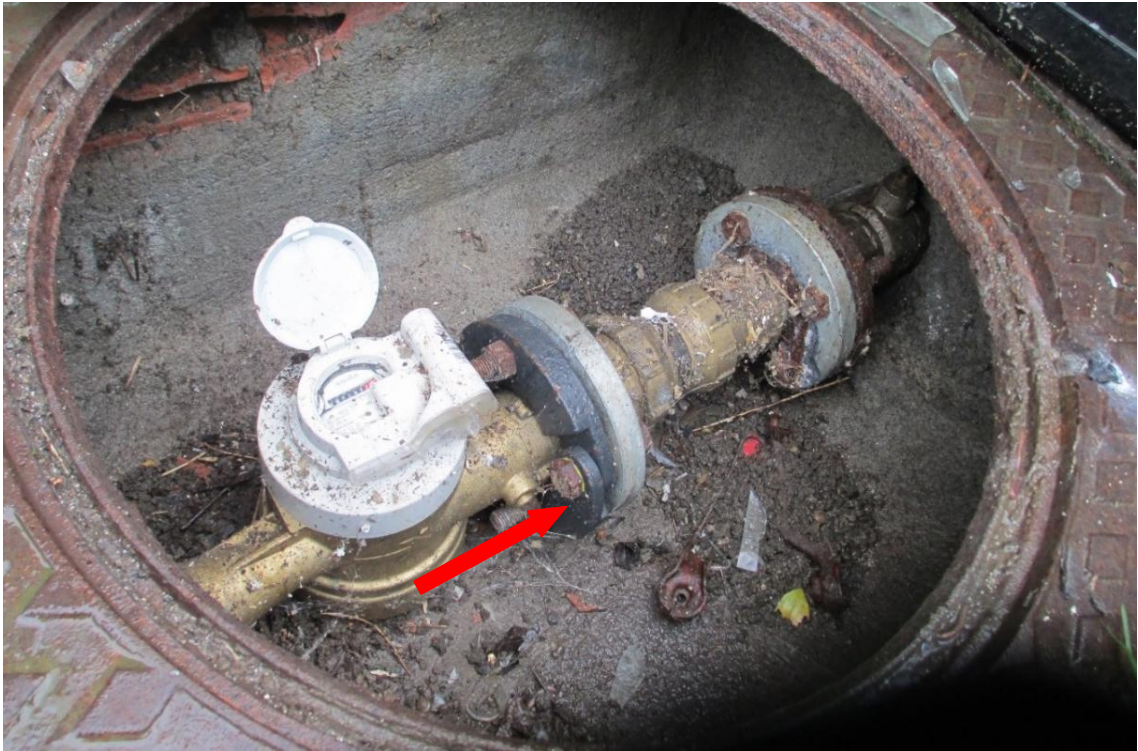


Figura 24. Foto de la instalación original del contador en M26, B.

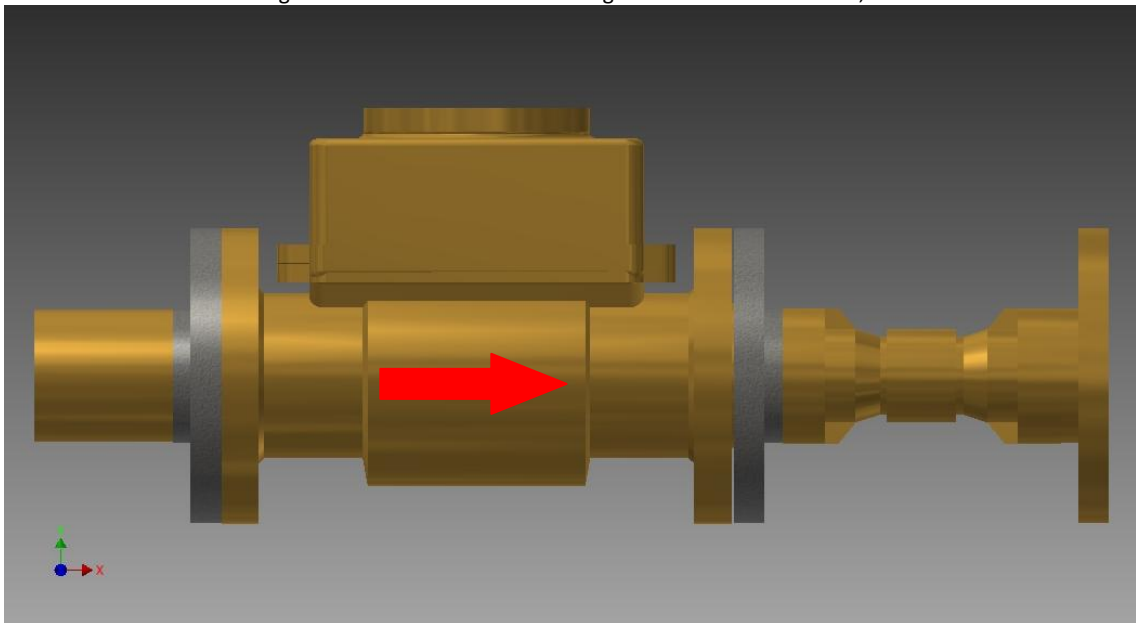


Figura 25. Esquema

14.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 50

Modelo: Aquila
Nº serie: C10JF0000390

14.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Un tramo recto, suficientemente largo, de tubería aguas arriba son las condiciones idóneas de instalación de un contador.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Cono convergente

Distancia a contador: 0 D

Actual

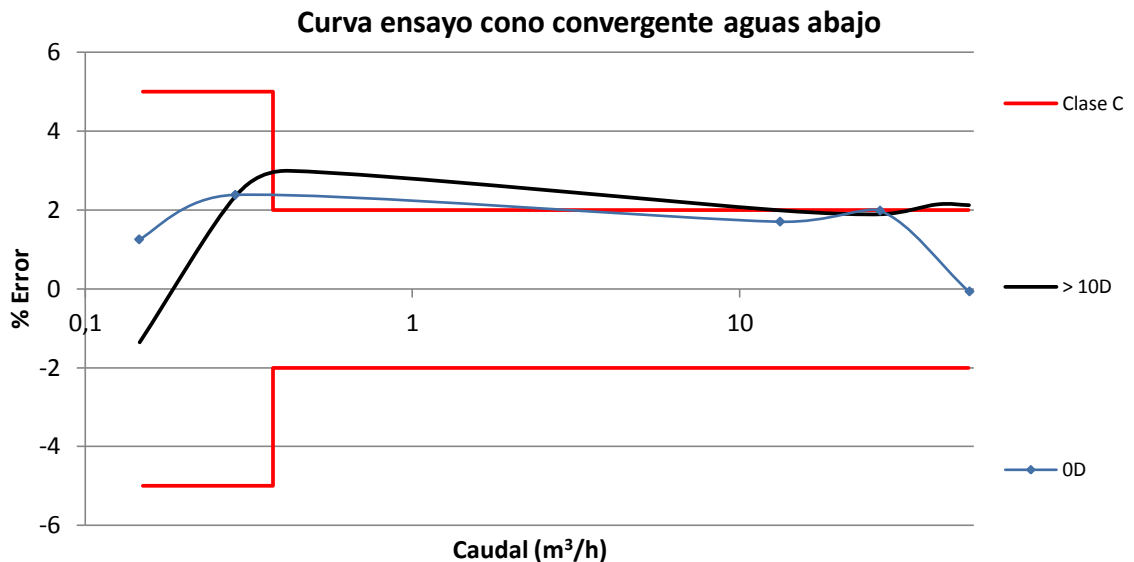
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Cono convergente

Distancia a contador: 0 D



La lectura del contador después de la colocación de un cono convergente, incluso inmediatamente aguas abajo, **NO AFECTA** a la curva de error del mismo.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

14.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de tres contadores diferentes, el instalado actualmente, el intermedio y el más antiguo, aunque el intermedio presenta valores poco coherentes y estuvo instalado durante un periodo muy breve.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
20/03/2015	224	94	13	0.14
16/12/2014	211	91	16	0.18
16/09/2014	195	91	1	0.01
17/06/2014	194	91	0	0.00
18/03/2014	194	92	22	0.24
16/12/2013	172	87	12	0.14
20/09/2013	160	92	13	0.14
20/06/2013	147	92	15	0.16
20/03/2013	132	91	14	0.15
19/12/2012	118	97	17	0.18
13/09/2012	101	90	12	0.13
15/06/2012	89	94	19	0.20
13/03/2012	70	85	19	0.22
19/12/2011	51	179	51	0.28
			Promedio	0.16

El consumo es más o menos constante, aunque significativamente más bajo que el registrado con el contador antiguo. Tiene dos puntos consecutivos en los que se registra un consumo nulo, precedido y seguido de lecturas de valores medios otra vez. Aunque estos puntos son un poco sospechosos, los periodos de lectura también son muy constantes.

Contador intermedio

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
23/06/2011	234	94	163	1.73
21/03/2011	71	84	71	0.85
			Promedio	1.29

Este contador por algún motivo presenta valores de consumo totalmente anómalos. El último registro del contador antiguo y el primero del contador actual presentan valores muy similares mientras que los únicos dos puntos de medida de este son anormalmente altos. Parece que este contador dio problemas y quizá fue este el motivo por el que lo retiraron tan pronto.

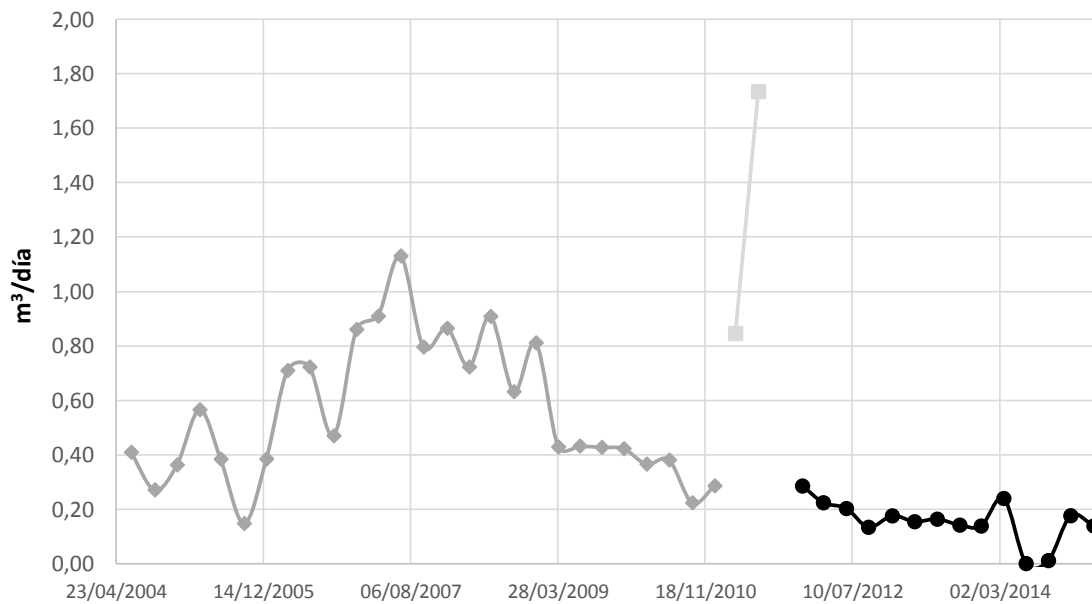
Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
27/12/2010	2161	91	26	0.29
27/09/2010	2135	94	21	0.22
25/06/2010	2114	92	35	0.38
25/03/2010	2079	93	34	0.37
22/12/2009	2045	90	38	0.42
23/09/2009	2007	89	38	0.43
26/06/2009	1969	88	38	0.43
30/03/2009	1931	91	39	0.43
29/12/2008	1892	90	73	0.81
30/09/2008	1819	95	60	0.63
27/06/2008	1759	87	79	0.91
01/04/2008	1680	90	65	0.72
02/01/2008	1615	96	83	0.86
28/09/2007	1532	93	74	0.80
27/06/2007	1458	92	104	1.13
27/03/2007	1354	88	80	0.91
29/12/2006	1274	93	80	0.86
27/09/2006	1194	98	46	0.47
21/06/2006	1148	90	65	0.72
23/03/2006	1083	86	61	0.71
27/12/2005	1022	91	35	0.38
27/09/2005	987	95	14	0.15
24/06/2005	973	86	33	0.38
30/03/2005	940	92	52	0.57
28/12/2004	888	91	33	0.36
28/09/2004	855	96	26	0.27
24/06/2004	829	181	74	0.41

Promedio 0.56

El contador antiguo presentaba consumos bastante variables pero dentro de lo que se considera razonable en general para una fábrica. Aunque en los últimos años hubo un marcado descenso, este hecho se puede achacar a la crisis económica.

Evolución consumo



En el caso de este contador, hay varios factores que apuntan en cada dirección. Por una parte, el consumo ha caído muy significativamente y ha pasado de ser bastante variable a muy constante en el tiempo, salvo dos registros nulos en el contador actual que podría indicar el deterioro del contador o que se producen paradas imprevistas en el mismo tal y como se ha documentado anteriormente para este mismo modelo.

Por otra parte, que el promedio en el último tramo de registro del contador antiguo sea similar al contador actual, unido al hecho de que la crisis económica coincida en ese mismo periodo, también puede a que el consumo realmente se ha reducido.

Las lecturas nulas en el contador actual es lo que más sospechas levanta, ya que si hubiese surgido por problemas puntuales de lectura, se apreciaría un repunte en el siguiente registro. Aun así, bien podría tratarse también de un cese de actividad en la fábrica durante ese periodo.

14.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Hubiera sido interesante ensayar el contador, pero no ha sido posible.

14.7 Estimación económica

Suponiendo que el contador actual no mide bien y la media del contador viejo hasta la caída es la que se debería estar registrando, hay una diferencia de consumo de aproximadamente $0.56 - 0.16 = 0.4 \text{ m}^3/\text{día}$.

Entonces, suponiendo que durante todo el periodo de la instalación del contador actual ha habido subcontaje, hipotéticamente se han dejado de facturar:

$$0.4 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 1366 \text{ días} \cdot (2 \cdot 1.1127) \text{ €/m}^3 [\text{Tarifa 4, } (0 - 80) \text{ m}^3] \approx 1200 \text{ €}$$

Lo que en facturación anual supone **146 m³/año** o **320 €/año**.

14.8 Conclusiones

No ha sido posible ensayar este contador ya que debido a las malas condiciones de la arqueta donde está ubicado, precisa de una reforma antes de proceder a renovar el contador actual. Dicha reforma debe realizarla el usuario, por lo que no se tiene conocimiento de cuando la acometerá.

No le afectan las condiciones de la instalación, pero el histórico de consumos presenta unos resultados extraños, con una gran caída del consumo, esto estaría justificado por una disminución en la actividad de la fábrica o un cambio en el proceso de producción.

Es necesario continuar investigando hasta dar con la explicación del descenso de consumo.

15 M 900 (Depuradora), B

15.1 Ubicación y uso

El contador está en un nicho delante de la entrada de la **depuradora** (planta EDAR) en B. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



15.2 Foto y esquema

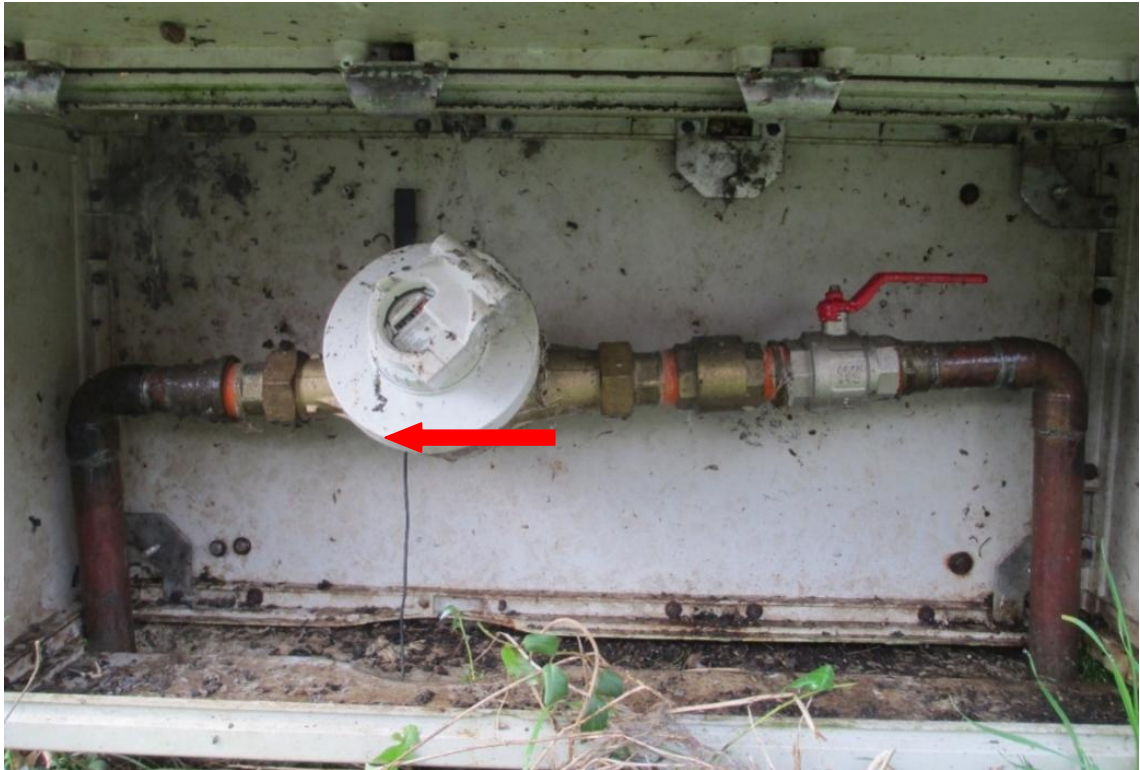


Figura 26. Foto de la instalación original del contador en M900 (EDAR), B.

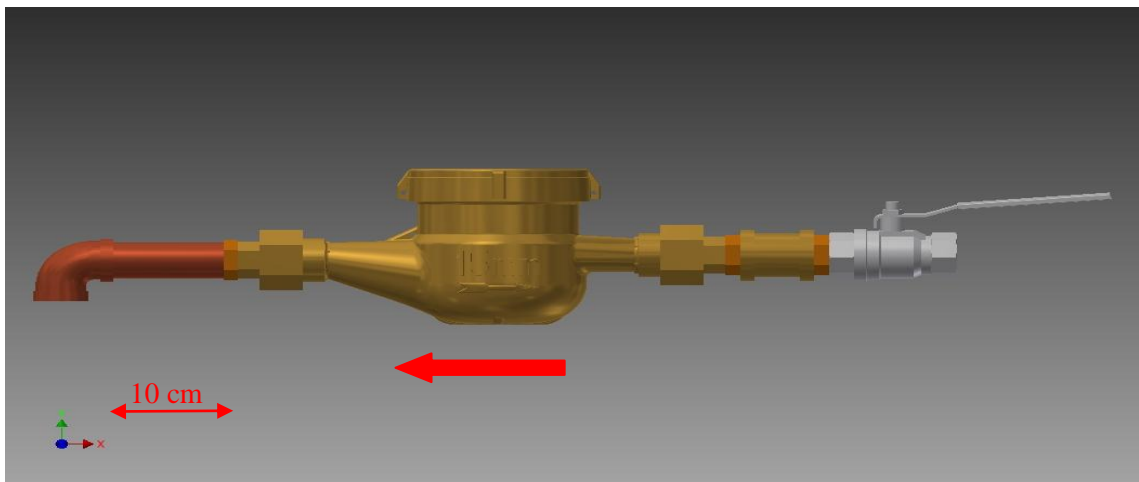


Figura 27. Esquema

15.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003970

15.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Antirretorno tipo York

Distancia a contador: 0 D

Actual

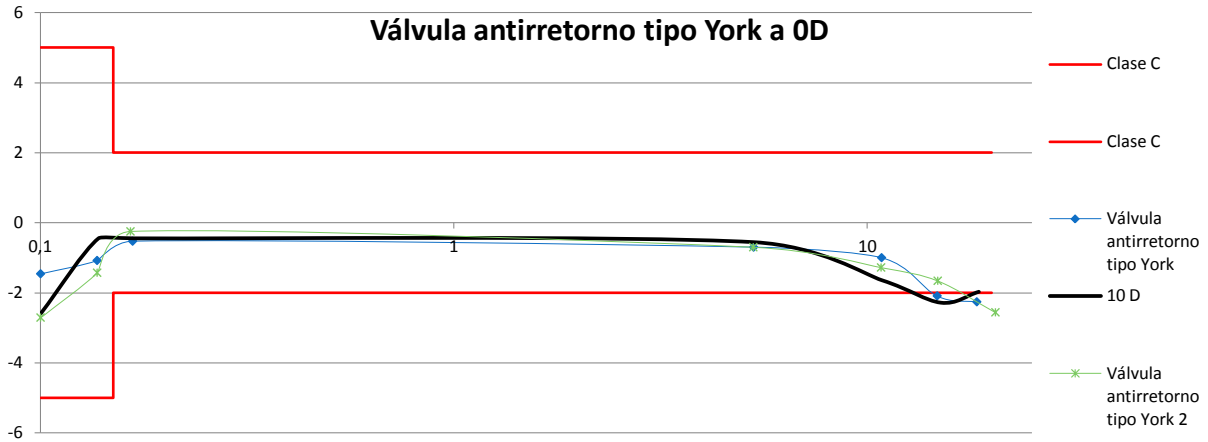
Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Antirretorno tipo York

Distancia a contador: 0 D



Tal y como se aprecia en la gráfica, una válvula antirretorno tipo York, colocada inmediatamente aguas arriba, es decir a 0 Diámetros de un contador volumétrico, **NO AFECTA** a la lectura de este.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 2 D

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

Como se puede observar en la tabla anterior, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** ni en posición horizontal ni en posición vertical a prácticamente ninguna tecnología, solo a los contadores electromagnéticos y de forma muy leve, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco afecte. En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

15.5 Análisis del histórico de consumos

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
20/03/2015	1819	94	23	0.24
16/12/2014	1796	91	18	0.20
16/09/2014	1778	91	15	0.16
17/06/2014	1763	91	16	0.18
18/03/2014	1747	92	17	0.18
16/12/2013	1730	87	13	0.15
20/09/2013	1717	92	19	0.21
20/06/2013	1698	92	13	0.14
20/03/2013	1685	91	14	0.15
19/12/2012	1671	97	17	0.18
13/09/2012	1654	90	14	0.16
15/06/2012	1640	94	20	0.21
13/03/2012	1620	85	23	0.27
19/12/2011	1597	95	376	3.96
15/09/2011	1221	84	538	6.40
23/06/2011	683	94	288	3.06
21/03/2011	395	91	226	2.48
20/12/2010	169	91	143	1.57
			Promedio	3.50

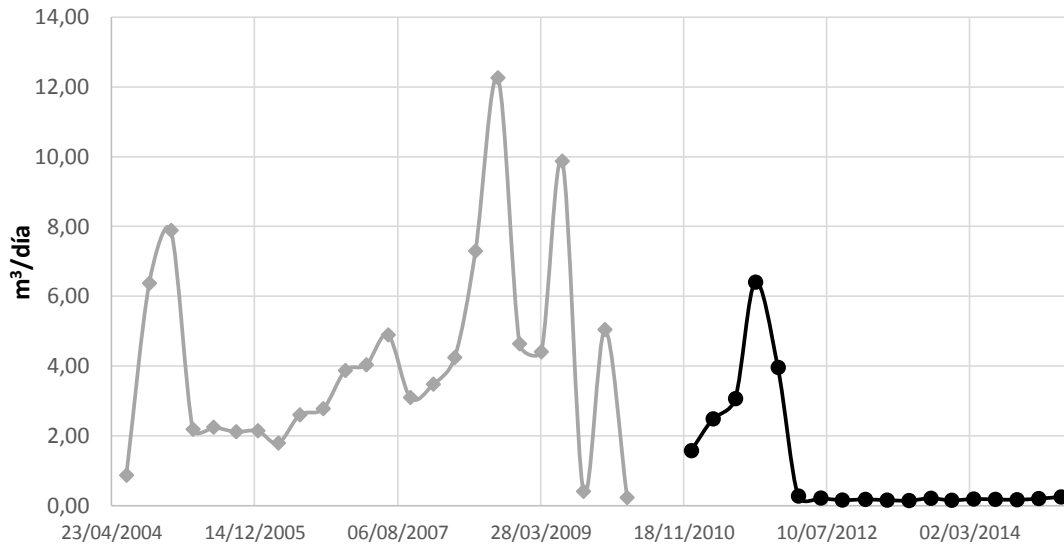
Poco después de la instalación el valor de la lectura cayó casi a cero. Se han marcado las líneas de consumo casi nulo y no se han tenido en cuenta para el cómputo del promedio.

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
25/03/2010	9378	93	21	0.23
22/12/2009	9357	90	454	5.04
23/09/2009	8903	89	36	0.40
26/06/2009	8867	88	869	9.88
30/03/2009	7998	91	401	4.41
29/12/2008	7597	91	422	4.64
29/09/2008	7175	94	1153	12.27
27/06/2008	6022	87	635	7.30
01/04/2008	5387	90	382	4.24
02/01/2008	5005	96	334	3.48
28/09/2007	4671	93	288	3.10
27/06/2007	4383	92	450	4.89
27/03/2007	3933	88	355	4.03
29/12/2006	3578	93	360	3.87
27/09/2006	3218	98	272	2.78
21/06/2006	2946	90	234	2.60
23/03/2006	2712	86	154	1.79
27/12/2005	2558	91	195	2.14
27/09/2005	2363	95	201	2.12
24/06/2005	2162	86	193	2.24
30/03/2005	1969	92	201	2.18
28/12/2004	1768	91	718	7.89
28/09/2004	1050	96	612	6.38
24/06/2004	438	181	157	0.87
			Promedio	4.12

El contador antiguo registraba valores medios similares al actual antes de dejar de contar, aunque al final de su vida las lecturas eran muy erráticas.

Evolución consumo



El consumo medio al principio del periodo del contador actual era de valores similares al consumo medio del contador antiguo; después sufre una caída abrupta hasta niveles cercanos a cero. Que los consumos no sean estrictamente cero apunta a que el radiotransmisor todavía funciona.

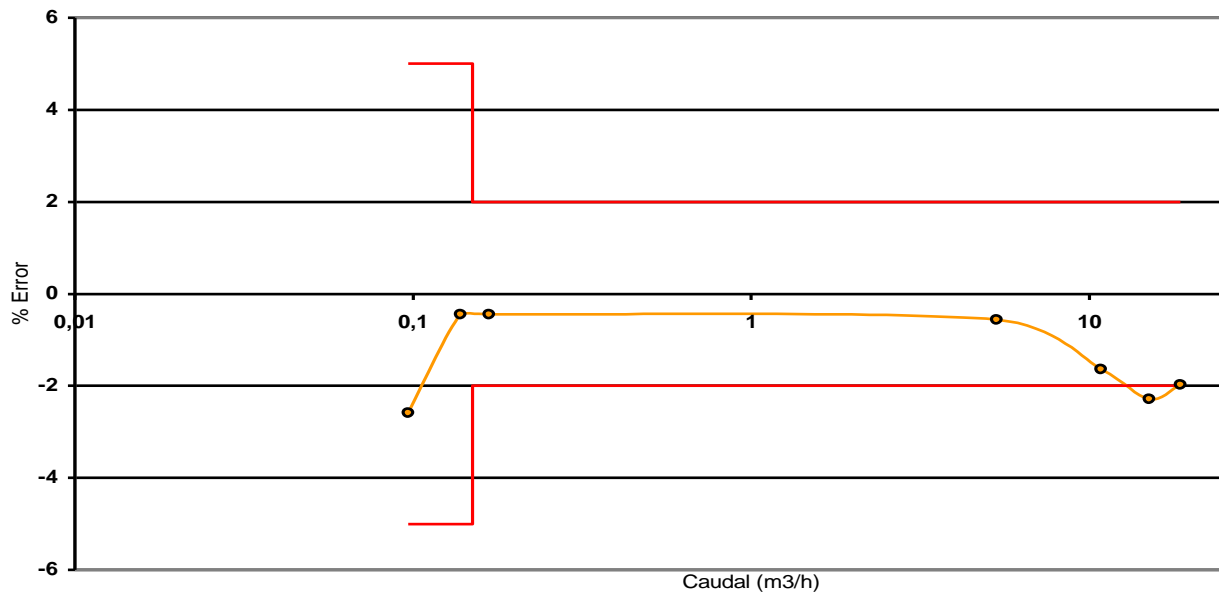
15.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**, aunque hay un punto a caudales elevados que está fuera por poco de lo permitido por la normativa.

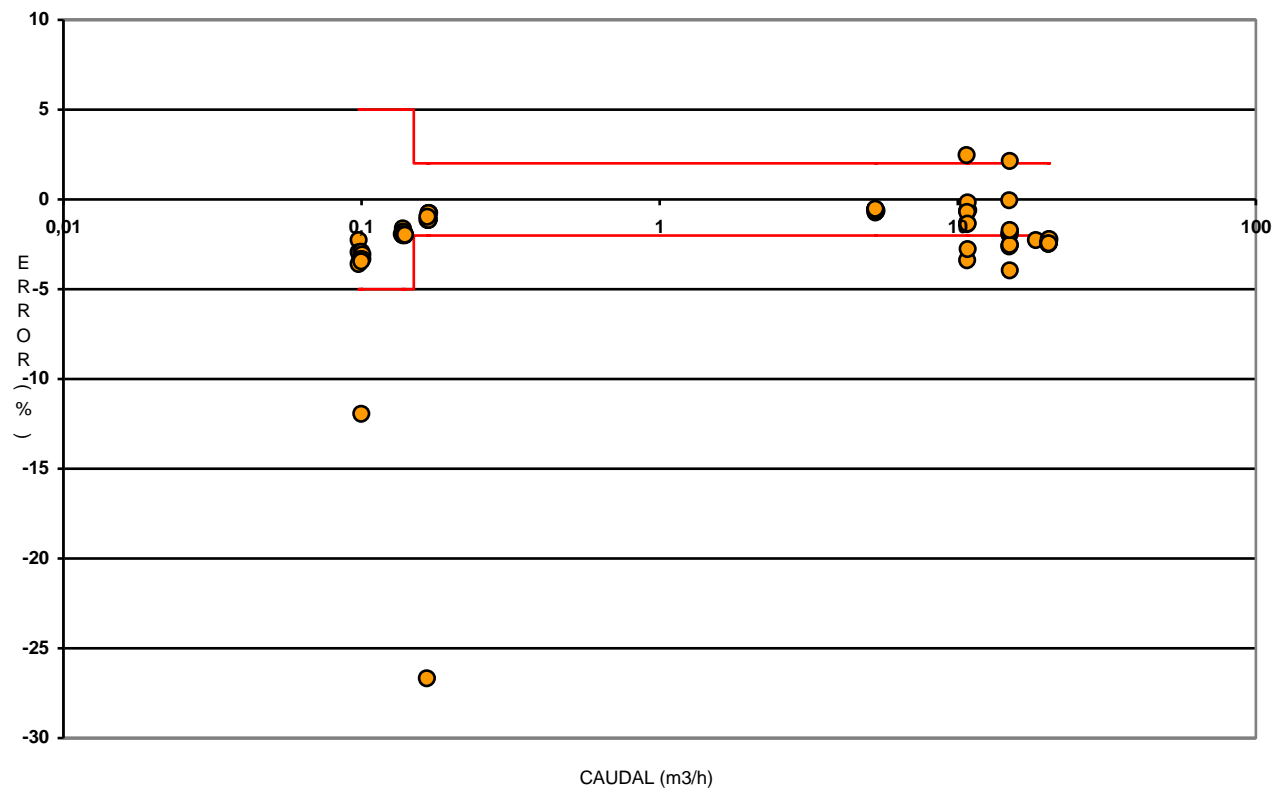
RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,23	997,72	1,19

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,097	-2,59
2	0,138	-0,45
3	0,168	-0,45
4	5,315	-0,56
5	10,823	-1,64
6	15,044	-2,28
7	18,594	-1,97

CURVA DE ERROR



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, obteniendo los siguientes resultados para 70 puntos ensayados con un total de 63 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 11 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, se desestima cualquier anomalía que hubiera podido pasar oculta al ensayo normal, encontrándose, tal y como se observa en la gráfica, sólo un par de puntos a caudales bajos fuera del rango de lecturas permitido, pero no se consideran significativos. Como en otros contadores igual a este, sí que se nota una dispersión mayor de lo habitual en los puntos de mayor caudal, pero sin ninguna tendencia hacia el sobreconteo o subconteo, por lo que se descarta un funcionamiento errático del contador y se estima que funciona **CORRECTAMENTE**.



15.7 Estimación económica

Se estima por el consumo que este es solo para las oficinas, por lo que las suposiciones hechas, en cuanto al patrón de consumo, en el contador número 12 son las que mejor encajan en esta instalación.

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr. 0,017	-100	0,017	0,33	-0,33
0,017	-70	0,057	2,76	-1,93
0,1	-4,03	0,12	4,38	-0,17
0,14	-1,914	0,155	2,22	-0,04
0,17	-3,557	2,74	68,05	-2,42
5,315	-0,626	8	15,92	-0,10
10,823	-0,993	12,9335	6,13	-0,06
15,044	-1,7	16,819	0,04	0,00
18,594	-2,385	18,594	0,03	0,00
			Error global (%)	-5,05

Con el error global que se ha estimado tiene este contador, supone dejar de contabilizar aproximadamente unos $(1819 - 169) \text{ m}^3 = 1650 * 0,05 = 82,45 \text{ m}^3 * (2 * 1,1935 \text{ €/m}^3) = 197 \text{ €}$

En una inspección realizada a este contador, se comentó por parte de la propiedad que a principios de 2012 había habido una fuga, como efectivamente se registra en un repunte del consumo en el histórico, pero que ya estaba arreglada. Aún así, el consumo actual no guarda relación con el consumo del contador anterior, luego o se han cambiado los usos del contador o no hay una explicación para la disminución del consumo medio.

Si efectivamente hay una anomalía y no se está registrando correctamente el consumo de agua, la cantidad estimada que se puede dejar de estar contando es la siguiente:

El consumo diario en el contador antiguo era de $4.12 \text{ m}^3/\text{día}$ y en el actual (excluyendo el periodo en el que se sospecha que no mide bien) de $3.5 \text{ m}^3/\text{día}$.

Suponiendo un punto intermedio arbitrario de $3.75 \text{ m}^3/\text{día}$ y considerando el consumo actual como despreciable, la facturación no registrada asciende a:

$$3.75 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 1187 \text{ días} \cdot (2 \cdot 1.1569) \text{ €/m}^3 [\text{Tarifa 4, } (80 - 500) \text{ m}^3] \approx 10.000 \text{ €}$$

Lo que supone unos **1.368 m³/año** o **3.075 €/año**.

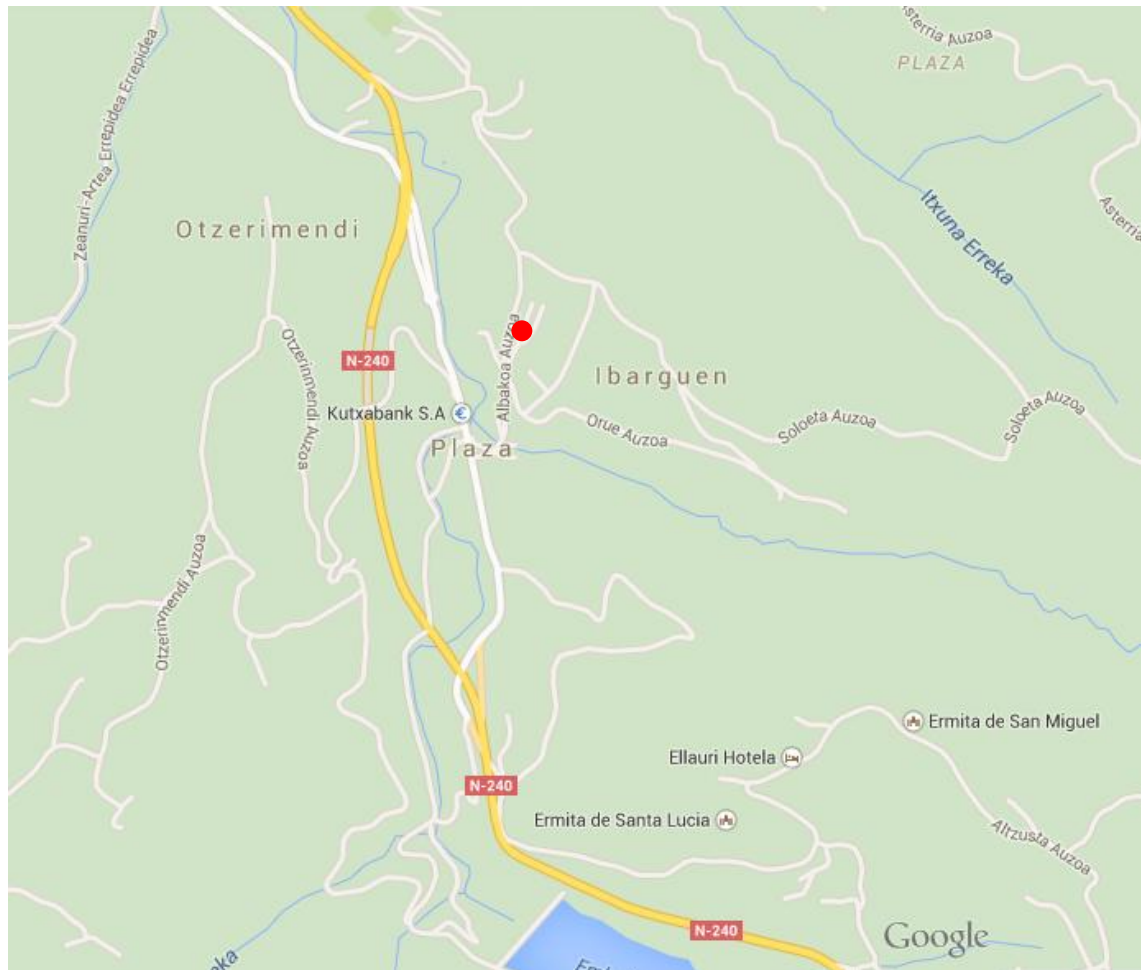
15.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos no sigue una evolución lógica y los ensayos realizados al contador, tanto el normal como el de larga duración arrojan buenos resultados, siendo el error global es de -5,05%. Por lo tanto todos los indicadores estudiados excepto el histórico de consumos apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador, y no se encuentra explicación a la caída de consumo, por lo tanto habrá que indagar si ha habido algún cambio en el modo de utilización de agua de la depuradora.

