

IoT aplicado a los sistemas de agua urbana

Vázquez, R.^{a1}, R. Roel, M.^{a2} y Pardo, J. Jesús^b

^{a1}EMALCSA, Director IDI, Empresa Municipal Aguas de La Coruña, S.A. (Manuel Murguía, s/n – CASA DEL AGUA). E-mail: rvazquezp@emalcsa.es

^{a2}EMALCSA, Dep. Electromecánico, Empresa Municipal Aguas de La Coruña, S.A. (Manuel Murguía, s/n – CASA DEL AGUA). E-mail: mrodriguezr@emalcsa.es

^bTECDESOF, Director de Operaciones, Polígono de Pocomaco, 5^a avenida-Parcela E18. E-mail: juanjesus-pardo@tecdesoft.es

Línea temática C | Agua y ciudad

RESUMEN

El presente trabajo describe la experiencia de irrupción de la IoT (*Internet of Things*) en los sistemas de agua urbana. Esta tecnología está cambiado el paradigma del modo de gestionar los sistemas hidráulicos que sustentan los servicios de agua urbana (abastecimiento y saneamiento). Los sistemas de monitorización, que se describen en alcance y tecnología a continuación, permiten un conocimiento exhaustivo del funcionamiento y las rutinas de los sistemas que integran las infraestructuras de los servicios de agua y saneamiento. Este conocimiento servirá en el futuro para ajustar cada vez más el dimensionamiento de los mismos y, por supuesto, su desempeño diario para cubrir las necesidades de las poblaciones servidas. No obstante este avance en lo tecnológico no siempre va acompañado del mismo avance en los procedimientos y los métodos, con lo cual se abren importantes incertidumbres en su aplicación y efectividad a medio plazo que analizaremos en el trabajo presentado.

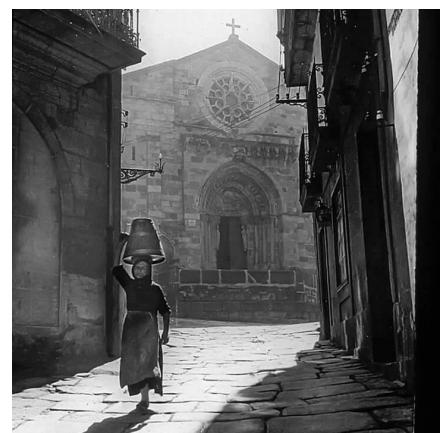
INTRODUCCION

La ciudad de La Coruña ha desarrollado en los últimos 25 años un intensivo programa de incorporación de las TIC al sistema de abastecimiento y saneamiento. Este camino se ha visto acelerado en los últimos 4 años con la inyección de mas de 4 M€ dentro del proyecto CORUÑA SMART CITY, lo que ha permitido alcanzar un nivel de implantación de sistemas de monitorización y control relativamente alto para lo que disponen de ciudades similares. Es este un elemento de competitividad y desarrollo fundamental en el marco de la gestión ligada a la sostenibilidad que analizamos en el presente trabajo.

1. Un poco de historia.

Los primeros sistemas de control del suministro de agua nacieron de la necesidad de racionalizar su distribución a viviendas mediante las denominadas “augadoras” (un trabajo eminentemente femenino, si bien existía también en el ámbito masculino y significativo importantes enfrentamientos sindicales), que cargaban sus “sellas” en las fuentes públicas y el incremento de consumo que esta actividad generó sobre los escasos recursos existentes en la ciudad a finales del siglo XIX.

Estas augadoras, mediante el respeto del turno y la asignación de una capacidad de carga (más o menos una sella podía llevar hasta 20 litros con un peso total de 25 kg) establecían el primer sistema de control sobre el agua consumida que podamos reconocer, junto con las asignaciones que en determinadas fuentes de la ciudad se hacia a estamentos como el ejército o las actividades portuarias.

