

Propuesta para Comunicación

Smart metering para el cálculo de la demanda de agua en tiempo real y mejora del rendimiento de la red

Cristina Verdú Sandoval. *Empresa Municipal de Agua y Saneamiento de Murcia S.A.* cverdu@emuasa.es. **Simón Nevado Santos.** *Empresa Municipal de Agua y Saneamiento de Murcia S.A.* snevado@emuasa.es

El desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) están jugando un papel decisivo en la gestión de las ciudades y sus servicios. Para las gestoras de agua, uno de los aplicativos del despliegue de estas tecnologías es el control en tiempo real de puntos del sistema para medida de parámetros indicativos del estado de la red, entre ellos el volumen producido, distribuido y consumido en cualquier punto. Su implantación posibilita la apertura de nuevos horizontes en la gestión eficiente del servicio de suministro de agua.

El control de los caudales inyectados y distribuidos en una red de distribución normalmente está integrado en un sistema de Telemando y Telecontrol que permite su análisis en continuo. La novedad en los últimos tiempos es su aplicación al resto de medidores de los consumos en clientes. La obtención de accesorios de adquisición y almacenamiento de datos para cualquier equipo y la facilidad tanto por tecnología como por coste de la transmisión de información periódica ha posibilitado su aplicación masiva y extensión a los contadores de los clientes.

La telelectura o telemedición se define como el sistema que permite leer a distancia contadores de agua en tiempo real, pudiendo calcular los caudales circulantes y volúmenes consumidos en cualquier momento. La revolución de esta tecnología está relacionada con el avance en los sistemas de radiotransmisión y radiofrecuencia mediante los cuales los contadores pueden comunicarse con múltiples plataformas de gestión.

En la ciudad de Murcia, EMUASA, empresa municipal encargada de la gestión del ciclo integral del agua, ha apostado por la implantación de sistemas de telelectura en los puntos de consumo de sus clientes de agua potable y de red de riego potable y no potable. Entre muchos de sus beneficios ofertados, destaca la aplicación de esta tecnología para mejorar el control del agua registrada y de la eficiencia de la red y la reducción de las pérdidas de agua. Para ello, se está trabajando en la obtención de una herramienta de predicción de la demanda para cálculo en continuo del volumen de agua consumida y registrada.

Los resultados obtenidos mediante esta herramienta de predicción a partir de telemidas y su comparación con otros datos de volúmenes y caudales procedentes de la monitorización en continuo de la red de distribución, permiten el análisis global y sectorizado de la red y la detección de incidencias de forma instantánea.

Además del cálculo del volumen de agua registrada, se han conseguido otros aplicativos:

- Cálculo del rendimiento técnico hidráulico y el volumen de agua no registrada en continuo o en un periodo de tiempo relativamente corto.
- Cálculo del volumen nocturno consumido en un determinado sector para cuantificar el caudal de fugas.
- Cálculo de perfiles de consumo.
- Correcto dimensionamiento del parque de contadores, principalmente de grandes clientes.
- Aplicación de una curva de volumen de agua registrada a la modelización matemática.
- Cálculo de un parte diario del volumen de agua registrada.

También resaltar que la telemedición es una herramienta para la gestión eficiente del recurso y que ofrece múltiples beneficios tanto para la gestora como para el cliente, consecuencia de que el sistema es capaz de garantizar una correcta facturación de los consumos registrados, avisar al cliente en casos de detectar anomalías consumos excesivos, fugas interiores, etc. y ofrecer a los clientes un entorno adecuado para la autogestión de sus consumos.

A continuación se detalla las fases de desarrollo de esta herramienta de predicción y el cálculo del volumen de agua registrada en sectores pilotos y el desarrollo para su aplicativo a nivel global de la red.

MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA

EMUASA presta servicio a unos 445.086 ciudadanos repartidos entre el núcleo urbano, la huerta y pedanías a lo largo y ancho de más de 890 km cuadrados a través de 2.185 Km de red de abastecimiento. El parque de contadores está constituido por 185.000 unidades de distintos tipos, tamaños y calidades metrológicas.

En cuanto a la eficiencia del sistema, ante la escasez de recursos hídricos en la Región de Murcia, el aprovechamiento del agua y la mejora continua en la eficiencia del sistema es uno de los objetivos prioritarios para la empresa. En 2015, se consiguió alcanzar un rendimiento técnico hidráulico superior al 86% y un índice de pérdidas lineales inferior a 5 m³/Km.d lo que demuestra el esfuerzo mantenido y los buenos resultados obtenidos en la política de gestión de agua no registrada.

