

DIGITALIZACIÓN Y ALGORITMIA AVANZADA ORIENTADA A LA EFICIENCIA HÍDRICA

Víctor González Carbonell

Grupo GLOBAL OMNIUM, Unidad de Metrología y Telelectura. Calle dels Pedrapiquers, 4 Valencia
963860600 vgonzalez@globalomnium.com.

RESUMEN: La digitalización de los abastecimientos de agua potable, orientada a incrementar la eficiencia hídrica del servicio, requiere disponer de un parque de contadores inteligentes capaz de transmitir, como mínimo diariamente, la información de los consumos horarios y de las alarmas asociadas a los contadores de agua, mediante comunicaciones IoT.

Las tecnologías de comunicaciones están en constante evolución. Partiendo de la base de que los datos en bruto no aportan nada, se requiere disponer de algoritmia avanzada para transformar estos datos en información.

En lo que respecta a los contadores de agua como sensores, la algoritmia se enfoca hacia la eficiencia hídrica tanto en las instalaciones interiores de los clientes del servicio como en las redes de distribución.

Con la eficiencia hídrica, se contribuye a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible al incentivar el consumo responsable y la disminución de emisiones de CO₂. [1] [2]

1. INTRODUCCIÓN

Según la ONU, el consumo de agua crecerá en las economías maduras un 20% hasta el año 2025. En España, utilizamos en la actualidad más del 25% de los recursos hídricos, lo que nos lleva a la conclusión de que es imprescindible controlar el consumo y, sobre todo, minimizar las pérdidas de agua debido a fugas tanto en las redes de distribución como en las instalaciones interiores de los clientes del servicio. Para conseguir este objetivo, entre otras medidas, se debe plantear el despliegue de soluciones de Telelectura en red fija de los contadores de agua.

Global Omnium inició el despliegue de la Telelectura de los contadores de agua hace más de 19 años. Inicialmente con soluciones de Telelectura remota en walk-by. Posteriormente, con soluciones de Telelectura en red fija. En aquel momento, año 2010, con tecnologías de comunicación propietarias de los fabricantes de contadores porque no había otra alternativa. Posteriormente, año 2020, con tecnologías IoT. Actualmente gestiona un parque con Telelectura cercano a los 800.000 contadores inteligentes.

Con las primeras tecnologías en red fija que se implantaron, se obtenían datos semanales de lecturas. En aquel momento, ya se consideraba un éxito. Actualmente no se tienen en consideración tecnologías que no permitan disponer, como mínimo, de forma sistemática, diariamente, de los datos de las lecturas horarias de los contadores y de las alarmas que se generan en los mismos.

De cara a abordar nuevos proyectos de Telelectura y ya avanzado el inicio de la sustitución de los contadores en red fija implantados en la primera fase, a medida que llegan al final de su vida útil, desde Global Omnium se están realizando múltiples pruebas de concepto con todas las tecnologías disponibles en el mercado para la Telelectura de contadores de agua en el ámbito de las tecnologías de comunicaciones conocidas como IoT (Internet of Things) [3].

En el texto, se pondrá en valor cómo, con la Telelectura, nos podemos enfrentar al reto de adecuar la gestión del servicio a las necesidades sociales, medio ambientales y económicas que plantea la realidad actual.

Con estas tecnologías se facilita y se impulsa la transformación digital del servicio mediante el análisis de todos los datos recibidos a través de algoritmos en continua evolución. Este tránsito hacia la inteligencia de la información es el que nos permite ser capaces de aprender de ella y garantizar un servicio totalmente adaptado a las necesidades de los municipios y de los clientes por una parte y, orientado a la eficiencia hídrica, por otra.

La estrategia multicanal pone el foco en el cliente, generando diversas plataformas (app, oficina virtual, web...) que contribuyen a mejorar su experiencia. La evolución hacia la gestión inteligente del agua no está tanto en crear nuevos modos de interactuar como en satisfacer las necesidades de un consumidor cambiante, anticipar nuevos servicios y, sobre todo, reducir las pérdidas de agua al máximo.

2. DESCRIPCIÓN

En los inicios, con los primeros sistemas de lectura remota en campo mediante Walk-by, Drive-by, se conseguía asegurar la recepción de las lecturas de facturación en campo sin necesidad de acceder al emplazamiento del contador. También se obtenía un sistema básico de alarmas que proporcionaba información adicional. Con esta información inicial, se empezaron a desarrollar los primeros algoritmos básicos para informar a los clientes de posibles fugas en sus instalaciones interiores y detectar posibles fraudes realizados por los clientes del servicio.

Posteriormente, con los primeros sistemas de lectura remota mediante red fija, a las ventajas anteriores, se sumaban otras con un valor añadido significativo. Los periodos de facturación pasaban a ser homogéneos para todos los clientes. Además de la lectura para facturar, se recibía información de lecturas de forma sistemática, semanal inicialmente y diaria más tarde, con la que se pudieron evolucionar los algoritmos básicos y desarrollar otros relacionados con la nueva información a la que se tenía acceso.

Finalmente, con los sistemas de lectura remota mediante red fija avanzados, a las anteriores ventajas se sumaban la posibilidad de realizar análisis de la información mediante algoritmia avanzada y balances hídricos horarios en los sectores hidráulicos de cara a la optimización de la detección de fugas en las redes de distribución y la detección de fraudes; la obtención de las pautas de consumo de los clientes del servicio mediante machine learning con el objeto de detectar pequeñas y grandes fugas en sus instalaciones interiores, de posibles fraudes, de posibles contadores parados, de posibles subcontajes de contadores, de problemas de dimensionamiento de contadores, etc. Ha permitido también dar soporte a los clientes industriales para medir la huella hídrica de su gestión y su huella de carbono.