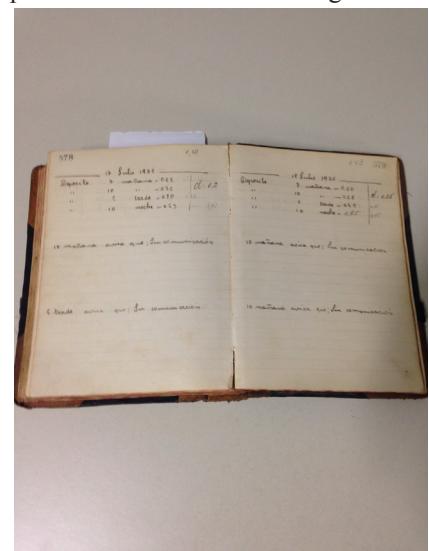


Corría el año 1924 cuando la antigua sociedad Aguas de La Coruña, S.A. acometía lo que podemos considerar el primer telecontrol instalado en el sistema de abastecimiento. En este caso se trataba de una línea telefónica dedicada que comunicaba la ETAP de Cañas (Carral), con los depósitos de Monte Alto en A Coruña. Esta línea de 25 km de longitud tenía 5 estaciones intermedias y permitió asegurar la vigilancia y el rápido conocimiento de cualquier evento que afectara al suministro, tanto en el ámbito de gestión de la ETAP, como en cuanto a las necesidades derivadas de la demanda que se producían en el aquel entonces único depósito del sistema.

Sin profundizar demasiado, en los siguientes años la expansión de los servicios de agua fue complicando el mapa de infraestructuras. Mas depósitos, más redes, otra ETAP... La necesidad de tener información de los consumos no era posible a través de los sistemas comerciales porque la lectura se hacia de forma permanente y los sumatorios eran a final de periodo. El modelo de control era pues ver como estaban los niveles de los depósitos e informar a las plantas de tratamiento para controlar los procesos de producción y hacer aforos para vigilar el fraude y las fugas.

El sistema empleado era sencillo. O personal asignado a vigilancia de depósitos o toma de datos a determinadas horas en estadillos muy meticulosos que permitían a los técnicos conocer como estaba funcionando el abastecimiento e incluso incorporando valoraciones sobre la calidad mediante mediciones de niveles de cloro.

A principios de los años 70 los sistemas de telecontrol automático empezaron a aparecer mediante sistemas de gestión de bombeos comunicados mediante cable, que transmitían a los cuadros de bombeo señales de boyas ubicadas en depósitos. Estos sistemas alivianaron mucho la carga de control, pero eran poco fiables y generaban muchos problemas de falsas señales sobre todo derivadas del colapso que se generaba en los cables eléctricos responsables de las comunicaciones.



A mediados de los 80 la tecnología cambió radicalmente y entramos en lo que vamos a reconocer como la era de la digitalización de los procesos de control y gestión de redes. En este ámbito centraremos el desarrollo desde dos puntos de vista: el que tiene que ver con la tecnología y su aplicación y el que tiene que ver con la percepción que los técnicos tuvieron y como aprovecharon para las mejoras de la prestación de los servicios.

Finalmente haremos una consideración sobre las oportunidades y las amenazas que la digitalización está planteando en el futuro de los sistemas de agua urbano a partir del mapa que actualmente manejamos en EMALCSA para su gestión.

2. Evolución tecnológica del sistema de Telecontrol.

Dejando de lado la época considerada pretecnológica podemos reconocer en la evolución de los sistemas los siguientes hitos de desarrollo asociado a los últimos 25 años:

	Fase	Hito	Época	Descripción
1	Inicial	1	Años 90	Sistema de Trunking
2	Modernización	2	Año 2003	Modernización de Autómatas
		3	Año 2005	Sistema GPRS / Estandarización de armarios
		4	Año 2006	Sistema SCADA integral
		5	Año 2006	Mensajes SMS
		6	Año 2007	Sistema Predictivo de Consumo Energético
		7	Año 2012	Migración al sistema SICA
4	Smart City e IoT	8	Año 2016	SICA - M2M
		9	Año 2016	Modernización de A Telva

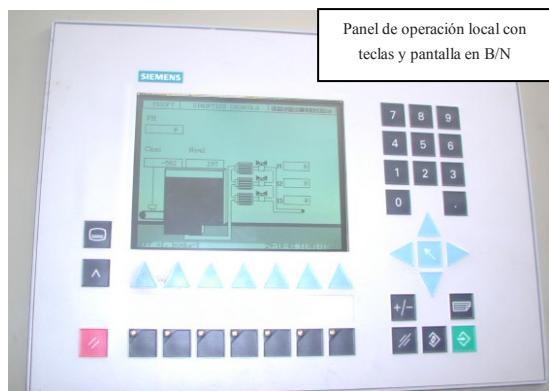
Los hitos que se consideran contienen aspectos de desarrollo en equipos de campo y la evolución del software de control asociado, ya que uno de los aspectos mas importantes es que el aumento de la capacidad tecnológico de los elementos instalados en campo conlleva una mayor capacidad en los sistemas de interpretación de los datos captados.