16 A27 (Colegio), Z.

16.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta delante de la entrada del **colegio** de Z. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



16.2 Foto y esquema

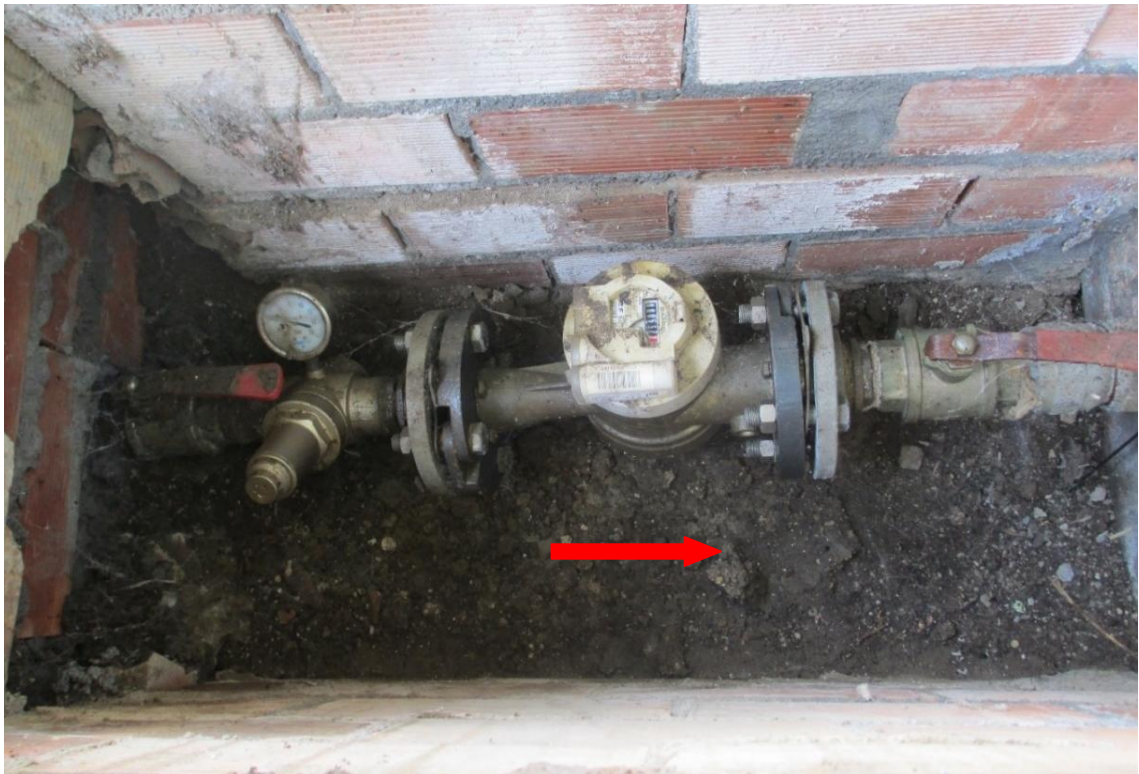


Figura 28. Foto de la instalación original del contador en A27 (Colegio), Z.

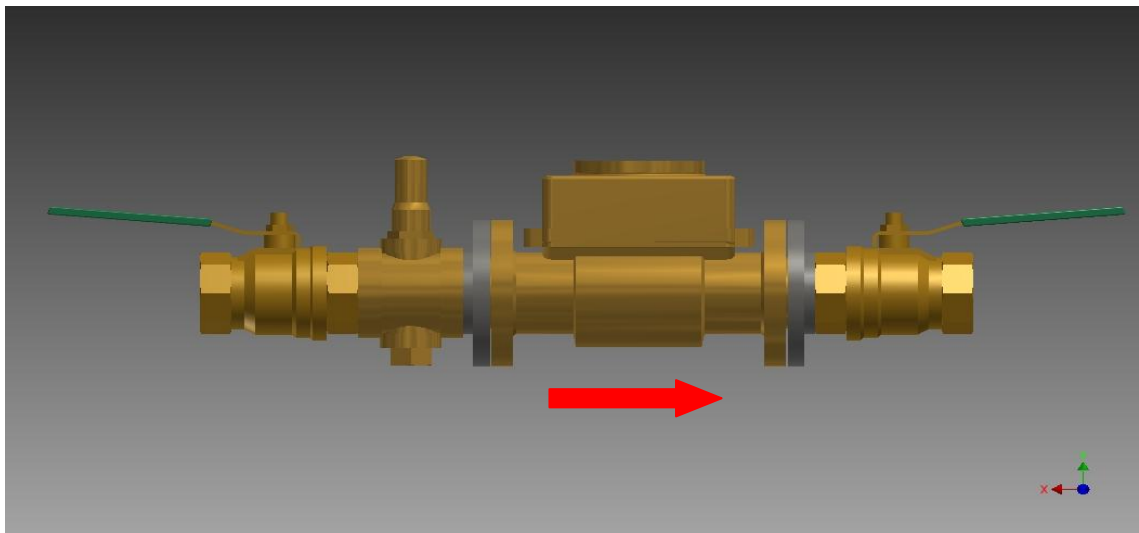


Figura 29. Esquema

16.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 50

Modelo: Aquila
Nº serie: C12JF0001187

16.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: -

Modelo: -

DN: -

Elemento: -

Distancia a contador: -

Actual

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Válvula reductora de presión

Distancia a contador: 0 D

Tal y como se ha comentado previamente, se desconoce el impacto que puede tener una válvula reductora de presión situada aguas arriba del contador.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Válvula de **compuerta**

Distancia a contador: 0 D

Actual

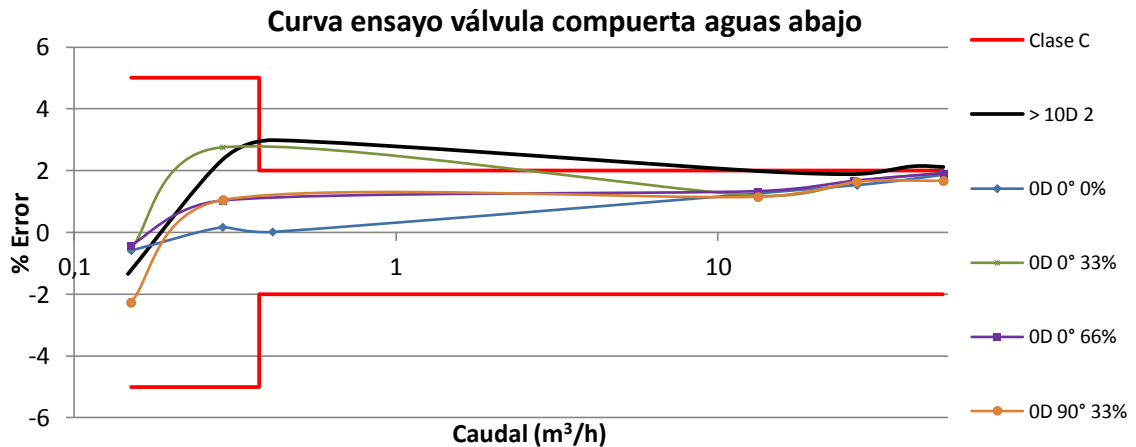
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Válvula **bola** 0º completamente abierta

Distancia a contador: 0 D



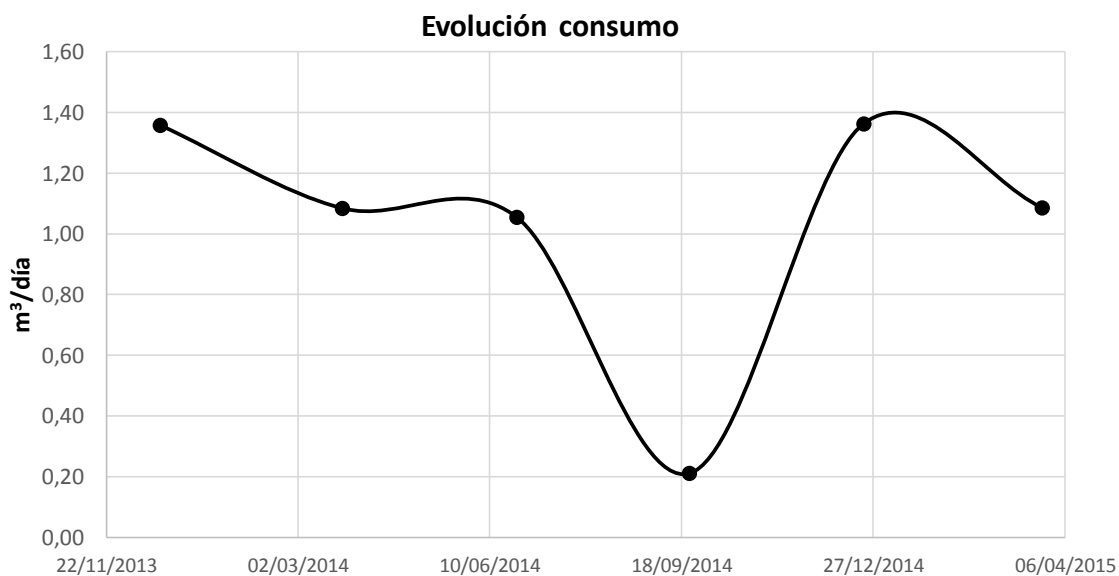
Una válvula de compuerta completamente abierta a 0º colocada a 0 diámetros de distancia aguas abajo no afecta a la lectura del contador; de hecho, tal y como se observa en los ensayos realizados, tampoco afecta a la lectura del contador si la válvula está parcialmente cerrada, incluso hasta valores del 66 % de cierre. En este caso no se trata del mismo tipo de válvula, pero también se han realizado ensayos con válvulas de mariposa colocadas a 0 diámetros aguas abajo del contador, obteniéndose en estos ensayos los mismos resultados que con las válvulas de compuerta. En consecuencia, se puede suponer con una fiabilidad muy alta que la válvula de bola situada aguas arriba del contador **NO VA A AFECTAR** a la lectura de este incluso en los casos puntuales en los que la válvula haya estado parcialmente cerrada.

En este caso se **DESCONOCE** el impacto de la instalación en la curva de error del contador.

16.5 Análisis del histórico de consumos

En este caso solo se dispone de un breve registro del contador actual.

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
25/03/2015	684	93	101	1.09
22/12/2014	583	91	124	1.36
22/09/2014	459	90	19	0.21
24/06/2014	440	91	96	1.05
25/03/2014	344	95	103	1.08
20/12/2013	241	81	110	1.36
			Promedio	1.03



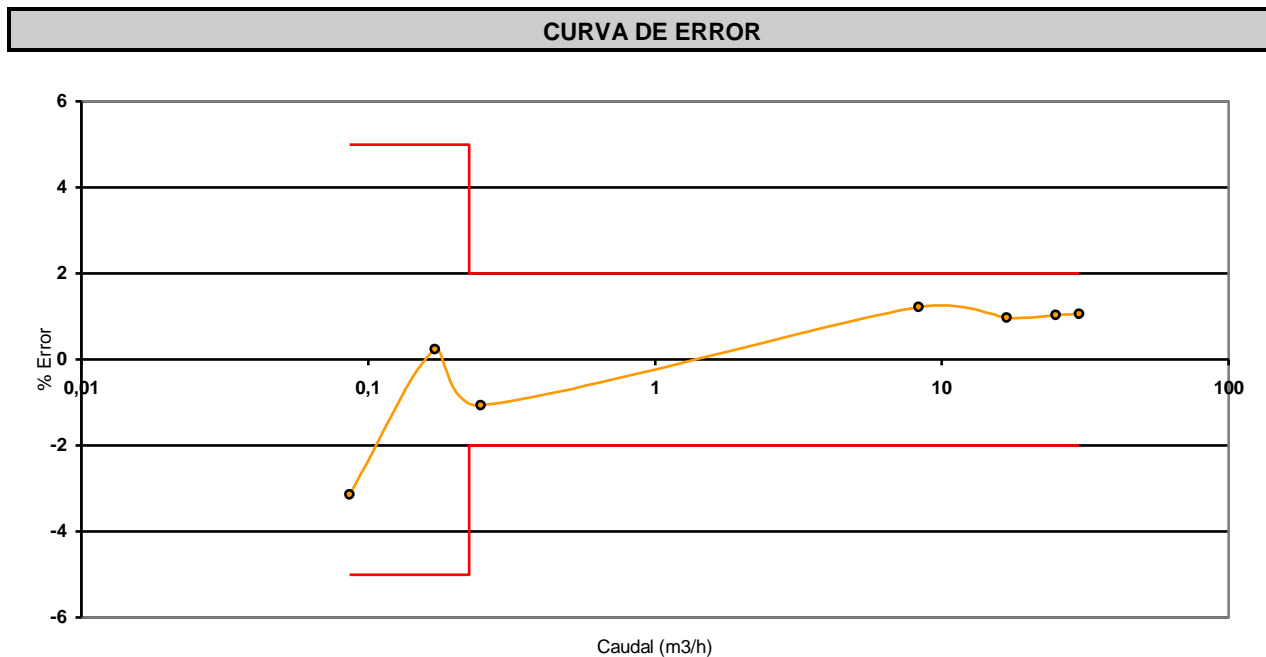
La caída en el consumo tiene sentido al considerar que se trata de un colegio y el mínimo coincide con los meses de verano.

16.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,15	997,74	1,17

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,086	-3,14
2	0,171	0,23
3	0,247	-1,07
4	8,306	1,22
5	16,872	0,97
6	25,019	1,03
7	30,131	1,06



16.7 Estimación económica

Los consumos registrados parecen **CORRECTOS**.

16.8 Conclusiones

En este caso nos queda la duda de cómo afecta la válvula reductora de presión a la lectura del contador. Se desconoce lo que ocurre y no se puede reproducir la situación en el laboratorio, ya que el banco de ensayos no cuenta con la presión suficiente para poder ensayar el contador con la reductora de presión actuando. Como no se ha detectado ninguna anomalía en el resto de indicadores, se estima **DESCONOCIDO** el funcionamiento del contador, aunque es probable que esté funcionando correctamente.

17 E 38 (Hotel), Z

17.1 Ubicación y uso

El contador está en un nicho delante de un **hotel**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



17.2 Foto y esquema

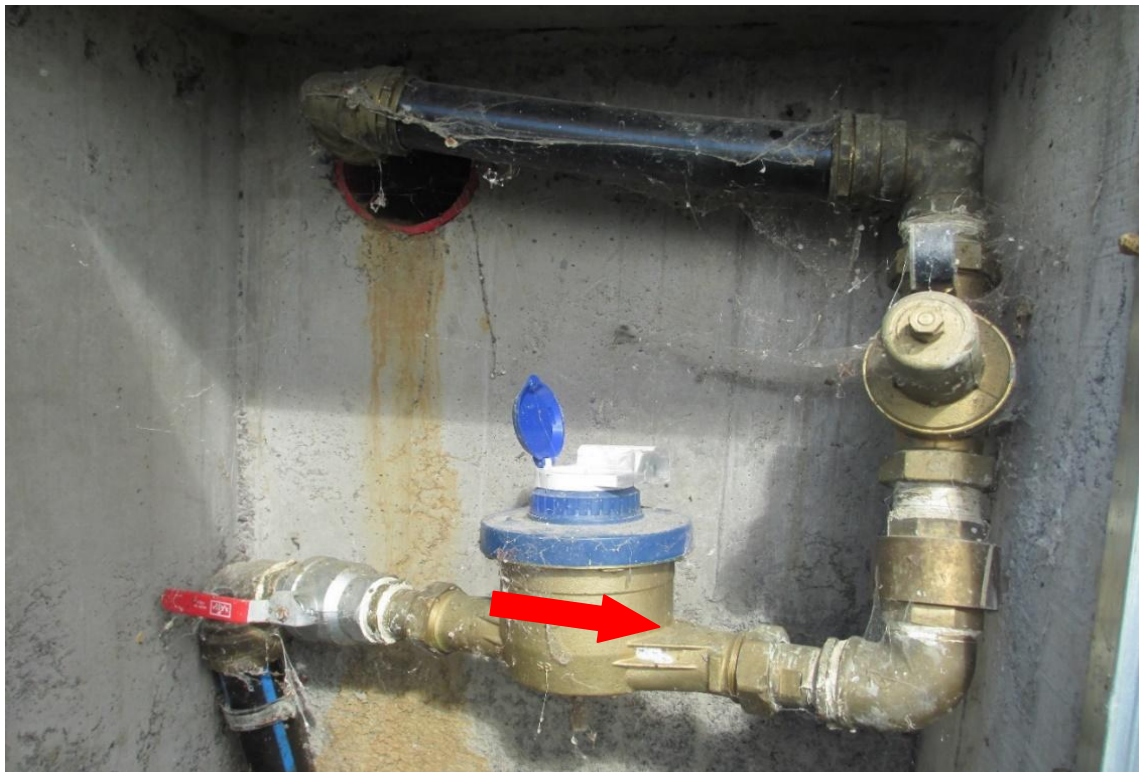


Figura 30. Foto de la instalación original del contador en E38 (Hotel), Z.

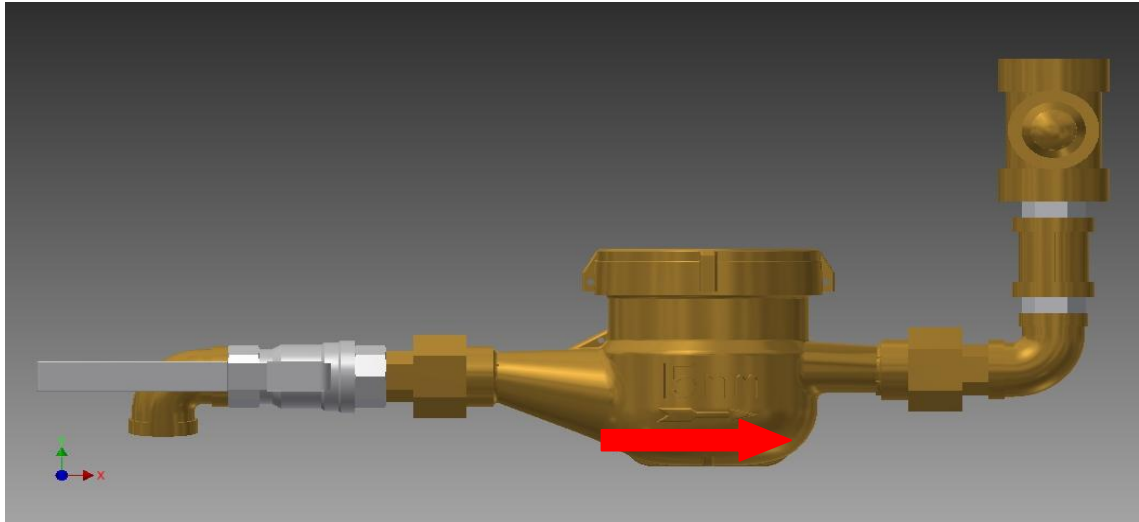


Figura 31. Esquema

17.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C09AE0000716

17.4 Análisis instalación

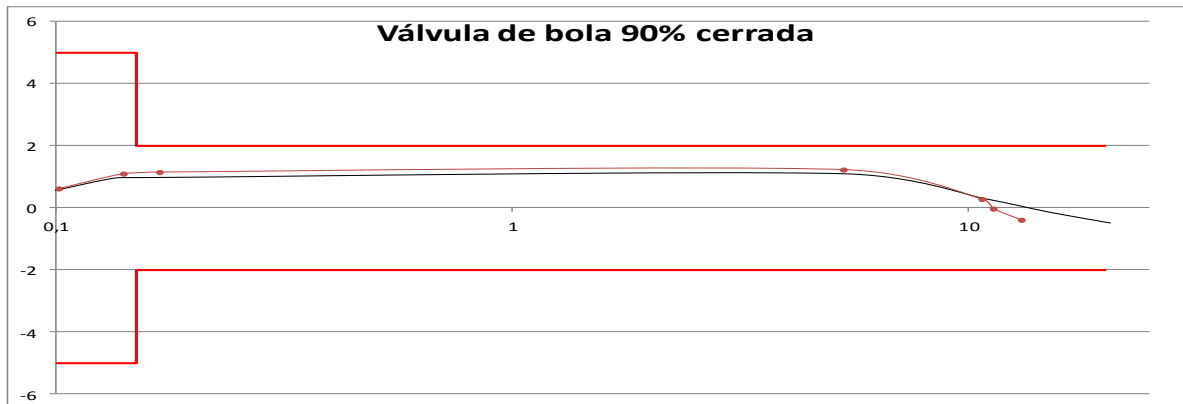
Aguas arriba

Ensayados

Tecnología: Volumétrico
Modelo: Altair
DN: 40
Elemento: Válvula de bola 0° 90% cerrada
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico
Modelo: Altair
DN: 40
Elemento: Válvula de bola 90° 0% cerrada
Distancia a contador: 0 D



En el gráfico anterior se observa cómo una válvula de bola cerrada en un 90% colocada a 0 Diámetros aguas arriba de un contador volumétrico, no afecta a la lectura de este, con lo que se concluye que si la válvula está completamente abierta tampoco afectará a las lecturas del contador.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 0 D

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

Como se puede observar en la tabla anterior, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** ni en posición horizontal ni en posición vertical a prácticamente ninguna tecnología, solo a los contadores electromagnéticos y de forma muy leve, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco afecte.

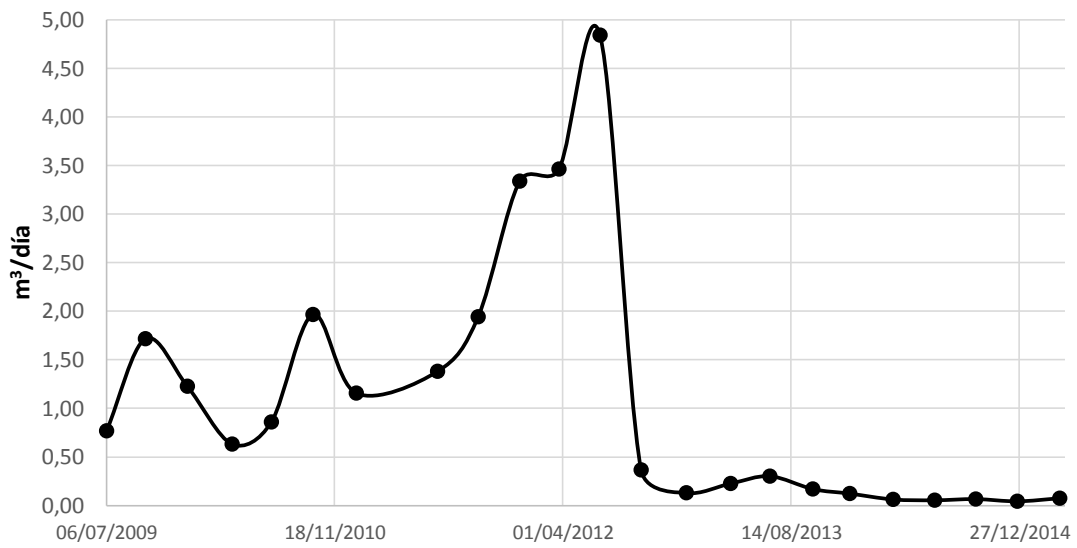
En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

17.5 Análisis del histórico de consumos

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
25/03/2015	2361	93	7	0.08
22/12/2014	2354	91	4	0.04
22/09/2014	2350	90	6	0.07
24/06/2014	2344	91	5	0.05
25/03/2014	2339	95	6	0.06
20/12/2013	2333	81	10	0.12
30/09/2013	2323	94	16	0.17
28/06/2013	2307	86	26	0.30
03/04/2013	2281	97	22	0.23
27/12/2012	2259	99	13	0.13
19/09/2012	2246	90	33	0.37
21/06/2012	2213	90	436	4.84
23/03/2012	1777	86	298	3.47
28/12/2011	1479	91	304	3.34
28/09/2011	1175	89	173	1.94
01/07/2011	1002	178	246	1.38
04/01/2011	756	95	110	1.16
01/10/2010	646	91	179	1.97
02/07/2010	467	86	74	0.86
07/04/2010	393	98	62	0.63
30/12/2009	331	92	113	1.23
29/09/2009	218	85	146	1.72
06/07/2009	72	91	70	0.77
			Promedio	1.94

Los últimos datos cercanos a cero no se incluyen en el promedio.

Evolución consumo



Los registros son coherentes en el periodo de facturación y la fuerte caída después de un pico muy alto sugiere alguna anomalía. Que los consumos a partir de tal punto no sean estrictamente cero apunta a que el radiotransmisor todavía funciona.

17.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

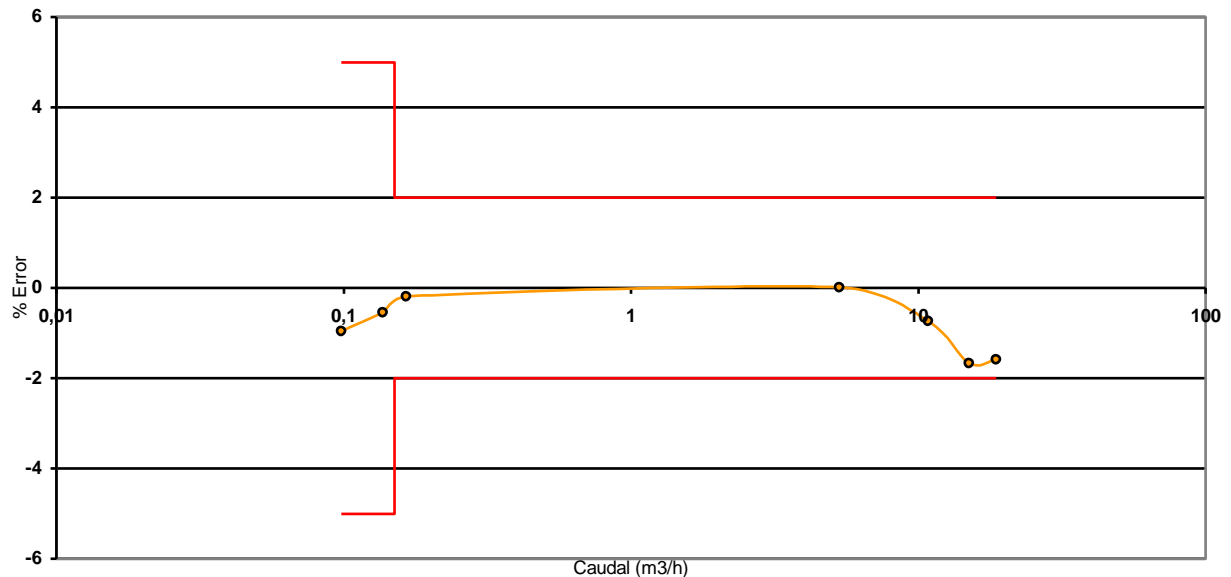
Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION

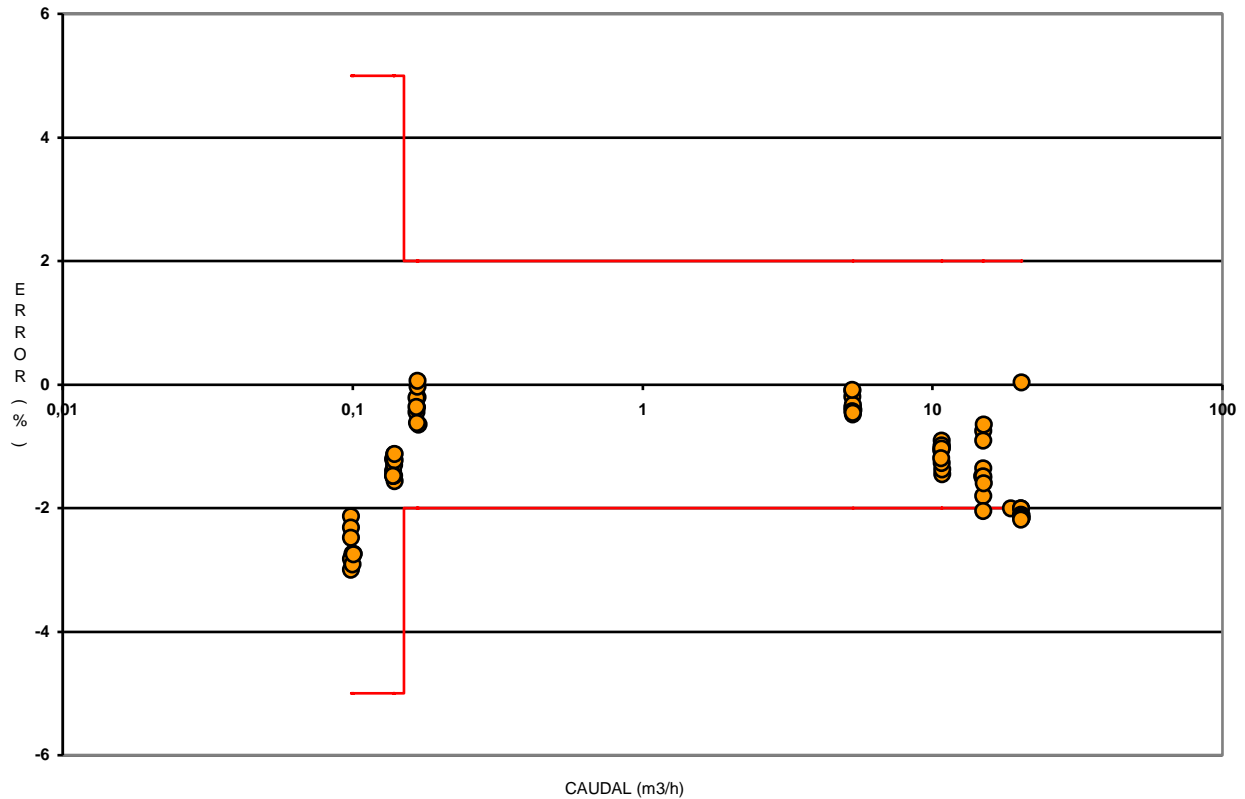
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,05	997,76	1,18

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,098	-0,96
2	0,137	-0,54
3	0,165	-0,19
4	5,313	0,01
5	10,814	-0,73
6	15,028	-1,67
7	18,682	-1,59

CURVA DE ERROR



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, obteniendo los siguientes resultados para 70 puntos ensayados con un total de 95 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 11 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, se desestima cualquier anomalía que hubiera podido pasar oculta al ensayo normal, no encontrándose, tal y como se observa en la gráfica, ningún punto extraño o incoherente, si que se nota es una dispersión mayor de lo habitual en los puntos de mayor caudal, pero sin ninguna tendencia hacia el sobrecontaje o subcontaje, por lo que se descarta un funcionamiento errático del contador y se estima que funciona **CORRECTAMENTE**.



17.7 Estimación económica

El consumo diario es de $1.94 \text{ m}^3/\text{día}$ incluyendo los máximos muy acentuados antes de que se dejasen de registrar lecturas coherentes. Al ser estos extremos muy exagerados, parece razonable no considerarlos típicos y reducir un poco el promedio del consumo diario.

Eligiendo $1.5 \text{ m}^3/\text{día}$ arbitrariamente para ser conservadores, se estima que se han dejado de facturar:

$$1.5 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 1\,007 \text{ días} \cdot (2 \cdot 1.1569) \text{ €/m}^3 [\text{Tarifa 4, } (80 - 500)\text{m}^3] \approx 3\,500 \text{ €}$$

Lo que supone $548 \text{ m}^3/\text{año}$ o 1.268 €/día .

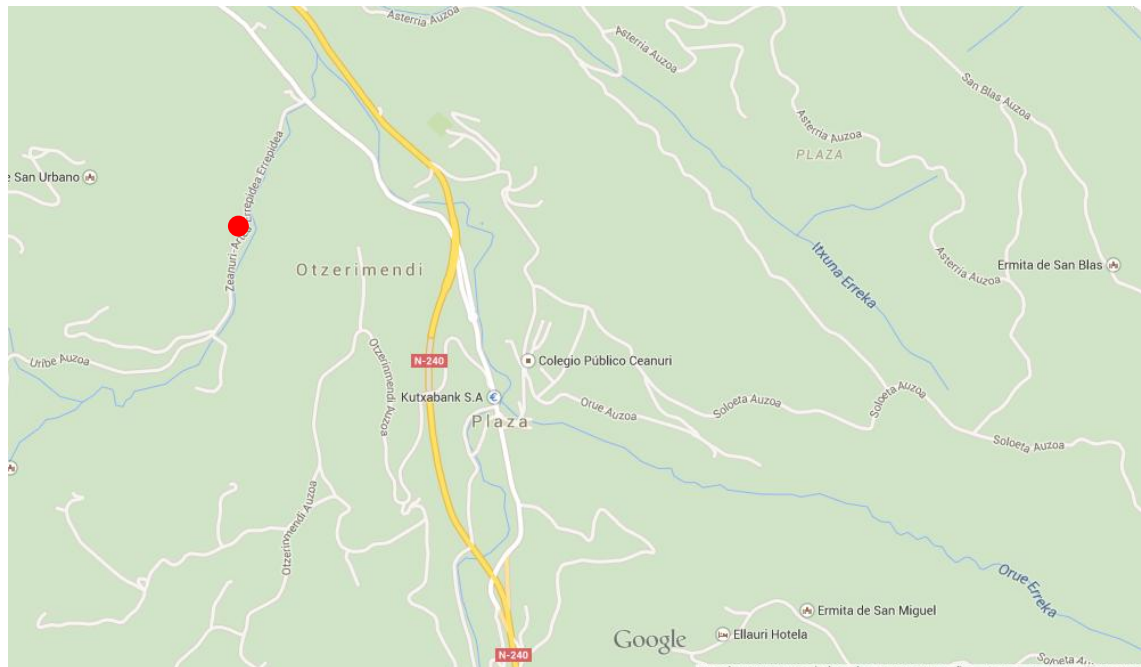
17.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos no sigue una evolución lógica y los ensayos realizados al contador, tanto el normal como el de larga duración arrojan buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados excepto el histórico de consumos apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador, y no se encuentra explicación a la caída de consumo, por lo tanto habrá que buscar la explicación en si ha habido algún cambio en el consumo de agua del hotel o hacer un seguimiento de las lecturas del contador cada poco tiempo para averiguar lo que está ocurriendo.

18 Z-A17 (Colegio), Z.

18.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el sótano de un **colegio de formación profesional** y abastece el agua del edificio. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



18.2 Foto y esquema



Figura 32. Foto de la instalación original del contador en Z-A17 (FP), Z.



Figura 33. Esquema

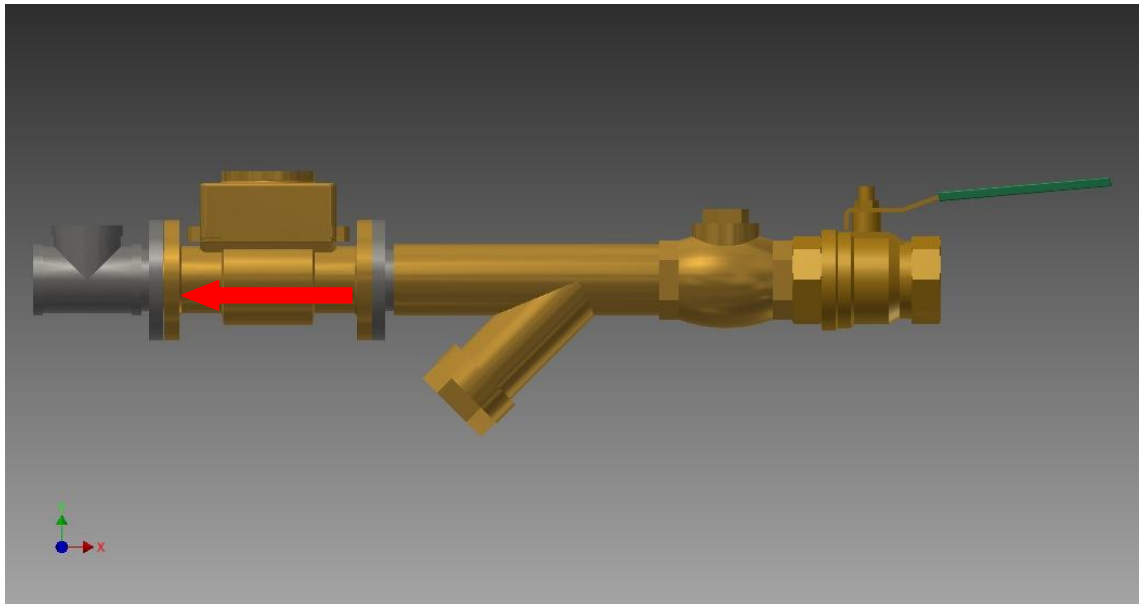


Figura 34. Esquema

18.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 50

Modelo: Aquila
Nº serie: C10JF0000386

18.4 Análisis instalación

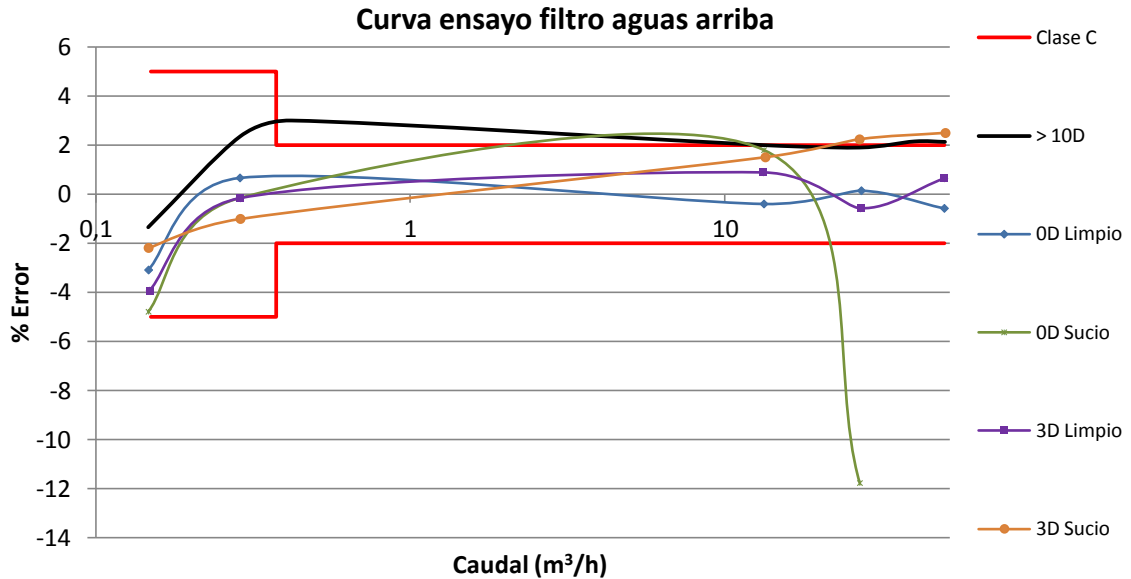
Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 65
Elemento: Filtro
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único
Modelo: Aquila
DN: 50
Elemento: Filtro
Distancia a contador: 0 D



Según los ensayos realizados en el laboratorio para un contador de características muy similares, se da la circunstancia de que un filtro sucio inmediatamente aguas arriba del contador puede registrar un consumo de hasta un **12 % inferior** al real para caudales altos.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Te

Distancia a contador: 0 D

En base al análisis de los resultados de todos los ensayos realizados en el laboratorio y reflejados en el capítulo 4, se considera que una "te" colocada aguas abajo de un contador volumétrico **NO AFECTA** a las lecturas de este.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación pueden ocasionar un **SUBCONTAJE** de hasta el **-12%**

18.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

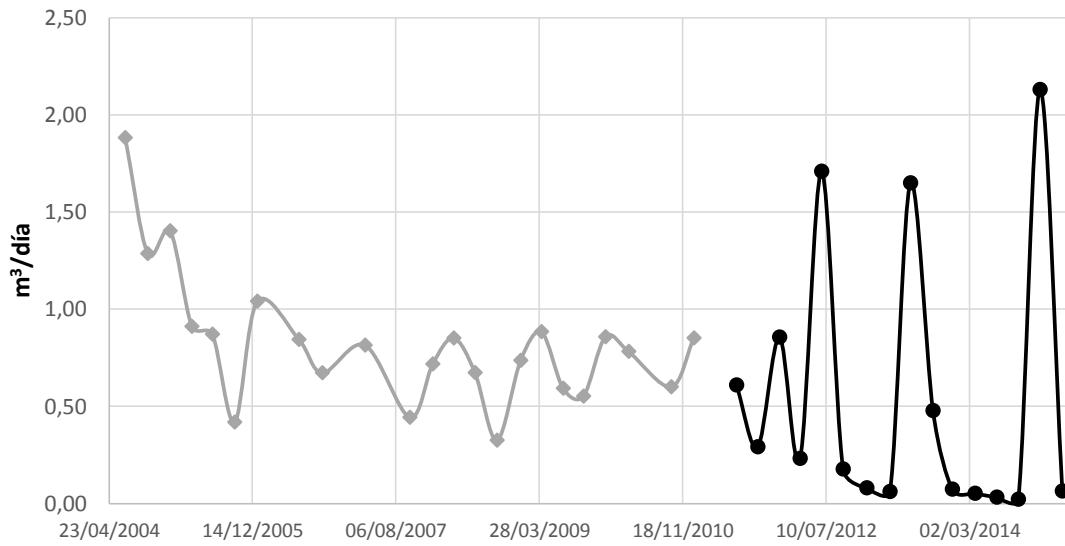
Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
25/03/2015	798	93	6	0.06
22/12/2014	792	91	194	2.13
22/09/2014	598	90	2	0.02
24/06/2014	596	91	3	0.03
25/03/2014	593	95	5	0.05
20/12/2013	588	81	6	0.07
30/09/2013	582	94	45	0.48
28/06/2013	537	86	142	1.65
03/04/2013	395	97	6	0.06
27/12/2012	389	99	8	0.08
19/09/2012	381	90	16	0.18
21/06/2012	365	90	154	1.71
23/03/2012	211	86	20	0.23
28/12/2011	191	91	78	0.86
28/09/2011	113	89	26	0.29
01/07/2011	87	95	58	0.61
			Promedio	0.53

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
04/01/2011	14344	95	81	0.85
01/10/2010	14263	178	107	0.60
06/04/2010	14156	97	76	0.78
30/12/2009	14080	92	79	0.86
29/09/2009	14001	85	47	0.55
06/07/2009	13954	91	54	0.59
06/04/2009	13900	87	77	0.89
09/01/2009	13823	99	73	0.74
02/10/2008	13750	92	30	0.33
02/07/2008	13720	89	60	0.67
04/04/2008	13660	88	75	0.85
07/01/2008	13585	96	69	0.72
03/10/2007	13516	187	83	0.44
30/03/2007	13433	179	146	0.82
02/10/2006	13287	98	66	0.67
26/06/2006	13221	174	147	0.84
03/01/2006	13074	95	99	1.04
30/09/2005	12975	93	39	0.42
29/06/2005	12936	86	75	0.87
04/04/2005	12861	91	83	0.91
03/01/2005	12778	94	132	1.40
01/10/2004	12646	94	121	1.29
29/06/2004	12525	181	341	1.88
			Promedio	0.83

Evolución consumo



Mientras que los consumos en el contador viejo eran perfectamente coherentes (mínimos acentuados y recurrentes todos los veranos, como cabe esperar de un colegio), el contador actual no presenta ninguna consistencia. Las lecturas fluctúan de manera errática y los puntos mínimos son diferentes a cero, sugiriendo que el radiotransmisor funciona bien.