En los últimos años, EMUASA está apostando por la telemedición en los clientes de una forma secuencial y planificada, instalando contadores nuevos ya equipados con los equipos de transmisión adecuados o adaptando el módulo de comunicación en aquellos medidores compatibles. Actualmente, existe un parque de contadores teleleídos de 30.000 unidades, es decir de un 16,3%

Cálculo de la demanda en tiempo real

La telemedición, ya sea por telemando o telelectura, permite el cálculo de caudal y volumen en tiempo real de caudales inyectados y consumidos y junto con otros aplicativos permite configurar un Sistema de Vigilancia de Rendimiento Técnico Hidráulico que calcula el rendimiento de la red (cociente entre el volumen registrado y distribuido) y el volumen de pérdidas del sistema por diferencia de ambos. El resultado es el seguimiento en tiempo real del estado de la red y la detección temprana de incidencias por fugas, averías, alertas por consumos excesivos.

El control de pérdidas en la red consigue los siguientes beneficios:

- Disminución de la vida media de las averías y por tanto del volumen de agua perdido en las mismas.
- Aumento de la eficiencia de los recursos de detección de fugas puesto que irán orientados a los sectores donde se pueden observar alguna anomalía de caudal mínimo.
- Caracterización del volumen de agua no registrada del sector, es decir, determinación del volumen perdido por fugas en red, interiores, fraudes y el no medido por errores de contaje del contador.
- Caracterización de ratios de gestión: consumo mínimo nocturno, rendimiento de red respecto a los contadores generales, rendimiento de red respecto a los contadores divisionarios.
- Identificación y aviso de fugas interiores del cliente.

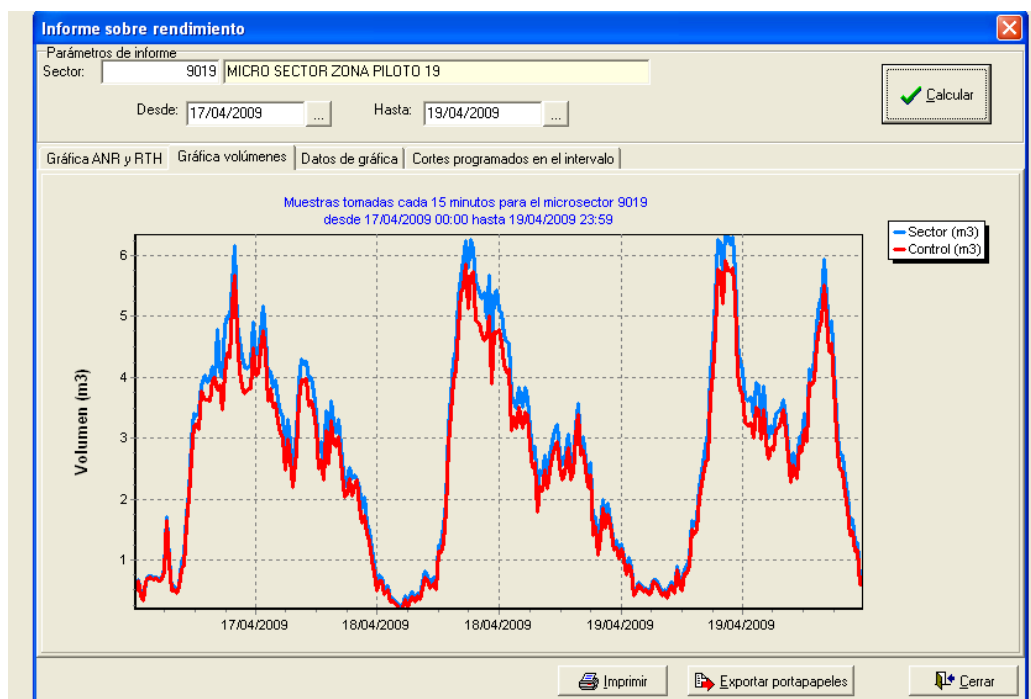
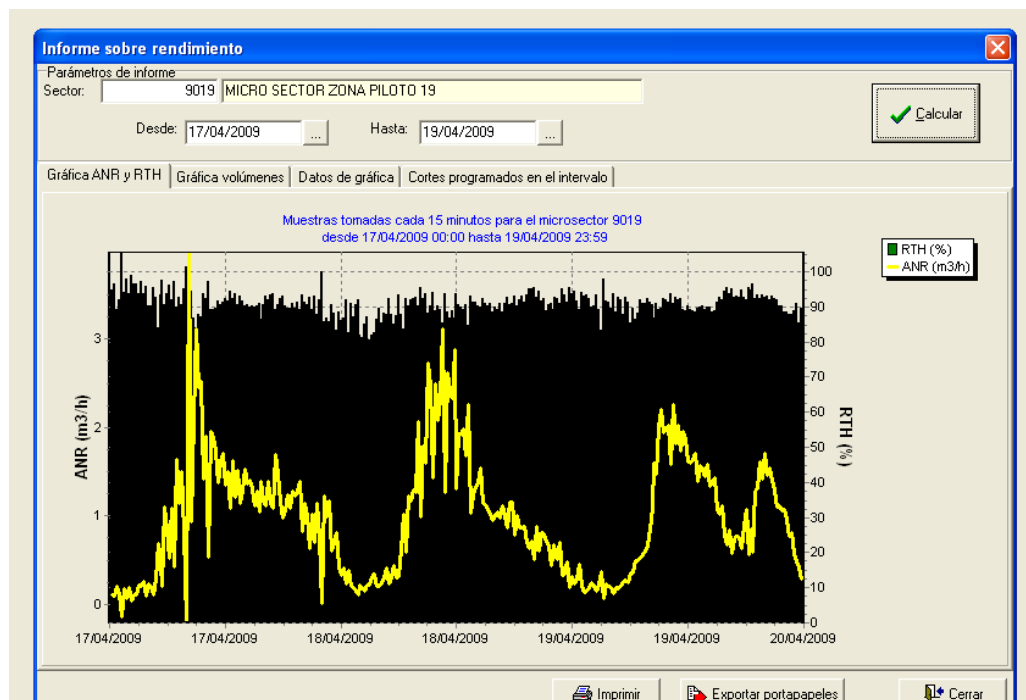
A continuación se muestran el cálculo de la curva de agua registrada en función de las telemidas existentes para distintos sectores hidráulicos y la red global. Se ha configurado un sector piloto de 1.500 clientes con 100% de los consumos telemidos. Para el resto, se ha recurrido a la estadística para identificar la muestra representativa del parque de contadores que permita estimar la curva de agua registrada.