Fase inicial: Década de los años 90.

Esta época se caracteriza para la introducción de los primeros autómatas para el control de la red de distribución de agua potable, básicamente asociada al control de funcionamiento de los bombeos y el conocimiento del estado de las reservas de agua mediante el conocimiento del nivel en los distintos depósitos de la red en la ciudad. Se eliminan los antiguos sistemas de lógica de relés, muy poco flexibles por modernos autómatas programables que permiten adaptarse a las necesidades de cada instalación.



La solución incluyó la implementación de armarios de control de bombas con autómatas industriales de SIEMENS de la gama S5. Estos sistemas incluyen por primera vez paneles de información al operador de tipo gráfico, lo que permitía mejorar la detección de anomalías y diagnóstico *in-situ*.



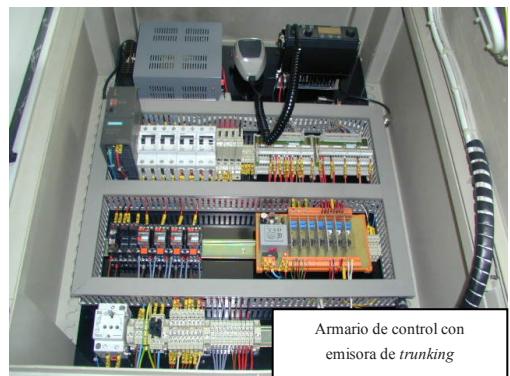
Este sistema permitió por primera vez la comunicación de todos los depósitos a través de radio-enlaces mediante una red de *Trunking* operada por Telefónica. Esto permitió disponer de información en tiempo real (pero con un muy bajo ancho de banda 1200 baudios), enviando caracteres ASCII sin cifrado, a través de canal licenciado.

Cuantitativamente se controlaban:

- Número de Instalaciones: 13 depósitos
- Número de variables por cada depósito: 48

El sistema disponía de una visualización en las oficinas de la compañía, mediante un software SCADA WinCC de SIEMENS en la versión 4. Esta fue la primera vez que, bajo demanda, los técnicos de EMALCSA dispusieron de información en tiempo real sobre el estado de las reservas de agua que no fueran los estadillos en papel comentados previamente.

Resultaba verdaderamente simpatico ver como las reunions de crisis ante averias se realizaban en un ordenador que recibia los datos del trunking ubicado en una despacho de las oficinas centrales.



Fase II: Modernización:

Con la entrada del Nuevo milenio y ya con la tecnología muy consolidada se empieza a pensar en planificar la modernización de equipos electromecánicos en la red de distribución de agua, lo que aparte de bombas, motores y armarios eléctricos conlleva dar un paso mas en los sistemas de telecontrol.

Si bien la selección de los elementos propios de la hidráulica no suponía ningún reto para el conocimiento de la compañía, la implementación de las soluciones de Telecontrol suponía un elemento de discussion. En esta época existían en España importantes proyectos de este tipo, algunos iniciados años antes, y con sonoros fracasos. Las tecnologías no siempre se adaptaban a las necesidades de los sistemas de agua potable y se mostraban poco fiables. Finalmente la decisión de la compañía fue optar por la transferencia de tecnología procedente del sector industrial y deshechar las numerosas soluciones específicas de agua que como hemos comentado no habían funcionado todo lo bien que se esperaba. Así pues mantuvimos una línea continuista con los trabajos realizados a finales de los 90 y que habían funcionado bien, e incorporamos mejoras tecnológicas en la misma línea

- **Modernización de los controladores**

El primer paso en la modernización requiere el cambio de los ya antiguos autómatas S5 por nuevos controladores de la moderna gama S7 de SIEMENS. Esta migración se realiza en varias fases, cambiando los antiguos cuadros de Automatas S5 por otros con PLC's S7-200 de SIEMENS, dotados ya de panel táctil a color de 6". Estos nuevos paneles presentan 3 ventajas principales:

- a) Mejora el interfaz y aporta mayor información para la detección precoz de averías
- b) Permite al operador parametrizar a su gusto el funcionamiento del bombeo, mediante diversas pantallas de introducción de consignas.
- c) Estos armarios ya disponen de sistema de baterías de respaldo para seguir enviando información en caso de fallo de tensión de red.