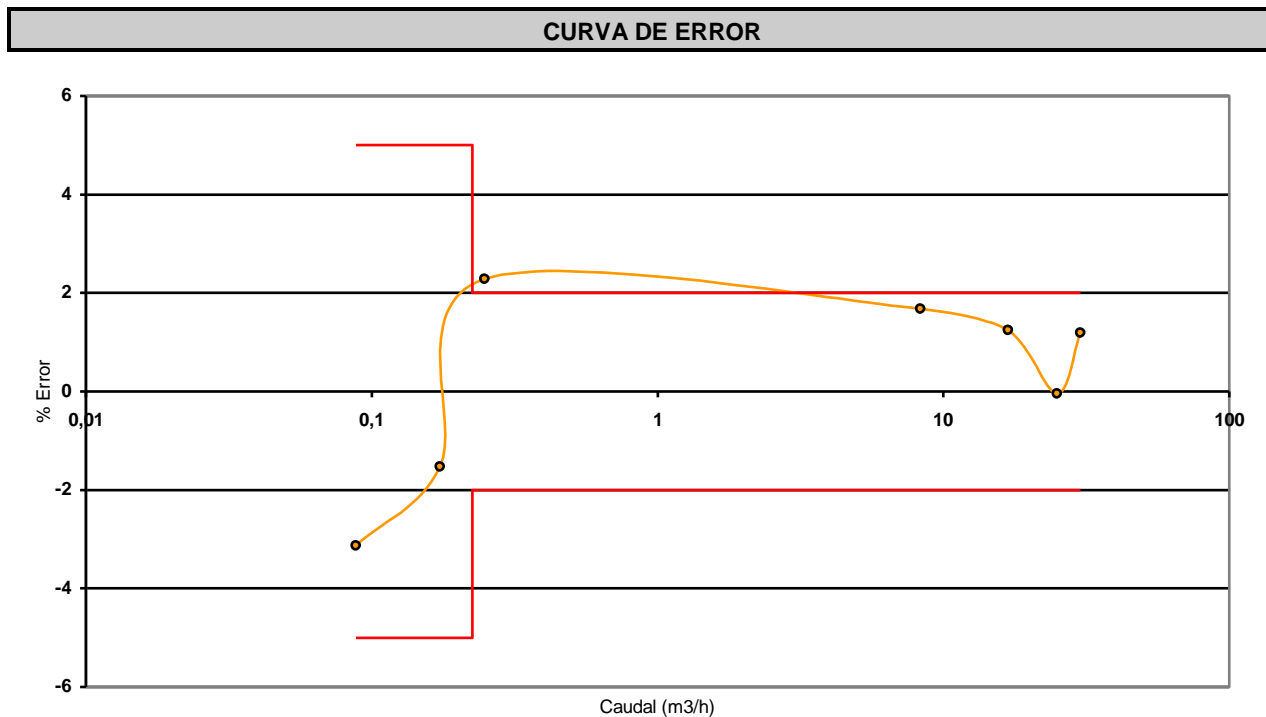
Los diferentes promedios entre los contadores también descarta la posibilidad de que por algún motivo hubiera problemas con la lectura del contador en el momento de facturación pero a la larga los extremos se compensan unos a otros.

18.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

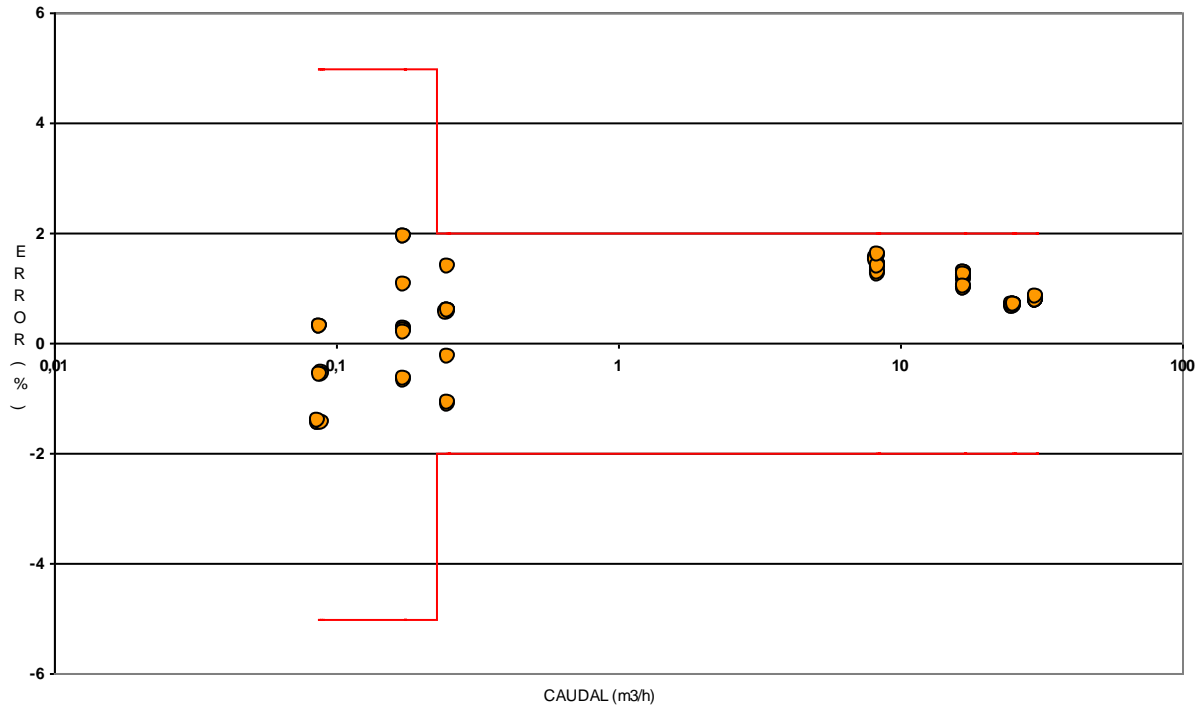
Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,52	997,65	1,17

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,088	-3,13
2	0,173	-1,53
3	0,248	2,29
4	8,327	1,68
5	16,867	1,25
6	25,006	-0,04
7	30,132	1,19



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, se han obtenido los siguientes resultados para 70 puntos ensayados con un total de 112 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 12 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, se desestima cualquier anomalía que hubiera podido pasar oculta al ensayo normal, no encontrándose, tal y como se observa en la gráfica, ningún punto extraño o incoherente y se estima que funciona **CORRECTAMENTE**.



18.7 Estimación económica

Por las condiciones de instalación se puede llegar a tener hasta un subcuenta del 12%, sin embargo si se analiza la curva de los ensayos realizados este error solo se produjo para los caudales grandes, por lo que para conocer la cantidad de agua que el contador está dejando de registrar, se necesita conocer el error global del mismo, para lo cual, se necesita a su vez el patrón de consumo esperado para este tipo de consumidor.

En este caso, se considera el patrón de consumo como el de un edificio de viviendas, y por lo tanto se sigue el mismo procedimiento que con el contador número 8, ya que como aquel, este es de diámetro nominal 50.

Con el patrón de consumo, el error del -12% registrado y la media de los errores cometidos por el contador en el resto de los intervalos de caudal, obtenidos en el ensayo de larga duración en el banco de pruebas, resultan los errores ponderados para cada intervalo, y finalmente como suma de estos el error global.

Caudal (m ³ /h)	Error ensayo (%)	Caudal cálculo consumo (m ³ /h)	Consumo en el rango (%)	Error ponderado (%)
Qarr. 0,026	-100	0,026	0,28	-0,28
0,026	-70	0,057	0,73	-0,51
0,087	-0,833	0,13	2,6	-0,02
0,173	0,473	0,2105	2,88	0,01
0,248	0,237	1,2	25,68	0,06
8,352	1,423	10	52,26	0,74
16,895	1,15	20,9385	15,28	0,17
24,982	-12	27,498	0,14	-0,02
30,014	0,79	30,014	0,14	0,00
			Error global (%)	0,15

Sin tener en cuenta el error cometido por la instalación.

<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>Error ensayo (%)</i>	<i>Caudal cálculo consumo (m³/h)</i>	<i>Consumo en el rango (%)</i>	<i>Error ponderado (%)</i>
Qarr. 0,026	-100	0,026	0,28	-0,28
0,026	-70	0,057	0,73	-0,51
0,087	-0,833	0,13	2,6	-0,02
0,173	0,473	0,2105	2,88	0,01
0,248	0,237	1,2	25,68	0,06
8,352	1,423	10	52,26	0,74
16,895	1,15	20,9385	15,28	0,17
24,982	0,67	27,498	0,14	0,00
30,014	0,79	30,014	0,14	0,00
			<i>Error global (%)</i>	<i>0,17</i>

Por lo que se estima que el contador está registrando los consumos **CORRECTAMENTE**.

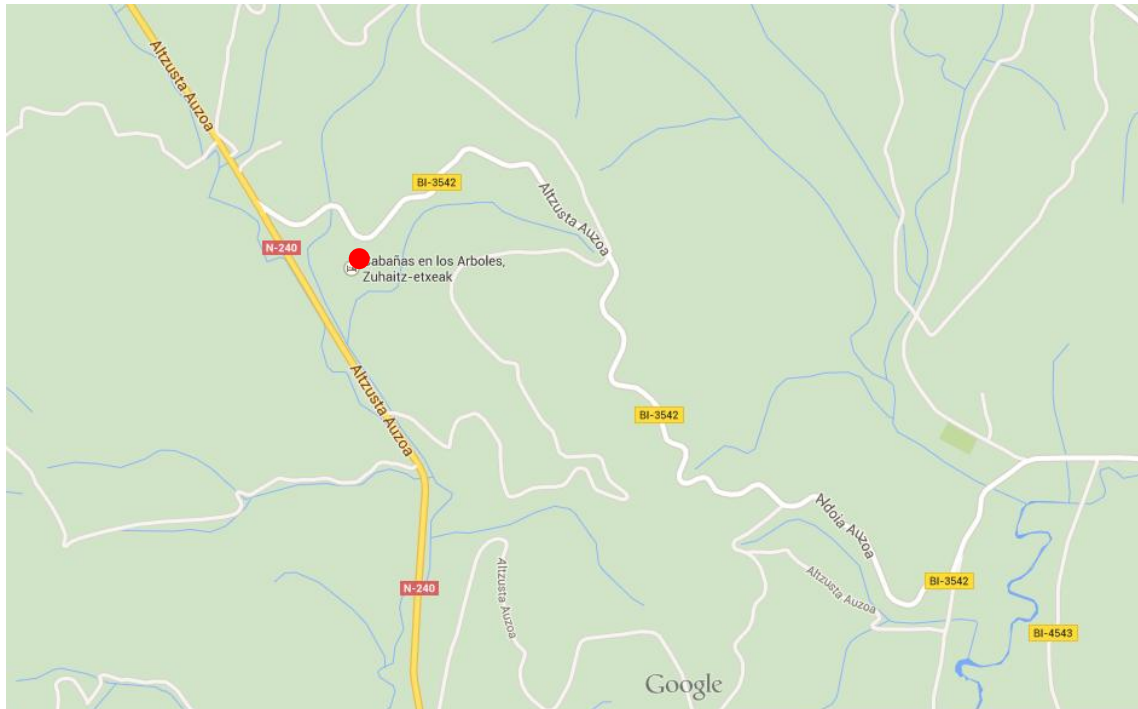
18.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos no sigue una evolución lógica pero se achaca a un error en las lecturas intermedias, ya que el consumo medio permanece estable aunque ha disminuido un poco, y los ensayos realizados al contador, tanto el normal como el de larga duración arrojan buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

19 Z134 (Camping), Z.

19.1 Ubicación y uso

El contador está en un nicho antes de la entrada a las cabañas de un **camping**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



19.2 Foto y esquema



Figura 35. Foto de la instalación original del contador en Z134 (Camping), Z.

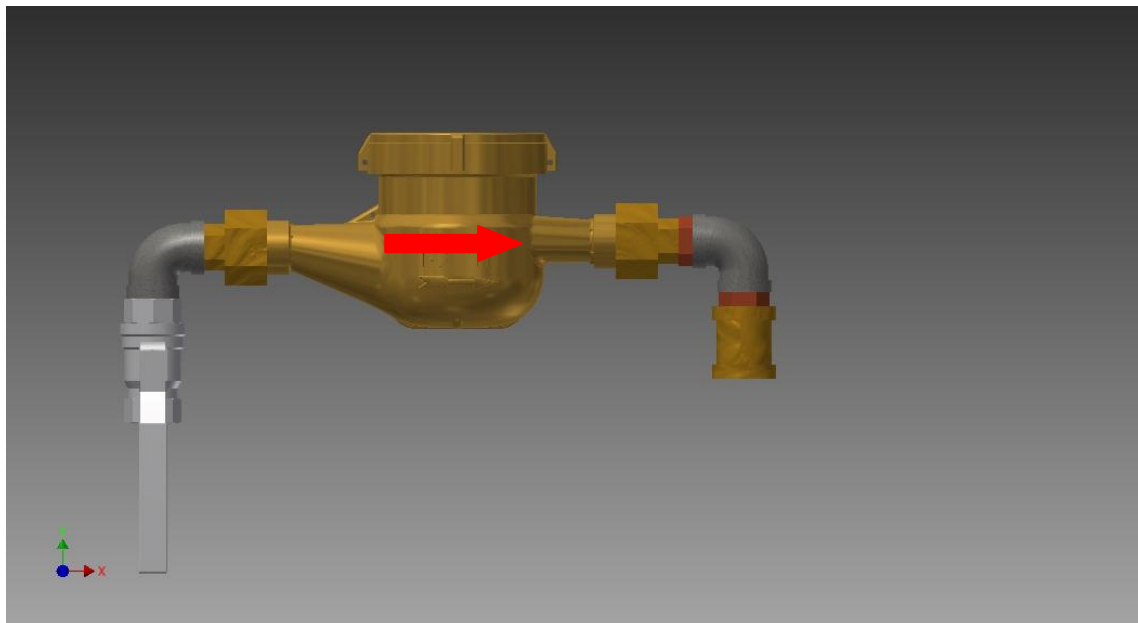


Figura 36. Esquema

19.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C09AE0004431

19.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 0 D

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

Como se puede observar en la tabla anterior, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** ni en posición horizontal ni en posición vertical a prácticamente ninguna tecnología, solo a los contadores electromagnéticos y de forma muy leve, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 0 D

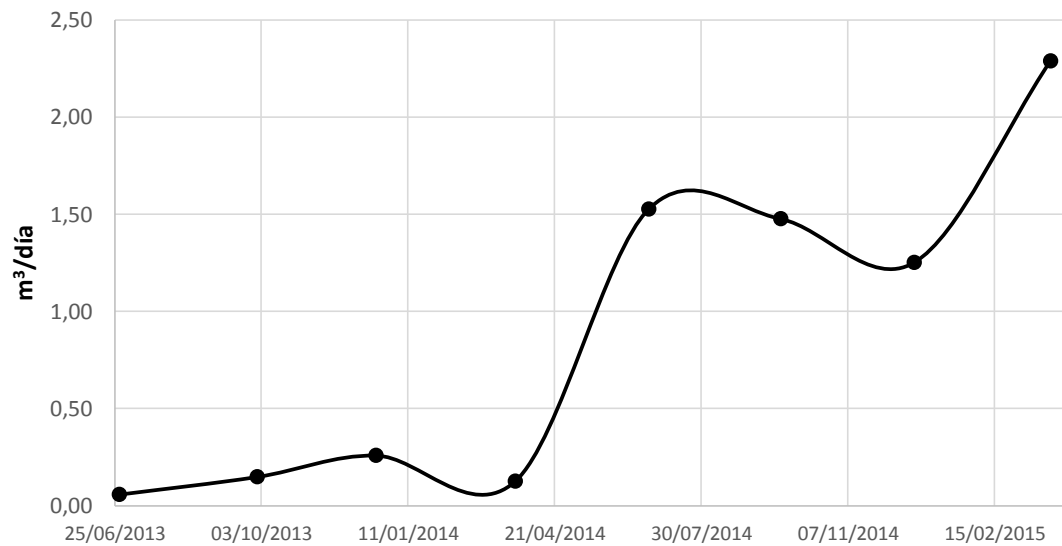
Un doble codo colocado a 0 diámetros aguas abajo **NO AFECTA** a lectura del contador ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un único codo horizontal a 90° tampoco.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

19.5 Análisis del histórico de consumos

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
25/03/2015	1506	93	213	2.29
22/12/2014	1293	91	114	1.25
22/09/2014	1179	90	133	1.48
24/06/2014	1046	91	139	1.53
25/03/2014	907	95	12	0.13
20/12/2013	895	81	21	0.26
30/09/2013	874	94	14	0.15
28/06/2013	860	86	5	0.06
			Promedio	0.89

Evolución consumo



El rápido aumento en el consumo resulta fácilmente explicable después de la visita a la instalación, ya que se constata que el negocio ha abierto recientemente. En 2013 se dieron de alta mientras todavía estaban construyendo las cabañas y no fue hasta mitad de 2014 cuando abrieron al público, momento en el que el consumo aumenta.

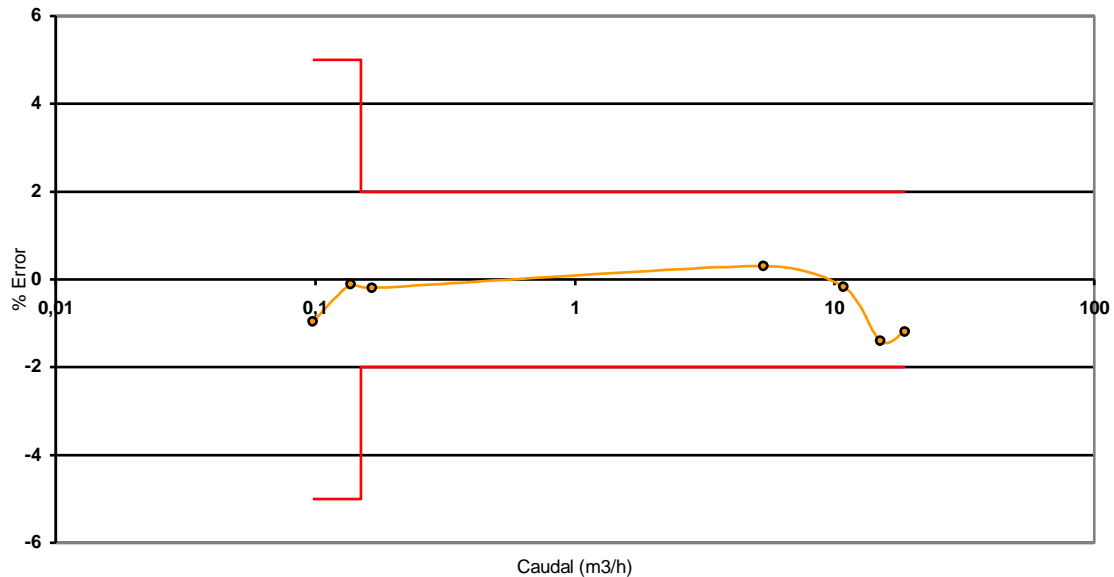
19.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,05	997,76	1,18

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,098	-0,96
2	0,137	-0,11
3	0,165	-0,19
4	5,313	0,31
5	10,814	-0,17
6	15,028	-1,40
7	18,682	-1,19

CURVA DE ERROR



19.7 Estimación económica

Se considera que el contador está registrando los **DATOS CORRECTOS**.

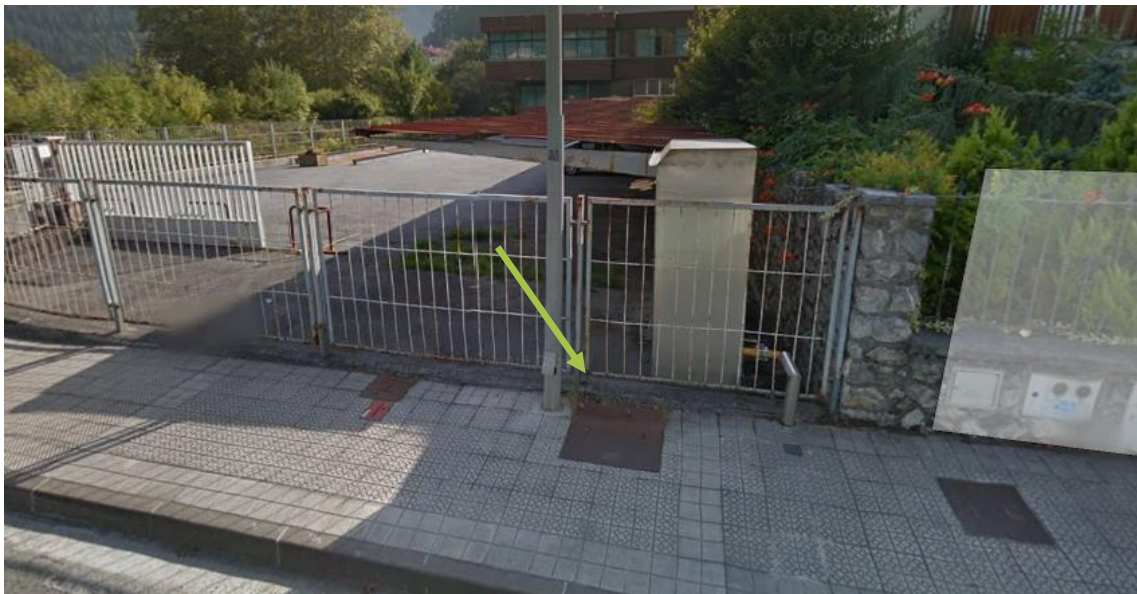
19.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

20 B20 (Fábrica), M-X

20.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta en la acera delante de una **fábrica cerrada**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



20.2 Foto y esquema



Figura 37. Foto de la instalación original del contador en B20, M-X.

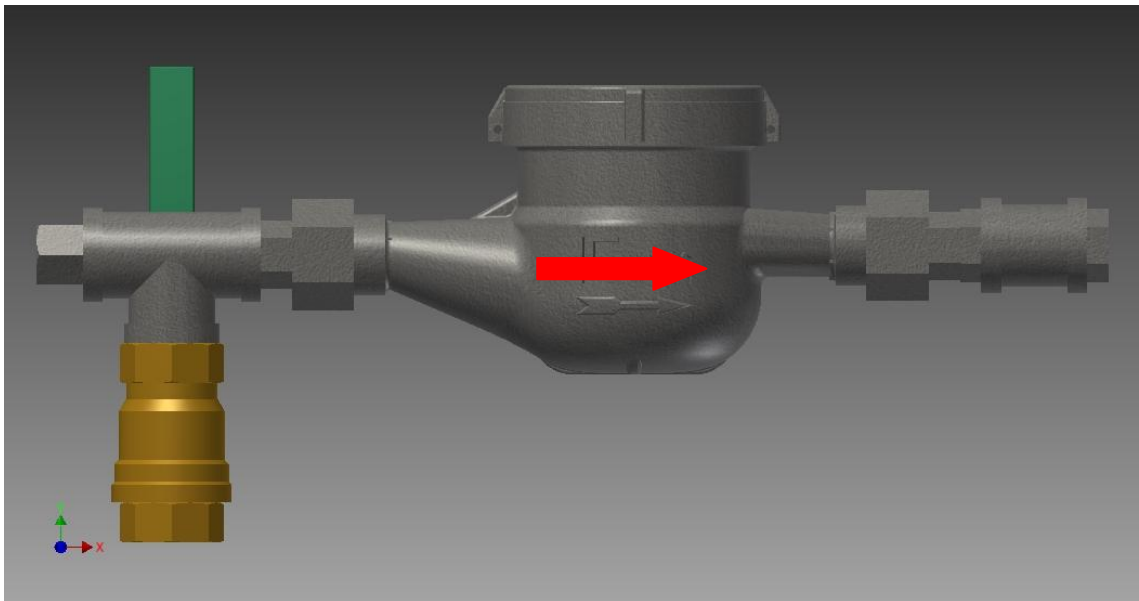


Figura 38. Esquema

20.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003975

20.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Te 90° vertical

Distancia a contador: 0 D

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

Una “te”, la se puede asemejar a un codo de 90°, y tal y como se puede observar en la tabla anterior, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** ni en posición horizontal ni en posición vertical a prácticamente ninguna tecnología, solo a los contadores electromagnéticos y de forma muy leve, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Un tramo recto, suficientemente largo, de tubería aguas arriba son las condiciones idóneas de instalación de un contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

20.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	2143	91	31	0.34
30/12/2014	2112	96	47	0.49
25/09/2014	2065	90	22	0.24
27/06/2014	2043	92	34	0.37
27/03/2014	2009	91	41	0.45
26/12/2013	1968	83	41	0.49
04/10/2013	1927	93	24	0.26
03/07/2013	1903	85	31	0.36
09/04/2013	1872	97	33	0.34
02/01/2013	1839	103	51	0.50
21/09/2012	1788	88	12	0.14
25/06/2012	1776	101	61	0.60
16/03/2012	1715	86	21	0.24
21/12/2011	1694	92	36	0.39
20/09/2011	1658	91	22	0.24
21/06/2011	1636	92	130	1.41
21/03/2011	<i>1506</i>	<i>95</i>	<i>666</i>	<i>7.01</i>
16/12/2010	<i>840</i>	<i>92</i>	<i>709</i>	<i>7.71</i>
			Promedio	0.43

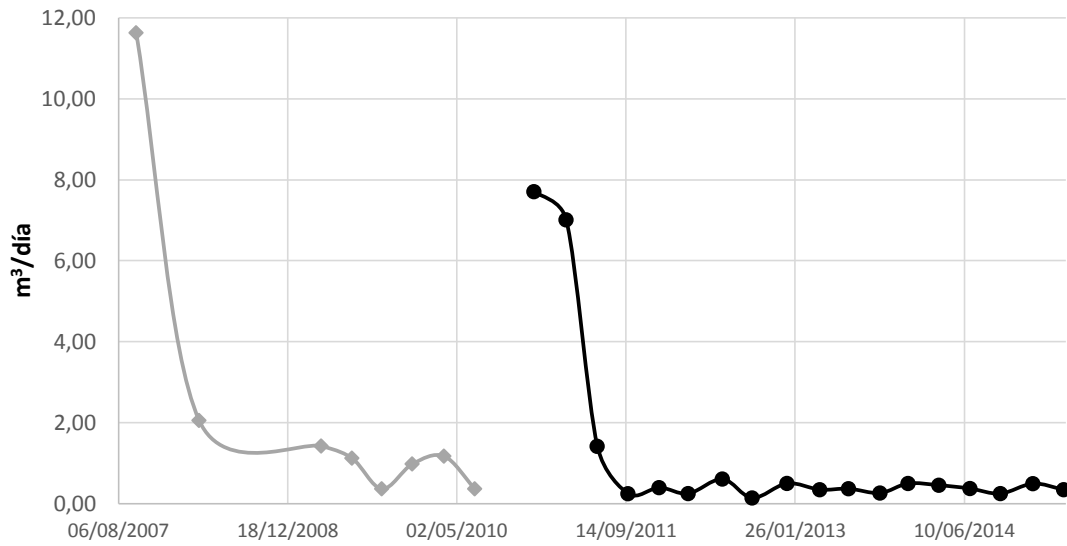
Los grandes saltos en el consumo marcados en rojo y cursiva no se tienen en cuenta para el cómputo del consumo diario medio, pues se tratan de anomalías.

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
24/06/2010	77303	91	33	0.36
25/03/2010	77270	94	110	1.17
21/12/2009	77160	90	88	0.98
22/09/2009	77072	88	32	0.36
26/06/2009	77040	91	102	1.12
27/03/2009	76938	361	513	1.42
31/03/2008	76425	186	382	2.05
27/09/2007	<i>76043</i>	<i>93</i>	<i>1082</i>	<i>11.63</i>
			Promedio	1.07

De igual manera para el contador antiguo, la primera línea marcada en rojo y cursiva no se considera de cara al promedio. Por algún motivo el contador antiguo era de 13 mm y se decidió cambiar al actual tamaño de 40 mm.

Evolución consumo



Las sorprendentes lecturas cercanas a cero no resultan tan extrañas tras una visita al sitio que revela que la fábrica está cerrada y el poco consumo actual probablemente se deba al guarda de seguridad que está vigilando las instalaciones, a una fuga o a algún proceso de mantenimiento.

Si acaso, los grandes consumos medidos en los primeros puntos de facturación de cada contador parecen fuera de lugar. Ya que el comportamiento se repite en ambas ocasiones, y son solo un par de situaciones muy puntuales, se especula que puede haber sido debido a algún problema durante la manipulación del contador o a los registros en el momento de la instalación.

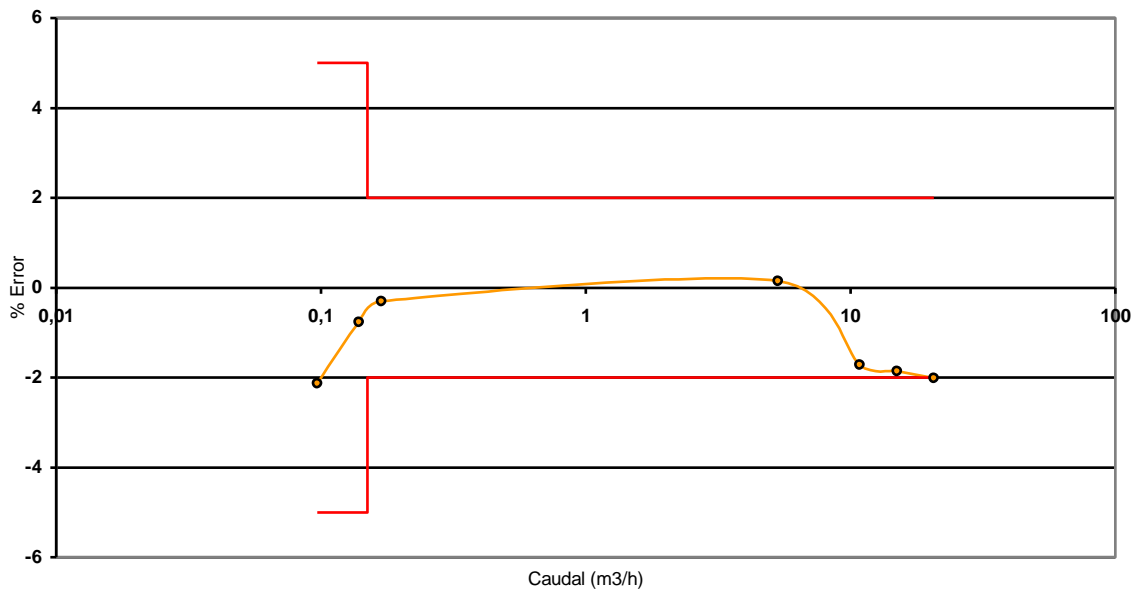
20.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,32	997,70	1,17

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,097	-2,13
2	0,139	-0,77
3	0,169	-0,30
4	5,328	0,15
5	10,810	-1,71
6	14,994	-1,86
7	20,638	-2,01

CURVA DE ERROR



20.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

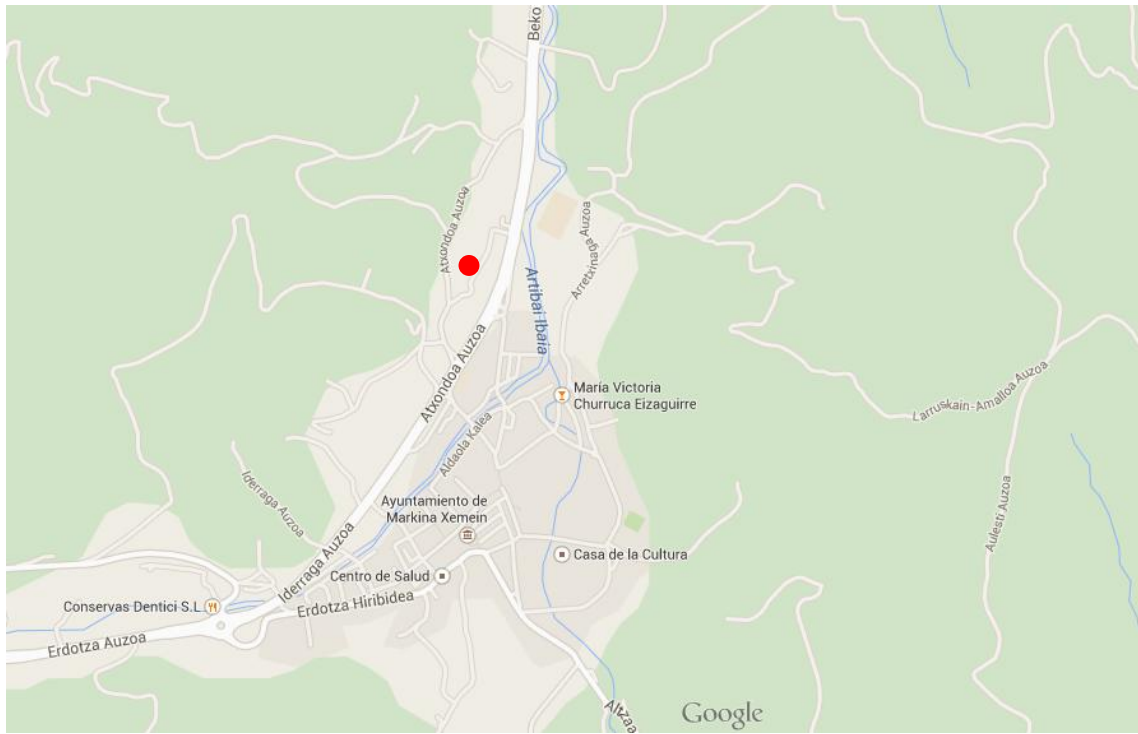
20.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

21 B21 (Oficinas), M-X

21.1 Ubicación y uso

El contador que abastece a unas oficinas está en una arqueta delante de la nave industrial de la empresa. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



21.2 Foto y esquema



Figura 39. Foto de la instalación original del contador en B21.