Cálculo de rendimiento en continuo en sector 100% telemido

En este caso, se ha instalado telelectura en el 100% de los contadores que configuran un sector de 4,35 Km red principalmente de fundición dúctil y 1.480 clientes de tipo doméstico.

El resultado de este desarrollo ha sido una aplicación que permite consultar el rendimiento y el volumen de agua no registrada del sector de forma continua.

Algunos ejemplos de informes obtenidos:



Ejemplos de informes obtenidos Emuasa. Proyecto RENDCON

Con este sistema se calculan los volúmenes acumulados de los contadores de los clientes entre fechas/horas por sector hidráulico y se comparan con el volumen registrado por los contadores de control del sector hidráulico en las mismas franjas temporales y por los contadores de los clientes teleleídos.

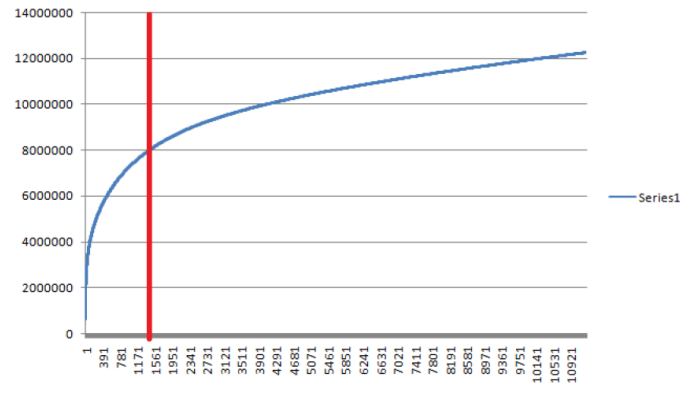
Del análisis de datos destaca que el rendimiento se encuentra en torno al 95% y que los gráficos de consumo del contador de entrada al sector y de los consumidores son prácticamente iguales. Existen picos en los que el agua distribuida es superior a la de los consumos debido a errores de medida por subcontaje de los contadores de clientes que originan que el rendimiento no llegue al 100%. Por otro lado, el caudal mínimo nocturno del contador de alimentación al sector llega a valores de 0 m³/h en horas nocturnas lo que es indicativo de que no existen fugas en la red de distribución.