En estos momentos la comunicación continúa siendo el sistema *Trunking* de envío de información mediante radio.

- **Evolucion de las comunicaciones y estandarización.**

El aumento de la dimension de los sistemas implico que era necesario afrontar un cambio más profundo en el sistema de control, sobre todo en lo que se refiere al sistema de comunicaciones. Por un lado el sistema de Trunking no tiene más capacidad de ampliación. Es un sistema muy fiable, pero la cantidad de datos que puede enviar es muy pequeña para los requerimientos de información de la compañía y, además, el proveedor del canal amenaza con dejar de soportar el sistema ante la irrupcion de los nuevos sistemas basados en telefonía movil.

Por otro lado la reforma de las infraestructuras electromecánica de los grupos de bombeo, para homogenizar los sistemas en toda la red, se convierte en una prioridad de cara a incrementar las garantias de suministro, ya que en ese momento casi el 50% del agua que entra en la ciudad, procedente del bombeo principal que arranca en la ETAP de A Telva, se rebombea. Esto mostraba que los sistemas deberían ser mucho mas eficientes, tanto en sus parámetros de explotacion como en los necesarios procesos de mantenimiento, donde la unificación de criterios era un elemento prioritario para alcanzar los objetivos de calidad marcados por la compañía.

Esta iniciativa permite afrontar un nuevo proyecto de modernización en el ambito TIC, con los siguientes objetivos:

- a) **Estandarizar el control** → todos los armarios de control de los bombeos han de ser idénticos, independientemente del número de bombas a controlar y de la instrumentación que tengan conectada. Esta solución permite optimizar y garantizar un mantenimiento óptimo y una correcta gestión de los activos de repuestos y sustitución.
- b) Todas las características de la estación de bombeo han de ser configurables en el panel táctil sin necesidad de programación, de forma que los técnicos de EMALCSA sean totalmente autónomos para en un momento dado retirar un armario y colocarlo en otra ubicación sin necesidad de programar nada.
- c) El sistema de comunicación entre depósitos ha de permitir una comunicación en tiempo real fiable y con un elevado ancho de banda, que permita incluso el envío de todo el conjunto de parámetros del bombeo para un cambio rápido de armario.

La respuesta tecnológica a estos requerimientos se refleja en el diseño de un cuadro de telecontrol estándar para sistemas de bombeo, basado en controlador S7-200 de SIEMENS, y con panel Táctil MP277 con Windows CE. Uno de los aspectos más importantes de esta evolución fue la implementación, en aras de la seguridad en los procesos, de un sistema de comunicación tri-redundante mediante para los controles de bombeo. Este sistema incluyó los siguientes protocolos:

- Sistema primario basado en GPRS para el envío y recepción de información en tiempo real
- Sistema secundario basado en SMS para el envío de información relevante en caso de fallo de GPRS
- Sistema de *backup* de radio punto a punto entre la estación de bombeo y el depósito como último recurso para la gestión operativa del bombeo.



El alcance de esta fase permitió disponer de:

- Número de Instalaciones: 18 depósitos
- Número de variables por cada depósito: 92 variables

Esta solución tuvo que salvar una gran cantidad de dificultades hasta conseguir un funcionamiento estable de la aplicación, dado que la red GPRS era muy poco fiable. En aquel momento había muy pocas aplicaciones M2M con GPRS en nuestro país, y este proyecto fue una prueba más de validación del sistema, en nuestro caso a través de la red GPRS de Telefónica. En el año 2005 había una medida de 3 cortes diarios de comunicación GPRS en cada depósito con una hora de pérdida de comunicación al día. Esto suponía un problema serio que obligó a plantear *backups* con ADSL en algunos puntos estratégicos.

Otro aspecto básico es que se prestó una gran importancia al concepto de **ciberseguridad** en las comunicaciones, por lo que la solución implicaba la utilización de una red GPRS con VPN propia de Telefónica y autenticación de equipos mediante servidor RADIUS. De esta manera garantizábamos la integridad de las comunicaciones y la seguridad de los datos emitidos.

• Sistema SCADA Integral

El incremento de instalaciones telecontrolados, así como el aumento en el número de variables y la creciente importancia de la información para otros trabajos, como la planificación de la red asociada a la modelización matemática o el desarrollo de operaciones más optimizadas sobre todo en cuanto a su incidencia en el servicio, hizo necesario modernizar también el antiguo SCADA monopuesto, planteando un sistema multipuesto, que permitiese a diferentes operadores y técnicos acceder a la información.