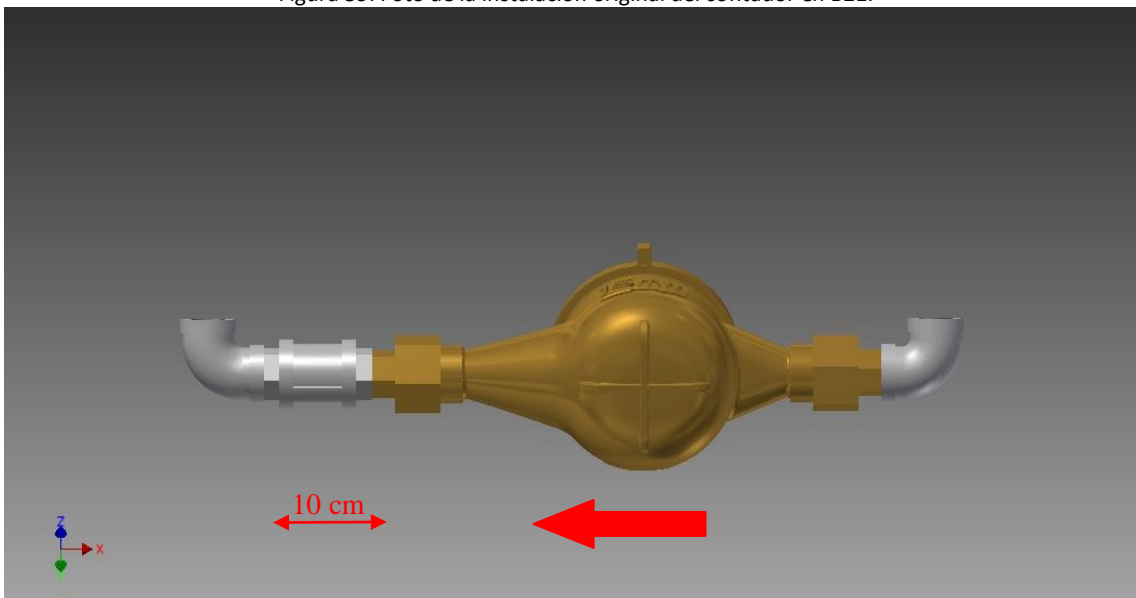


Figura 40. Esquema

21.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0002398

21.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 0 D

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

Como se puede observar en la tabla anterior, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** ni en posición horizontal ni en posición vertical a prácticamente ninguna tecnología, solo a los contadores electromagnéticos y de forma muy leve, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 2 D

Se tiene la misma situación anterior pero aguas abajo, como se ha establecido en el capítulo anterior, ningún accesorio colocado aguas abajo afecta a ninguna de las tecnologías ensayadas, por lo que es altamente probable que en este caso suceda lo mismo.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

21.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	1528	91	125	1.37
30/12/2014	1403	96	83	0.86
25/09/2014	1320	90	54	0.60
27/06/2014	1266	92	74	0.80
27/03/2014	1192	91	45	0.49
26/12/2013	1147	83	43	0.52
04/10/2013	1104	93	100	1.08
03/07/2013	1004	85	71	0.84
09/04/2013	933	97	67	0.69
02/01/2013	866	292	252	0.86
16/03/2012	614	86	96	1.12
21/12/2011	518	92	41	0.45
20/09/2011	477	183	159	0.87
21/03/2011	318	95	96	1.01

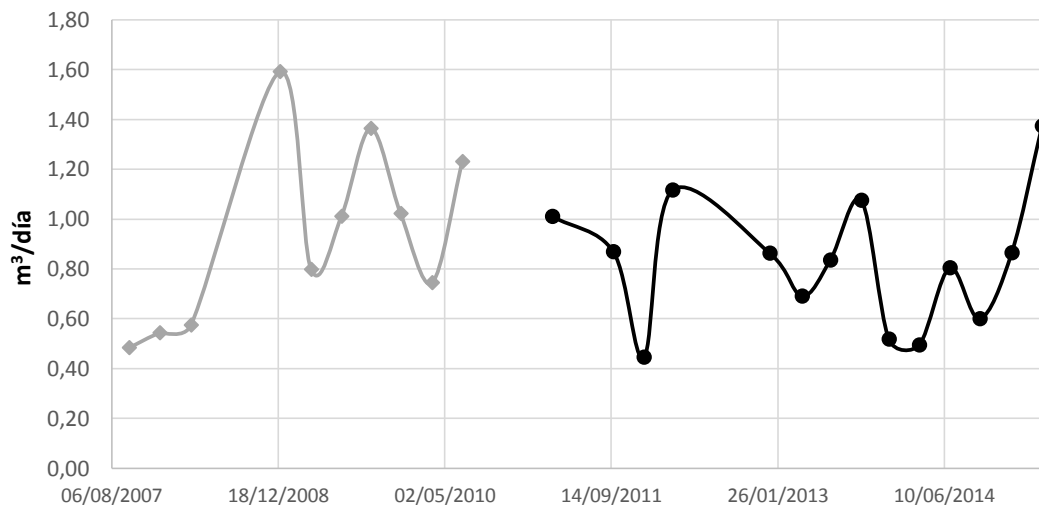
Promedio 0.83

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
24/06/2010	1339	91	112	1.23
25/03/2010	1227	94	70	0.74
21/12/2009	1157	90	92	1.02
22/09/2009	1065	88	120	1.36
26/06/2009	945	91	92	1.01
27/03/2009	853	94	75	0.80
23/12/2008	778	267	425	1.59
31/03/2008	353	94	54	0.57
28/12/2007	299	92	50	0.54
27/09/2007	249	93	45	0.48

Promedio 0.94

Evolución consumo



Los consumos medios de ambos contadores han sido iguales y todos los datos son coherentes.

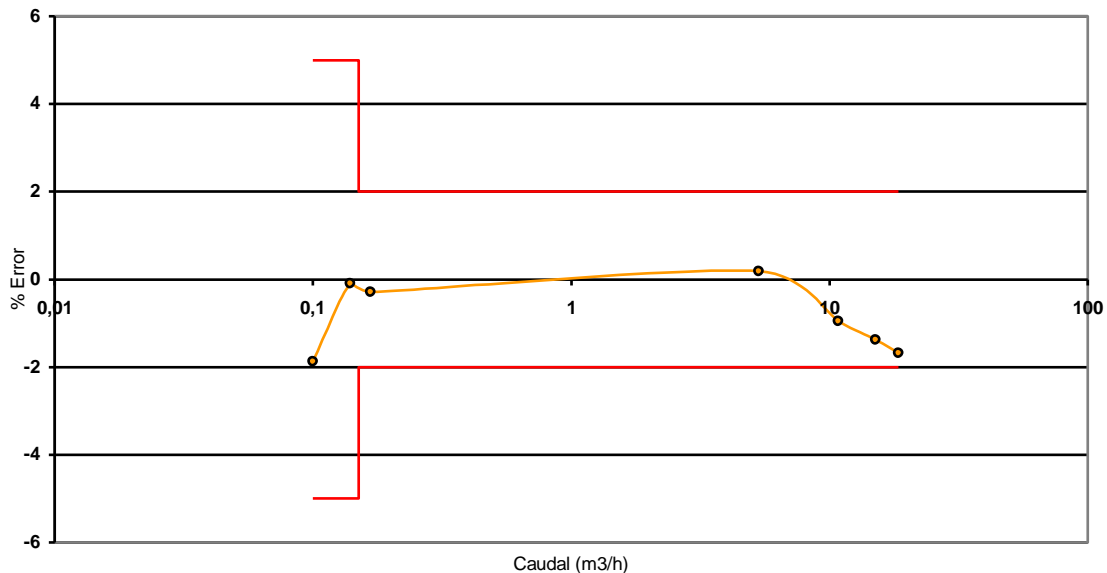
21.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
21,40	997,90	1,19

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,100	-1,87
2	0,139	-0,09
3	0,167	-0,28
4	5,309	0,19
5	10,800	-0,95
6	15,093	-1,38
7	18,480	-1,68

CURVA DE ERROR



21.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

21.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

22 B24 (Depuradora), M-X

22.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta en la acera delante de una **depuradora** (planta EDAR) de M-X. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



22.2 Foto y esquema



Figura 41. Foto de la instalación original del contador en B24 (EDAR).

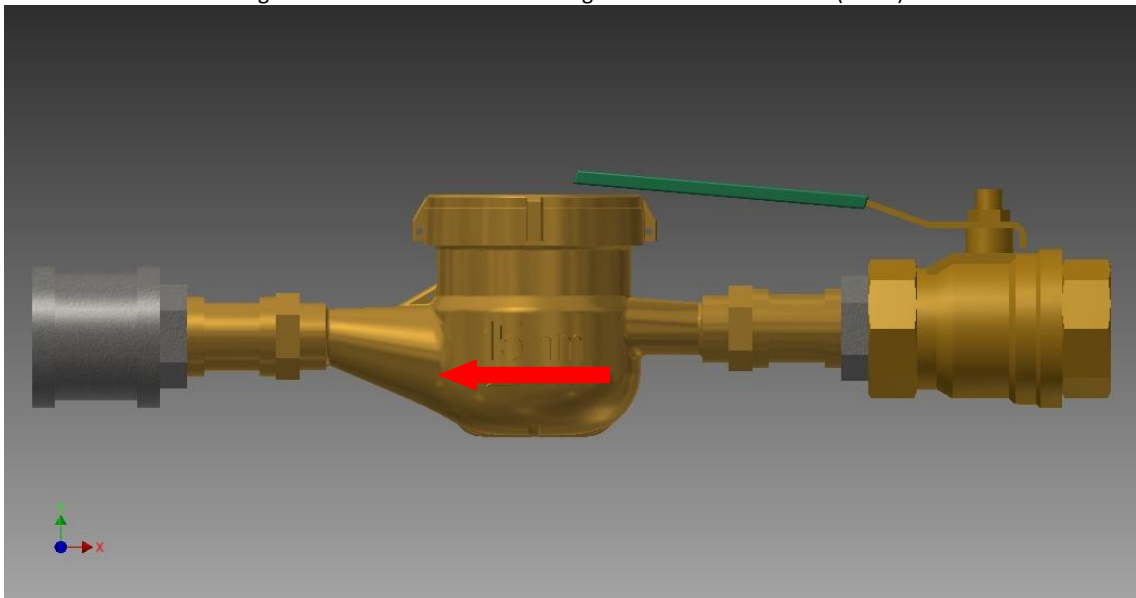


Figura 42. Esquema

22.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C13SE0010904

22.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de bola 0° 90% cerrada

Distancia a contador: 0 D

Actual

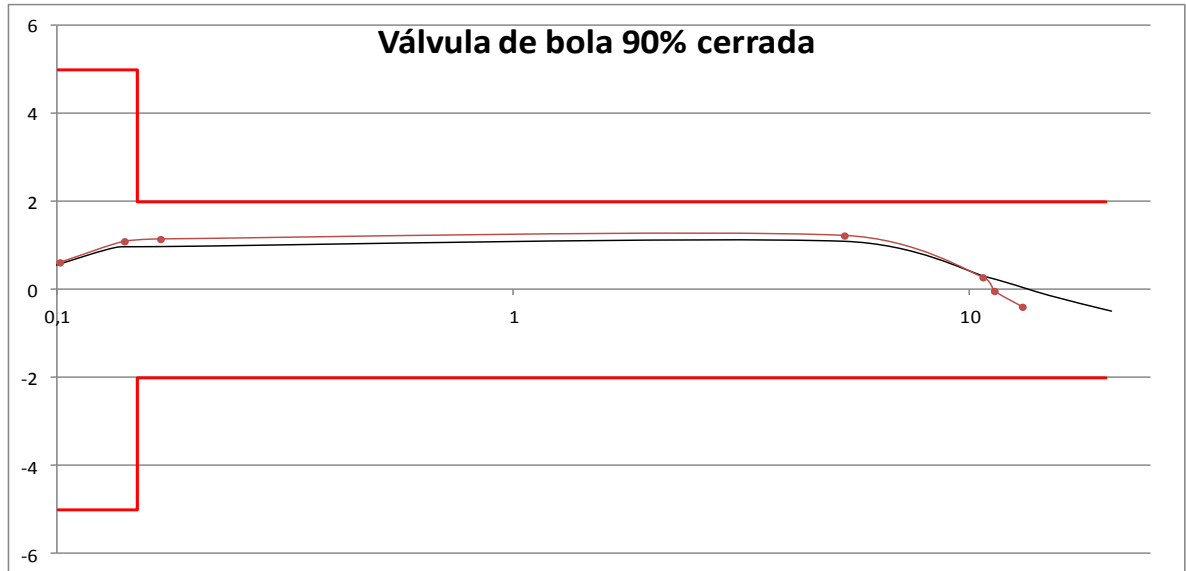
Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de bola 0° 90% cerrada

Distancia a contador: 0 D



En el gráfico anterior se observa cómo una válvula de bola cerrada en un 90% colocada a 0 Diámetros aguas arriba de un contador volumétrico, no afecta a la lectura de este, con lo que se concluye que si la válvula está completamente abierta tampoco afectará a las lecturas del contador.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología:

DN:

Elemento:

Distancia a contador:

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

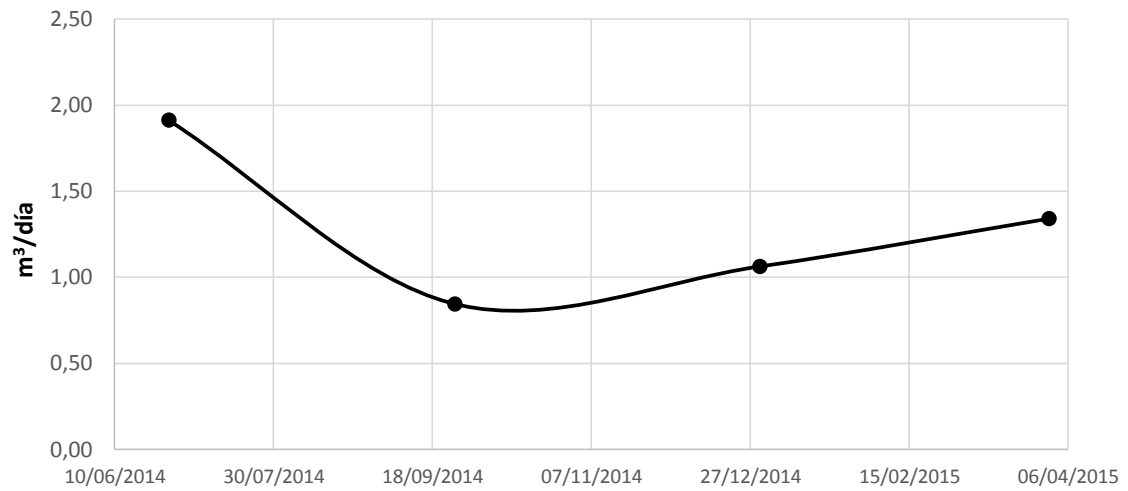
Un tramo recto, suficientemente largo, de tubería aguas abajo son las condiciones idóneas de instalación de un contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

22.5 Análisis del histórico de consumos

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	547	91	122	1.34
30/12/2014	425	96	102	1.06
25/09/2014	323	90	76	0.84
27/06/2014	247	92	176	1.91
			Promedio	1.29

Evolución consumo



El historial de consumos es limitado, con lo cual no se puede extraer ninguna conclusión.

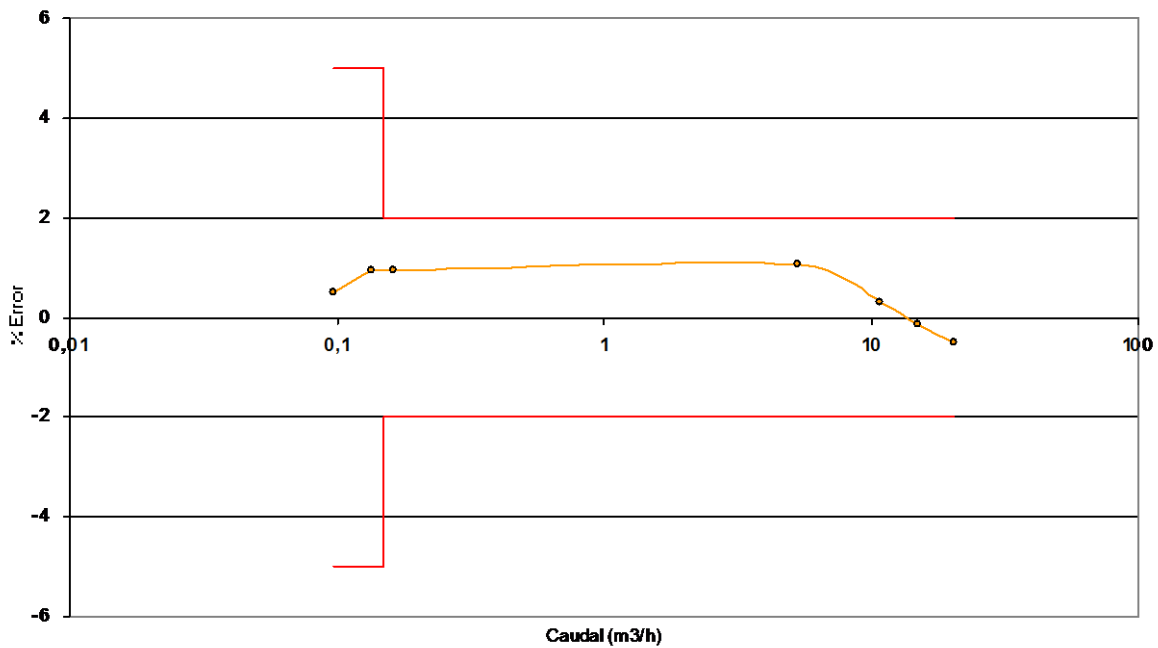
22.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
21,62	997,85	1,19

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,097	0,52
2	0,135	0,95
3	0,164	0,96
4	5,301	1,08
5	10,798	0,29
6	14,986	-0,14
7	20,480	-0,49

CURVA DE ERROR



22.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

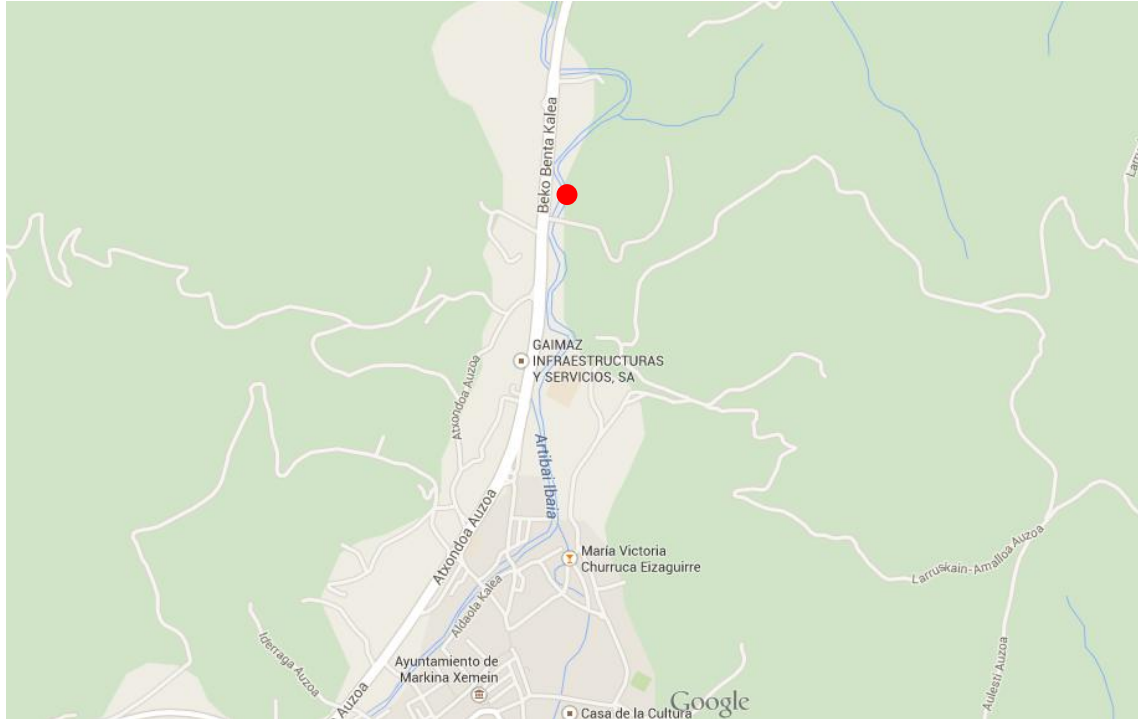
22.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

23 B26 (Estación de servicio), M-X

23.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en la zona trasera de una **estación de servicio**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



23.2 Foto y esquema



Figura 43. Foto de la instalación original del contador en B26 (Estación de servicio), M-X.

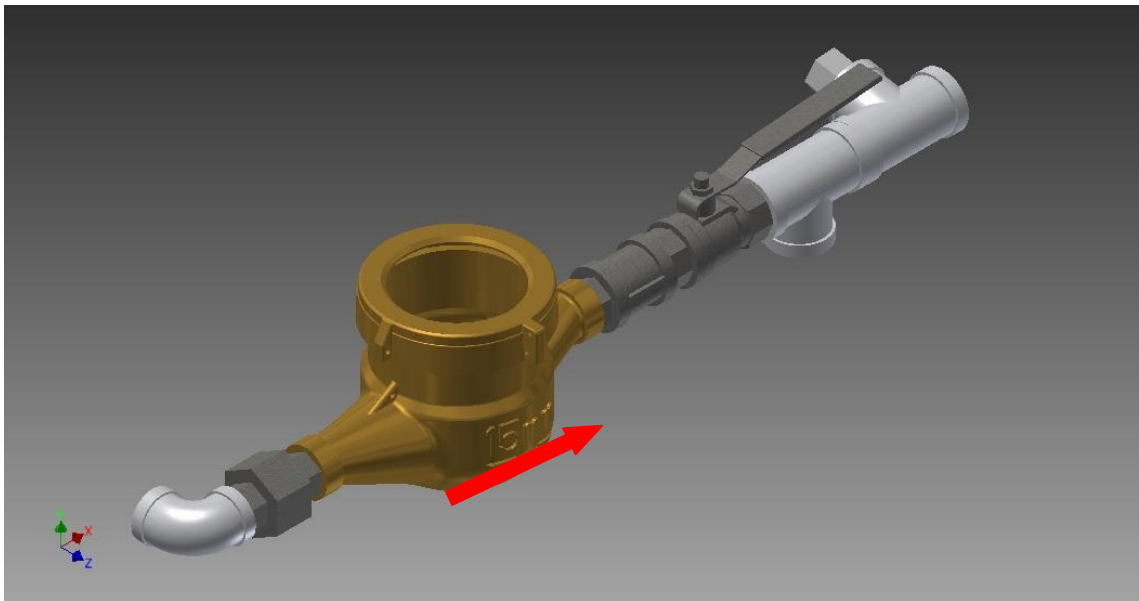


Figura 44. Esquema

23.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003993

23.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Codo 90° horizontal

Distancia a contador: 0 D

DOBLE CODO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Horizontal	+3%	✓
		Vertical	-4%	✓

Como se puede observar en la tabla anterior, un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** ni en posición horizontal ni en posición vertical a prácticamente ninguna tecnología, solo a los contadores electromagnéticos y de forma muy leve, por lo que cabe esperar que en este caso en particular tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Válvulas de **compuerta y mariposa**

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de **bola** 0° completamente abierta

Distancia a contador: 0 D

Una válvula de bola casi completamente cerrada colocada a 0 diámetros de distancia aguas arriba del contador **NO AFECTA** a la lectura de este, por lo que se puede afirmar que tampoco lo va a hacer aguas abajo. En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

23.5 Análisis del histórico de consumos

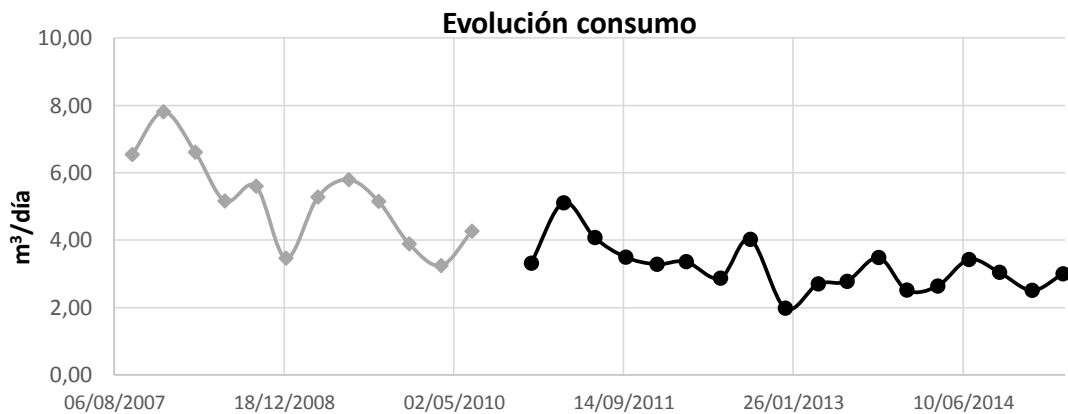
Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	5780	91	273	3.00
30/12/2014	5507	96	241	2.51
25/09/2014	5266	90	274	3.04
27/06/2014	4992	92	315	3.42
27/03/2014	4677	91	240	2.64
26/12/2013	4437	83	209	2.52
04/10/2013	4228	93	324	3.48
03/07/2013	3904	85	236	2.78
09/04/2013	3668	97	262	2.70
02/01/2013	3406	103	204	1.98
21/09/2012	3202	88	354	4.02
25/06/2012	2848	101	290	2.87
16/03/2012	2558	86	289	3.36
21/12/2011	2269	92	302	3.28
20/09/2011	1967	91	318	3.49
21/06/2011	1649	92	375	4.08
21/03/2011	1274	95	485	5.11
16/12/2010	789	92	305	3.32
Promedio				3.20

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
24/06/2010	25351	91	388	4.26
25/03/2010	24963	94	305	3.24
21/12/2009	24658	90	350	3.89
22/09/2009	24308	88	453	5.15
26/06/2009	23855	91	527	5.79
27/03/2009	23328	94	496	5.28
23/12/2008	22832	88	305	3.47
26/09/2008	22527	92	515	5.60
26/06/2008	22012	87	449	5.16
31/03/2008	21563	94	621	6.61
28/12/2007	20942	92	718	7.80
27/09/2007	20224	93	608	6.54
Promedio				5.23



Aunque el consumo medio ha descendido, ha sido un descenso gradual que ya empezó con el contador antiguo y en la actualidad parece haberse estabilizado.

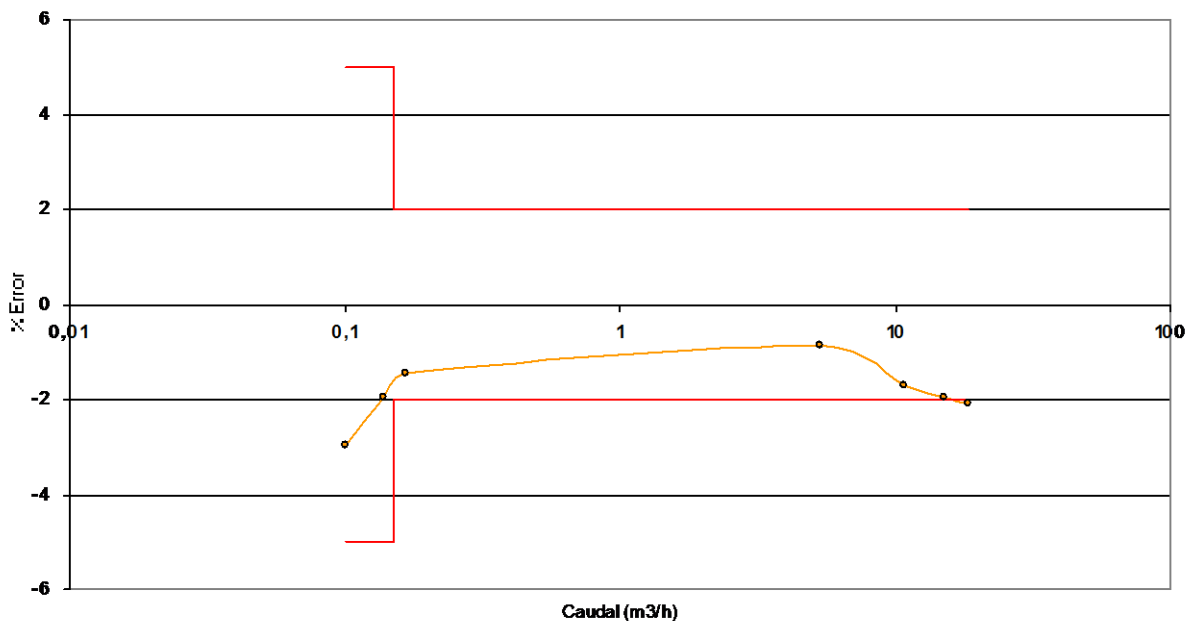
23.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
21,85	997,80	1,18

Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,100	-2,98
2	0,139	-1,96
3	0,167	-1,45
4	5,316	-0,87
5	10,845	-1,69
6	15,036	-1,94
7	18,399	-2,07

CURVA DE ERROR



23.7 Estimación económica

Se estima que este contador mide los consumos **CORRECTOS** dentro de la normativa, aunque muy cerca del límite inferior.

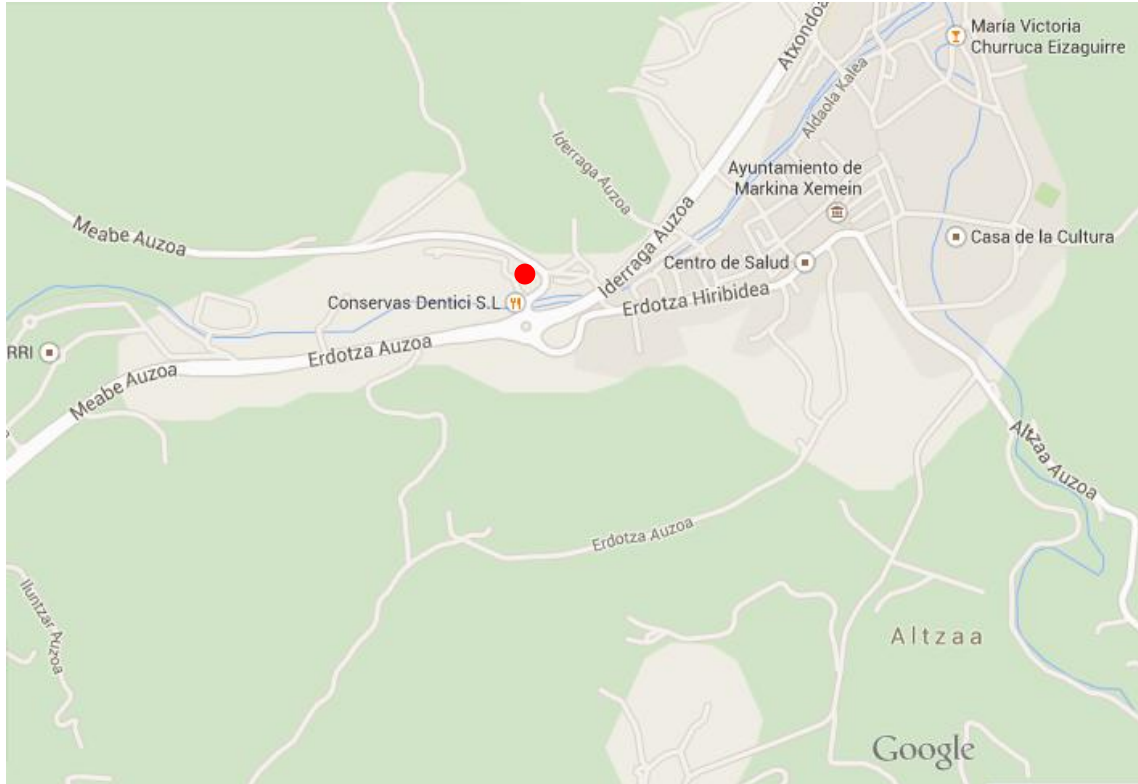
23.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

24 E36 (Fábrica), M-X

24.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta en la acera al lado de una **fábrica**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



24.2 Foto y esquema

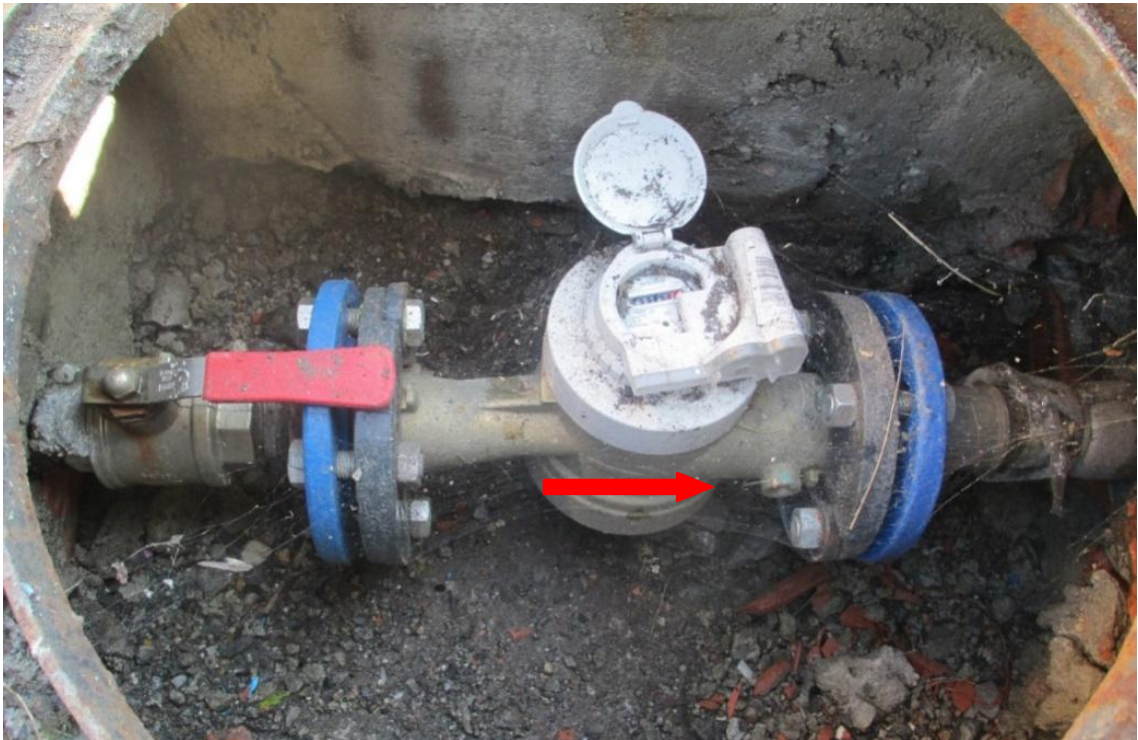


Figura 45. Foto de la instalación original del contador en E36, M-X.

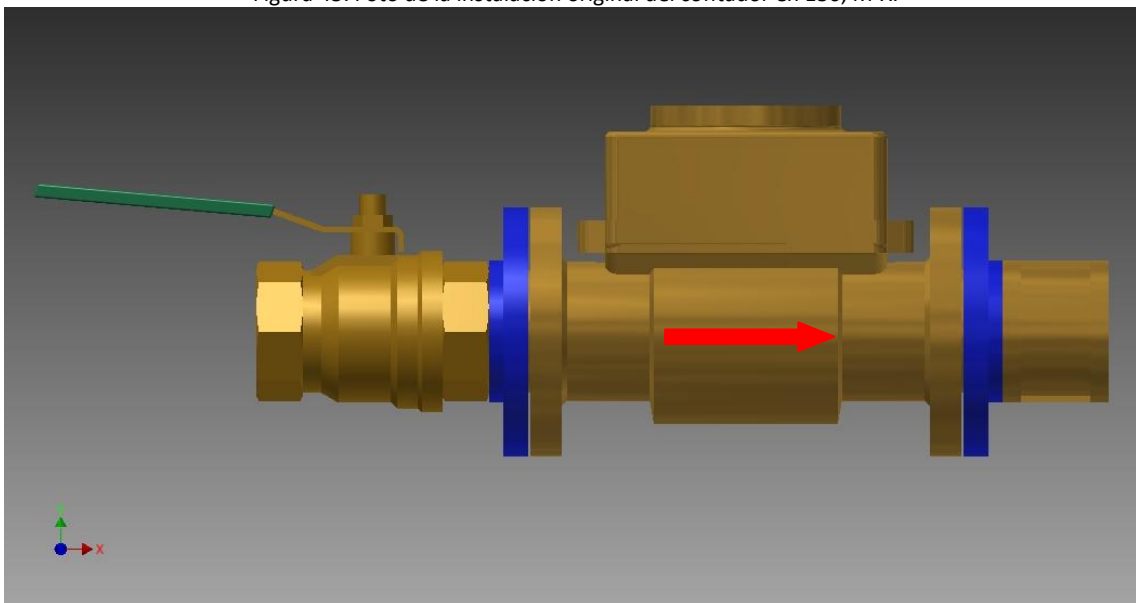


Figura 46. Esquema

24.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 100

Modelo: AQUILA
Nº serie: C09JF0000372

24.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Válvula de compuerta

Distancia a contador: 0 D

Actual

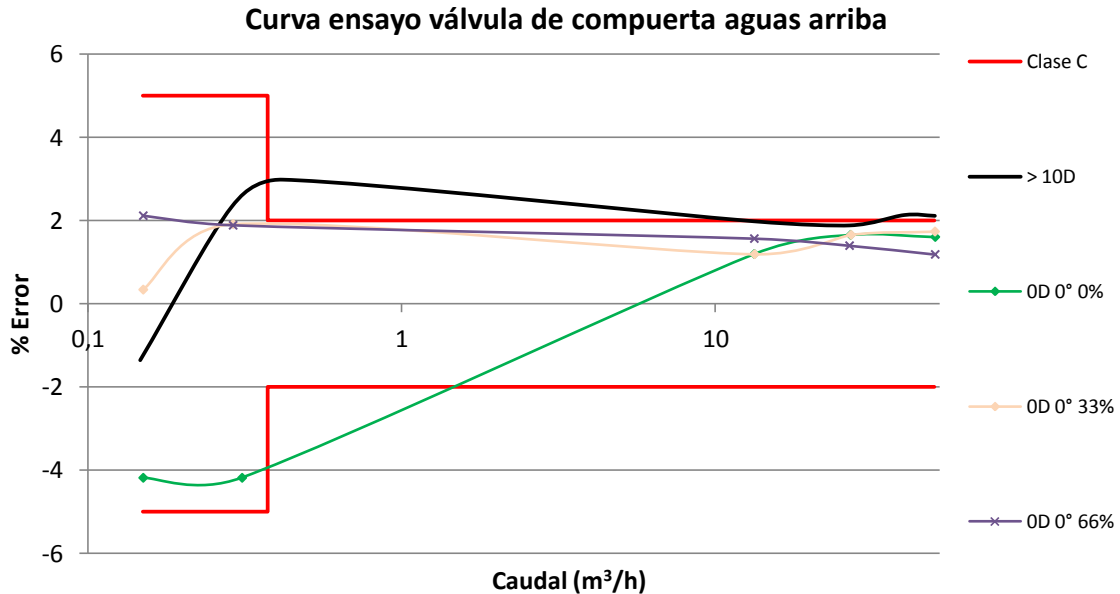
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Válvula de bola 0° completamente abierta

Distancia a contador: 0 D



Una válvula de compuerta completamente abierta a 0° colocada a 0 diámetros de distancia aguas arriba no afecta a la lectura del contador; de hecho, tal y como se observa en los ensayos realizados, tampoco afecta a la lectura del contador si la válvula está parcialmente cerrada, incluso hasta valores del 66 % de cierre. En este caso no se trata del mismo tipo de válvula, pero también se han realizado ensayos con válvulas de mariposa colocadas a 0 diámetros aguas arriba del contador, obteniéndose en estos ensayos los mismos resultados que con las válvulas de compuerta, la lectura del contador no se ve afectada. En consecuencia, se puede suponer con una fiabilidad muy alta que la válvula de bola situada aguas arriba del contador **NO VA A AFECTAR** a la lectura de este incluso en los casos puntuales en los que la válvula haya estado parcialmente cerrada.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Un tramo recto, suficientemente largo, de tubería aguas arriba son las condiciones idóneas de instalación de un contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

24.5 Análisis del histórico de consumos

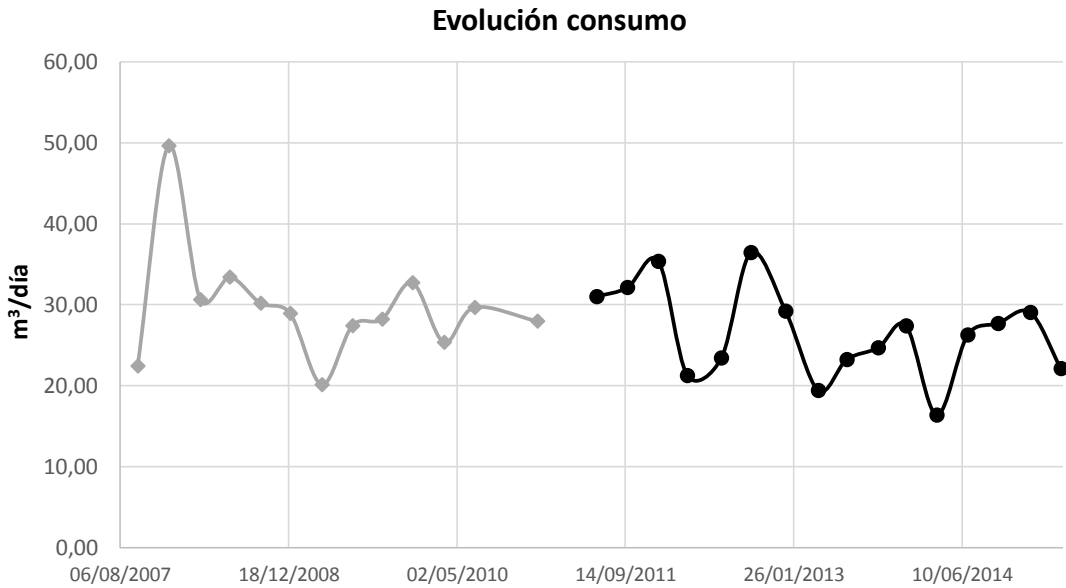
Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	39498	91	2012	22.11
30/12/2014	37486	96	2788	29.04
25/09/2014	34698	90	2491	27.68
27/06/2014	32207	92	2416	26.26
27/03/2014	29791	91	1489	16.36
26/12/2013	28302	83	2273	27.39
04/10/2013	26029	93	2295	24.68
03/07/2013	23734	85	1974	23.22
09/04/2013	21760	97	1882	19.40
02/01/2013	19878	103	3008	29.20
21/09/2012	16870	88	3207	36.44
25/06/2012	13663	101	2365	23.42
16/03/2012	11298	86	1827	21.24
21/12/2011	9471	92	3253	35.36
20/09/2011	6218	91	2924	32.13
21/06/2011	3294	90	2790	31.00
			Promedio	26.56

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
27/12/2010	110400	186	5203	27.97
24/06/2010	105197	91	2699	29.66
25/03/2010	102498	94	2383	25.35
21/12/2009	100115	90	2945	32.72
22/09/2009	97170	88	2483	28.22
26/06/2009	94687	91	2494	27.41
27/03/2009	92193	94	1891	20.12
23/12/2008	90302	88	2545	28.92
26/09/2008	87757	92	2777	30.18
26/06/2008	84980	87	2907	33.41
31/03/2008	82073	94	2879	30.63
28/12/2007	79194	92	4567	49.64
27/09/2007	74627	93	2086	22.43
			Promedio	29.74



Los consumos medios de ambos contadores han sido iguales y todos los datos son coherentes.