El balance hídrico según la International Water Association (IWA) [4] se detalla en el siguiente esquema:

| Entrada de agua al sistema | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|
| Consumo autorizado | | | | Pérdidas de agua | | |
| Consumo autorizado facturado | | Consumo autorizado no facturado | | Pérdidas aparentes | | Pérdidas reales |
| Consumo registrado | Consumo no registrado | Consumo registrado | Consumo no registrado | Consumo no autorizado | Errores de medición | Fugas |
| Volumen facturado | | Volumen no facturado | | | | |

Fig. 1: Balance hídrico (IWA)

El Agua No Registrada, que denominaremos en adelante ANR [5] es el indicador de eficiencia de las redes de abastecimiento de agua más extendido del mundo. Definido como la diferencia entre el volumen de agua suministrada al sistema y el volumen de agua registrada en los contadores de los usuarios, engloba los consumos autorizados no medidos, los consumos no autorizados (fraudes), los errores de medida y las pérdidas físicas en la red.

El objetivo prioritario de la digitalización en la fase de distribución es mejorar la eficiencia hídrica en las redes de distribución de agua, encaminado a la reducción del ANR tanto en el ámbito de las fugas en las redes de distribución como en el de los consumos no autorizados,

Ahora bien, no solo hay que perseguir el apartado de fugas del balance hídrico en la búsqueda de la sostenibilidad. También hay que abordar la reducción de los consumos por fugas en las instalaciones interiores de los clientes en el apartado del consumo registrado por los contadores.

Las principales estrategias de Global Omnium encaminadas a la mejora de la eficiencia hídrica, se orientaron inicialmente a la gestión de las presiones y la sectorización. Ha sido con la implantación de los sistemas de Telelectura de contadores cuando se ha podido dar un salto cuantitativo significativo en este ámbito.

Como se puede observar en la siguiente imagen, en las primeras implantaciones realizadas, con la información de lecturas diarias de los contadores, no se disponía de suficiente granularidad para determinar si las variaciones del caudal mínimo nocturno detectadas en un sector se debían a fugas en la red o a cambios en las pautas de consumo de uno o varios clientes asociados al sector monitorizado.

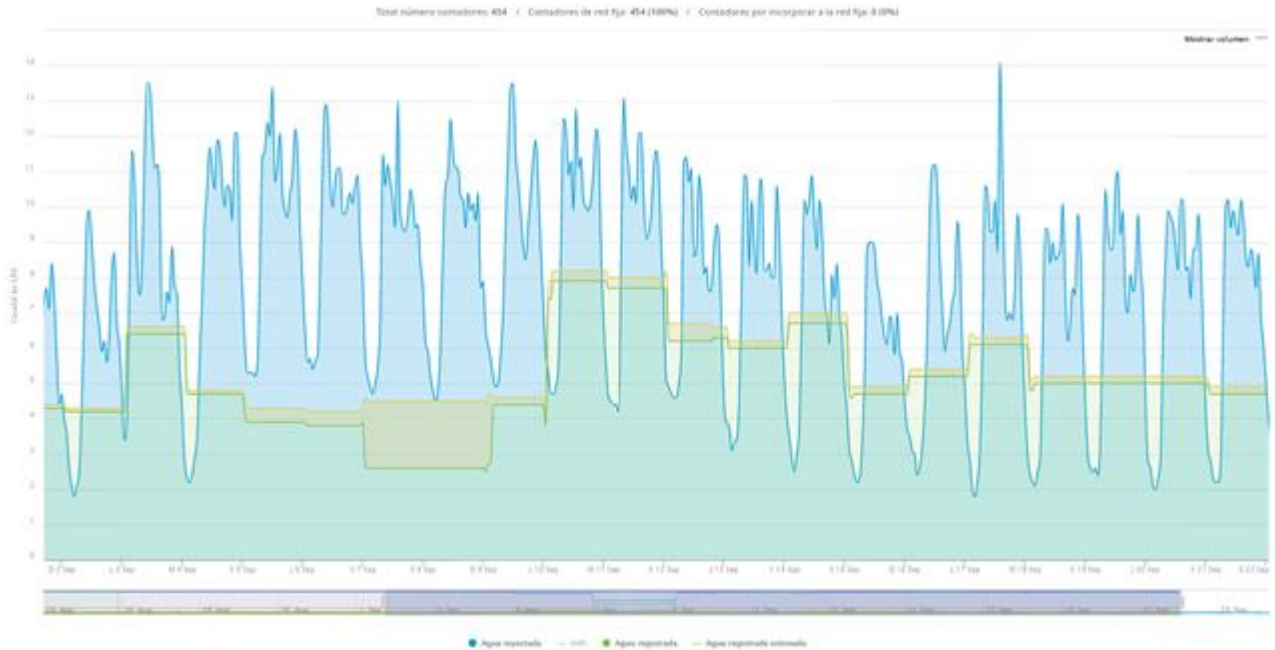


Fig. 2: Balance hídrico (lecturas diarias)

Los sistemas basados en el control de caudales mínimos nocturnos precisan realizar balances suficientemente precisos del agua inyectada y consumida en un sector de la red de abastecimiento en un periodo relativamente corto de tiempo, de manera que se pueda evaluar rápidamente si un incremento de caudal nocturno se debe a una fuga en la red o a un cambio en la pauta de consumo de alguno de los clientes suministrados por ese sector del abastecimiento. Estos balances sólo son posibles si se dispone de sistemas de Telectura de contadores en red fija con datos horarios de todos ellos como mínimo. En la siguiente imagen se aprecia cómo la granularidad horaria permite conocer el rendimiento de la red hora a hora.