Además éste sistema incluía elementos de información asociada a los datos mucho más evolucionado que el anterior sistema, ya que aparte de la información de niveles y estado de bombeos se incluyeron nuevas variables de control, así como la implementación de alarmas sobre funcionamiento en base a consignas de parametrización de los sistemas. Realmente esta fue la primera vez que entendimos el verdadero potencial de mejora que las tecnologías podían implantar para mejorar el servicio. Las incidencias se redujeron de forma muy significativa, y el dimensionamiento de equipos y de procesos se pudo hacer con un mayor conocimiento de las necesidades reales.

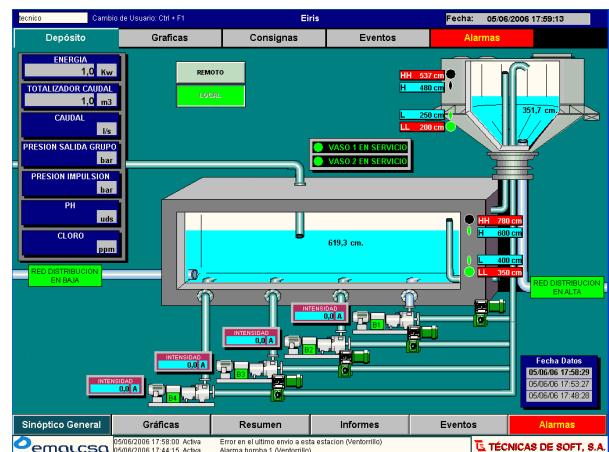
La solución elegida fue un SCADA WinCC, de SIEMENS, con posibilidad de conexión de hasta 10 puestos concurrentes.

• Mensajería SMS

El procesado de la información recogida en los distintos puntos de la red mediante una adecuada implementación de cuadros permitió detectar desviaciones en el funcionamiento de la red de forma adelantada, lo cual como hemos comentado supuso una mejora sustancial en los procesos de negocio, tanto desde el punto de vista de su optimización como desde la visión de servicio.

La visualización gráfica de patrones de funcionamiento permitía actuar de forma precoz ante comportamientos anómalos.

Aún así, como en cualquier otro sistema a controlar, se producen desviaciones en el proceso que generan alarmas a las cuales el operador ha de atender lo antes posible.





Esta solución chocaba con que la visualización a través del SCADA no permitía cumplir con la inmediatez requerida. Para solucionar este problema se diseñó un sistema de gestión de alarmas que permitía enviarlas a través de SMS a los diferentes operarios en sus respectivos turnos de trabajo y con cadena de ayuda. De esta forma se aseguraba que la alarma se atendía en el menor tiempo posible, lo que significó una mejora en el servicio y una optimización sensible de los recursos destinados, además de los ahorros inherentes a la detección y corrección instantánea de malfuncionamientos en los sistemas controlados.

• Sistema predictivo de consumo energético

Un elemento adicional de la solución implementada es la aparición de históricos organizados de datos sobre el funcionamiento de los sistemas conectados. Así los datos de las estaciones de bombeo y medida van llegando de forma continua en tiempo real y se almacenan en una base de datos asociada. Esto permite a los técnicos analizar históricos a través de las herramientas de curvas o logs propias del sistema, o a través de informes en Excel. Esta es una ventaja adicional que ya no solo permite optimizar la explotación diaria, sino actuar sobre la planificación y mejorar esta de forma significativa.

Ejemplo de esta nueva utilidad fueron que a partir de estos datos surge en los técnicos de EMALCSA la idea de optimizar los arranques y paradas de los bombeos en función de algún tipo de algoritmo.

A mediados de la primera década de este siglo el estado del arte en los sistemas de control de bombeos en las empresas de distribución de agua se basaba en una optimización fija por franjas horarias en función del coste de la electricidad (tarifa punta-valle-llano). Simplemente las bombas no arrancaban en hora punta a no ser que hubiese una alarma de nivel bajo. Este sistema era muy poco eficiente y, muchas veces, creaba desajustes en la red por cambios de ciclo.