24.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

No se considera necesario ensayar el contador en el banco de pruebas del laboratorio.

24.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

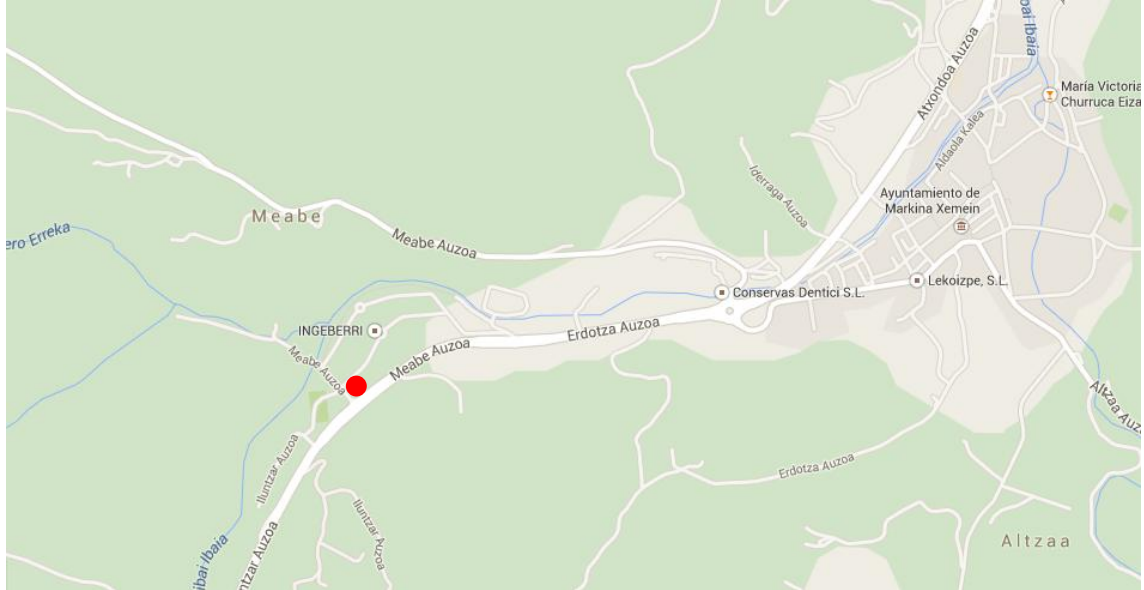
24.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

25 KI1 (Fábrica), M-X

25.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el interior de una **fábrica**, en un lateral. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



25.2 Foto y esquema



Figura 47. Foto de la instalación original del contador en K11, M-X.

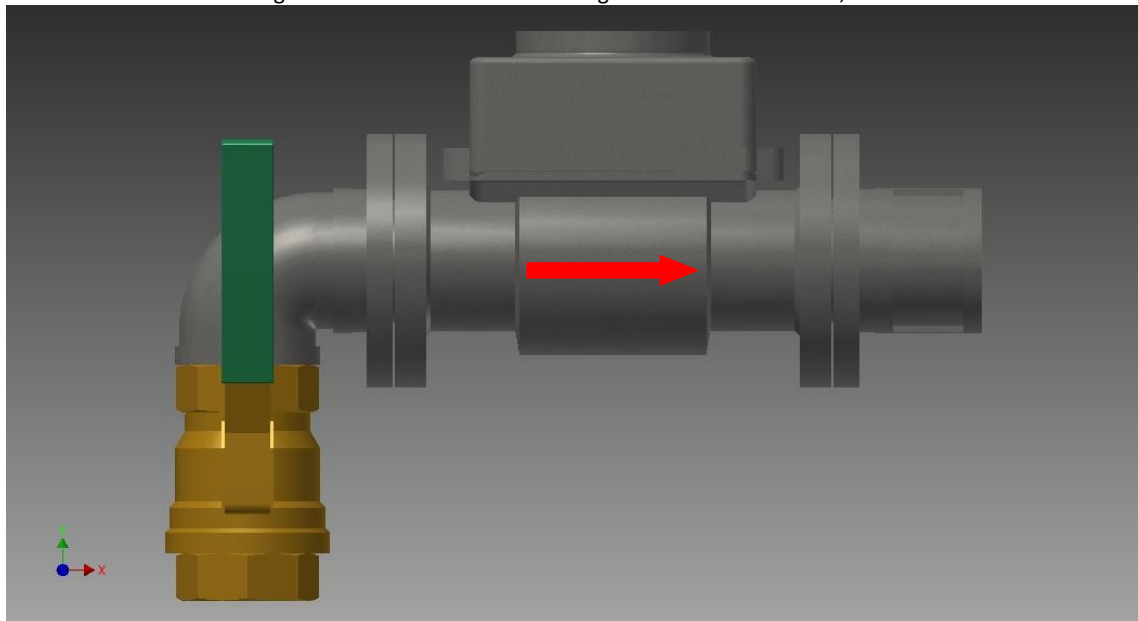


Figura 48. Esquema

25.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 50

Modelo: Aquila
Nº serie: C10JF0000616

25.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único

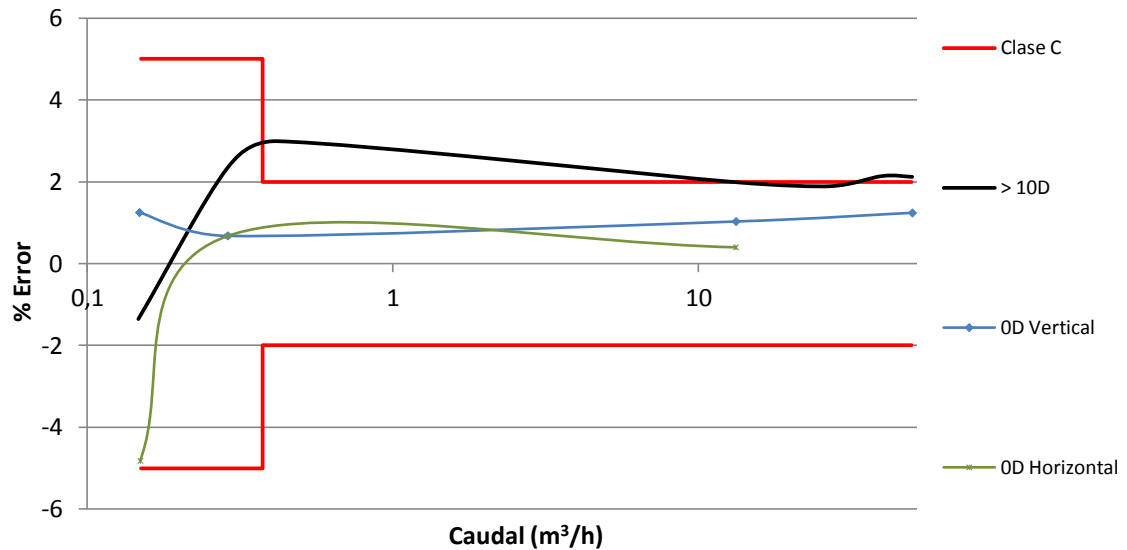
Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 0 D

Curva ensayo doble codo aguas arriba



Un doble codo de 90° a una distancia de 0 diámetros aguas arriba del contador **NO AFECTA** a la medición de estos contadores ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que único codo tampoco lo haga.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 50

Elemento: Tramo recto

Distancia a contador: 0 D

Un tramo recto, suficientemente largo, de tubería aguas arriba son las condiciones idóneas de instalación de un contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

25.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

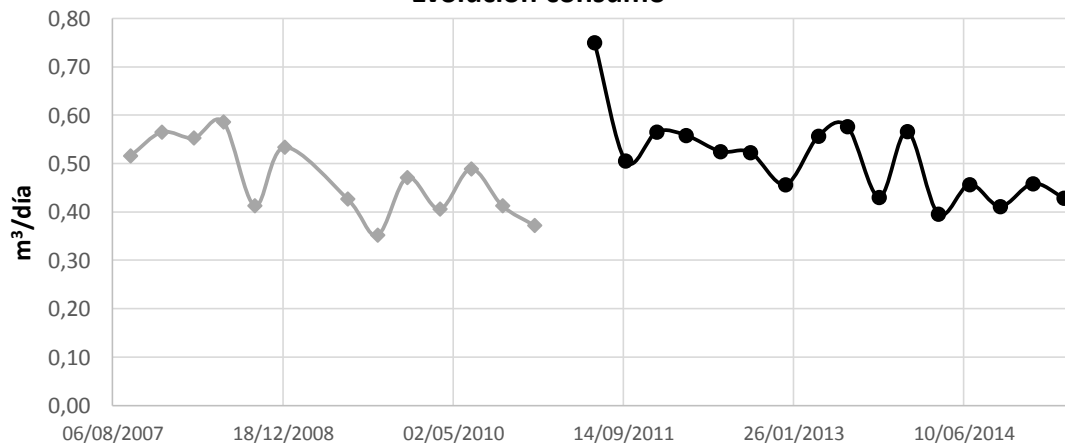
Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	759	91	39	0.43
30/12/2014	720	96	44	0.46
25/09/2014	676	90	37	0.41
27/06/2014	639	92	42	0.46
27/03/2014	597	91	36	0.40
26/12/2013	561	83	47	0.57
04/10/2013	514	93	40	0.43
03/07/2013	474	85	49	0.58
09/04/2013	425	97	54	0.56
02/01/2013	371	103	47	0.46
21/09/2012	324	88	46	0.52
25/06/2012	278	101	53	0.52
16/03/2012	225	86	48	0.56
21/12/2011	177	92	52	0.57
20/09/2011	125	91	46	0.51
21/06/2011	79	92	69	0.75
Promedio				0.49

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
27/12/2010	1153	94	35	0.37
24/09/2010	1118	92	38	0.41
24/06/2010	1080	92	45	0.49
24/03/2010	1035	96	39	0.41
18/12/2009	996	87	41	0.47
22/09/2009	955	88	31	0.35
26/06/2009	924	185	79	0.43
23/12/2008	845	88	47	0.53
26/09/2008	798	92	38	0.41
26/06/2008	760	87	51	0.59
31/03/2008	709	94	52	0.55
28/12/2007	657	92	52	0.57
27/09/2007	605	93	48	0.52
Promedio				0.47

Evolución consumo



Los consumos medios de ambos contadores han sido iguales y todos los datos son coherentes.

25.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

No se considera necesario ensayar el contador en el banco de pruebas del laboratorio.

25.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

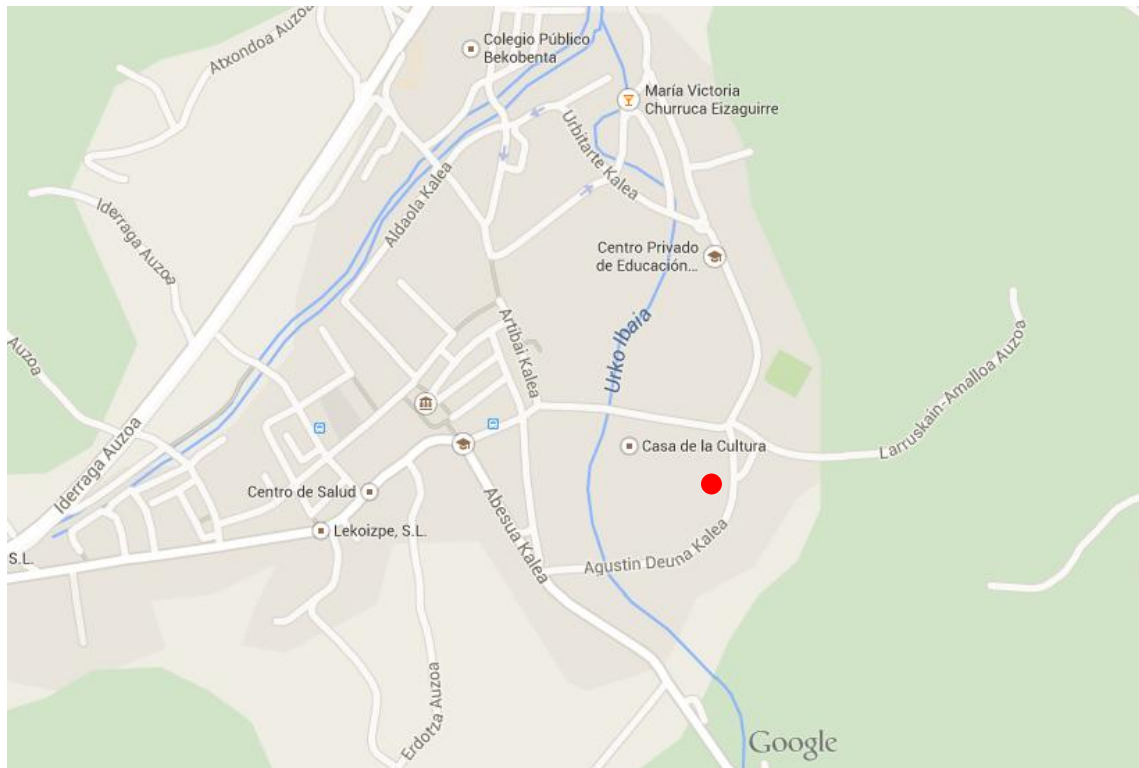
25.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

26 X10 (Centro de cuidado), M-X

26.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el cuarto de mantenimiento de un **centro de cuidado diario**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



26.2 Foto y esquema

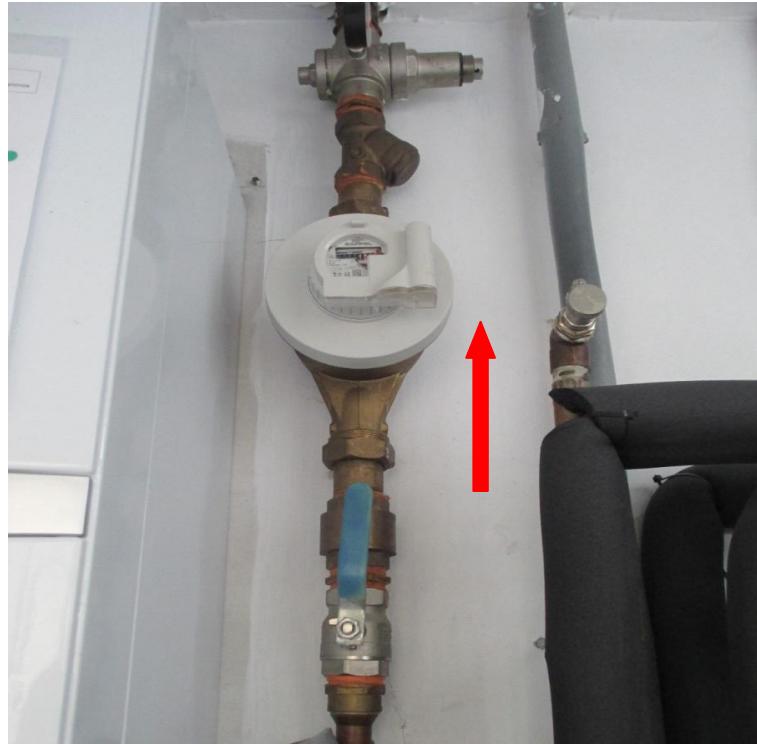


Figura 49. Foto de la instalación original del contador en X10, M-X.

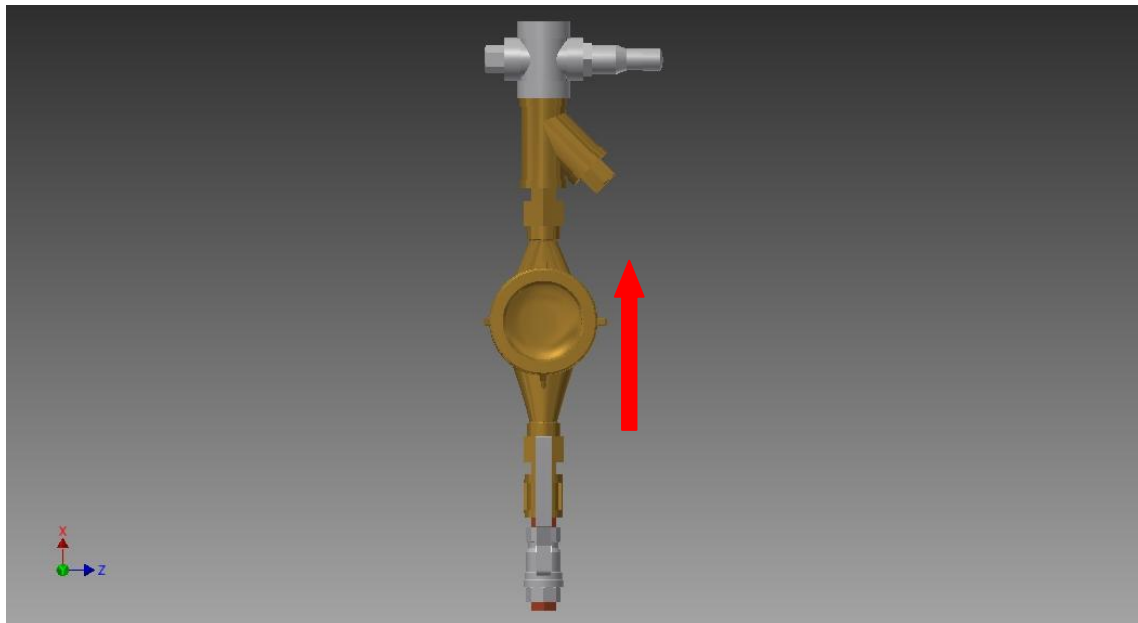


Figura 50. Esquema

26.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C11SE0005911

26.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de bola 0° 90% cerrada

Distancia a contador: 0 D

Actual

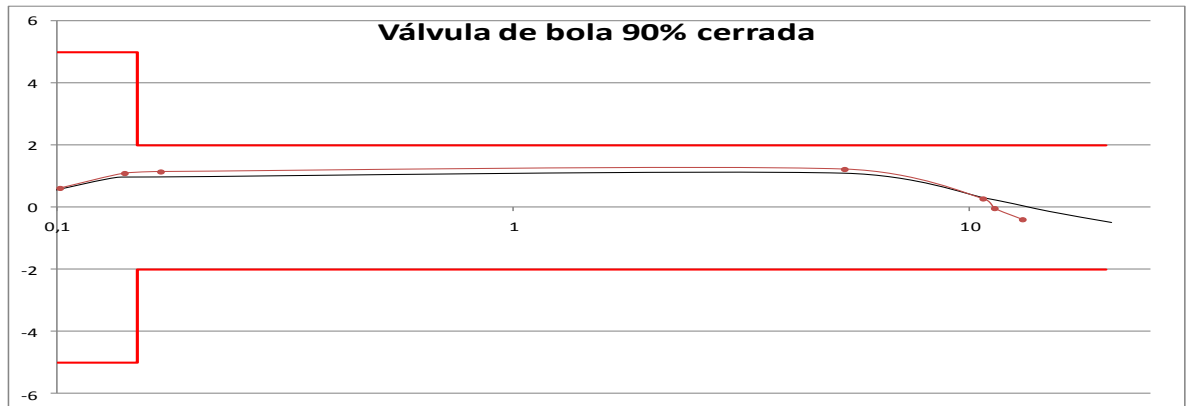
Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de bola 0° 0% cerrada

Distancia a contador: 0 D



En el gráfico anterior se observa cómo una válvula de bola cerrada en un 90% colocada a 0 Diámetros aguas arriba de un contador volumétrico, no afecta a la lectura de este, con lo que se concluye que si la válvula está completamente abierta tampoco afectará a las lecturas del contador.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann,

Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

Se han realizado ensayos con filtros sucios y limpios aguas abajo de contadores de las tecnologías mencionadas en la columna “ensayado”, no afectando a ninguna de ellas, por lo que cabe esperar que en este caso, el filtro **NO AFECTE** a la lectura del contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

26.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

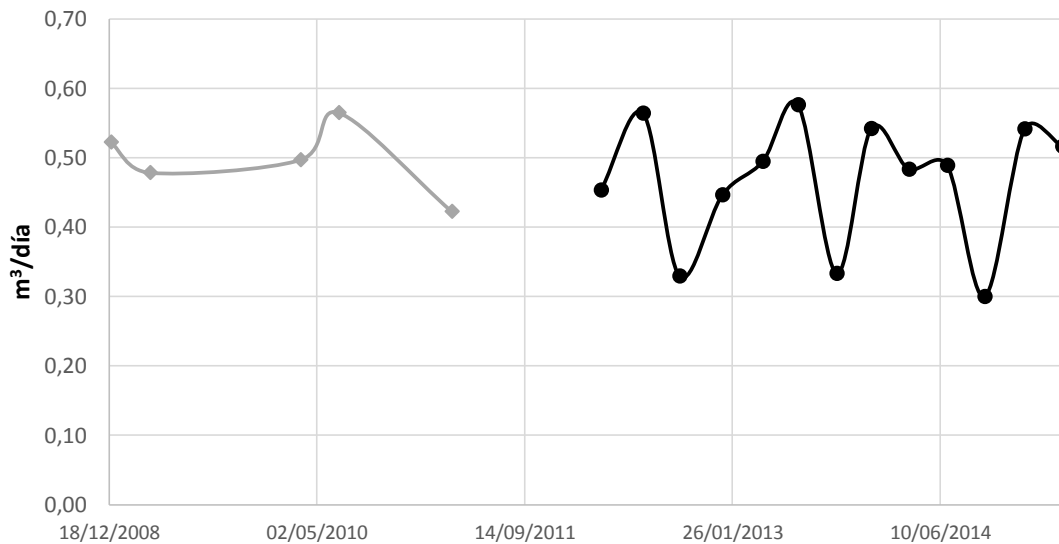
Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	601	91	47	0.52
30/12/2014	554	96	52	0.54
25/09/2014	502	90	27	0.30
27/06/2014	475	92	45	0.49
27/03/2014	430	91	44	0.48
26/12/2013	386	83	45	0.54
04/10/2013	341	93	31	0.33
03/07/2013	310	85	49	0.58
09/04/2013	261	97	48	0.49
02/01/2013	213	103	46	0.45
21/09/2012	167	88	29	0.33
25/06/2012	138	101	57	0.56
16/03/2012	81	86	39	0.45
			Promedio	0.47

El consumo es bastante uniforme, con mínimos recurrentes durante los meses de verano.

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
23/03/2011	484	272	115	0.42
24/06/2010	369	92	52	0.57
24/03/2010	317	362	180	0.50
27/03/2009	137	94	45	0.48
23/12/2008	92	88	46	0.52
			Promedio	0.50

Evolución consumo



Aunque no hay muchos puntos de lectura en el contador antiguo, los consumos medios de ambos contadores han sido iguales y todos los datos son coherentes.

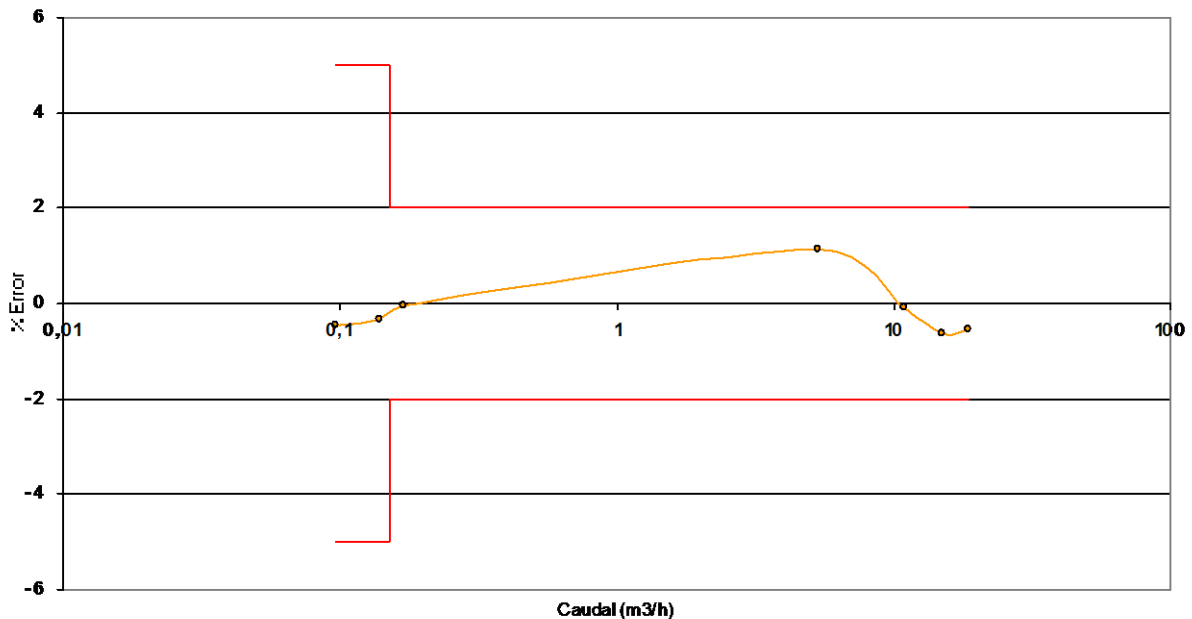
26.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
21,54	997,87	1,19

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,097	-0,48
2	0,138	-0,35
3	0,169	-0,04
4	5,333	1,13
5	10,837	-0,09
6	15,024	-0,62
7	18,584	-0,56

CURVA DE ERROR



26.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

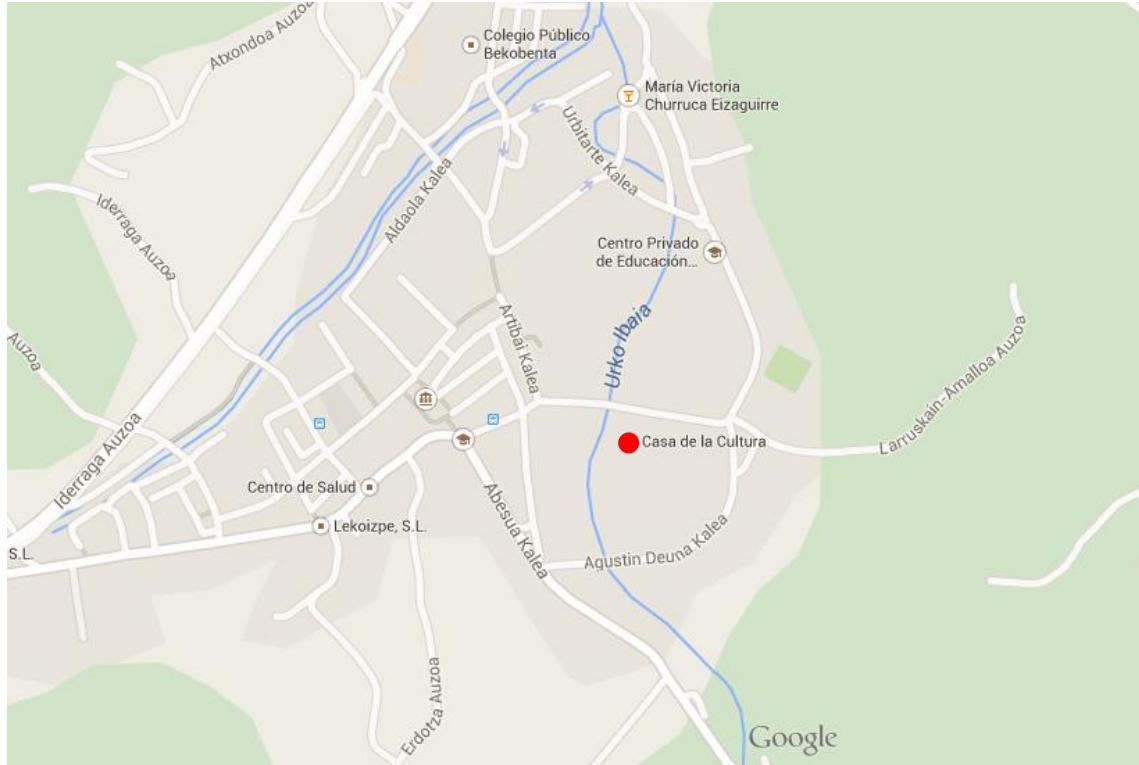
26.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

27 Xe10 (Toma Municipal), M-X

27.1 Ubicación y uso

El contador está en un nicho al lado de un **bar**.



27.2 Foto y esquema

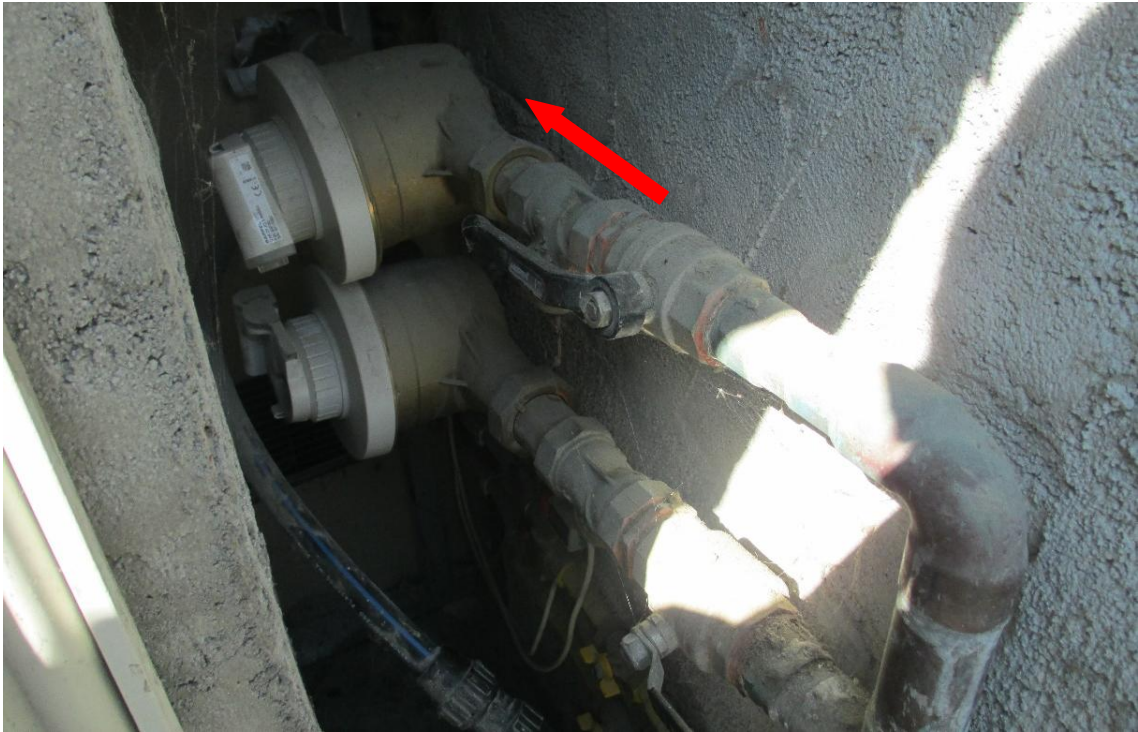


Figura 51. Foto de la instalación original del contador (el de abajo) en Xe10 (Bar), M-X.

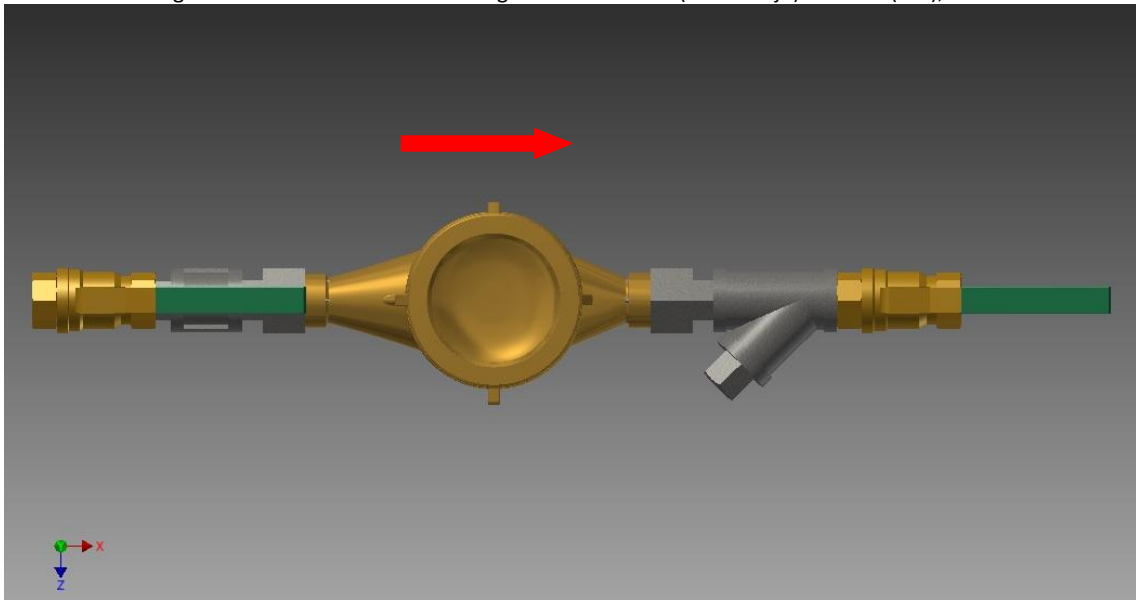


Figura 52. Esquema

27.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003492

27.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de bola 0° 90% cerrada

Distancia a contador: 0 D

Actual

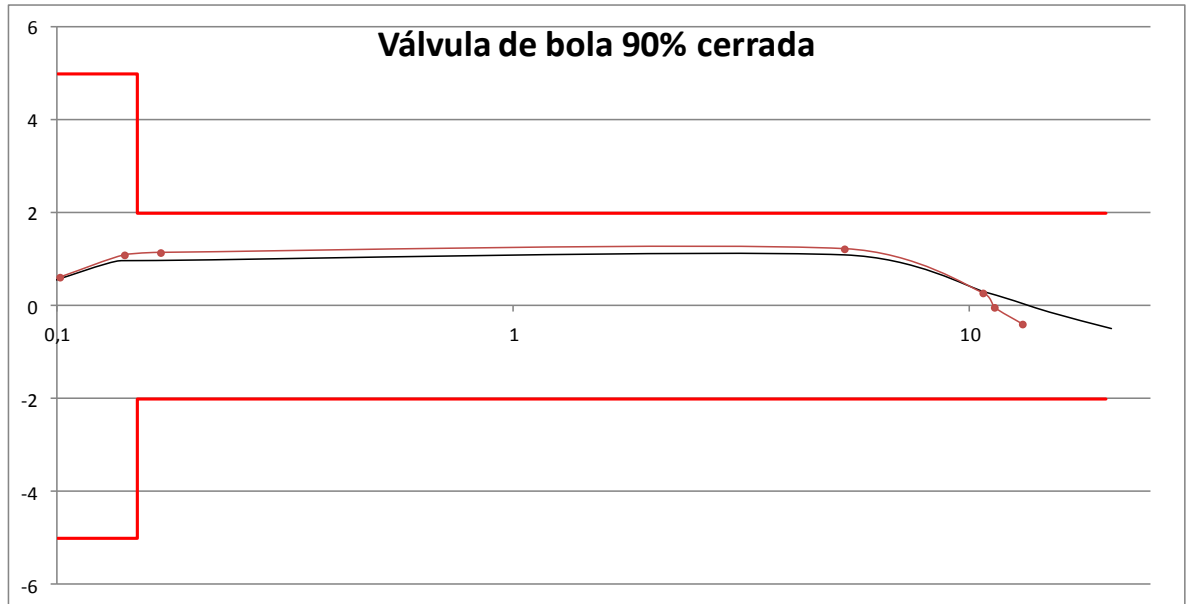
Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Válvula de bola 0° 0% cerrada

Distancia a contador: 0 D



En el gráfico anterior se observa cómo una válvula de bola cerrada en un 90% colocada a 0 Diámetros aguas arriba de un contador volumétrico, no afecta a la lectura de este, con lo que se concluye que si la válvula está completamente abierta tampoco afectará a las lecturas del contador.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único, Woltmann,
Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

Se han realizado ensayos con filtros sucios y limpios aguas abajo de contadores de las tecnologías mencionadas en la columna "ensayado", no afectando a ninguna de ellas, por lo que cabe esperar que en este caso, el filtro **NO AFECTE** a la lectura del contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

27.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

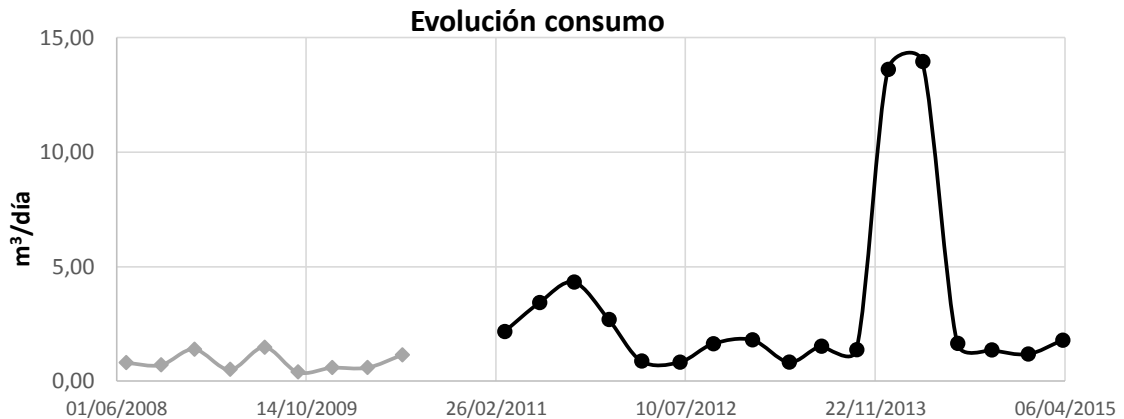
Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	5171	91	162	1.78
30/12/2014	5009	96	113	1.18
25/09/2014	4896	90	122	1.36
27/06/2014	4774	92	151	1.64
<i>27/03/2014</i>	<i>4623</i>	<i>91</i>	<i>1269</i>	<i>13.95</i>
<i>26/12/2013</i>	<i>3354</i>	<i>83</i>	<i>1129</i>	<i>13.60</i>
04/10/2013	2225	93	127	1.37
03/07/2013	2098	85	129	1.52
09/04/2013	1969	97	80	0.82
02/01/2013	1889	103	185	1.80
21/09/2012	1704	88	143	1.63
25/06/2012	1561	101	83	0.82
16/03/2012	1478	86	75	0.87
21/12/2011	1403	92	247	2.68
20/09/2011	1156	91	393	4.32
21/06/2011	763	92	315	3.42
21/03/2011	448	95	205	2.16
			Promedio	1.82

Sin incluir los picos de consumo marcados en cursiva que son totalmente anómalos, el promedio es 1,82.