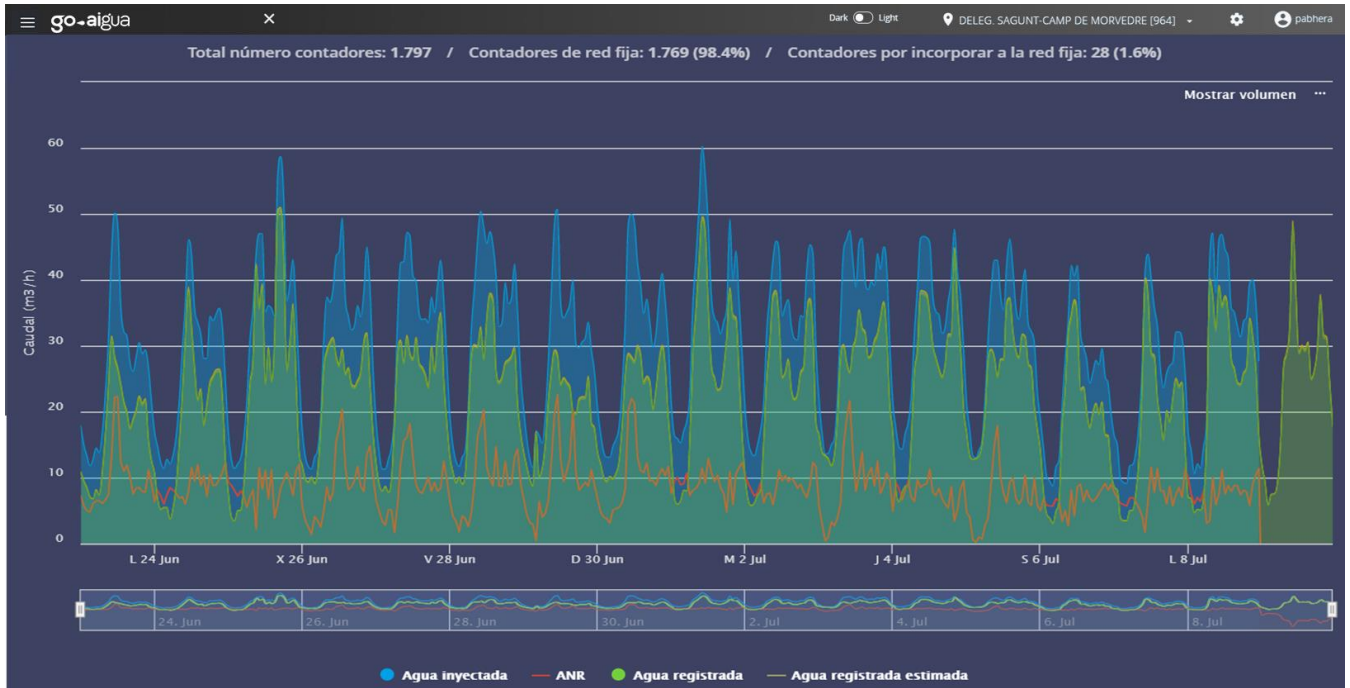


Fig. 3: Balance hídrico (lecturas horarias)

A partir de esta información horaria, se consigue anticipar la detección de fugas en la red de distribución, como es el caso de la siguiente imagen en la que se muestra una fuga en la red. Se aprecia un incremento de agua inyectada (grafico azul) sin correspondencia con un incremento del agua registrada (grafico verde). En este caso, en menos de 24 horas, se ha podido detectar la existencia de una fuga, localizarla y repararla.

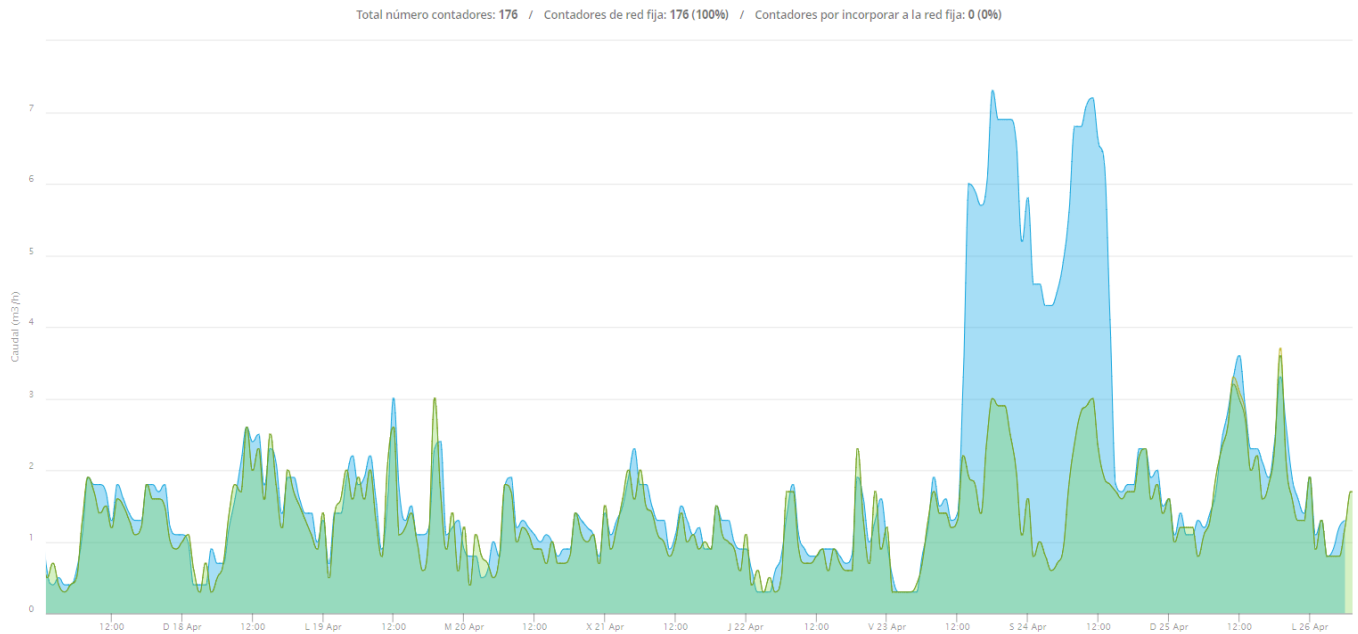


Fig. 4: Balance hídrico (caso de fuga en la red)