Cálculo de rendimiento en continuo en sector sin telemedición 100%

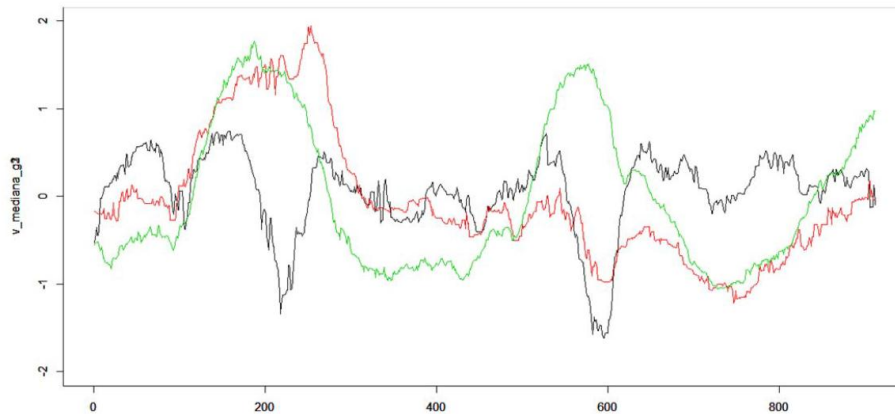
La implantación de telelectura en el 100% de los contadores tiene un alto coste y es fruto de una planificación estratégica dentro de la compañía. Llegar al 100% de los clientes con perfecta calidad en la recepción / transmisión de lecturas es complejo a corto plazo. Además, el tipo de clientes (industrial, doméstico, comercial, etc), principio de funcionamiento del contador, antigüedad y ubicación, condicionan el tipo de telelectura a instalar, el tipo de telecomunicaciones y de resolución de datos.

Por este motivo, para acometer el cálculo del volumen de agua registrada se recurre a métodos de inferencia estadística. La metodología seguida ha tenido las siguientes fases:

1. Análisis descriptivo inicial.
Se analizan los tipos de clientes y sus consumos por usos y la repercusión en el consumo global de las altas y bajas. El objetivo es estudiar cómo se reparte el consumo registrado por tipo de clientes.
2. Determinación de la muestra que no interesa muestrear. (Take nothing)
El 11% de los clientes suponen un consumo global inferior a 0,5% y se deciden eliminar de la zona de muestreo. Posteriormente, la estimación que se realiza se corregirá atendiendo al consumo de estos clientes.
3. Determinación de la muestra que sí interesa muestrear. (Take certain)
Existen abonados que aportan grandes consumos a lo largo de todo el año y que es necesario identificar e instalarles telemedición para mejorar la estimación de agua registrada diaria. Estos consumidores pueden consumir de forma homogénea durante todo el año o concentrar su consumo en bimestres particulares. En el caso de Murcia, el 0,8% de los clientes consumen un 30% del total. Se monitoriza el consumo de todos ellos para no incurrir en ningún error de estimación. La siguiente gráfica muestra la evolución del consumo facturado acumulado para los clientes ordenados de mayor a menor consumo. El criterio para seleccionar es consumo anual superior a 1.000 m³/año. El número de telemidas a instalar es de 1.550.



4. Formación de clusters para selección de clientes entre consumos 200 – 1000 m³/año. Se analizan los perfiles de agua distribuida por sectores hidráulicos y se concluye que existen 3 curvas tipificadas denominada clusters que se representan a continuación:



GRUPO 1 (16 zonas)	GRUPO 2 (21 zonas)	GRUPO 3 (34 zonas)
"z80" "z18" "z19"	"z8" "z10" "z11" "z12"	"z1" "z2" "z3" "z4" "z6" "z7" "z14"
"z17" "z5" "z9" "z26"	"z13" "z15" "z22" "z23"	"z16" "z20" "z21" "z25" "z27" "z30"
"z44" "z66" "z67"	"z29" "z33" "z38" "z42"	"z31" "z34" "z35" "z46" "z47" "z48"
"z68" "z70" "z71"	"z43" "z52" "z54" "z59"	"z51" "z53"
"z79" "z97" "z63a"	"z69" "z72" "z81" "z95"	"z56" "z57" "z60" "z64" "z73" "z74"
	"z63c"	"z75" "z76" "z77" "z78" "z93" "z94"
		"z100"

La diferencia esencial viene marcada por el cluster 3 (curva verde) respecto al resto que presenta consumos altos en verano, mientras que los cluster 1 y 2 presentan caídas en verano y repuntes en septiembre y homogeneidad de consumos en el resto del año. El cluster 2 se caracteriza porque presenta tendencia decreciente en los últimos años.