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
24/06/2010	1914	92	105	1.14
24/03/2010	1809	93	55	0.59
21/12/2009	1754	90	53	0.59
22/09/2009	1701	88	35	0.40
26/06/2009	1666	91	134	1.47
27/03/2009	1532	94	48	0.51
23/12/2008	1484	88	122	1.39
26/09/2008	1362	92	65	0.71
26/06/2008	1297	87	70	0.80
			Promedio	0.84



Como puede verse, el consumo es relativamente constante exceptuando los dos extremos registrados consecutivamente. Se constata un aumento en el consumo entre el contador antiguo y el actual. La única explicación a los dos picos de consumo es que al ser una toma municipal, haya habido algún evento puntual en esas fechas que haya hecho aumentar el consumo.

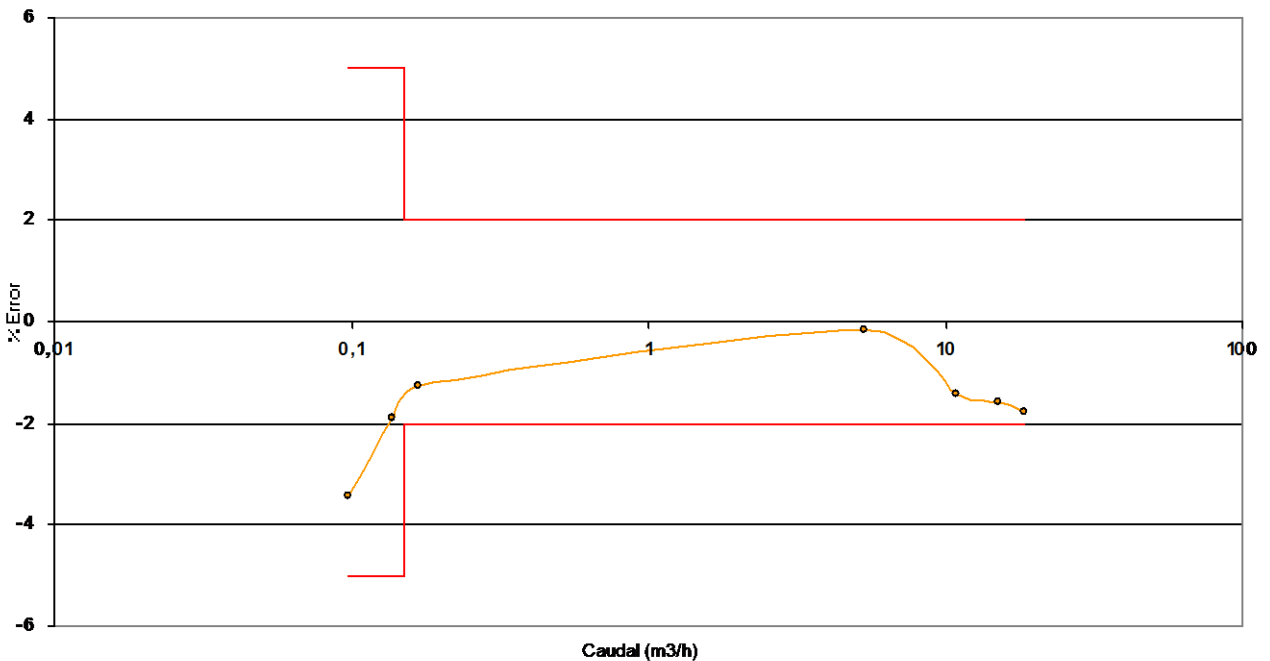
27.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**.

RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
22,32	997,70	1,17

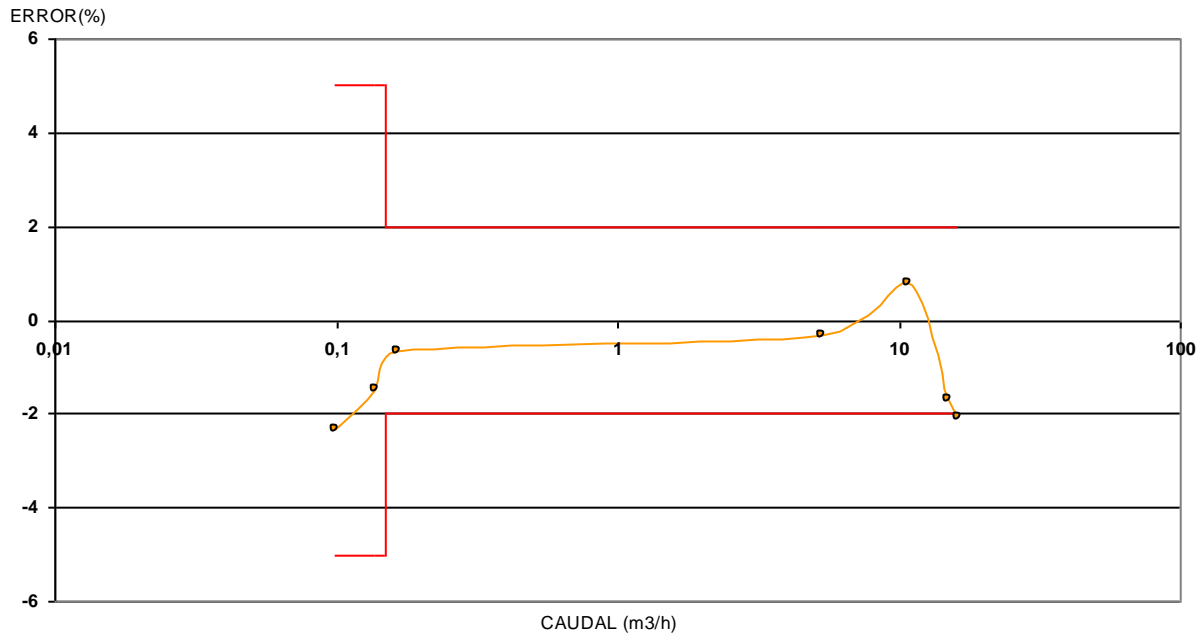
Nº	Caudal Consigna (m3/h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,099	-5,65
2	0,160	-3,12
3	0,197	-1,88
4	5,324	-0,30
5	10,869	-2,73
6	15,033	-1,38
7	18,030	-1,98

CURVA DE ERROR



Como se puede apreciar en la Figura 51 de la página 33, el contador que se está estudiando está girado. Según el fabricante de este contador, puede trabajar indistintamente en cualquier posición. Se quiere comprobar esa afirmación y descartar cualquier mal funcionamiento debido a la instalación del mismo.

GIRADO



Del resultado del ensayo del contador girado, se concluye que tal y como afirma el fabricante no afecta a su curva de error.

27.7 Estimación económica

Se estima que este contador mide **CORRECTAMENTE** los consumos.

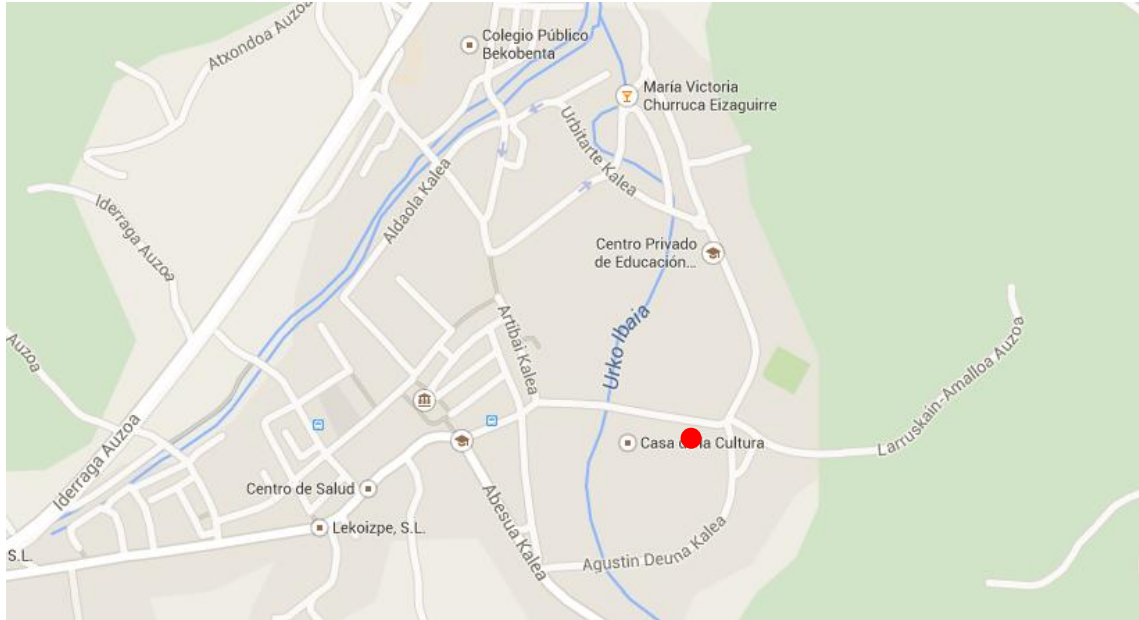
27.8 Conclusiones

Del análisis realizado se concluye que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos aunque tiene dos puntos discordantes, se puede concluir que es una anomalía puntual, y los ensayos realizados al contador, tanto el normal como el girado en la mismas condiciones de instalación son buenos, por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento.

28 X12 (Escuela), M-X

28.1 Ubicación y uso

El contador está en un nicho en la entrada de una **escuela**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



28.2 Foto y esquema

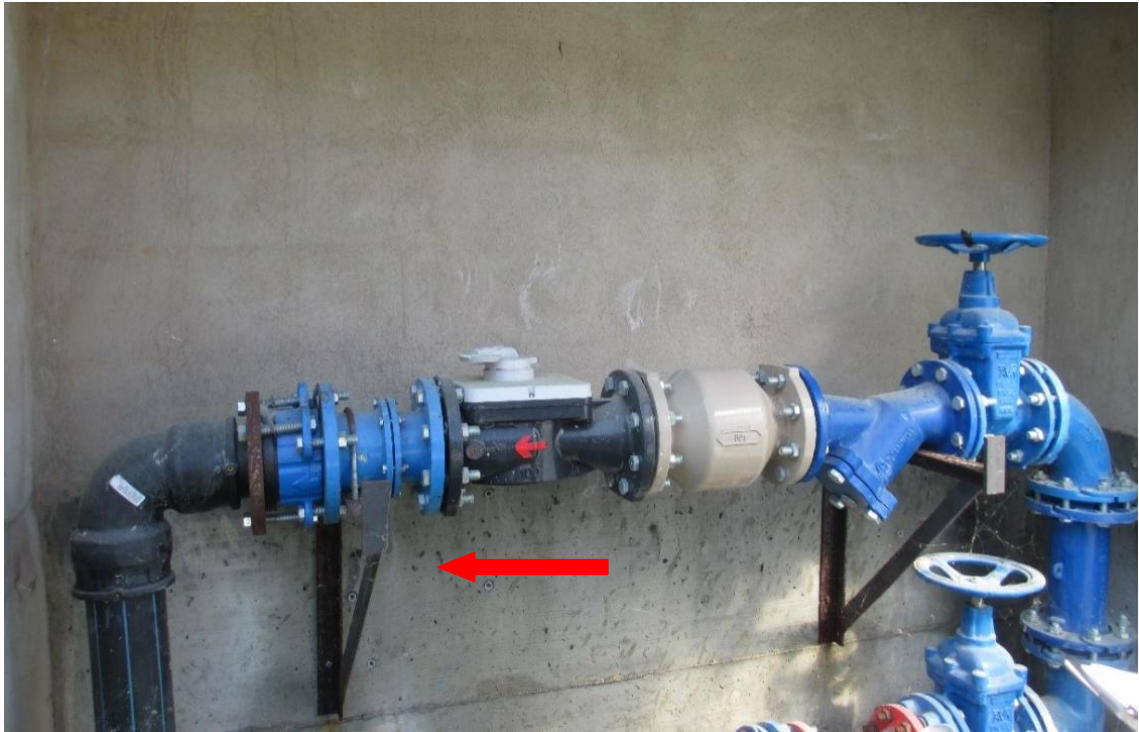


Figura 53. Foto de la instalación original del contador en X12 (Escuela), M-X.

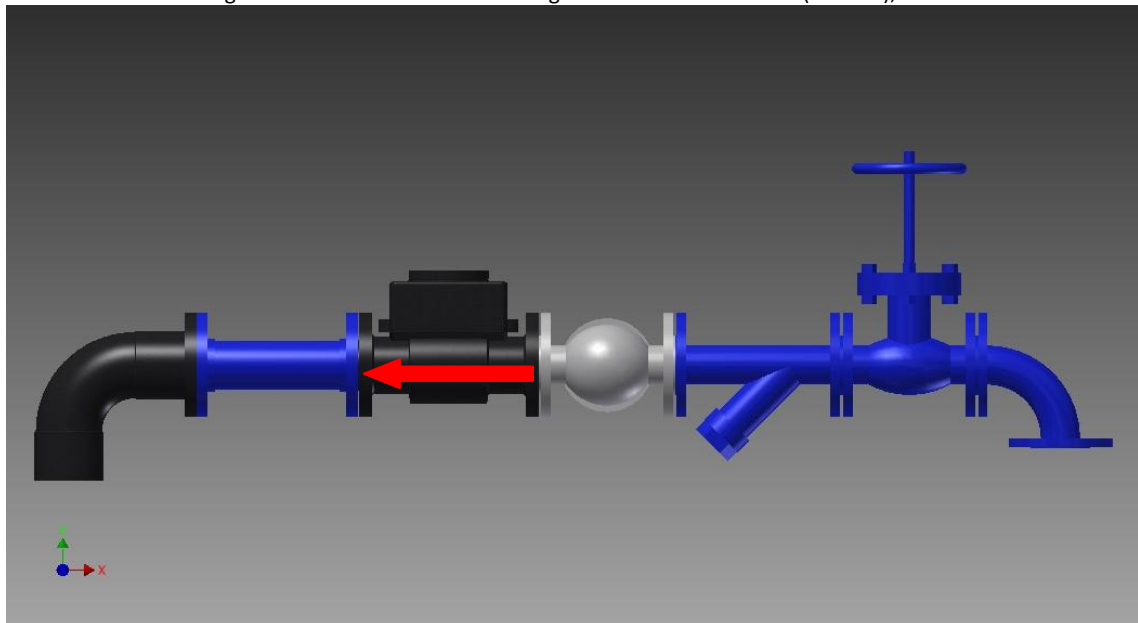


Figura 54. Esquema

28.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 100

Modelo: Aquila
Nº serie: C09HI0000254

28.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Válvula antirretorno de clapeta

Distancia a contador: 0 D

Actual

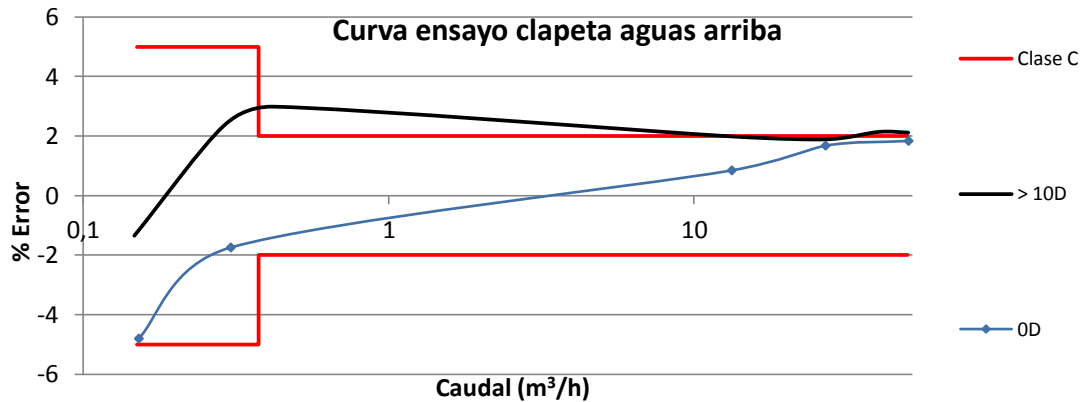
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 100

Elemento: Válvula antirretorno de clapeta

Distancia a contador: 0 D



La lectura del contador, inmediatamente después de una válvula antirretorno de clapeta, no se ve afectada hasta valores fuera de la normativa, aunque a caudales bajos está cerca del límite. Aun así, se considera que **NO AFECTA**.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 65

Elemento: Doble codo 90°

Distancia a contador: 0 D

Actual

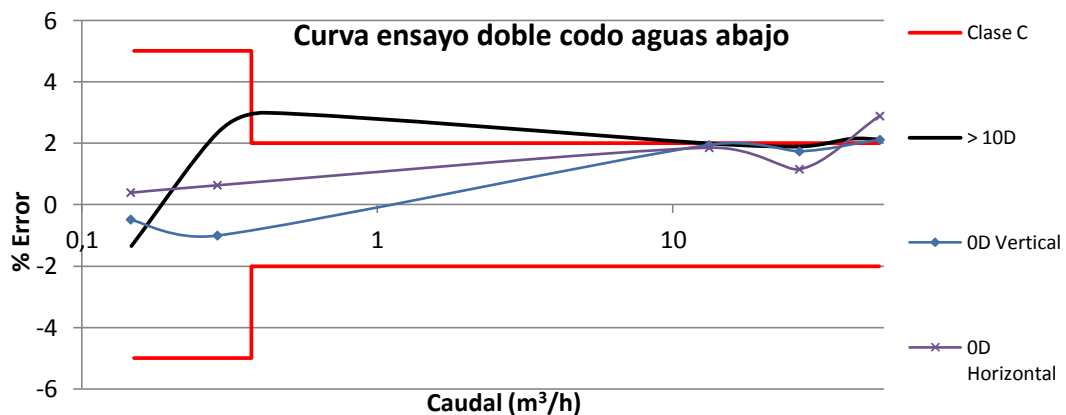
Tecnología: Chorro único

Modelo: Aquila

DN: 100

Elemento: Codo 90° vertical

Distancia a contador: 2 D



Un doble codo colocado a 0 diámetros aguas abajo no afecta a lectura del contador ni en posición horizontal ni en posición vertical, por lo que cabe esperar que un único codo horizontal **NO AFECTE**.
En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

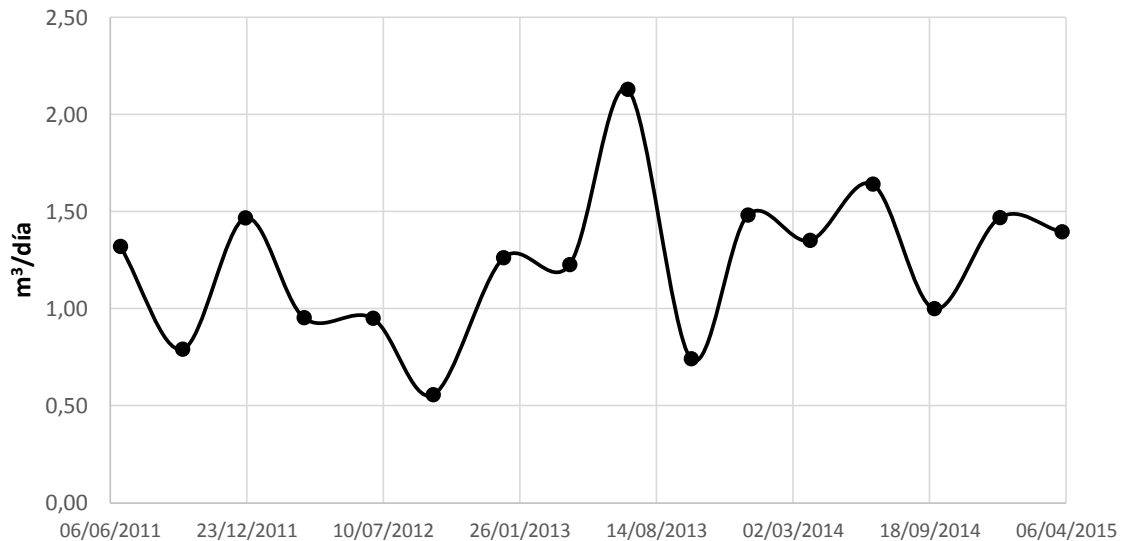
28.5 Análisis del histórico de consumos

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	2259	91	127	1.40
30/12/2014	2132	96	141	1.47
25/09/2014	1991	90	90	1.00
27/06/2014	1901	92	151	1.64
27/03/2014	1750	91	123	1.35
26/12/2013	1627	83	123	1.48
04/10/2013	1504	93	69	0.74
03/07/2013	1435	85	181	2.13
09/04/2013	1254	97	119	1.23
02/01/2013	1135	103	130	1.26
21/09/2012	1005	88	49	0.56
25/06/2012	956	101	96	0.95
16/03/2012	860	86	82	0.95
21/12/2011	778	92	135	1.47
20/09/2011	643	91	72	0.79
21/06/2011	571	362	478	1.32

Promedio

1.23

Evolución consumo



Se aprecia un consumo medio relativamente constante a lo largo del tiempo con mínimos repitiéndose sistemáticamente durante los meses de verano, exactamente lo que se espera de una escuela.

28.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

No se considera necesario ensayar el contador en el banco de pruebas del laboratorio.

28.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

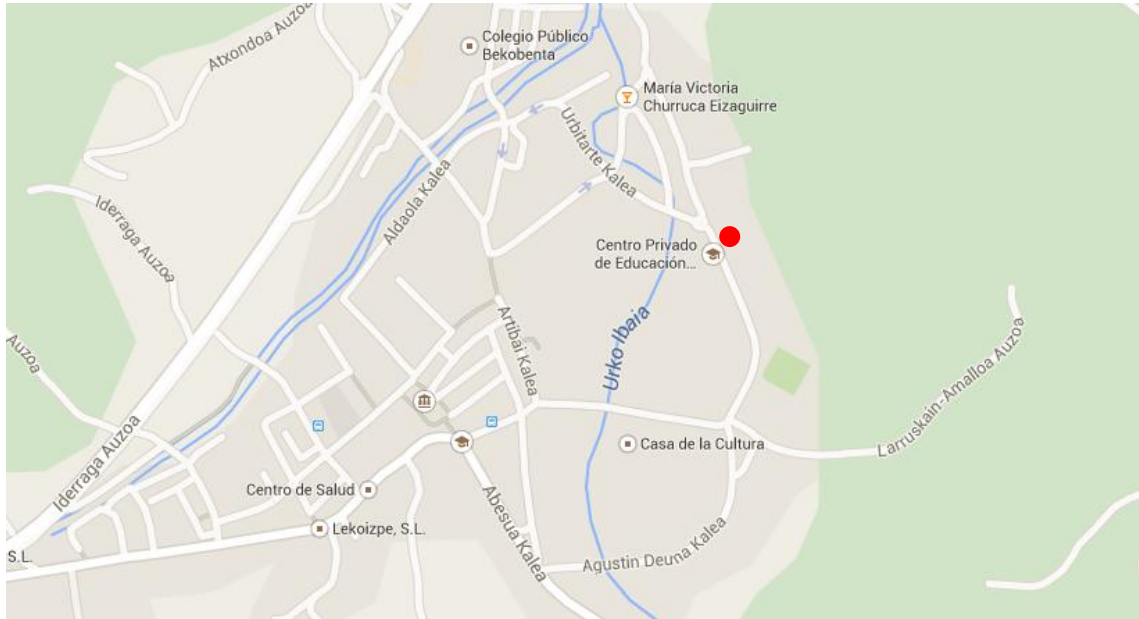
28.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

29 X19 (Escuela), M-X

29.1 Ubicación y uso

El contador se encuentra en el cuarto de mantenimiento de una **escuela**. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



29.2 Foto y esquema



Figura 55. Foto de la instalación original del contador en X19 (Escuela), M-X.

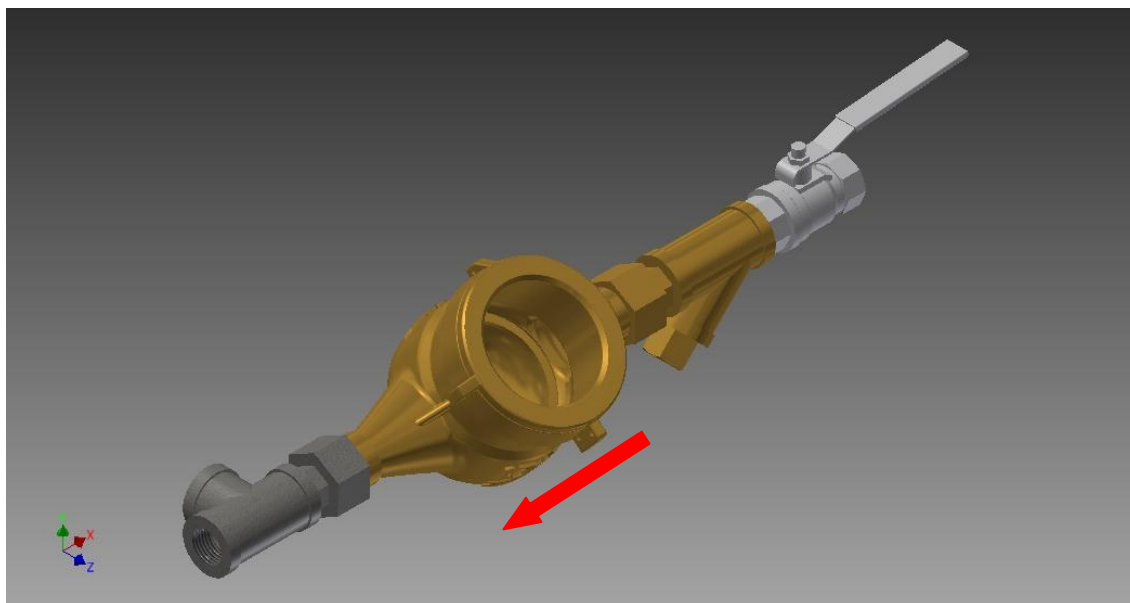


Figura 56. Esquema

29.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0004755

29.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Filtro

Distancia a contador: 0 D

FILTRO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Sucio	-6%	✓

Tal y como refleja la tabla anterior, un filtro colocado inmediatamente aguas arriba no afecta en principio a ninguna tecnología, excepto en forma de un pequeño subcontaje a los contadores electromagnéticos. Si bien es cierto que una colmatación excesiva puede ocasionar sobrecontaje en contadores tipo Woltmann. No obstante, se entiende que el grado de colmatación del filtro estará dentro de unos límites razonables, por lo que se considera que en este caso, las condiciones de instalación **NO AFECTAN**.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnología:

Modelo:

DN:

Elemento:

Distancia a contador:

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: Altair

DN: 40

Elemento: Te

Distancia a contador: 0 D

Una "te" puede considerarse como un codo o un tramo recto según la situación. En este caso, ya que no cambia la dirección del agua, se considera simplemente como un tramo recto. Un tramo recto, suficientemente largo, de tubería aguas arriba son las condiciones idóneas de instalación de un contador.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

29.5 Análisis del histórico de consumos

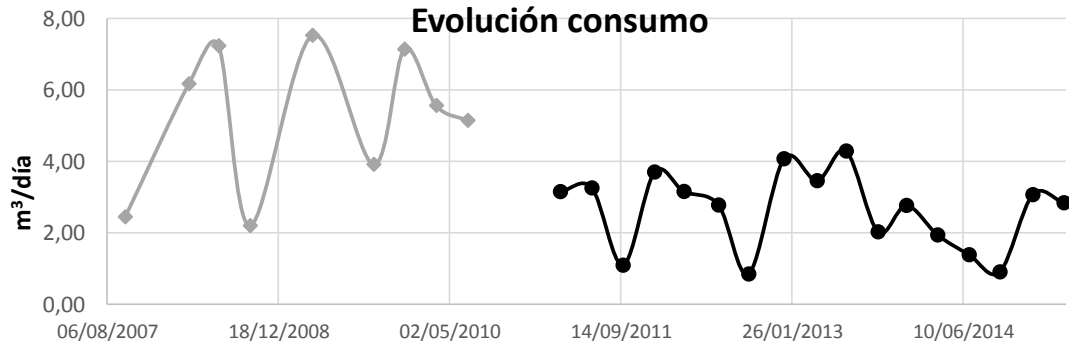
Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
31/03/2015	4585	91	259	2.85
30/12/2014	4326	96	295	3.07
25/09/2014	4031	90	82	0.91
27/06/2014	3949	92	128	1.39
27/03/2014	3821	91	177	1.95
26/12/2013	3644	83	230	2.77
04/10/2013	3414	93	189	2.03
03/07/2013	3225	85	365	4.29
09/04/2013	2860	97	336	3.46
02/01/2013	2524	103	420	4.08
21/09/2012	2104	88	75	0.85
25/06/2012	2029	101	281	2.78
16/03/2012	1748	86	272	3.16
21/12/2011	1476	92	341	3.71
20/09/2011	1135	91	100	1.10
21/06/2011	1035	92	300	3.26
21/03/2011	735	95	300	3.16
Promedio				2.64

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
24/06/2010	27453	92	474	5.15
24/03/2010	26979	93	518	5.57
21/12/2009	26461	90	643	7.14
22/09/2009	25818	179	702	3.92
27/03/2009	25116	182	1371	7.53
26/09/2008	23745	92	203	2.21
26/06/2008	23542	87	630	7.24
31/03/2008	22912	186	1149	6.18
27/09/2007	21763	93	228	2.45
Promedio				5.27



Para cada uno de los contadores se aprecia un consumo medio relativamente constante a lo largo del tiempo con mínimos repitiéndose sistemáticamente durante los meses de verano, exactamente lo que se espera de una escuela. Sin embargo, aunque los patrones de cada contador son muy similares (en la gráfica quizá no lo parezca tanto por el periodo de facturación más largo de varios puntos del primer contador, pero en la tabla se puede comprobar que efectivamente es así), el consumo medio del contador actual es la mitad del contador anterior.

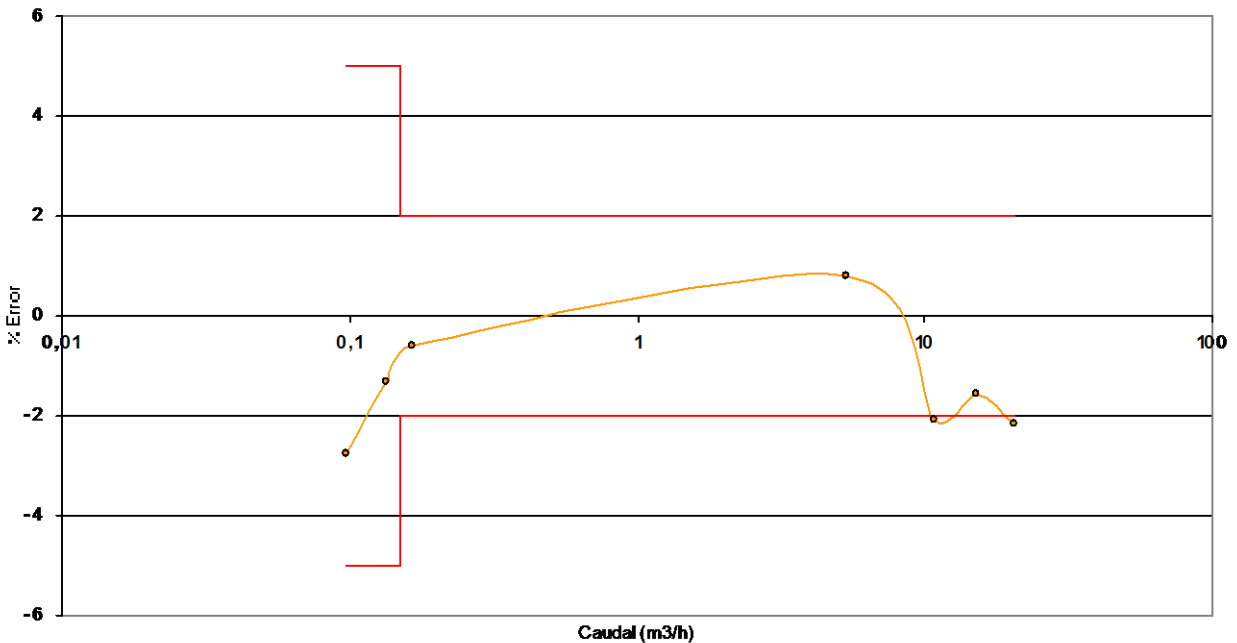
29.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

Tal y como se puede apreciar el resultado del ensayo del contador en condiciones de laboratorio es **CORRECTO**, pero para caudales altos está muy cerca del límite inferior, incluso lo sobrepasa por poco.

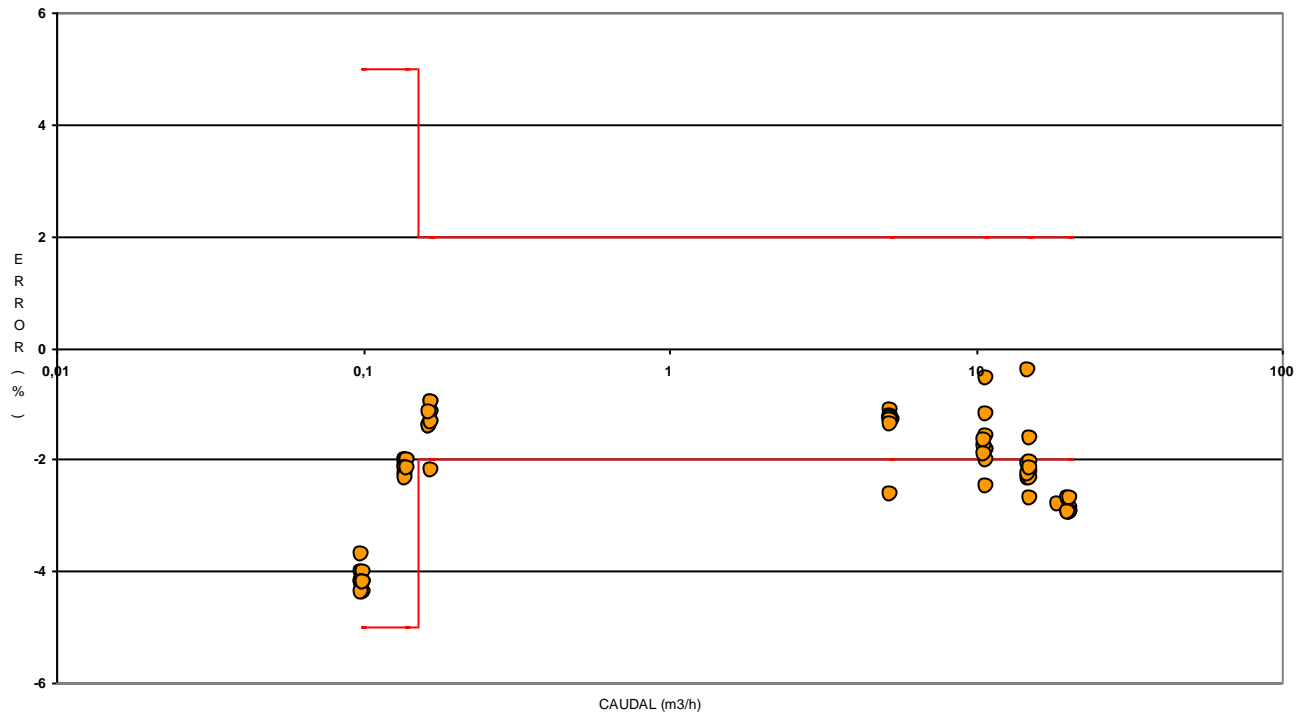
RESULTADOS DE CALIBRACION		
Tª media agua (°C)	P media agua (kg/m ³)	P media aire (Kg/m ³)
21,62	997,85	1,19

Nº	Caudal Consigna (m ³ /h)	Diferencia relativa de lecturas
1	0,097	-2,77
2	0,135	-1,30
3	0,164	-0,60
4	5,301	0,82
5	10,798	-2,08
6	14,986	-1,57
7	20,480	-2,14

CURVA DE ERROR	
----------------	--



Realizado un ensayo de larga duración para descartar la posibilidad de que tal y como se ha documentado en el capítulo anterior el contador sufra paradas aleatorias volviéndose a recuperar posteriormente, obteniendo los siguientes resultados para 70 puntos ensayados con un total de 95 m³ trasegados y un tiempo de ensayo de 11 horas. En principio, aunque no se puede descartar la posibilidad, se desestima cualquier anomalía que hubiera podido pasar oculta al ensayo normal, no encontrándose, tal y como se observa en la gráfica, ningún punto extraño o incoherente, si que se nota es una dispersión mayor de lo habitual en los puntos de mayor caudal, pero sin ninguna tendencia hacia el sobreconteo o subconteo, por lo que se descarta un funcionamiento errático del contador y se estima que funciona **CORRECTAMENTE**.



29.7 Estimación económica

Se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

No obstante, suponiendo la situación en la que el contador actual solo mide aproximadamente la mitad de lo que solía registrar el contador antiguo, se estima que se ha dejado de facturar:

$$2.5 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 1\,741 \text{ días} \cdot (2 \cdot 1.1569) \text{ €/m}^3 [\text{Tarifa 4, } (80 - 500)\text{m}^3] \approx \mathbf{10.000 \text{ €}}$$

Lo que supone **912 m³/año** o **2.111 €/año**.

29.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador, el histórico de consumos sigue una evolución lógica, y el ensayo realizado al contador arroja buenos resultados. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador. Sin embargo resulta interesante averiguar el porqué de la disminución de consumo de agua ya que por el tipo de consumidor, una residencia de estudiantes, no se explica tal disminución de consumo.

30 BL30 (Hotel), M

30.1 Ubicación y uso

El contador está en una arqueta en la calzada delante de un **hotel** en M. al que abastece. Se factura el consumo de acuerdo a la Tarifa 4.



30.2 Foto y esquema



Figura 57. Foto de la instalación original del contador en BL, 30, M.