También se consiguen detectar casuísticas derivadas de consumos significativos no autorizados y de contadores de grandes consumidores parados o con significativos subcontajes. Para poder identificar las causas de forma precisa y fiable, se requiere de un aprendizaje, analizando cada uno de los casos en que la realidad no se corresponde con la identificación realizada por el sistema.

En el caso del siguiente balance, se puede apreciar un caso de consumo no autorizado, aunque también podría tratarse de un contador parado de un gran consumidor o con significativos subcontajes.

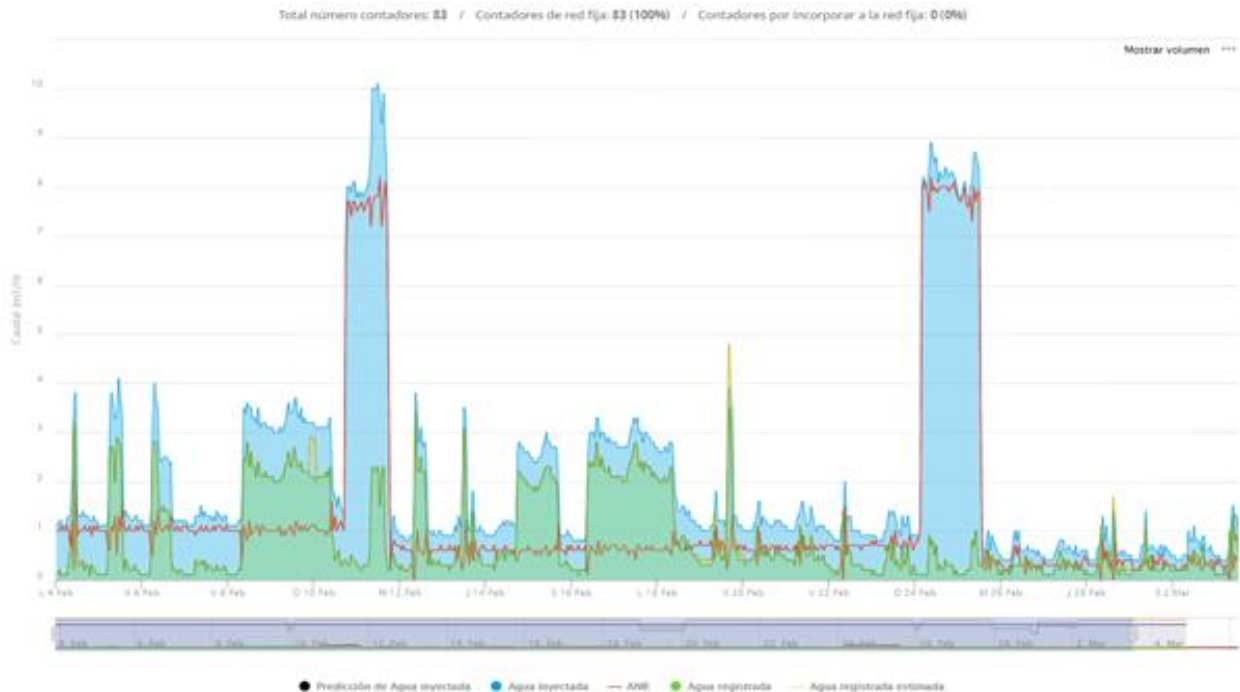


Fig. 5: Balance hídrico (caso de consumo no autorizado)

Otro aspecto importante a considerar para optimizar la eficiencia hídrica ha sido el tratamiento de la información individualizada de cada contador para detectar pequeñas y grandes fugas en las instalaciones interiores de los clientes, posibles consumos no autorizados (fraudes), posibles contadores parados, posibles contadores con subcontajes, problemas de dimensionamiento de contadores (sobredimensionados o infra dimensionados).

Los primeros análisis de la información recibida inicialmente por la Telelectura, en contraste con la realidad de la casuística analizada tras los trabajos de campo de verificación, nos llevaron a la conclusión de que con las alarmas que se generan en los módulos de radio asociados a los contadores no se disponía de suficiente información para llegar a conclusiones en todos los casos. Era necesario considerar también la información histórica de consumos de los clientes para cruzarla con las alarmas y obtener resultados más fiables.

Un ejemplo claro de ello es una alarma de fuga recibida de un contador con módulo de radio asociado. Dicha alarma se dispara en base a una configuración que se realiza en fábrica, de forma uniforme para todos los casos. Aunque esta configuración es posible modificarla y adaptarla al punto de suministro donde se instala el contador, en la práctica es inviable debido a su complejidad. Además, las pautas de consumo del cliente en el punto de suministro pueden variar en el tiempo, haciendo la configuración personalizada de las alarmas todavía más inviable. Un consumo continuado durante un tiempo configurado en el dispositivo, que levanta una alarma de fuga, no necesariamente es una fuga real. Puede ser un llenado de un depósito, un llenado de una piscina o un consumo continuo de un proceso productivo en una industria, entre otros. Por ello, las alarmas en sí no aportan suficiente información. Como anécdota, indicar que, en los inicios de la explotación de la información, todas las fincas y chalets con

piscina, generaron aviso de fuga en el mes de junio al no tener en cuenta la información histórica de consumos de forma estacional.