Lo que se plantea en ese momento a la vista del potencial software y hardware instalado es un sistema totalmente nuevo, predictivo y adaptativo, que mediante un algoritmo es capaz de cumplir las siguientes funciones:

- Se determina la cantidad de agua necesaria para el día siguiente
- Se consigue tener el depósito a primera hora de la mañana con la cantidad de agua necesaria para el día + un margen de resguardo
- Todo el agua que se ha necesitado se ha bombeado de forma repartida durante el día anterior en las horas que menos coste energético tienen, arrancando y parando las bombas cuando sea necesario.
- Sólo se almacena en el depósito el agua necesaria, redundando así en una mejor calidad de la misma.

Este sistema ha permitido conseguir un alto ahorro económico y un aumento de la predictibilidad de la red durante los últimos 10 años, siendo un extraordinario ejemplo del potencial que la tecnología supone para la gestión de sistemas hidráulicos.

Fase III: Digitalización

A comienzo de la segunda década de éste siglo se produce un cambio de mentalidad en la empresa. Por un lado las instalaciones automatizadas y sus sistemas alcanzan una gran madurez y presentan un funcionamiento fiable y estable. Por otro lado la capacidad tecnológica de la empresa y del sector ha crecido mucho y existe una fuerte demanda interna de mejora en todos los ámbitos de la gestión asociado al boom tecnológico asociado a las TIC.

En este contexto se plantea la necesidad de un crecimiento que permita incluir más instrumentación y en mas sitios, sobre todo en diversos puntos de la red de distribución, y una mejora en la capacidad de explotación de datos mediante una consulta y acceso a la información más evolucionada y amigable. Se trata de implantar también estrategias que permitan optimizar los procesos y reducir los costes tanto energéticos como operacionales, así como trasladar esto a la mejora de la calidad del servicio percibido por los clientes-ciudadanos.



Los sistemas SCADA tradicionales, más pensados para centros de control con personal dedicado como los centros industriales en los que nos habíamos apoyado hasta ahora como ejemplos, no responden bien a estos cometidos. Es necesario modernizar el sistema de supervisión y se opta por la instalación de un software de tipo plataforma IoT basado en un producto específico denominado TDSFrameWork: aquí nace el concepto SICA (Sistema Integral del Ciclo del Agua).

La idea es contar con un software que permita aglutinar toda la información que provenga de cualquier fuente (sistema automático, actual o futuro de la empresa, mezclado con datos que se introduzcan manualmente o que vengan de otros sistemas de bases de datos o de nuevas infraestructuras que, no necesariamente tienen que ser propias). El objetivo es disponer de datos almacenados sobre el funcionamiento de todo el sistema (captación, tratamiento, distribución y entrega a cliente), durante tiempo indefinido, con el objetivo de extraer información mediante la aplicación futura de algoritmia.

El sistema SICA recoge toda la información almacenada en el antiguo sistema SCADA y a partir de ahora, todos los activos de automatización que se vayan instalando se irán integrando en el nuevo sistema. SICA es un concepto multiprotocolo. Abre las vías al uso de cualquier canal de comunicación (GPRS, 3G, 4G, SIGFOX, LoRa, Radio...), además de permitir la interconexión con otras plataformas de datos y la compartición de información para la evolución del conocimiento en su más amplio espectro.

En la actualidad, el sistema SICA incluye:

- Dato más antiguo en el sistema actual: 13/12/2012
- Tamaño de la base de datos actual: 5GB
- Nº de Alarmas dadas de alta: 1.367 (es el número de alarmas distintas que pueden aparecer)
- Grupos de Información o estructuras de datos: 259
- Variables que se leen actualmente: 4.931
- Variables analógicas que se registran: 2.465
- Datos registrados: cada 5 minutos

Además el subsistema de la ETAP de A Telva cuenta con:

- Tamaño de la base de datos actual: 2GB
- Variables que se leen actualmente: unas 6.000
- Datos registrados: cada 1 segundo

Es fácil ver, desde los primeros sistemas tranking, como la evolución de la tecnología y el despliegue de esta en campo ha incrementado tanto de forma cualitativa como cuantitativa la información y el valor de ésta de cara a la gestión de los sistemas hidráulicos en los sistemas de agua urbana.