Para la selección de clientes entre 200 – 1.000 m³/año a los que instalar telemedición, se debe tener en cuenta el reparto espacial en todos los clusters.

- Determinación del tamaño muestral y estratos de consumo para clientes entre 0 – 200 m³/año. Este resto de clientes se clasifica en tres estratos de consumo según los resultados de aplicar el método de estratificación LH. Con este método, se comprueba que el error de estimación inferior al 1,5%. Se determinan 3 estratos de consumo en función de la mediana de los últimos 6 bimestres y se determina el tamaño de la muestra siguiendo el criterio de Neyman.

	Mediana de las facturaciones bimestrales					
	Bimestre 1	Bimestre 2	Bimestre 3	Bimestre 4	Bimestre 5	Bimestre 6
Estrato 1	9,00	9,00	8,73	6,25	7,00	9,00
Estrato 2	18,84	18,77	18,44	14,43	14,58	19,00
Estrato 3	31,00	31,00	30,00	26,00	25,88	31,00

Para cada estrato se calcula la mediana de sus facturaciones bimensuales, obteniendo así el centroide de cada estrato. Las nuevas altas se compararán con los 3 centroides y el nuevo cliente se ubicará en el estrato cuyo centroide esté más próximo a las facturaciones de dicho cliente.

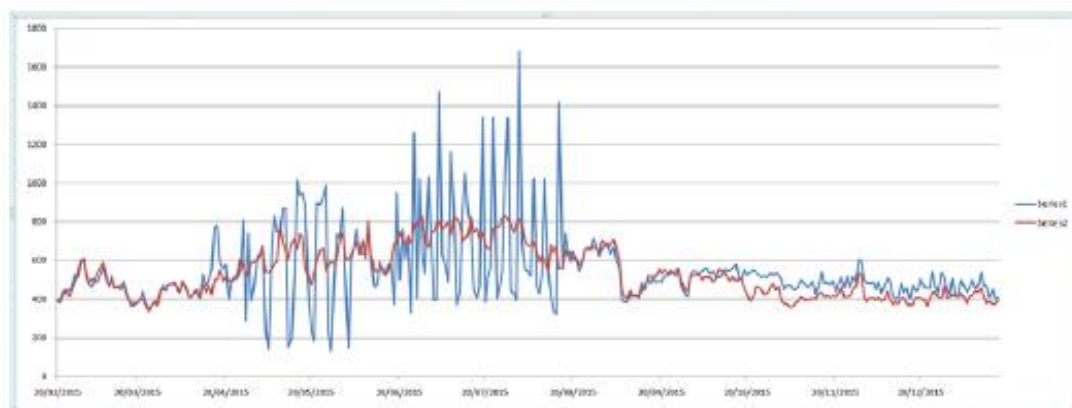
Para el cálculo del parte de agua global, el tamaño de este resto de muestra teledividida está completo y puede faltar alguna representatividad en el cálculo del agua registrada por sectores hidráulicos.

RESULTADOS OBTENIDOS

La metodología descrita de estimación del agua registrada se ha completado de forma rigurosa para 3 sectores hidráulicos. Las conclusiones para el análisis de la eficiencia del sistema

ZH74. La LADERA

Se trata de un sector hidráulico de 15,297 Km de red y 928 clientes, con la muestra de telemedición sobre dimensionada.



Los valores de agua distribuida (azul) frente a la estimación de la registrada son casi idénticos, o incluso a veces supera el agua el agua estimada a la inyectada, indicativo de un subcuenta en el contador de entrada al sector como así se comprobó.