Otro punto importante ha sido la caracterización de los clientes, que ha permitido la identificación automática de anomalías relacionadas con consumos que se desvían de su patrón esperado, asignando de forma automática revisiones para estudiar cada caso de forma personalizada.

El análisis de los falsos positivos y de los falsos negativos de cada una de las funcionalidades desarrolladas en la algoritmia ha sido fundamental para su optimización.

En el caso concreto de las fugas en las instalaciones interiores de los clientes, tras múltiples análisis realizados, se llegó a la conclusión de que había que diferenciar dos casuísticas:

- Fugas de pequeño caudal, que suponen un consumo continuado sin que haya una repercusión significativa en el consumo total del cliente respecto a su pauta habitual. Este tipo de fugas las hemos denominado fugas regulares.
- Fugas de gran magnitud, que suponen un consumo significativamente superior a la pauta de consumo del cliente en el momento en que se producen. Este tipo de fugas las hemos denominado fugas extremas.

El tratamiento a nivel de los avisos al cliente y de las actuaciones que realizamos es diferenciado en función de la tipología de fugas que se identifica. Las fugas extremas requieren una detección lo más rápido posible y una actuación inmediata. La frontera entre ambas tipologías es muy delicada y requiere de un ajuste muy fino en la algoritmia que las genera, con aprendizaje a partir del análisis a posteriori de la realidad de los casos identificados.

El objetivo es identificar lo más rápido posible las situaciones de fugas extremas, tanto en lo que respecta a reducir al máximo el tiempo necesario para la recepción y procesado de la información como en lo que respecta a la fiabilidad de los algoritmos que tratan la información.

En el gráfico de la siguiente figura, se puede visualizar un caso de fuga extrema en la instalación de un cliente. La fuga se inició el día 7 de junio a las 10:00. Se identificó por la algoritmia y se informó al cliente el día 9 de junio a primera hora de la mañana. El cliente la reparó el mismo día a las 19:00 horas conforme se puede observar en la imagen. Se trata de una instalación industrial sin actividad. El volumen de fuga era de 2,19 m³/hora producida por una rotura en la canalización en la que el agua se iba por un desagüe y no había señal exterior de la misma. Al suministro se le había facturado el 31 de mayo por lo que quedaban 83 días hasta la siguiente lectura de facturación, al ser facturación trimestral. Hubiera supuesto un volumen de 4.362,88 m³ de fuga si se hubiera detectado con el consumo registrado para la facturación si no hubiera Telelectura. Este volumen de fuga, frente a los 124,61 m³ de fuga, con el aviso al cliente han supuesto un ahorro de, al menos, 4.238,27 m³ al cliente.

Consulta de lecturas

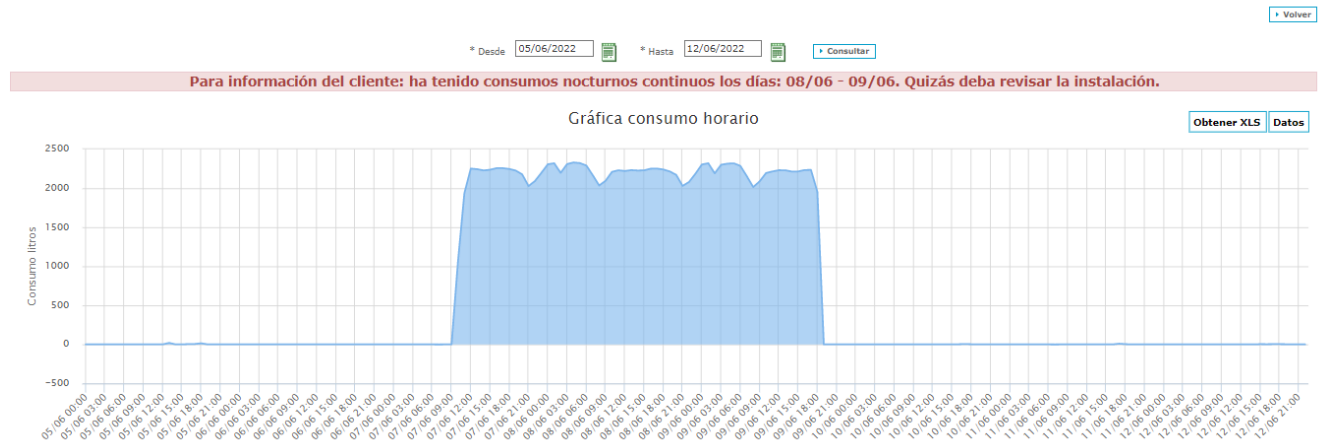


Fig. 6: Gráfica consumo horario cliente con fuga extrema.

En el gráfico de la siguiente figura, se puede visualizar un caso de fuga regular en la instalación de un cliente. Hay un consumo continuado de un mínimo de 9 litros/hora. Tras el aviso al cliente, repara la fuga y deja de tener consumos continuados. Estas pequeñas fugas normalmente pasan desapercibidas en los consumos registrados por un contador con lectura visual. En este caso supone un volumen adicional de pérdidas de 6,48 m³/mes en un suministro que consume 30 m³/mes de media.