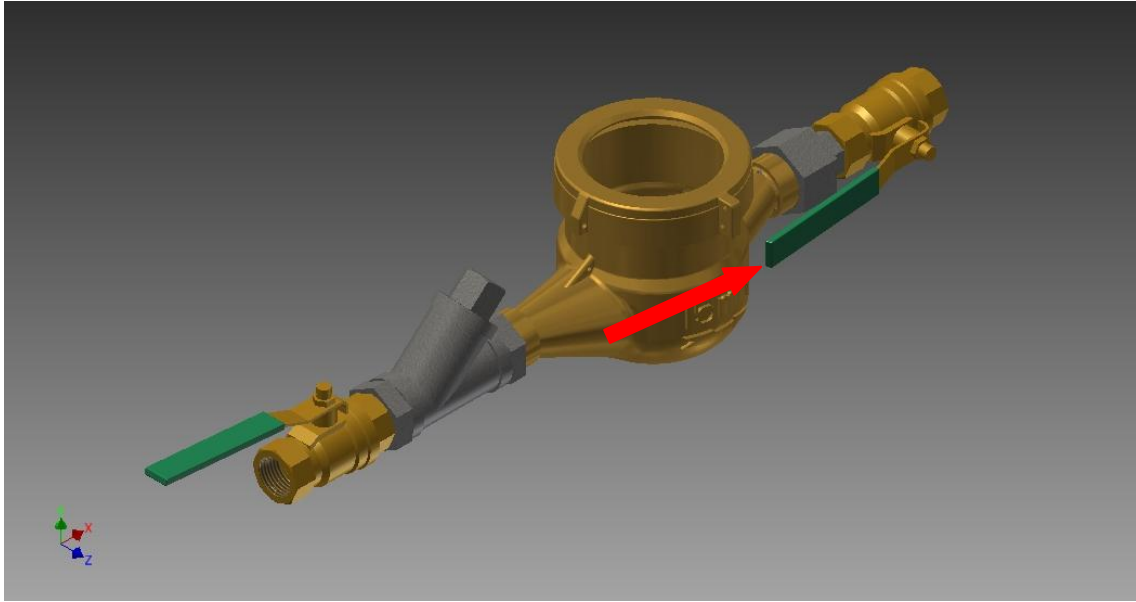


Figura 58. Esquema

30.3 Datos Contador

Marca: DIEHL
DN: 40

Modelo: Altair
Nº serie: C10EE0003494

30.4 Análisis instalación

Aguas arriba

Ensayados

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético
DN: 65 y 100
Elemento: Filtro
Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico
Modelo: Altair
DN: 40
Elemento: Filtro
Distancia a contador: 0 D

FILTRO				
Tecnología	Posición	Configuración	0 D	3 D
Chorro único	✓	✓	✓	
Woltmann	✓	✓	✓	
Ultrasonidos	✓	✓	✓	
Electromagnético	Aguas arriba	Sucio	-6%	✓

Tal y como refleja la tabla anterior, un filtro colocado inmediatamente aguas arriba no afecta en principio a ninguna tecnología, excepto de en forma de un pequeño subcontaje a los contadores electromagnéticos. Si bien es cierto que una colmatación excesiva puede ocasionar sobrecontaje en contadores tipo Woltmann. No obstante, se entiende que el grado de colmatación del filtro estará dentro de unos límites razonables, por lo que se considera que en este caso, las condiciones de instalación **NO AFECTAN**.

Aguas abajo

Ensayado

Tecnologías: Chorro único, Woltmann, Ultrasonidos y Electromagnético

DN: 65 y 100

Elemento: Válvulas de **compuerta y mariposa**

Distancia a contador: 0 D

Actual

Tecnología: Volumétrico

Modelo: **Altair**

DN: 40

Elemento: Válvula **bola** 90º completamente abierta

Distancia a contador: 0 D

En base al análisis de los resultados de todos los ensayos realizados en el laboratorio y reflejados en el capítulo 4, se considera que una “válvula de bola completamente abierta” colocada aguas abajo de un contador volumétrico **NO AFECTA** a las lecturas de este.

En definitiva para este contador las condiciones de la instalación **NO LE AFECTAN**.

30.5 Análisis del histórico de consumos

Se tiene el histórico de consumos de dos contadores diferentes, el instalado actualmente y el anterior.

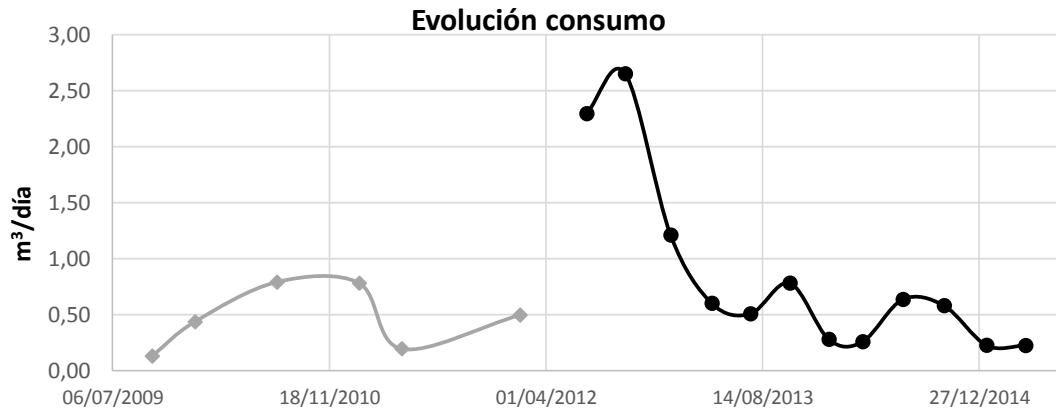
Contador actual

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
13/04/2015	978	90	20	0.22
13/01/2015	958	98	22	0.22
07/10/2014	936	95	55	0.58
04/07/2014	881	93	59	0.63
02/04/2014	822	78	20	0.26
14/01/2014	802	90	25	0.28
16/10/2013	777	91	71	0.78
17/07/2013	706	89	45	0.51
19/04/2013	661	95	57	0.60
14/01/2013	604	105	127	1.21
<i>01/10/2012</i>	<i>477</i>	<i>89</i>	<i>236</i>	<i>2.65</i>
<i>04/07/2012</i>	<i>241</i>	<i>61</i>	<i>140</i>	<i>2.30</i>
			Promedio	0.53

Las primeras lecturas justo después del cambio de contador, marcadas en rojo y cursiva, presentan cifras totalmente fuera del rango de cualquier otra medición, tanto de este mismo contador como del anterior, que por otra parte registran valores uniformes. Antes que contemplar un cambio repentino y muy puntual en el consumo, parece más razonable creer que hubo algún problema en la manipulación del contador o de los registros durante la instalación, razón por la cual tales datos no se incluyen en el cómputo del promedio.

Contador antiguo

Fecha Lectura	Índice	Días	m ³	m ³ /día
01/02/2012	560	273	135	0.49
04/05/2011	425	98	19	0.19
26/01/2011	406	190	148	0.78
20/07/2010	258	189	149	0.79
12/01/2010	109	99	43	0.43
05/10/2009	66	94	12	0.13
			Promedio	0.47



Efectivamente, excluyendo los dos primeros picos del contador actual, los consumos medios entre los dos contadores son equiparables.

30.6 Ensayo del contador en el banco de pruebas

No se ha podido ensayar en el banco de pruebas del laboratorio.

30.7 Estimación económica

Con los datos que se tienen, no se aprecian indicios de ningún tipo de anomalía, por lo tanto se estima que se han registrado los consumos **CORRECTOS**.

30.8 Conclusiones

No hay razones para pensar en una lectura errónea, ya que la instalación no afecta a la curva de error del contador y el histórico de consumos sigue una evolución lógica. Por lo tanto todos los indicadores estudiados apuntan a un **CORRECTO** funcionamiento del contador.

CAPÍTULO 6

REPERCUSIONES ECONÓMICAS

ÍNDICE

6.	REPERCUSIONES ECONÓMICAS	6-3
6.1	INTRODUCCIÓN	6-3
6.2	VIABILIDAD ECONÓMICA PROTOCOLO RECEPCIÓN DE CONTADORES NUEVOS	6-4
6.3	REPERCUSIÓN ECONÓMICA DE LAS CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN	6-11
6.4	ENVEJECIMIENTO DE LOS CONTADORES, PROPUESTA PLAN DE RENOVACIÓN	6-15
6.5	CONCLUSIONES	6-22

6 REPERCUSIONES ECONÓMICAS

6.1 Introducción

Tal y como se ha comentado en el primer capítulo, en el momento en que se es consciente de que el agua es un recurso escaso, aparece la necesidad de contabilizarla para poder administrarla mejor. Surgen de este modo los dispositivos capaces de medir y cuantificar el volumen consumido. Existen sin embargo, diferentes grados o niveles de administración de este recurso. En un primer estadio aparecen los lugares donde no se considera muy escaso, o que tiene poco valor, entonces la instalación de contadores es meramente coercitiva, su función es instaurar una conciencia de que se está contabilizando el consumo de dicho recurso y que por lo tanto no hay que derrocharlo. Cuando el agua se considera escasa y de alto valor, es cuando a los medidores se les exige gran precisión y exactitud de medida y es cuando realmente entra dentro de los planes de los administradores el conservar, mantener y mejorar el parque de contadores disponible.

El valor de un recurso normalmente se cuantifica por su valor económico, aunque afortunadamente está creciendo en la sociedad una conciencia medioambiental en la que las materias primas y recursos naturales como el agua, adquieren valor por sí mismos más allá del diferente valor económico que puedan tener en función de la localización y de la abundancia o escasez existente.

A pesar de la tendencia hacia una mayor preocupación medioambiental por parte de la sociedad, no cabe duda de que lo que realmente sigue primando es la cuestión económica, que es lo que hace que un recurso se vuelva valioso y por lo tanto necesite de una buena contabilización y administración.

6.2 Viabilidad económica de un protocolo de recepción de contadores nuevos

Para realizar las pruebas recogidas en el capítulo 4, se han ensayado 10 contadores nuevos cedidos por empresas suministradoras de agua. Llama poderosamente la atención que 2 de esos contadores no funcionasen correctamente cometiendo graves errores. Si se limita el estudio a la muestra recibida en el laboratorio, se llega a la conclusión de que el 20% de los contadores nuevos no funcionan correctamente. Obviamente es una muestra muy pequeña y no es suficiente para llegar a ninguna conclusión, pero sí que genera cierta incertidumbre el pensar que se haya podido dar el caso, surgiendo la pregunta de si es una cuestión de suerte, buena o mala depende de para quién, o es realmente preocupante el porcentaje de contadores nuevos de medias y grandes dimensiones que presentan anomalías serias.

Con el primero de ellos saltó inmediatamente la alarma, ya que en el primer ensayo, en condiciones óptimas, se detectó que su curva de error tenía un subcontaje medio de un -16%. Este dato fue corroborado posteriormente por multitud de ensayos que se le fueron practicando al contador. La propiedad del contador envió otro nuevo exactamente igual al anterior y con número de serie correlativo al ensayado, con lo que cabe suponer que procedía del mismo lote de fabricación, resultando la curva de error de este segundo contador una buena curva, con unos resultados más que aceptables, mostraban un pequeño subcontaje, pero dentro de los parámetros permitidos por la normativa.

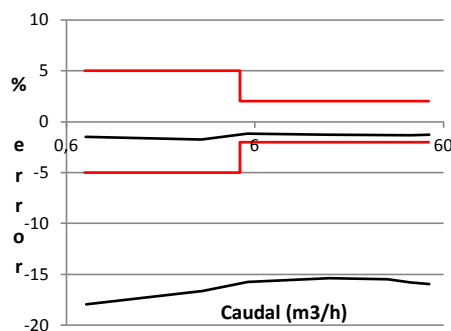


Ilustración 6.1 Curvas de error contadores defectuoso y correcto

Se va a tratar de cuantificar el perjuicio económico que podría haber causado este contador una vez instalado. Se trata de un contador de DN65, que si está bien dimensionado para la instalación a la que va a dar servicio, supone contabilizar una cantidad importante de m³ al día. Se desconocen trabajos o estudios que establezcan el consumo medio de este tamaño de contadores, con lo que para hacer una estimación se ha tomado como referencia el histórico

de consumo del contador de DN65 analizado en el capítulo 5, el cual tiene un consumo medio de los últimos 5 años de 98,96 m³/día, 100 redondeando.

Según la “Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua” del año 2012 del INE, el precio medio del agua en España se situó en 1.73€/m³ en el año 2012.

Tabla 6.1 Volúmenes y pérdidas acumuladas

Renovación (años)	Volumen total (m ³)	Volumen perdido (m ³)	Pérdida acumulada (€)
1	36500	5840	10.103 €
2	73000	11680	20.206 €
3	109500	17520	30.310 €
4	146000	23360	40.413 €
5	182500	29200	50.516 €
6	219000	35040	60.619 €
7	255500	40880	70.722 €
8	292000	46720	80.826 €
9	328500	52560	90.929 €
10	365000	58400	101.032 €

En la tabla 6.1 se muestra lo que sería el volumen total registrado por el contador a lo largo de los años y el volumen de agua y la cuantía económica que se hubiese ido perdiendo a lo largo de los mismos hasta la renovación del contador si este se hubiese instalado en las condiciones en las que llegó al laboratorio. Como se aprecia, resultan cantidades importantes tanto en m³ de agua no contabilizada como en Euros dejados de facturar.

El segundo caso fue completamente diferente, inicialmente la curva obtenida para el contador en condiciones óptimas no fue muy buena, con un par de puntos de sobrecontaje por encima de lo permitido por la normativa pero cerca de los límites. Sin embargo, con el transcurrir de los ensayos, se detectaron puntos anómalos que no eran achacables a las condiciones de los ensayos, fue así como se descubrió que el contador se quedaba parado en determinados momentos, principalmente a caudales altos, arrancando de nuevo de forma completamente aleatoria, se cree que el error es debido a un desacoplamiento magnético entre la turbina y el totalizador.

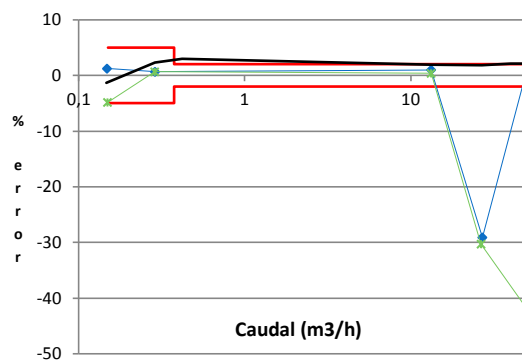


Ilustración 6.2 Curvas de error contador con paradas por desacoplamiento magnético entre la turbina y el totalizador

El análisis de este contador arroja un nivel mayor de complejidad, ya que se antoja difícil tanto la detección de la anomalía como la cuantificación del perjuicio económico causado por la misma. Ensayado normalmente en un banco de pruebas, bien pudiera haber pasado como aceptable, y sin embargo una vez instalado en la conducción, haberse detenido y no vuelto a arrancar o sí, ya que dependiendo de las características de consumo, el comportamiento de la anomalía podría haber sido diferente al mostrado en el banco de pruebas, donde se hace circular por el contador todo tipo de caudales, desde el mínimo hasta el máximo. Incluso sometiendo al contador a un ensayo de larga duración como los que se han hecho a lo largo de esta investigación, queda la duda de si se hubiese detectado su mal funcionamiento.

El hecho de que se hayan detectado estos dos casos resulta estimulante, ya que requiere la búsqueda de una solución que vaya más allá del consabido ensayo de una muestra más o menos grande y aleatoria de contadores nuevos a su recepción.

A continuación se hace un planteamiento con un enfoque diferente al de la mayoría de los estudios, ya que a diferencia de estos, que tratan con contadores domésticos, este se va a centrar en contadores con DN mayor o igual a 50 del parque de contadores de una empresa suministradora de agua en los que el número de unidades que se maneja no es tan grande, estudiando diferentes hipótesis basadas en los casos reales de los contadores nuevos recepcionados y ensayados en el laboratorio.

Un primer planteamiento que se puede realizar es el de que cuantos contadores nuevos hace falta detectar con un subcorte del 16%, como el del caso real acaecido y explicado anteriormente, para que sea económicamente rentable ensayar todas las nuevas adquisiciones, enviándolos directamente del fabricante al banco de pruebas independiente.

Para realizar este planteamiento, hace falta conocer el coste de ensayo por contador y el consumo medio diario.

En el caso del coste de ensayar un contador nuevo, este se limita a la tarifa del laboratorio de calibración y al transporte adicional que supone el envío del contador a través del banco de pruebas más los costes administrativos de la gestión. Más problemático resulta la obtención del consumo medio diario para un tamaño de contador determinado. Se ha intentado obtener los datos de los históricos de consumo de los contadores visitados, resultando datos que no guardan ninguna relación entre sí, hay gran disparidad de consumo para el mismo tamaño de contador e incluso consumos mayores para tamaños más pequeños. Esto conduce al planteamiento de la pregunta que se analiza en el siguiente apartado, ¿están realmente bien dimensionados los contadores para el uso que tienen?.

Se toma como consumo medio diario el caudal nominal del contador en m^3/h como $\text{m}^3/\text{día}$, es decir como si el contador funcionase en total solo una hora al día a su caudal nominal.

Tabla 6.2 Datos contadores

Diámetro nominal (mm)	Cantidad (ud.)	Coste ensayo contador (€)	Consumo medio diario ($\text{m}^3/\text{día}$)
50	1153	150	15
65	554	200	25
80	558	225	40
100	220	250	60
125	9	250	100
150	44	300	150
200	9	350	250

Los resultados que se obtienen para estas suposiciones, que se entienden mínimas, son los siguientes:

Tabla 6.3 Comparativa costes ensayo contadores nuevos

Diámetro nominal (mm)	Años reposición	Pérdida acumulada (m ³)	Pérdida acumulada (€)	Porcentaje defectuosos para igualar inversión (%)	Nº defectuosos para igualar inversión
50	5	4380	7.577 €	2,0%	23
	10	8760	15.155 €	1,0%	11
65	5	7300	12.629 €	1,6%	9
	10	14600	25.258 €	0,8%	4
80	5	11680	20.206 €	1,1%	6
	10	23360	40.413 €	0,6%	3
100	5	17520	30.310 €	0,8%	2
	10	35040	60.619 €	0,4%	1
125	5	29200	50.516 €	0,5%	0
	10	58400	101.032 €	0,2%	0
150	5	43800	75.774 €	0,4%	0
	10	87600	151.548 €	0,2%	0
200	5	73000	126.290 €	0,3%	0
	10	146000	252.580 €	0,1%	0

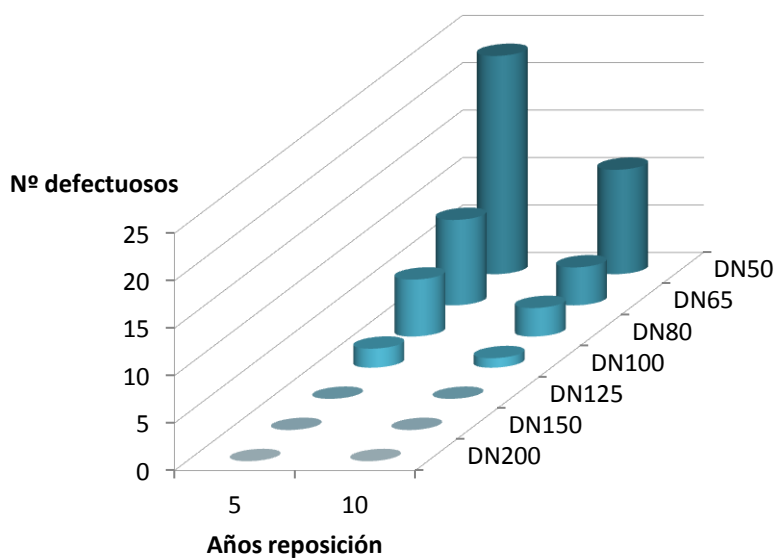


Ilustración 6.3 Comparativa costes ensayo contadores nuevos

Datos que revelan que no resulta tan descabellado el planteamiento hecho de ensayar todos los contadores nuevos, ya que si se toma como válido el dato conocido de que 2 contadores de cada 10 resultan defectuosos, se obtiene un porcentaje del 20%, que incluso siendo conservadores se puede limitar a contabilizar como incorrecto únicamente al que ha servido de comparación, con lo que el porcentaje baja al 10%, aún así muy por encima del porcentaje máximo del 2% que hace falta para igualar la inversión en el peor de los casos. Esta propuesta resulta especialmente válida para contadores a partir de DN100 inclusive, donde la cantidad de unidades a ensayar no es muy elevada y con un 0,8% de contadores defectuosos que se encuentren ya se rentabiliza la inversión. Además, la cantidad tanto en volumen como en dinero que se pierde por cada contador es ya considerable.

Obviamente estos datos resultan más favorables en aquellos lugares donde el precio del agua sea más elevado. Según la encuesta mencionada anteriormente, el precio del agua más elevado en España es de 2,5 €/m³, obteniéndose para esta circunstancia los siguientes resultados:

Tabla 6.4 Comparativa con precio máximo del agua

Diámetro nominal (mm)	Años reposición	Pérdida acumulada (m ³)	Pérdida acumulada (€)	Porcentaje defectuosos para igualar inversión (%)	Nº defectuosos para igualar inversión
50	5	4380	10.950 €	1,4%	16
	10	8760	21.900 €	0,7%	8
65	5	7300	18.250 €	1,1%	6
	10	14600	36.500 €	0,5%	3
80	5	11680	29.200 €	0,8%	4
	10	23360	58.400 €	0,4%	2
100	5	17520	43.800 €	0,6%	1
	10	35040	87.600 €	0,3%	1
125	5	29200	73.000 €	0,3%	0,0
	10	58400	146.000 €	0,2%	0,0
150	5	43800	109.500 €	0,3%	0,1
	10	87600	219.000 €	0,1%	0,1
200	5	73000	182.500 €	0,2%	0,0
	10	146000	365.000 €	0,1%	0,0

Para el caso de la empresa suministradora cuyas instalaciones se han descrito en el capítulo 5, los resultados estarían en la media de los dos anteriores, ya que el precio del m³ de su tarifa normal es de 2€/m³.

Sin embargo con este método, de ensayo en un banco de pruebas de la práctica totalidad de los contadores nuevos, no se conseguiría detectar el segundo de los casos acontecidos. Siguiendo el mismo razonamiento que el hecho anteriormente, se podría plantear la realización de ensayos de larga duración a todos los contadores a partir de un determinado DN, pero resultaría ineficiente y probablemente también ineficaz, ya que un ensayo de larga duración, como por ejemplo los realizados en esta tesis, con una duración media de 12 horas, resultan caros y no aseguran la detección de errores aleatorios que pueden surgir en cualquier momento. Por lo tanto, resulta más lógico no tratar de identificar este tipo de errores en la recepción de los contadores nuevos y emplazarlos en la instalación pasando a formar parte del parque de contadores. Este tiene que contar con un sistema de seguimiento y análisis adecuado, para poder detectar lo más rápidamente posible aquellos contadores sospechosos de cualquier anomalía. Es entonces cuando a estos medidores se les puede someter a todo tipo de pruebas en el banco de ensayos hasta certificar o no su correcto funcionamiento. La pronta detección trae consigo dos ventajas, la primera que se evita la no contabilización de volúmenes importantes de agua y la segunda que se está a tiempo para reclamar al proveedor por el contador defectuoso sin que este pueda alegar que la anomalía detectada es debida al deterioro propio del funcionamiento o cualquier otra circunstancia ajena al contador.

6.3 Repercusión económica de las condiciones de la instalación

En el capítulo 5 se han analizado las condiciones de instalación de 30 contadores con los resultados que se reflejan en la tabla 6.5.

Tabla 6.5 Condiciones instalación contadores en uso

ESTADO	Cumple recomendaciones fabricante		Le afectan las condiciones instalación	
	Total	%	Total	%
SI	28	100	1	3,5
NO	0	0	24	85,5
Desconocido	0	0	3	11

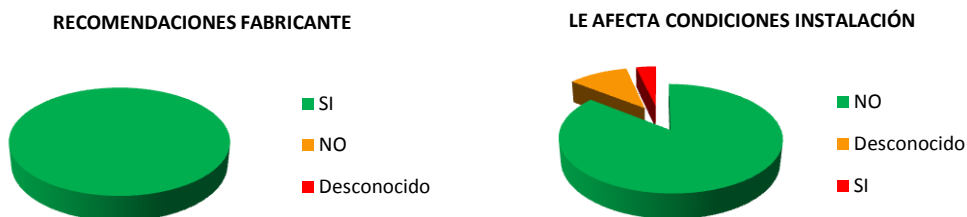


Ilustración 6.4 Condiciones instalación

En estos datos se refleja que, sólo a uno de los contadores, de los 28 visitados, le afectan las condiciones de la instalación, lo que supone un 3,5 % del total. Como se ha explicado en el capítulo anterior, para este caso concreto se estima, en función de las hipótesis y resultados planteados en el capítulo 4, que se puede producir un subcontaje del 12% para caudales altos. En el capítulo 5 se ha obtenido el error global del contador teniendo en cuenta el posible error introducido por la mala instalación y sin tenerlo. Se constata que es mínima la diferencia, sin prácticamente repercusión, esta varía entre un sobrecontaje del +0,15% y del +0,17%.

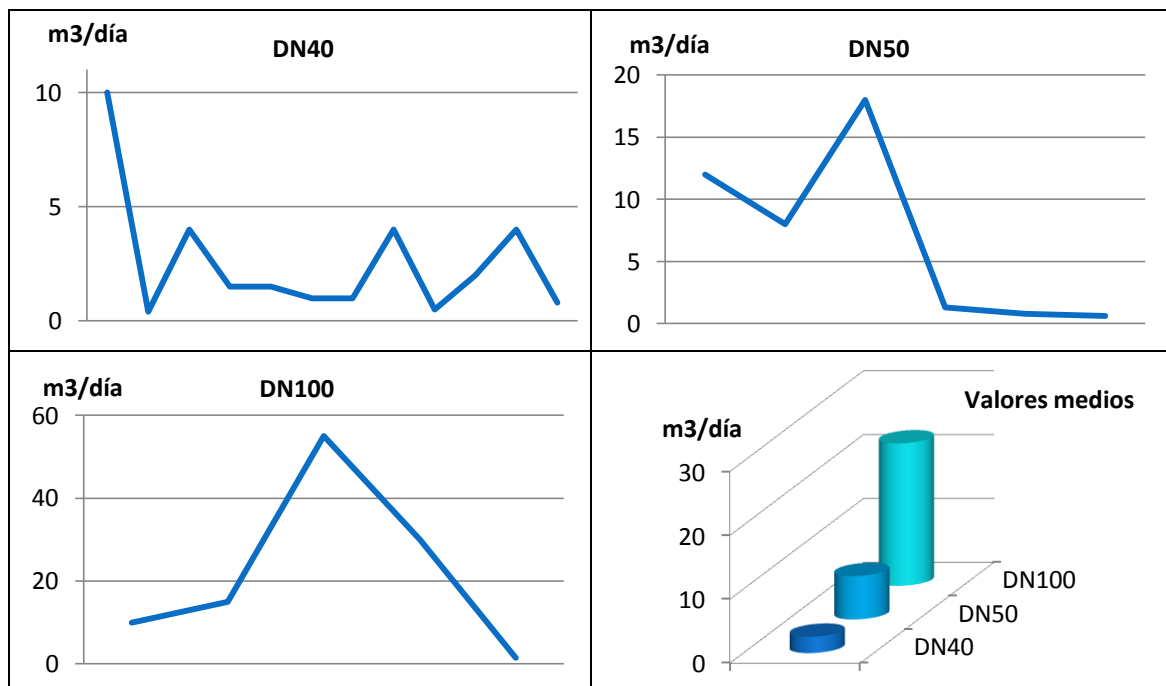
Esto lleva a pensar que no es rentable económicamente la revisión de las instalaciones en busca de situaciones que estén influyendo en la medición de los contadores. De hecho si se presenta esta problemática de forma muy resumida y pragmática, los grandes errores tanto para el suministrador como para el usuario, van a surgir principalmente con válvulas muy cerradas, situación que no puede darse con contadores bien dimensionados, ya que provocaría que no llegue caudal suficiente al usuario. Esta reflexión hace que el enfoque y el planteamiento se lleven hacia otro terreno, que se ha planteado previamente, y es el del adecuado dimensionamiento de los contadores para la utilización que se les está dando.

La distribución de los caudales medios diarios de los contadores en funcionamiento estudiados es la que se muestra en las tablas 6.6 y 6.7.

Tabla 6.6 Distribución caudales medios diarios por calibre contador

DN	Caudales medios diarios (m ³ /día)												Media
DN40	10	0,4	4	1,5	1,5	1	1	4	0,5	2	4	0,8	2,6
DN50	12	8	18	1,3	0,8	0,6							6,8
DN100	10	15	55	30	1,5								22,3

Tabla 6.7 Distribución caudales medios diarios por calibre contador



Como se puede observar, hay una gran dispersión en los resultados, con el caso extremo de los contadores de DN100 estudiados en los que se pasa de un consumo medio diario de 55 m³/día en uno de ellos a 1,5 m³/día en otro.

Si se estudian los consumos anteriores por horas de funcionamiento al día a caudal nominal del contador que suponen los consumos medios diarios, se obtienen los datos de la tabla 6.8.

Tabla 6.8 Horas diarias de funcionamiento a caudal nominal

DN	Horas diarias de funcionamiento a caudal nominal (h/día)												Media
DN40	1	0,04	0,4	0,15	0,15	0,1	0,1	0,4	0,05	0,2	0,4	0,08	0,3
DN50	0,8	0,53	1,2	0,09	0,05	0,04							0,5
DN100	0,17	0,25	0,92	0,5	0,03								0,4

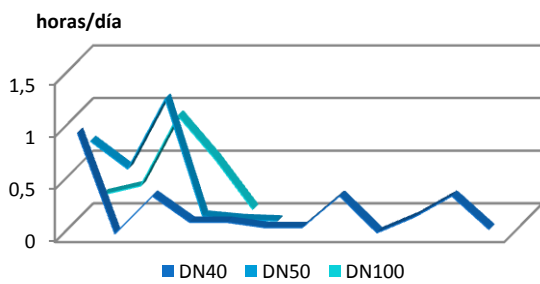


Ilustración 6.5 Datos horas/día de funcionamiento a caudal nominal

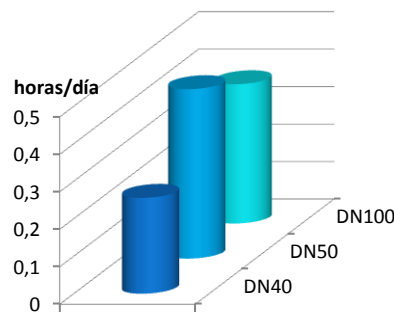


Ilustración 6.6 Media horas diarias de funcionamiento a caudal nominal

En la definición de caudal nominal de un contador se encuentra la siguiente descripción, “...tiene que poder trabajar ininterrumpidamente a este caudal sin sufrir deterioro, tanto de forma continua como intermitente y sin un error de medida superior al $\pm 2\%$ ”, por lo que cabría esperar que un contador bien dimensionado, en el caso ideal de que tuviese un consumo continuo y uniforme, tendría el equivalente a 24h/día de funcionamiento a caudal nominal. Obviamente este no puede ser el criterio para establecer cuando un contador está sobredimensionado o no, porque es conocido que esta situación no se da nunca en una instalación en la que hay picos de funcionamiento y paradas.

Tal y como se ha comentado anteriormente, la otra variable a tener en cuenta es el caudal máximo que se puede esperar en el contador. Este dato es más difícil de obtener, ya que requiere de un sistema de adquisición de datos que dé información sobre el patrón de consumo de la instalación. Instalar un contador adecuado a esta última variable es crucial, ya que caudales por encima del máximo pueden hacer que un contador con partes móviles se deteriore e incluso rompa. De hecho, esta será la variable a tener en cuenta a la hora de

dimensionar un contador, el adecuado será aquel que soporte el máximo caudal esperado más un margen de seguridad.

Los datos presentados en la tabla 6.8 solo tienen en cuenta la primera variable, ya que se carece de los datos necesarios para conocer la segunda, estando muy lejos de la situación ideal antes descrita, por lo que indican que en lo que respecta al consumo diario los contadores están sobredimensionados. Se dan incluso situaciones en las que este es mayor en medidores de calibre inferior a otros de calibre superior, por lo que el DN del medidor se puede tomar como referencia inicial, pero el dato importante para establecer qué contadores son prioritarios, por su relevancia económica, a la hora de comprobar su funcionamiento es el del consumo diario.

En definitiva, con los datos obtenidos en la investigación realizada sobre la muestra de 30 contadores de medio y gran calibre, se puede concluir que la influencia de las condiciones de la instalación sobre la lectura de los contadores para este caso concreto no tiene relevancia económica. Sin embargo, el aparente sobredimensionamiento detectado en los contadores, puede hacer que se encuentren casos con válvulas aguas arriba parcialmente cerradas que provoquen grandes errores de contaje tal y como se ha detallado en el capítulo 4.

6.4 Envejecimiento de los contadores, propuesta de plan de renovación

Existen diversas propuestas sobre los criterios a seguir en los planes de renovación de los parques de contadores domésticos, siendo este un campo bastante estudiado. Es escasa, sin embargo, la bibliografía en lo que se refiere a contadores no-domésticos, siendo el enfoque completamente diferente en ambos casos.

En los primeros, en los que el parque puede llegar a tener cientos de miles de unidades, la atención se focaliza en encontrar un patrón general que estime el punto óptimo de renovación desde un punto de vista económico, teniendo en cuenta el aumento del error global con el deterioro del contador a lo largo de los años, es decir, la relación entre lo que el contador deja de facturar cada año y el coste de reposición de este. Otra característica de este tipo de contadores es que normalmente un porcentaje muy alto se corresponde con el tamaño más pequeño, siendo prácticamente residual el resto de tamaños.

Sin embargo, en el segundo de los casos el parque de contadores es mucho menor, llegando como mucho a unos pocos miles y teniendo una distribución más homogénea en cuanto a la distribución de los tamaños de contador.

Tabla 6.9 Distribución de contadores por tamaños en la empresa suministradora estudiada.

DN	50	65	80	100	125	150	200
Cantidad	1153	554	558	220	9	44	9



Ilustración 6.7 Distribución de unidades por DN.

Estas cantidades son mucho más manejables, por lo que se propone un tratamiento completamente diferente al anterior, con criterios específicos para cada calibre, pero con tendencia a un seguimiento casi individualizado.

El proceso propuesto sería parecido al método que se ha utilizado para la elaboración de esta tesis, y consistiría en lo siguiente:

- Elaboración de una base de datos con las características de los contadores y sus históricos de consumo.
- Establecimiento de un orden de prioridades en función del consumo de cada contador.
- Búsqueda de inconsistencias y anomalías en los históricos de consumo.
 - Detectada una anomalía.
 1. Comprobar si es debida a cambios en los hábitos de consumo del usuario o a errores en la lectura de los datos.
 2. Visita de la instalación tomando nota de los siguientes aspectos:
 - ✓ Ubicación y uso del medidor.
 - ✓ Accesibilidad y estado de conservación.
 - ✓ Datos de las características del contador.
 3. Análisis de la instalación, estimando la sensibilidad del contador a la misma y su adecuado dimensionamiento.
 4. Si no se encuentra explicación para la anomalía,
 - ✓ Colocación de un sistema de adquisición de datos.
 - ✓ Retirada del contador para su ensayo.
- Búsqueda de la causa de la anomalía con los datos del nuevo contador y de los ensayos realizados al antiguo.
- Introducción de toda la información obtenida en la base de datos para que sirva como referencia en futuros casos.

El objetivo de este protocolo de actuación es conseguir históricos de consumo en todos los contadores del parque como el que se muestra en la ilustración 6.7, en los que detectar una anomalía en el contador es relativamente fácil, frente a históricos como el de la ilustración 6.8 en los que se antoja una tarea imposible ya que no se sabe qué datos son fiables y cuáles no.

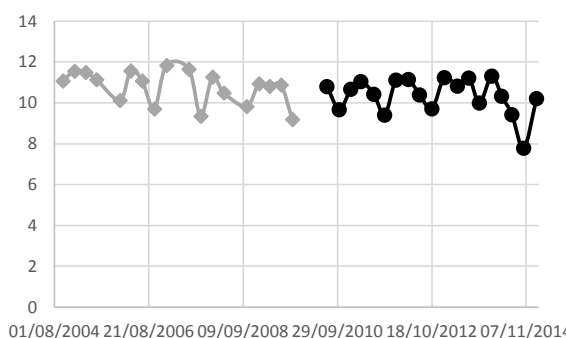


Ilustración 6.8 Histórico de consumo correcto

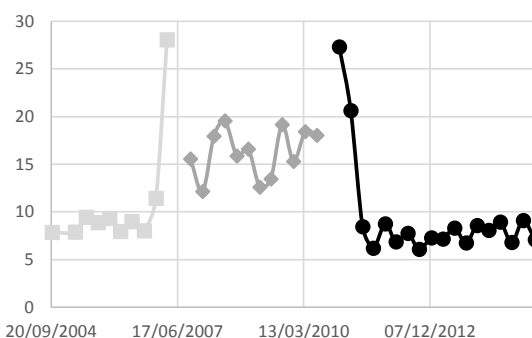


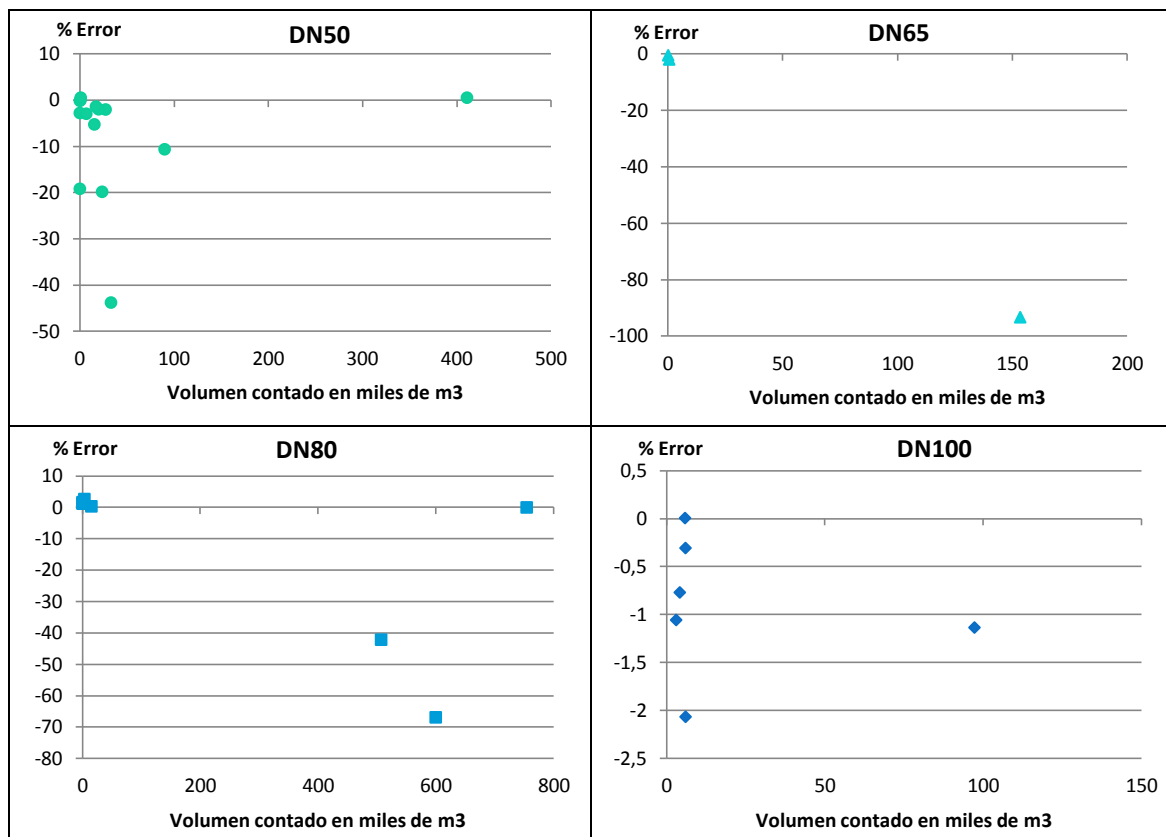
Ilustración 6.9 Histórico de consumo anómalo

En el capítulo 5 se ha hecho un análisis económico de los 30 contadores visitados pertenecientes a una empresa suministradora. Entre estos hay calibres desde DN40 hasta DN100, arrojando el estudio un resultado de 26.538m³ y 61.754€ dejados de facturar. De estas cantidades, el 95% corresponde a un solo contador de DN65 y el resto a tres contadores de DN40. No es objeto de este trabajo el estudio en profundidad del envejecimiento de los contadores no-domésticos, pero para tener una visión más amplia de la cantidad de agua que se puede estar dejando de contabilizar, se han utilizado todos los ensayos realizados hasta la fecha en el laboratorio con contadores usados de DN50 hasta DN100, para elaborar las tablas 6.10 y 6.11.