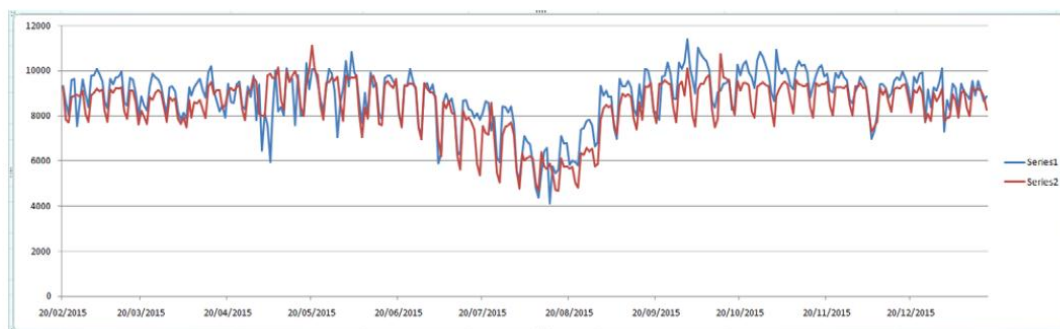
En la siguiente tabla se muestra la comparativa del consumo facturado en cada bimestre real y la estimación con la metodología propuesta:

BIMESTRE	Fechas lectura	Suma Facturada (m ³)	Suma Estimada (m ³)	Error (%)
B3	06/03/15 al 06/05/15	30694	29681,19208	3,3%
B4	06/05/15 al 07/07/15	41121	41777,50234	-1,6%
B5	07/07/15 al 07/09/15	41467	43357,60152	-4,5%
B6	07/09/15 al 09/11/15	29313	28516,5842	2,7%
TRAMO B3-B6	06/03/15 al 09/11/15	142595	141563,3179	0,7%

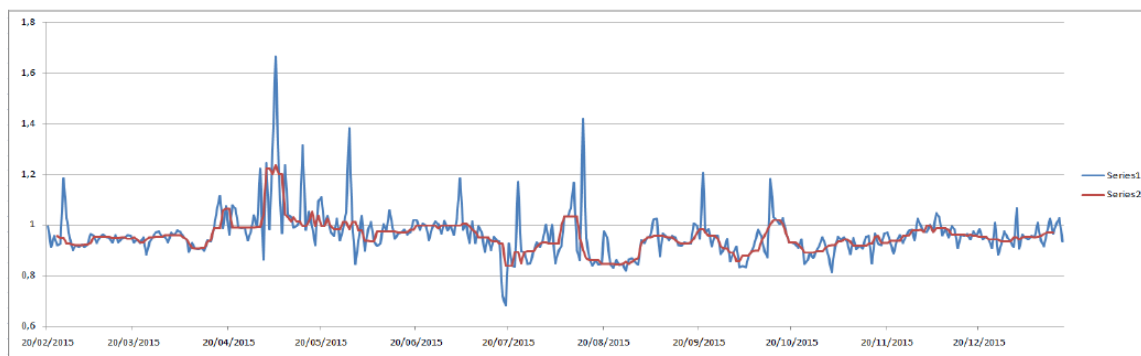
Se incurre en un error de estimación de 0,7% y se detecta la importancia de los días iniciales y finales de cada bimestre a la hora de comprobar el error de estimación que puede llegar hasta el 3,3%.

ZH80. MURCIA CENTRO

Sector hidráulico de mayor consumo y que dispone del tamaño de telemedición adecuado para cualquier intervalo de consumo. La representación de los caudales distribuidos y estimados es:



Se observan errores en la integración de los caudales distribuidos y un descenso importante de consumo en los meses de verano. A partir de estos valores, se calcula el rendimiento técnico hidráulico:



Se observa un descenso del rendimiento en los meses de verano debido a los descensos del consumo. En este caso, no afecta las ausencias de lectura debido a la telelectura