Fase IV: Smart City o la explosión de la IoT

En éste contexto surge el proyecto SmartCity Coruña, que supuso un amplificador que permitió concentrar una gran inversión en tecnología en un corto periodo de tiempo. De forma muy resumida, y aparte de otros ámbitos de la gestión de servicios urbanos que tambien se incluyeron, en el ambito de la gestion del agua urbana se han desarrollado fundamentalmente 4 actuaciones que aportan enorme valor en su conjunto:

- **Telecontrol de red** (que permite instrumentar y conectar, con caudalímetros, medidores de presión y medidores de calidad, hasta 65 secciones de control).
- **Telelectura de contadores**, que traslada la medida en tiempo real de contadores de cliente para un total de 1500 usuarios finales, que junto con pilotos anteriores de estas características, permite tener un parque instalado de unos 2500 contadores con telelectura sobre clientes comerciales del servicio divididos en mas de 20 secciones de control.
- **Calidad de agua**, que aborda la medida de parámetros físico-químicos en entornos hostiles, permitiendo la vigilancia de las masas de agua más allá del punto de captación.
- **Eficiencia energética en procesos de tratamiento** de agua asociados a la ETAP de A Telva, Se trata de un proceso integral de modernización de los sistemas de control del complejo de A Telva, con el objetivo de realizar una mejor operación y optimización de los sistemas.

Ademas de estas actuaciones, relacionadas y dirigidas desde el operador, el proyecto incluyo aspectos como la mejora de la eficiencia del riego en jardines o la gestion de edificios publicos, donde el control sobre el agua esta presente y, gracias a la plataforma SICA, podemos integrarlos en nuestro modelo de conocimiento, incorporándolo como parte esencial de la mejora future en operaciones y planificacion.

En paralelo se ha continuado el desarrollo de nuevas actuaciones que incorporen valor funcional a la tecnología. Equipos del ámbito IoT como el ejemplo de los Tótems de gestión de tomas de Riego y limpieza con remotas de ultra bajo consumo alimentadas a baterías, son un buen ejemplo de la intensificación de equipos instrumentados que se está realizando.

Pero tambien remotas de entrega a cliente con equipos de análisis de Cloro, pH y turbidez, así como diversos proyectos de investigación entre los que destaca la validación de biosensores capaces de detectar de forma precoz contaminantes en las aguas superficiales (WaterWatch), o la implementación de sistemas de monitorizacion de suministros comerciales urbanos para mejora del desempeño en sostenibilidad (iEcoCity), entre otros y todos ellos ligados a las tecnologías implantadas en estos ultimos años y ligadas al desarrollo IoT para los sistemas hidraulicos de agua urbana.

Actualmente este reto que supone la tecnificación creciente, en el que se incluye gran cantidad de instrumentación a la red, se está analizando con el objetivo de dar respuesta a 2 necesidades:



- a) Un mayor conocimiento de lo que pasa en toda la cadena de suministro de agua, validando los modelos teóricos con datos veraces tomados en tiempo real.
- b) Aplicación de algoritmia sobre las cadenas de datos que nos permitan obtener información a partir de todos los mismos almacenados, con el objetivo de predecir futuros comportamientos y optimizar los procesos.

Ambos retos implican no solo la aplicación de elementos tecnológicos, sino la búsqueda de un conocimiento transversal que sepa sacar partido en forma de información y conocimiento a todo el despliegue tecnológico efectuado. La tasa de crecimiento ha sido tan alta que es muy importante en éste momento encontrar modelos de conocimiento que justifiquen la inversión en infraestructura y desarrollo pero que también permitan tomar decisiones sobre el mantenimiento y evolución de estos sistemas. En éste sentido nos enfrentamos a una disyuntiva ya que las necesidades de inversión sectorial son altas frente a unas fuentes de financiación escasas y poco garantizadas (el famoso principio de recuperación de costes de la directiva marco del agua aun está lejos de conseguirse en el sector del agua urbana), y los períodos de obsolescencia de las infraestructuras IoT son muy cortos frente a los habituales del sector, lo que de alguna manera supone un nuevo paradigma en la búsqueda de ese valor añadido.

3. Evolución funcional y operativa del sistema de Telecontrol.

A la vista de la evolución tecnológica ya hemos esbozado algunos de los cambios más significativos en la gestión y explotación de los sistemas hidráulicos que dan soporte al ciclo del agua urbano. Sin embargo es importante remarcar que la implantación de estas tecnologías solo tiene sentido si realmente implican mejoras en los procesos. Estas mejoras podemos clasificarlas en mejoras sobre la garantía de suministro y mejoras sobre el desempeño en el mismo, entendiendo como desempeño aspectos que tienen que ver con la sostenibilidad en sus tres vertientes: económica, social y medioambiental.