Tabla 6.10 Datos ensayos contadores según su DN.

DN100			DN80			DN65			DN50		
Volumen actual x10 ⁻³ (m ³)	Año Instal.	Error medio (%)	Volumen actual x10 ⁻³ (m ³)	Año Instal.	Error medio (%)	Volumen actual x10 ⁻³ (m ³)	Año Instal.	Error medio (%)	Volumen actual x10 ⁻³ (m ³)	Año Instal.	Error medio (%)
97,3		-1,1	14,9		0,31	153,4	2009	-93,3	15,4	2010	-5,23
6,0		-2,0	3,12		2,63	0,06		-0,42	27,3	2005	-2,01
5,9		-0,31	1,3		1,15	0,5		-1,9	23,6	2006	-19,8
5,8		0,01	0	2014	1,34				19,9	2006	-1,9
4,1		-0,77	0	2014	1,66				0,12	2002	-0,1
3,0		-1,06	0	2009	1,19				0,02		-2,7
			754,1	2005	-0,04				0,05		-19,1
			599,6	2005	-66,9				90		-10,6
			506,9		-42,1				410,8		0,55
									17,1		-1,38
									33,1		-43,7
									0,7		0,04
									6,9		-2,9
									0,9		0,5

Tabla 6.11 Evolución del error medio de los contadores con el volumen contado



En la tabla 6.11 se aprecia a partir de qué volumen trasegado por el contador se empiezan a producir errores de subcontaje;

DN50 no hay una tendencia clara.

DN65 a partir de 150.000 m³.

DN80 por encima de 500.000 m³.

DN 100 solo se disponen de datos hasta 100.000 m³.

Si se analizan los resultados por tamaños, se ve que para DN50 y DN65 un tercio de los contadores tienen errores por encima del 10% de subcontaje, el 22% para los de DN80 y el 0% para los de DN100.

Porcentaje contadores con error > 10%

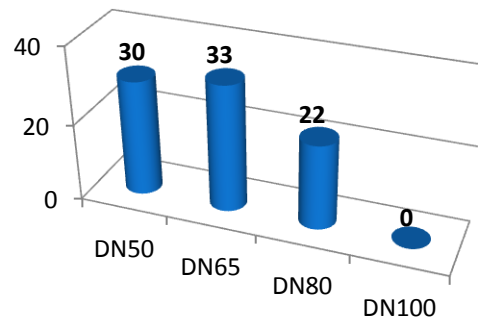


Ilustración 6.10 Porcentaje contadores por DN con errores medios superiores al 10%.

Se va a estimar cuanto volumen de agua y de dinero se ha dejado de facturar por los errores de los contadores que estaban en servicio y que se han ensayado una vez retirados, haciendo para ello las siguientes suposiciones;

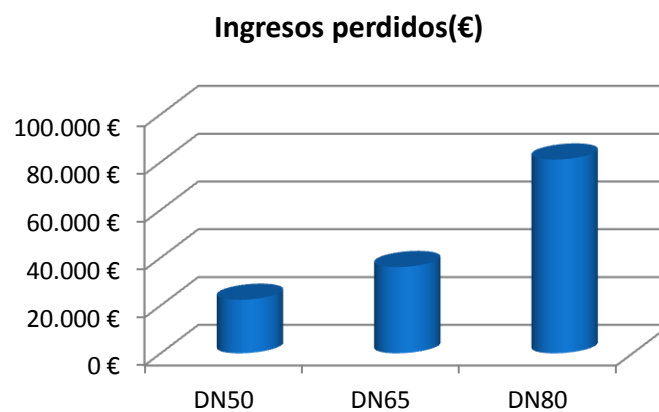
- El contador lleva por lo menos un año funcionando con el error medio detectado.
- Si se conoce la edad del contador, se divide el volumen total entre los años de servicio y se le suma lo que ha dejado de contar el último año por el error detectado utilizando la siguiente expresión:

$$V_{no\ contabilizado} = \frac{Volumen\ total}{(Años\ en\ funcionamiento - 1) + (1 - \% error\ medio)} * \% error\ medio$$

- Si no se tiene la antigüedad, se utilizan las suposiciones de consumo medio diario hechas en la tabla 6.2.

DN80		DN65		DN50	
Volumen No facturado (m ³)	Ingresos No facturados (€)	Volumen No facturado (m ³)	Ingresos No facturados (€)	Volumen No facturado (m ³)	Ingresos No facturados (€)
-34.382	-68.765	-18.043	-36.087	-460	-920
-6.155	-12.311			-2.797	-5.595
				-1.549	-3.098
				-6.390	-12.781

Estos datos en principio parecen conservadores por dos comparaciones; la primera que cuando se hace el cálculo teórico de cuantos años lleva en funcionamiento un contador en base a los caudales medios diarios manejados en la tabla 6.2, y se compara con la realidad cuando se cuenta con el dato, se obtiene normalmente valores bastante más altos de antigüedad, lo que significa que el consumo medio diario es superior al estimado, y la segunda que comparando el resultado obtenido para el contador de DN65 con estas hipótesis, el resultado es la mitad de la realidad, obtenida de forma detallada y específica en el capítulo 5. Por otra parte, también es cierto que este contador en concreto tiene un consumo medio diario bastante más elevado que el resto de los que se disponen datos.



El conjunto total de las pérdidas asciende a 139.557 € para un total de 32 contadores entre DN50 y DN100 ensayados en el laboratorio, cantidad que justifica la rentabilidad de la puesta en marcha del procedimiento de control propuesto anteriormente.

En el estudio económico realizado en el apartado 5.9 se analizan con más detalle, al contar con mayor número de datos, 16 contadores también entre DN50 y DN100 con un resultado de 26.572€ dejados de facturar que en condiciones de tarifa normal hubiesen supuesto 61.754€. El ratio resultante por contador es similar en ambos casos, con $139.557/32 = 4.360$ €/contador para el primero y $61.754/16 = 3.860$ €/contador para el segundo. En el primer supuesto se cuenta con una muestra mayor pero los datos de consumo son hipotéticos, en el segundo sin embargo son datos reales pero la muestra es más pequeña.

En ambos casos hay que contar con un sesgo, ya que los contadores que se envían a ensayar al laboratorio son aquellos que han sido reemplazados por otros nuevos, y aunque no sea explícitamente así, es lógico creer que instintivamente cuando se trata de reponer un contador se empiece por los que se tenga la intuición de que no están funcionando bien. En cuanto a los contadores visitados, ocurre algo parecido aunque quizás en menor escala, las instalaciones

puestas a disposición para ser visitadas, aunque en principio son todas de una misma zona, es de suponer que serán aquellas de las que se tenga sospechas de alguna anomalía.

A la hora de extrapolar los resultados al conjunto del parque de contadores de la empresa suministradora, hay que tener en cuenta los sesgos mencionados, por eso se va a utilizar una valoración que se estima conservadora como es tomar como ratio de las pérdidas producidas por contador el 10% del menor de los dos casos, es decir 386€/contador. Con este supuesto, los ingresos adicionales que tendría la empresa suministradora objeto de estudio serían de 386€/contador * 2.547 contadores = 983.142 €.

El coste de la puesta en marcha de un procedimiento, como el propuesto en este apartado, de seguimiento y ensayo del parque de contadores tendría un coste estimado anual de 40.000€ en un técnico con dedicación exclusiva al seguimiento del proceso, 5.000€ para desarrollo de la base de datos y otros 2.000€ para data-loggers y material diverso. A esto habría que sumarle los ensayos de los contadores, ensayar todo el parque costaría un total de 482.900€, suponiendo que se ensayen el 5% (127) del total supondría 24.145€. El total del presupuesto asciende a 71.145€.

6.5 Conclusiones

Se han estudiado tres aspectos económicos del parque de contadores;

- Recepción de contadores nuevos.
- Condiciones de la instalación.
- Contadores en servicio, periodo de reposición.

En el primero de los casos, se ha constatado que es necesario detectar un número muy pequeño de contadores nuevos defectuosos (como el detectado a lo largo de este trabajo), entre el 0,25% para DN100 y 1,7% para DN50, para que resulte rentable el ensayo de todos ellos. Estas cantidades parecen fácilmente alcanzables, ya que se está hablando de 2,5 y 17 contadores de cada mil respectivamente, cuando los datos del laboratorio han sido de uno de cada 10, para el caso que sirve de comparación, y de dos de cada 10 para contadores con funcionamiento defectuoso. Los dos contadores defectuosos encontrados son de diferentes marcas comerciales y tecnologías de funcionamiento, lo que descarta la posible concentración de elementos defectuosos por suministrador o por tecnología.

En el segundo caso, se constata que si bien desde el punto de vista técnico unas inadecuadas condiciones de la instalación pueden hacer que se acelere el deterioro del contador y demás elementos de la instalación, desde el punto de vista económico no se ha encontrado ningún indicio que apunte a la existencia de grandes pérdidas derivadas de esta circunstancia, sin embargo, se considera importante considerar la mejora gradual de las condiciones de la instalación dentro del proceso de vigilancia del estado del parque de contadores.

Finalmente, en el tercero de los casos los números indican que son muy grandes las cantidades que se pueden estar dejando de facturar si no se hace un seguimiento adecuado del estado del parque de contadores, cantidades que justifican económicamente la inversión necesaria para la puesta en marcha de un sistema de control.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera económicamente viable el establecimiento de un proceso integral de seguimiento de los parques de contadores de DN50 en adelante, que incluya los siguientes aspectos:

- Protocolo de ensayo de contadores nuevos antes de su puesta en servicio.
- Seguimiento de los históricos de consumo de cada contador.
- Inspección de las instalaciones en busca de anomalías.

- Estudio del adecuado dimensionamiento de los medidores, un medidor más pequeño implica menores gastos de reposición, instalación y ensayo, además de disminuir el error de lectura al tener tanto el caudal de arranque como el de transición menores, desplazándose el límite permitido del 2% hacia caudales más pequeños.
- Ensayo de los contadores retirados que se consideren necesarios para obtener históricos de consumo fiables y datos que permitan aumentar la información de la base de datos y por lo tanto el conocimiento del funcionamiento y estado de nuestro parque de contadores.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

ÍNDICE

7	CONCLUSIONES.	7-3
7.1	INTRODUCCIÓN.	7-3
7.2	APORTACIONES.	7-4
7.3	CONCLUSIONES	7-8
7.4	DESARROLLOS FUTUROS	7-10

7 CONCLUSIONES

7.1 Introducción

Durante la última década ha ido creciendo a nivel mundial la preocupación por los recursos naturales en general y por el agua en particular, generando una mayor concienciación hacia una adecuada gestión y administración de la misma. Esto ha llevado a un incremento en el conocimiento y la producción científica en los aspectos relacionados con la metrología de tan preciado recurso. Sin embargo, la mayoría de los estudios e investigaciones se han centrado en los medidores domésticos, que son con mucha diferencia los más numerosos y fáciles de estudiar, refiriéndose en este caso con el término fácil no a su complejidad técnica, sino a la mayor facilidad de acceso y ensayo de este tipo de contadores, que son cómodamente desmontables y sustituibles, que no requieren de grandes instalaciones para su ensayo y que al existir en cantidades numéricas importantes son sustituidos constantemente por lo que es relativamente sencillo hacerse con muestras suficientemente grandes para realizar ensayos significativos.

No ocurre lo mismo con los medidores de medio y gran tamaño instalados en los grandes consumidores, que son costosos de instalar, manipular y ensayar así como difíciles de conseguir en cantidades apreciables. El objetivo de esta tesis ha sido aportar conocimiento sobre esta parte de la metrología de contadores de agua a la que le faltaban estudios específicos sobre prácticamente todos sus aspectos, recepción de contadores nuevos, influencia de las condiciones de la instalación, curvas de error de los contadores en servicio, periodo de reposición más adecuado, etc.

Han sido importantes las aportaciones realizadas, pero además han surgido nuevas cuestiones que dan mucho que pensar sobre la situación actual del parque de contadores de este tipo de medidores. Con este trabajo se ha demostrado que no solo es económicamente viable abordar una gestión integral de los mismos, sino necesario. Quizás esta tesis pueda servir como punto de partida para que las empresas suministradoras dediquen recursos a esos grandes olvidados que son los contadores no-domésticos.

7.2 Aportaciones.

Se exponen por orden de redacción los muchos logros conseguidos a lo largo de estos años de trabajo, comenzando por los motivos que han dado lugar a esta tesis y que no son otros que preocupaciones por parte de técnicos de empresas suministradoras de agua que se encuentran con situaciones a las que no saben dar respuesta. Se ha realizado un repaso de la situación del conocimiento científico en este campo hasta la fecha y se han establecido los objetivos que se pretendían alcanzar.

A continuación se ha justificado el correcto funcionamiento de la instalación que se ha desarrollado para el ensayo de contadores y otros elementos hidráulicos dentro del intervalo que va desde los contadores más pequeños hasta los de tamaño DN250 y que sirve de base para el desarrollo de esta tesis. Para conseguir este logro tan importante, no solo para la realización de esta tesis sino también para el desarrollo de futuras líneas de investigación (de las que alguna ya se ha iniciado), ha habido que sortear numerosas dificultades. Además de tener que conseguir financiación, aspecto este nada baladí y que se ha resultado con la realización de trabajos en el campo de la metrología de contadores para empresas suministradoras, ha habido que desarrollar una válvula desviadora de flujo que consiguiese trasegar grandes caudales, que no tuviese un tamaño excesivo por las limitaciones de espacio del laboratorio y que fuese viable económicamente. Todas estas dificultades han sido superadas con el resultado de una válvula desviadora de flujo patentada que forma parte de un banco de ensayos que está a pleno rendimiento, realizando pruebas de todo tipo y a todo tipo de elementos, contadores domésticos e industriales, válvulas de regulación, de retención, etc.

En el capítulo tercero se ha presentado de forma esquemática la normativa actualizada aplicable a los contadores de agua y se han ensayado los contadores nuevos que han enviado desde sus almacenes al laboratorio empresas suministradoras de agua. En esta parte, aparentemente sin importancia, del desarrollo de la tesis, se ha obtenido un logro no esperado y que resulta muy inquietante, como es la detección de grandes errores en el funcionamiento de medidores nuevos que iban a ser puestos en servicio y que hubiesen causado un gran perjuicio económico a la empresa propietaria del mismo. Este descubrimiento abre muchos interrogantes ya que tiene gran repercusión en la gestión integral de un abastecimiento tanto desde el punto de vista económico como de reducción del volumen de agua no registrada.

El capítulo cuarto ha estado dedicado a determinar la influencia de las condiciones de la instalación en la lectura de los contadores, se han realizado cerca de 500 ensayos individuales

de contadores de DN65 y de DN100 simulando diferentes condiciones de instalación, ensayos que por el tamaño de los medidores resultan complejos y laboriosos de ejecutar. El trabajo realizado aporta gran conocimiento sobre qué comportamiento se puede esperar de cada tipo de contador en cada situación específica, habiendo no solo realizado los ensayos, sino que se han ordenado en diferentes tipos de gráficas, individuales, por accesorio y por tecnología de medición, para facilitar su comprensión por todo aquel que en un momento determinado necesite conocer cuál puede ser el comportamiento de un contador en una instalación particular. En este sentido, se ha elaborado una herramienta de trabajo en forma de tablas resumen de todos los ensayos realizados, de fácil utilización y comprensión, que resulta interesante tanto para el consumidor como para el suministrador de agua, ya que como se ha explicado en el capítulo cuarto, a ambos les puede estar costando dinero. Con una inspección de la instalación de sus contadores pueden no solo detectar la situación del mismo, sino también encontrar la mejor solución ya que las tablas resumen les proporcionan el resultado esperado de la combinación de los elementos de la instalación que estén pensando ejecutar. Destaca entre los resultados la detección de un par de situaciones en las que un contador de alta tecnología deja de medir por completo, produciendo subcontaje, y en la misma situación contadores mecánicos producen un sobrecontaje del 100%. Otro logro de este capítulo es sin duda la detección, gracias a los numerosos ensayos a que han sido sometidos todos los contadores nuevos recibidos, de un defecto de funcionamiento de uno de ellos, que hubiese sido imposible de detectar en un ensayo normal, y que ahonda en la incertidumbre creada y explicada anteriormente de cuál es realmente el porcentaje de contadores nuevos que no funcionan correctamente.

El objetivo del capítulo quinto era cotejar en campo los ensayos realizados en el laboratorio para comprobar la validez de los resultados obtenidos. Se han visitado 30 instalaciones pertenecientes a una empresa suministradora de agua de las que se ha elaborado un informe por cada instalación. En estos informes, además de la comprobación de las condiciones de la instalación, se analizaban otros aspectos tales como situación, estado, accesibilidad, históricos de consumo, etc., ensayando en el banco los contadores que se consideraban necesarios, inicialmente con un ensayo normal y en casos excepcionales, y con el fin de obtener más información, con ensayos de larga duración. Los resultados, en cuanto a las condiciones de instalación de los contadores visitados, no han sido espectaculares, estando la mayoría en perfectas condiciones. No así las condiciones de accesibilidad y mantenimiento del conjunto de ellos que eran manifiestamente mejorables. Sin embargo, sí que se detectó un contador en servicio con grandes errores de subcontaje, del que se ha calculado la cantidad de m³ de agua

que se han quedado sin contabilizar, lo que traducido a dinero supone una cantidad tal que por sí sola justifica la inversión en un seguimiento de la situación del parque de contadores. Los resultados obtenidos en este capítulo suponen una aportación muy importante al dar visibilidad a la situación de los parques de contadores no-domésticos con ensayos y pruebas contrastadas.

Finalmente se han evaluado las repercusiones económicas de los resultados de las investigaciones realizadas, y estudiado la viabilidad de los procesos propuestos para la mejora de la gestión del parque de contadores no-domésticos. La rentabilidad de un protocolo de recepción de contadores nuevos, en los que se ensayen todos y cada uno de ellos, parece fácilmente alcanzable según los datos con los que se cuenta, esto demuestra la urgencia del inicio de cualquier sistema de ensayo que inicie el camino para un mayor conocimiento y mejora en este sentido. En cuanto a la repercusión económica que tienen las condiciones en las que están instalados los treinta contadores visitados, se ha llegado a la conclusión de que es insignificante, ahora bien, habiéndose detectado una mayoría de contadores sobredimensionados, se corre el peligro de que se dé alguna de las situaciones que originan grandes errores como es el caso de una válvula casi completamente cerrada. Por eso se recomienda no olvidar en las inspecciones la comprobación de las condiciones de instalación. Se ha analizado también la repercusión económica de la situación de los contadores en servicio, utilizándose para ello los datos de las treinta instalaciones visitadas más el de todos los contadores de diferentes empresas que se han ensayado en el laboratorio, llegándose a la conclusión de que la cantidad de m³ de agua que se están dejando de facturar rentabiliza la puesta en marcha, incluso para el precio mínimo del agua, de un sistema de seguimiento y mejora del parque de contadores. Por todo lo anteriormente expuesto, tal y como se ha comentado en el capítulo 6, se considera económicamente viable el establecimiento de un proceso integral de seguimiento de los parques de contadores de DN50 en adelante, que incluya los siguientes aspectos:

- Protocolo de ensayo de contadores nuevos antes de su puesta en servicio.
- Seguimiento de los históricos de consumo de cada contador.
- Inspección de las instalaciones en busca de anomalías.
- Estudio del adecuado dimensionamiento de los medidores.
- Ensayo de los contadores retirados que se consideren necesarios para obtener históricos de consumo fiables y datos que permitan aumentar la información de la

base de datos y por lo tanto el conocimiento del funcionamiento y estado de nuestro parque de contadores.

La demostración no solo de la necesidad, sino también de la viabilidad económica de la implantación de procesos de seguimiento y mejora de los parques de contadores de agua no-domésticos es la última de las aportaciones.

7.3 Conclusiones

A pesar de la normativa existente y de los controles de calidad que se exige a la industria hoy en día, sigue siendo necesario comprobar de forma independiente el correcto funcionamiento de los contadores nuevos no-domésticos que van a ser instalados en un abastecimiento, ya que al contrario de lo que cabría esperar de contadores de gran calibre nuevos, con un coste importante y en los que un error de contaje supone gran cantidad de dinero, bien para el suministrador o para el usuario, en función del signo del error, se han detectado en estos, errores de medición importantes. Este descubrimiento no buscado, da todo el sentido a la línea de investigación emprendida de tratar de determinar cuál es la situación real de los contadores de medio y gran tamaño, más allá de las normativas y certificados presentados por los fabricantes.

Aunque desde un punto de vista económico pueda no resultar muy atractivo la revisión del conjunto de todas las instalaciones en busca de condiciones de instalación que afecten a la sensibilidad del contador, sí que puede serlo de forma individual, ya que del análisis de todos los ensayos realizados con las hipótesis planteadas y cotejándolos con las publicaciones científicas existentes, se cree que resulta interesante tanto para el consumidor como para el proveedor de agua hacer una inspección de la instalación de sus contadores, porque ambos pueden salir beneficiados con la modificación de la instalación. Principalmente hay que buscar válvulas parcialmente cerradas que son las que producen las perturbaciones que más afectan a la sensibilidad de los contadores y por ende a su metrología.

El estado de los contadores no-domésticos analizados no es muy malo en cuanto a las condiciones de instalación, sin embargo, sí son manifiestamente mejorables las condiciones de accesibilidad y conservación y el estado de los históricos de consumo. Por lo que respecta a la metrología de los contadores, cabe destacar e incidir en que si bien no son muchos los contadores con grandes errores, el perjuicio que causa uno solo de ellos justifica la inversión necesaria para hacer un seguimiento activo del parque. Este último aspecto está comprobado y justificado tanto en el análisis de los 30 contadores visitados como en el estudio de todos los contadores usados no-domésticos ensayados en el laboratorio.

Como conclusión final cabría destacar sobre todo la constatación de la necesidad y rentabilidad de hacer un seguimiento casi individualizado de los medidores de calibres a partir de DN50 inclusive, abarcando desde la recepción de contadores nuevos, hasta el estudio y ensayo de los sustituidos. Si se quiere mejorar la gestión de un abastecimiento, reduciendo el volumen de agua no registrada, es necesario no olvidarse de la gestión del parque de contadores, y dentro de este, tener en cuenta a los de medio y gran tamaño, que aunque a priori son menos y más difíciles de controlar y ensayar, la mejora de unos pocos puede suponer una gran mejora de todo el conjunto.

7.4 Desarrollos futuros

Sin duda queda mucho camino por recorrer en el campo de la metrología de los contadores no-domésticos, faltando aún muchos aspectos por estudiar. Con esta tesis se ha resuelto uno de ellos como es la influencia de las condiciones de la instalación en el funcionamiento de los mismos, se han realizado una cantidad muy importante de ensayos abarcando un amplio campo tanto en diferentes tecnologías de medición como en accesorios o elementos de la instalación estudiados. Aspecto este que, no cabe duda, se puede ampliar y estudiar más en profundidad, yendo al detalle de cada caso, pero no parece razonable dedicar aquí más recursos cuando a lo largo de la investigación han aparecido otros aspectos que apuntan a tener una mayor incidencia en la cantidad de agua no registrada. Más aún si cabe, conociendo que el estudio de este tipo de contadores es más difícil de abordar que los domésticos debido a como ya se ha explicado anteriormente la mayor dificultad de ensayo de cada uno de ellos y la menor disponibilidad de los mismos.

Dentro de los resultados obtenidos, sí que se observa necesario ahondar y estudiar con más detalle el comportamiento de los contadores de nuevas tecnologías como son el electromagnético y de ultrasonidos, comprobando aspectos como su comportamiento a caudales bajos y cómo les afectan las perturbaciones electromagnéticas. En definitiva el funcionamiento de la electrónica que llevan instalada, ya que este tipo de contadores son sensibles a circunstancias tales como si están alimentados por batería o por fuente de alimentación, si hay campos magnéticos cercanos o no tan cercanos pero que se puedan transmitir por la red de suministro de agua (por ejemplo trenes, metro), etc.

Como se ha explicado a lo largo de este trabajo, una de las inquietudes más grandes que han surgido es la evaluación de qué cantidad de contadores nuevos de gran calibre se pueden estar instalando en malas condiciones. Es necesario averiguar qué está fallando para que dos de diez contadores nuevos ensayados hayan resultado ser defectuosos, no ya en aspectos mínimos como tener un par de puntos fuera por poco del intervalo permitido, sino el de estar cometiendo errores de gran repercusión económica. Preguntas como si realmente se realizan en fábrica los controles estipulados a todos los contadores, o si salen de fábrica así o es en el transporte y la manipulación posterior cuando sufren el deterioro, si hay alguna tecnología que se vea más afectada por estas circunstancias que otras, qué controles de calidad o de transporte e instalación son necesarios normalizar para evitar estos casos, etc.

Otro de los aspectos relevantes es el conocimiento de cómo dimensionar adecuadamente este tipo de contadores, aspecto que va ligado a los patrones de consumo, circunstancia esta muy difícil de abordar de forma colectiva por su propia idiosincrasia, que hace que estén instalados en colegios, depuradoras, hoteles, edificios, centros comerciales, polideportivos, piscinas e industrias pequeñas, grandes y medianas de todo tipo y condición, lugares todos ellos en los que los patrones de consumo nada tienen que ver unos con otros, e incluso dentro de cada colectivo hay muchas variables propias y específicas que hacen muy difícil encontrar un patrón común que represente a todos ellos con una fiabilidad mínima.

También es necesario conocer qué tipo de contador es mejor para cada instalación, qué condiciones hacen falta para que un contador electrónico, de alta gama (electromagnético, ultrasonidos, etc.), con un coste inicial mucho mayor, sea más rentable que uno mecánico (Woltmann, chorro único, etc.).

Cómo envejecen este tipo de contadores es también un aspecto interesante que queda por investigar, qué tecnologías tienen un menor deterioro con el tiempo y por lo tanto resultan más ventajosas económicamente. También es necesario responder a preguntas como si se puede utilizar la bibliografía existente para obtener el periodo óptimo de renovación para este tipo de contadores en los que el coste inicial, de instalación y reposición es muy superior a los domésticos, o es necesario hacer un seguimiento individual, si es este rentable, y si la respuesta es afirmativa, a partir de qué calibre.

En la línea de trabajo del seguimiento de los datos proporcionados por los contadores en servicio, es necesario investigar sobre la fiabilidad de los sistemas de adquisición y transmisión de datos existentes en la actualidad, así como conocer cuál es el tratamiento que se da a toda la información proporcionada por los mismos, que en muchos casos, al no contar con ningún medio para filtrarla y ordenarla, acaba simplemente almacenándose sin utilizarse para mejorar la gestión del parque de contadores.

En este sentido, se está desarrollando el proyecto titulado **“OnPipe, solución global para la integración de una red de telecomunicaciones en la red de distribución de agua”** junto con las empresas Dikoin Ingeniería y Wyzartel, ambas de base científica y tecnológica, financiado por el Gobierno Vasco a través de su programa Gaitek para Proyectos de Desarrollo de Nuevos Productos, en la que entre otros aspectos se pretende el acceso con un sistema innovador a los contadores de agua de forma remota mediante fibra óptica, lo que supone contar en la central con todos los datos de los contadores conectados en tiempo real.

Asimismo, incluye relevantes mejoras sobre el estado actual de los contadores de agua inteligentes y de su sistema de transmisión de datos, dotando además a las empresas suministradoras de una herramienta fiable para poder gestionar todo el parque de contadores.

CAPÍTULO 8

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Allender H., (1996). *Determining the Economical Optimum Life of Residential Water Meters*. Journal of Water Engineering and Management, 143 (9), pp. 20-24.

Arregui F.J., Balaguer M., Soriano J., García-Serra J., (2014). *Quantifying measuring errors of new residential water meters considering different customer consumption patterns*. Journal of Urban Hydraulic.

Arregui F.J., Soriano J., Cobacho R., (2013). Discussion of *Simulating Nonresidential Water Demand with a Stochastic End-Use Model by E. J. M. Blokker, E. J. Pieterse-Quirijns, J. H. G. Vreeburg, and J. C. van Dijk*. Journal of Water Resources Planning and Management. American society of civil engineering. Num 139. Vol.3, pp 1324-1330

Arregui F.J., Soriano J., Cobacho R., García-Serra J., (2013). *Proposal of a systematic methodology to estimate apparent losses due to water meter inaccuracies*. Water Science & Technology: Water Supply.doi:10.2166/ws.2013.138

Arregui F.J., Soriano J., Gavara F.J., (2012). *An integrated approach to large customer water meters management*. Water Loss 2012. Specialist group conference. Manila (Philippines).

Arregui F., Soriano J., Cabrera E. Jr., Cobacho R., (2012). *Nine steps towards a better meter management*. Water Science and Technology. Vol 65:7, pp 1273-1280. Doi: 10.2166/wst.2012.009. IWA Publishing.

Arregui F., Cobacho R., Cabrera E. Jr., Espert V., (2010). *Graphical method to calculate the optimum replacement period of water meters*. Water resources planning and management. American society of civil engineering. Vol 137:1, pp 143-146 Doi: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000100

Arregui F., Cobacho R., Soriano J., García-Serra J. (2010). *Calculating the optimum level of apparent losses due to meter inaccuracies*. Water loss 2010. Sao Paulo (Brasil).

Arregui F., Martinez B., Soriano J., Parra J.C., (2009). *Tools for improving decision making in water meter Management*. Water Loss 2009. Specialist Conference. Cape Town (South Africa).

Arregui F., Pardo M.A., Parra J.C., Soriano J., (2007). *Quantification of meter errors of domestic users: a case study*. Water Loss 2007. Bucharest (Romania).

Arregui F., Cabrera E. Jr., Cobacho R., García-Serra J., (2006). *Reducing apparent losses caused by meters inaccuracies*. IWA World water congress and exhibition 2006. Beijing (China).

Arregui F., Cabrera E., Cobacho R., (2006). *Gestión Integral de Contadores de Agua*. Londres: IWA Publishing.

Arregui F., Cabrera E. Jr., Cobacho R., García-Serra J., (2005). *Key Factors Affecting Water Meter Accuracy*. Leakage 2005. Halifax (Canada).

Arregui F., (2004). *High performance water meters. Are they a cost-effective alternative?*. Water & Wastewater Europe. Montjuïc 2 Exhibition Centre, Barcelona.

Arregui F.J., Palau C.V., García-Serra J., Herrero, M., (2004). *Contadores de agua para riego (Water meters for irrigation)*. Riegos y Drenajes XXI. Pp 36-42

Arregui F., Cabrera E. Jr, Cobacho R., Palau C.V., (2003). *Management strategies for optimum meter selection and replacement*. Water Science & Technology: Water Supply. Vol 3. No. 12.

Arregui F., (2003). *Sistemas de medición de agua: presente y futuro.(Water metering systems: present and future)*. VII Jornadas sobre la Mejora de la Gestión del Agua en Catalunya.Girona (Spain).

Arregui F., Palau C.V., Gascón I., Peris O., (2003). *Evaluating domestic water meter accuracy. A case study*. 1st IWA-IAHR Joint conference on pumps, electromechanical devices and systems. PEDS 2003. Valencia (Spain).

Arregui F., (1999). *Propuesta de una metodología para el análisis y gestión del parque de contadores de agua de un abastecimiento*. Valencia: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

AWWA, (2006). *Water Audits and Loss Control Programs*. Manual of Water Supply Practices M36, Denver: American Water Works Association.

AWWA, (2000). *Water submetering and billing allocation: A discussion of issues and recommended industry guidelines*. Denver: American Water Works Association.

Barfuss S. L., Johnson M.C., Neilsen M.A., (2011). *Accuracy of In Service Water Meters at Low and High Flow Rates*. Utah Water Research Laboratory.

Beal C., Stewart R., (2011). *South East Queensland residential end use study:final report, City East, Australia*: Urban Water Security Research Alliance Technical Report No. 47.

Bowen P., Harp J., Baxter J., Shull R., (1993). *Residential Water Use Patterns, Denver, CO*: American Water Works Association Research Foundation.

Buchberger S.G., Wu L., (1995). *Model for instantaneous Residential Water Demand*. Journal of Hydraulic Engineering, 121(3), pp. 232-246.

Burns A., (2011). *Advancements in Residential Water Metering Technology*. San Francisco, Eighth Annual Water Conservation Showcase.

Burke I., Hannah C., (2010) *Improve Accuracy With Proper Water Meter Installation*. Opflow. American Water Works Association. September 2010.

Cabrera E., Cabrera Jr. E., Arregui F.J, Pardo M.A., (2012). *Tap Water Costs and Service Sustainability, a Close Relationship*. Water Resources Management. DOI: 10.1007/s11269-012-0181-3. Pp 1-15. Springer Science+Business Media. Dordrecht.

Cañada L., Bajo G., Bernal M., Madurga C., Sánchez de Ribera A., (2006) *Banco de ensayo de contadores en el laboratorio central para ensayo de materiales y equipos de riego: descripción y utilidad*. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. XXIV Congreso Nacional de riegos.

Cobacho R., Cabrera E., Cabrera Jr. E., Arregui F.J., (2013). *Urban Water Prices, a first Assessment of the Full Cost Recovery*. 7th IWA Specialist 3rd IWA International Conference on Water Economics, Statistics and Finance. Marbella (Spain).

Davis S.E., (2005) *“Residential Water Meter Replacement Economics”*. Leakage 2005 - Conference Proceedings.

Díaz I., Flores J., (2010). *Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid*. Cuadernos de I+D+i Canal de Isable II.

Díaz I., Flores J., (2007). *Determinación de la curva de error del parque de contadores y vinculación con sus variables explicativas*. Canal de Isable II.

Engel R., Baade H.J., (2010) *Model-based flow diverter analysis for an improved uncertainty determination in liquid flow calibration facilities*. Measurement Science And Technology.

Engel R., Klages U., (2000). *A Novel Approach to Improve Diverter Performance in Liquid Flow Calibration Facilities*. 10th Int. Conf. on Flow Measurement FLOMEKO 2000 (Salvador, Brazil)

Espina P.I., YehT.T., Yende N.P., (2003). *Performance of an error free liquid flow diverter*. Proceedings of the 11th Flomeko on flow measurement of gases and liquids. Groningen, the Netherlands.

Garcia V., Garcia-Bartual R., Cabrera E., Arregui F., Garcia-Serra J., (2004). *A stochastic model to evaluate residential water demands*. Water resources planning and management. American society of civil engineering. Vol. 130. No. 5.

Gurung T.R., Stewart R.A., Sharma A.K., Beal C.D., (2014) *Smart meters for enhanced water supply network modelling and infrastructure planning*. Resources, Conservation and Recycling.

Hill C., Davis S., (2005). *Economics of Domestic Residential Water Meter Replacement based on Cumulative Volume*. AWWA Annual Conference

Jhonson E.H., (2001). *Optimal water meter selection system* Water SA Vol. 27 No. 4 October 2001.

Kingdom B., Liemberger R., Marin P., (2006). *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries*, Washington: The World Bank Group.

Larraona G. S., Rivas A., Ramos J. C., (2008). *Computational Modeling and Simulation of a Single-Jet Water Meter*. Journal of Fluids Engineering, Mayo.130(5).

Liemberger R. y otros, (2007). *Water Loss Performance Indicators*, s.l.: Water Loss Task Force (IWA).

Maraña J.C., (2009) *Seleccionar los caudalímetros correctos, una tarea nada fácil*. Informe Automática e Instrumentación.

Marfenko I., Yeh T.T., Wright J., (2006). *Diverter uncertainty less than 0.01% for water flow calibrations*. International Symposium for Fluid Flow Measurement Conference Proceedings 6th ISFFM Draft

Mukheibir P., Stewart R., Giurco D., O'Halloran K., (2012). *Understanding non-registration in domestic water meters. Implications for meter replacement strategies*. Water Journal, 39(8), pp. 95-100.

Mutikanga H., Sharma S., Vairavamoorthy K., (2011). *Investigating water meter performance in developing countries: A case study of Kampala, Uganda*, s.l.: Water SA Vol. 37 No. 4 October 2011

Mutikanga H., Sharma S., Vairavamoorthy K., Kizito F., (2011) *Decision Support Tool for Optimal Water Meter Replacement*. Second International Conference on Advances in Engineering and Technology.

Palau C.V., (2005) *Aportaciones a la gestión de los sistemas de medición de caudal en redes de distribución de agua a presión*. Valencia: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Palau C.V., Arregui F., Palau G., Espert V., (2004). *Velocity profile effect on Woltman water meters performance*. FLOMEKO 12th International Conference on Flow Measurement. Guilin (China).

Pérez J., Madurga C., Sánchez de Ribera A., (2011) *Influencia de la disposición de un contador en su metrología*. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. XXIX Congreso Nacional De Riegos.

Pöschel W., Engel R., Dopheide D., Baade H.J., Kecke H.J., Praetor R., Weist N. and Kurras E., (2000) *A unique fluid diverter design for water flow calibration facilities*. 10th Int. Conf. on Flow Measurement FLOMEKO '2000 (Salvador, Brazil)

Puleo V., Fontanazza C.M., Notaro V., De Marchis M., La Loggia G., Freni G., (2013). *Definition of water meter substitution plans based on a composite indicator*. 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry.

Quevedo J. y otros, (2013). *Flowmeter data validation and reconstruction methodology to provide the annual efficiency of a water transport network: The ATLL case study in Catalonia*. Drinking Water Engineering and Science Discussions, Volumen 6, pp. 79-95.

Schraml K.C., Ruiz V., (2006). *Uncertainty and error evaluation of a flow diverter valve actuated by a pneumatic piston*. XVIII IMEKO WORLD CONGRESS Metrology for a Sustainable Development.

Seago C., Mckenzie R., (2007). *An Assessment of Non-Revenue Water in South Africa*.,South Africa: Report No TT 300/07. South African Water Research Comission.

Sullivan J. P., Speranza E.M., (1992). *Proper Meter Sizing for Increased Accountability and Revenue*. Journal of American Water Works Association, 84(7), pp. 53-61.

Tobía G., González Y., Guzmán J., (2010) *Automatización de un banco*. Ingeniería Química.

Yeh T.T., Yende N.P., Johnson A.N., and Espina P.I., (2002). *Error Free Liquid Flow Diverters For Calibration Facilities*. The Fluid Measurements and Instrumentation Forum for ASME FEDSM2002-31085 (Montreal, Quebec, Canada).

NORMATIVA

DIRECTIVA 2004/22/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a los instrumentos de medida.

Real Decreto 889 del 21 de julio de 2006.

Procedimiento ME-008 para la calibración de caudalímetros de líquidos del Centro Español de Metrología.

ISO 4185-1980 *Measurement of liquid in closed conduits – Weighing method.*

UNE-EN ISO 4064: 2015 Contadores de agua para agua fría potable y agua caliente.

- UNE-EN ISO 4064-1 Requisitos metrológicos y técnicos.
- UNE-EN ISO 4064-2 Métodos de ensayo.
- UNE-EN ISO 4064-3 Formato de informe de ensayo.
- UNE-EN ISO 4064-5 Requisitos de instalación.

Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments (EURAMET/cg-18/v.02).

Documento Sistema de Calibración Industrial nº 9 *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones.* Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

UNE-EN 45501 *Aspectos metrológicos de los instrumentos de pesar de funcionamiento no automático.*

ISO 7066 *Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices.*