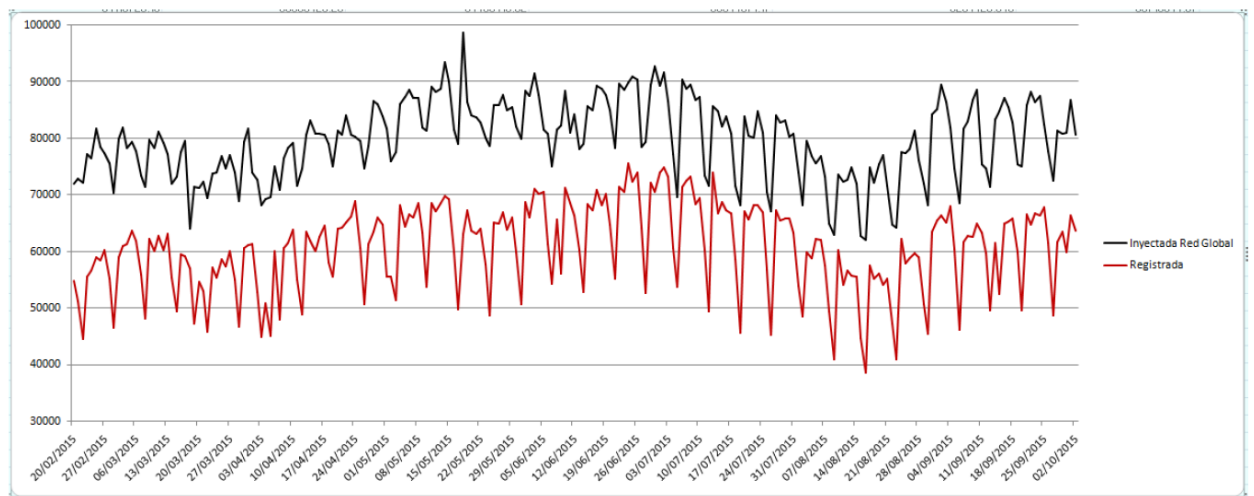
En la siguiente tabla se muestra la comparativa del consumo facturado en cada bimestre y la estimación.

BIMESTRE	Fechas lectura	Suma Facturada (m ³)	Suma Estimada (m ³)	Error (%)
B3	09/03/15 al 08/05/15 ... 30/04/15 al 30/06/2015	545371	552898,3838	-1,38%
B4	08/05/15 al 09/07/15 ... 30/06/2015 al 31/08/15	456988	484220,0601	-5,95%
B5	09/07/15 al 09/09/15 ... 31/08/15 al 30/10/15	494427	467233,558	5,50%
B6	09/09/15 al 09/11/15 ... 30/10/15 al 31/12/15	537730	557173,4473	-3,61%
TRAMO B3-B6	09/03/15 al 08/05/15 ... 30/10/15 al 31/12/15	2034516	2055946,735	-1,05%

Se observa que los mayores errores se producen en los bimestres B4-B5. Este aumento se debe a la variabilidad de las fechas de lectura para facturar por tratarse de un sector muy grande y a las ausencias de lecturas entre los B4 y B5. El error de estimación acumulada ha resultado sólo del 1%.

Red Global

A pesar de que la instalación de medidas no está completada nivel global se quiere comprobar los errores de estimación. Los resultados obtenidos:



Se observa que el agua registrada se comporta de forma similar a la inyectada pero presentando más variabilidad semanal la registrada que la inyectada. Concretamente, las caídas de los fines de semana y festivos son más pronunciadas en el agua registrada que en la distribuida, lo que conlleva a que la muestra disponible tiende a infraestimar en este tipo de días entre otros motivos por la falta de grandes consumidores.

CONCLUSIÓN

La telelectura abre un nuevo horizonte para la mejora de la eficiencia del sistema. El cálculo del volumen de agua registrada en tiempo real va a permitir reducir el volumen de agua registrada y discriminar las causas que lo originan para ser más efectivos en la aplicación de sus medidas correctivas.

Puesto que la telelectura es una tecnología cara que se irá implantando de forma secuencial, desde EMUASA se quiere obtener el máximo beneficio lo antes posible y se ha estudiado un método de estimación estadístico para calcular cada día de forma estimada el volumen de agua registrada.

El error de estimación del método se irá reduciendo a medida que se vaya cubriendo la muestra de clientes objeto de la instalación de la telelectura.

El objeto final es llegar al desarrollo diario de un informe de este tipo, similar al generado para el control del agua producida tanto para la red global como para los sectores hidráulicos que componen la red de distribución:



PARTE DÍA 28/02/2016

26/10/2016

AGUA PRODUCIDA									71.245
Año actual			Año anterior			Diferencia %			
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año	Día	Mes	Año	
71.245	2.145.474	4.480.038	76.864	2.120.721	4.459.238	-7,31	1,17	0,47	



PARTE DÍA 28/02/2016

AGUA REGISTRADA									67.325
Año actual			Año anterior			Diferencia %			
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año	Día	Mes	Año	
67.325	1.875.580	3.953.240	65.441	1.852.352	3.925.241	2,88	1,25	0,71	