Consulta de lecturas

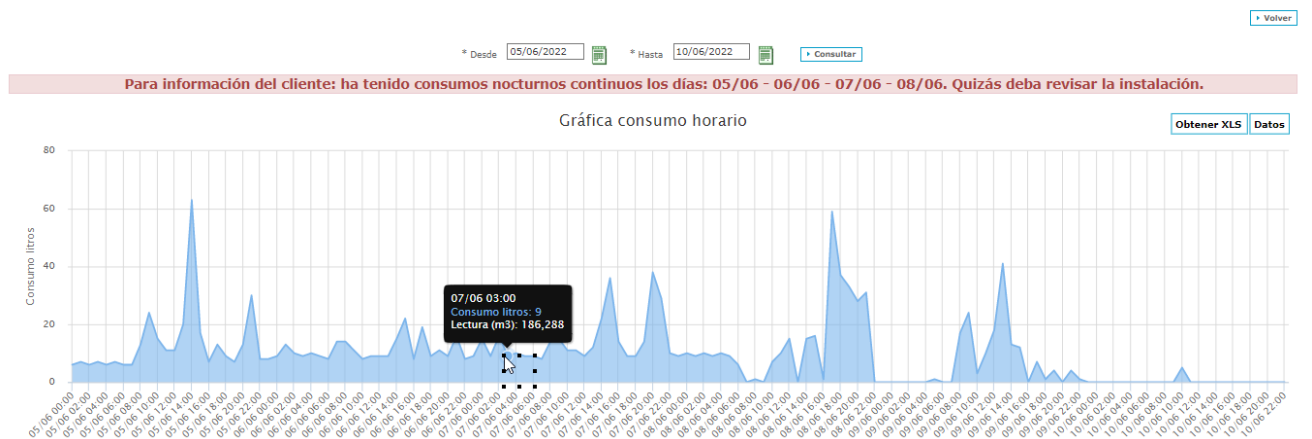


Fig. 7: Gráfica consumo horario cliente con fuga regular.

Las fugas regulares, en muchas ocasiones no se detectan con los sistemas de lectura visual y los incrementos consumos que suponen quedan embebidos en los promedios habituales del cliente. Cuando se implanta la Telectura, estos casos afloran de inmediato y suponen ahorros considerables para los clientes a largo plazo.

Hay que considerar que estos volúmenes de fuga, tanto regulares como extremas, son registrados por el contador y corresponden al apartado de consumo registrado en el balance hídrico de la IWA.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, los resultados, en lo que respecta a datos tangibles en las explotaciones en las que se ha implantado la Telelectura, varían en función de la modalidad de la tecnología implantada en la misma y del punto de partida en lo que se refiere al rendimiento de red inicial previo a dicha implantación.

Un caso demostrativo de los resultados obtenidos es el correspondiente a una Explotación que denominaremos A (por confidencialidad), en la que se parte de la siguiente situación:

| Ítem | Datos Año 0 |
|--------------------------------|-------------|
| Número de Puntos de suministro | 37.769 ud. |
| Rendimiento red | 57,6 % |
| Número de sectores | 3 ud. |
| ¿Telelectura implantada? | No |

Tabla 1: Situación inicial Explotación A.

Tras la implantación de la Telelectura en red fija con datos de lecturas horarias, la ampliación del número de sectores, la ejecución de los trabajos de reparación correspondientes en las canalizaciones y acometidas en base a la información obtenida mediante las plataformas descritas en el siguiente apartado y a la anticipación de los avisos de fugas regulares y extremas a los clientes, la situación tras siete años ha sido la siguiente:

| Ítem | Datos Año 7 |
|--------------------------------|-------------|
| Número de Puntos de suministro | 40.945 ud. |
| Rendimiento red | 76,5 % |
| Número de sectores | 40 ud. |
| ¿Telelectura implantada? | Si |

Tabla 2: Situación actual Explotación A.

Como se puede observar comparando el resultado final respecto al punto de partida, el rendimiento de la red se ha conseguido mejorar en un 18,9 % en siete años.

La evolución del volumen del parámetro del ANR en la Explotación A ha sido el que se muestra en la siguiente imagen:

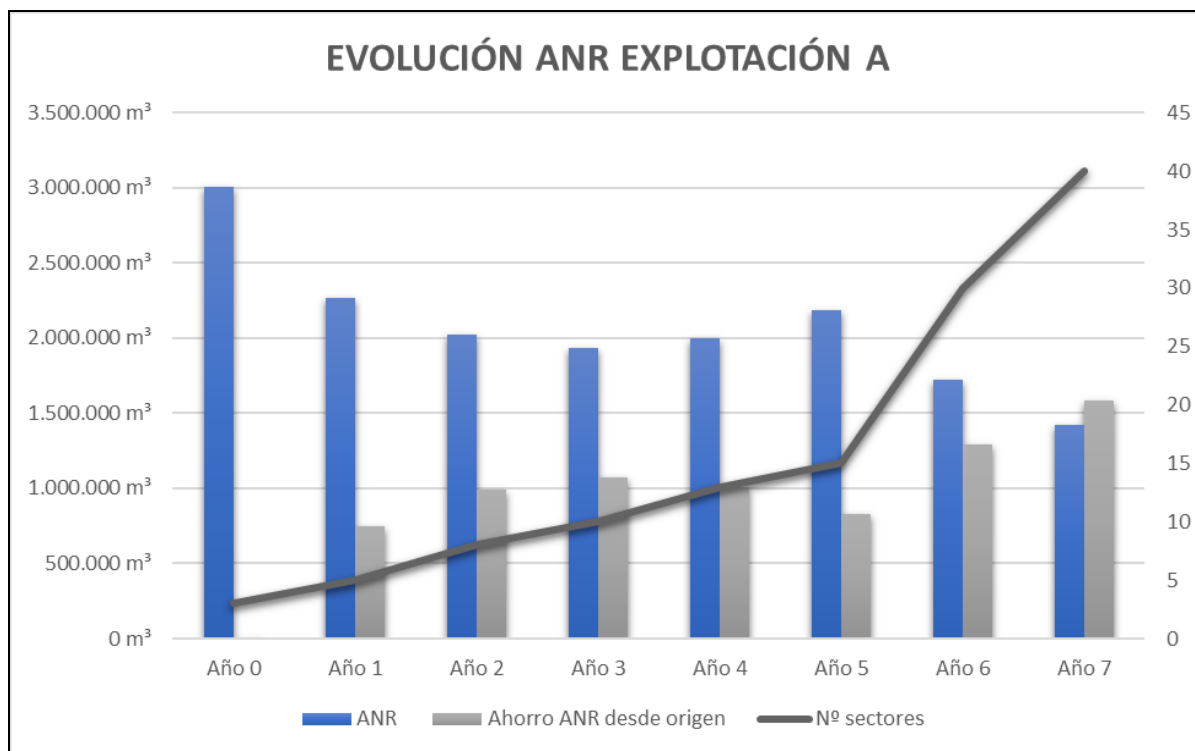


Fig. 8: Gráfica evolución ANR en la Explotación A.

Ahora bien, los resultados en una explotación no se pueden extrapolar a otras porque hay una dependencia significativa de la situación de partida en lo que respecta al parámetro del ANR y al estado de la red de distribución.

Con la información que hemos analizado en todas las explotaciones donde se ha implantado la solución de red fija para Telectura remota de los contadores, los datos medios de los resultados y beneficios obtenidos son los siguientes:

| Ítem | Indicador |
|---|-------------------------------------|
| Reducción de reclamaciones de clientes | Entre un 50 y 60% |
| Mejora del parámetro del ANR | Entre un 5% y un 20% ⁽¹⁾ |
| Nº fugas regulares detectadas al mes por cada 1.000 contadores inteligentes | 1,14 ud./mes |
| Nº fugas extremas detectadas al mes por cada 1.000 contadores inteligentes | 0,38 ud./mes |
| Volumen ahorrado a los clientes al mes por cada 1.000 contadores inteligentes por detección anticipada de fugas | 109,44 m3/mes |
| Toneladas de CO ₂ dejadas de emitir a la atmósfera al mes por cada 1.000 contadores inteligentes | 0,25 TnCO ₂ /mes |

Tabla 3: Resumen resultados.

⁽¹⁾ Depende de la situación de partida del ANR y del estado inicial de la red de distribución.

Otro de los resultados del proceso de transformación digital en Global Omnium, ha sido la plataforma GoAigua desarrollada por Idrica [6]. Surge como resultado del proceso de transformación digital experimentado por el grupo Global Omnium, iniciado en 2006.

A continuación, se detalla la arquitectura funcional de GoAigua y los procesos implicados en la plataforma de tratamiento de datos.

La plataforma gestiona el flujo de datos desde su origen (sensorización de campo e instalaciones) hasta su explotación mediante algoritmos avanzados, visualización de datos e integración con otros sistemas.

En general, la arquitectura del sistema se divide en capas, que están compuestas por diferentes componentes.

- La estructura principal de Big Data, que incluye los flujos de extracción, transformación y carga (ETL). La plataforma recupera los datos de las fuentes y los almacena en un lago de datos para que los utilicen las demás capas.
- Un motor de agua inteligente, que contiene algoritmos inteligentes para aprovechar los datos de las bases de datos mediante técnicas de aprendizaje automático.
- Los módulos o aplicaciones extraen la información del lago de datos y sirven como solución frontal para que el usuario interactúe con ella.
- La herramienta hace uso de una arquitectura de microservicios para gestionar los aspectos comunes del conjunto de aplicaciones que forman parte de la plataforma, cada uno de los microservicios corresponde a un área de negocio de la aplicación.

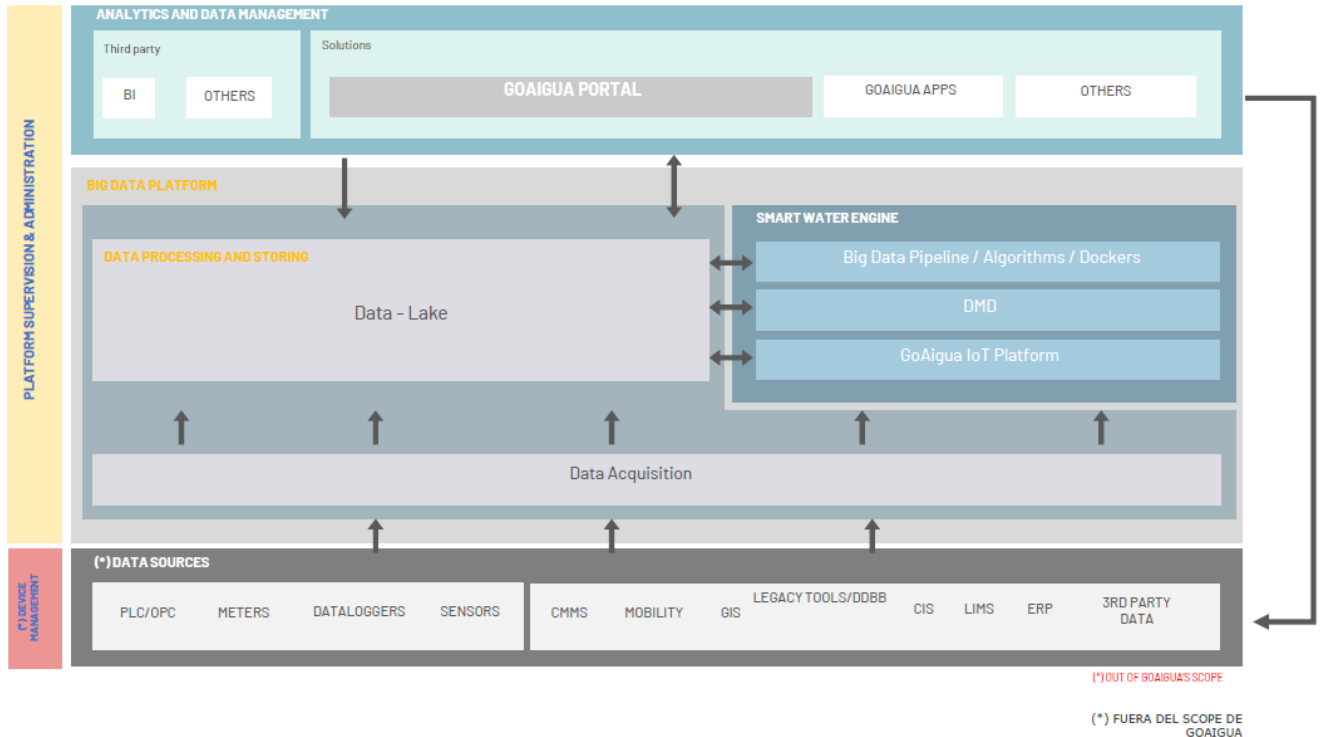


Fig. 9: Arquitectura de la plataforma GoAigua.

El control y explotación de datos se realiza a través de un conjunto de aplicaciones que ofrece soluciones concretas para optimizar el proceso productivo. Estas aplicaciones van desde la optimización y el control de la producción hasta la gestión estratégica de negocio, con el objetivo de ofrecer una respuesta completa al proceso de transformación digital. Las soluciones concretas relacionadas con la Telelectura de contadores de agua son GoAigua FlowSens y GoAigua MeterInsights.

GoAigua FlowSens es una plataforma para la mejora del rendimiento hidráulico de la red de distribución de agua potable. Permite la monitorización de las redes de distribución de agua potable a diferentes niveles jerárquicos, siendo una DMA (District Metered Area) la unidad mínima de agregación.

El sistema basa su eficacia en la información de entrada recogida, principalmente los datos de caudal y presión de los sensores colocados en puntos estratégicos de la red de distribución, los datos históricos registrados de estos sensores, la sectorización definida en un Sistema de Información Geográfica (SIG), y adicionalmente, los datos que se reciben de contadores inteligentes operando en la red fija.

En base a los criterios establecidos por el equipo de operación y mantenimiento, la plataforma incluye un conjunto de algoritmos inteligentes que detectan precozmente fugas y fraudes en la red. Los datos se analizan en continuo mediante el núcleo de la plataforma para extraer métricas, patrones de comportamiento basados en datos históricos y predicciones de consumo. Además, incluye un sistema de alarmas y notificaciones que se utiliza como fuente de información para éste y otros módulos.

GoAigua MeterInsights permite obtener, cargar y visualizar las lecturas y alarmas de los contadores de agua instalados en los puntos de suministro de los clientes finales. Es una solución agnóstica compatible con múltiples protocolos de comunicación.

Este módulo utiliza varios de los algoritmos inteligentes disponibles en GoAigua, como la detección de fugas, la identificación de fraudes, la segmentación de clientes o la previsión de la demanda entre otros. El resultado de los datos procesados se utiliza en otros módulos de la solución GoAigua como la facturación, la oficina virtual y las notificaciones a clientes finales, las órdenes de trabajo en campo, el modelo matemático o los cálculos de balances hidráulicos.

4. CONCLUSIONES

La necesidad de la digitalización de los abastecimientos de agua potable y, con ello, la implantación de la Telelectura de contadores de agua es incuestionable si se persiguen objetivos de eficiencia hídrica y sostenibilidad. Al margen de los beneficios cualitativos, los resultados cuantitativos son significativos, conforme se ha detallado en la tabla 3 del apartado de resultados.

Ahora bien, hay que tener siempre presente que no se puede perder el foco en la calidad metrológica de los contadores que se utilicen para la implantación de la Telelectura. El rigor en la medida debe mantenerse siempre como una premisa fundamental.

Las tecnologías de comunicaciones que permiten la implantación de la Telelectura están en constante evolución. Por ello, es fundamental disponer de una plataforma agnóstica, que sea capaz de transformar en "Información" los datos enviados por medio de cualquier tecnología de comunicaciones y por cualquier sensor. Partiendo de esta base, la selección de la tecnología de comunicaciones deja de ser un problema, permitiendo utilizar aquella que en cada momento es la más adecuada en base a los criterios de nivel de servicio, duración de las pilas, costes, seguridad de la información transmitida y otros parámetros que se establecen en base a la experiencia adquirida y a constantes pruebas de concepto a todos los niveles.

La evolución constante de los algoritmos y el aprendizaje de éstos en base a los resultados obtenidos en cada caso, valorando la casuística de falsos positivos y de falsos negativos para su optimización, así como la reducción al máximo de los tiempos de generación de las alarmas en los casos de fugas, tanto en las redes de distribución como en las instalaciones interiores de los clientes, es una necesidad adicional para incrementar la eficiencia hídrica.

5. REFERENCIAS

- [1] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- [2] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- [3] <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/loT-internet-of-things.html>
- [4] <https://iwa-network.org/>
- [5] <https://www.aeas.es/component/content/article/17-manuales/manuales-y-guias-2014/25-control-del-agua-no-registrada?Itemid=101>
- [6] <https://www.idrica.com/es/goaigua/abastecimiento/#>