Desde el punto de vista de la GARANTÍA DE SUMINISTRO, las tecnologías de telecontrol, y sus herederas asociadas al IoT, han eliminado de la ecuación de servicio el denominado “fallo humano”. La fiabilidad de los sistemas de control, unido a la intensa resiliencia de diseño de los sistemas hidráulicos urbanos, hacen que prácticamente se hayan eliminado del escenario de servicio problemas derivados de fallos en sistemas de bombeo, en vaciado accidental de depósitos o en desordinaciones entre la producción y la distribución, bastante más habituales de lo que podemos recordar hasta bien pasado los mediados de la última década del siglo pasado.

Con respecto a la MEJORA DEL DESEMPEÑO, podemos afirmar que la optimización de los consumos eléctricos, junto con la mejora sistemática de los rendimientos de las redes, son los dos aspectos que más claramente se han visto beneficiados por las nuevas tecnologías. Al igual que en el caso de la garantía, la mejora tecnológica en otros campos también han tenido su importancia (mejora en equipos, más eficientes o en tipologías de tuberías más fiables), pero es indudable que la capacidad para conocer el funcionamiento de los sistemas en todo momento, junto con el análisis de series históricas han permitido mejora día a día y también la planificación (mejores proyectos porque existe una definición más precisa de las necesidades reales).

Todavía queda mucho por hacer, porque en este análisis de la evolución de los sistemas de control asociados al ciclo urbano solo estamos asistiendo al despertar de la bestia. Todos los elementos adicionales que la tecnología pone a nuestro alcance en los próximos años hacen sonrojar a lo conseguido hasta ahora, pero esa es la historia de los próximos 5 años.

4. Reflexión final. Retos, oportunidades y amenazas.

Ese despertar que hemos avistado al comentar la evolución desde el punto de vista operativo requiere, como elemento clave para la búsqueda del éxito, una sistemática y una hoja de ruta más o menos definida. En eso hemos trabajado y ahora vamos a resumir nuestra visión para el horizonte de los próximos 5 años.

Desde los primeros sistemas que solo afectaban al control de depósitos y bombeos, hemos pasado a un espectáculo de oportunidades con los despliegues asociados a la explosión del IoT y las SMART CITY. En éste contexto, y refiriéndonos a un esquema clásico del ciclo del agua urbano, al que nosotros preferimos llamar SISTEMA DE AGUA URBANA, podemos establecer áreas o elementos de acción que si bien comprenden un todo desde el punto de vista de análisis, implican diferentes

retos en implantación e integración, dado que su evolución estará ligada a las cuestiones que ya hemos planteado, como son el interés que despierte su mantenimiento como contraprestación a su utilidad, lejos ya de aspectos folclóricos de implantación de tecnología más ligado a temas de imagen que de funcionalidad.

Para ello en EMALCSA, junto con algunos colaboradores directos de este camino de los últimos 25 años, hemos elaborado el siguiente esquema:



Esquema del abastecimiento y saneamiento metropolitano de A Coruña

Como consecuencia del análisis hemos identificado 7 escenarios de monitorización que definen el proceso de incorporación de la IoT a los sistemas de agua urbana y cubren todo el ciclo de cara a garantizar tanto la calidad del servicio, la del agua suministrada, así como su aseguramiento de cara al servicio a los clientes.

Los seis escenarios que definen la ruta de la digitalización para los próximos años de los sistemas de abastecimiento y saneamiento son:

1. Open data externo: sistema meteorológico. Es un aspecto que hemos mencionado. La información medioambiental como condiciones de contorno es vital y cuanto más cercana mejor. Es los sistemas futuros tanto de incorporan sistemas de monitorización propietarios asociados a los distintos escenarios como de fuentes externas ligadas a instituciones científicas o públicas de meteorología. La tecnología no es un obstáculo y el reto es la integración y sistematización de información para incorporar a sistemas de toma de decisiones en el futuro.
2. Sistemas de control en reservas de agua: Calidad y Cantidad. La monitorización de masas de agua es ya una realidad, si bien hay un largo camino que recorrer en lo que se refiere a los parámetros ligados a la calidad del agua y al conocimiento evolutivo de procesos en agua altamente modificadas (como los embalses), o aquellas que sufren

amenazas antrópicas por sobre explotación o contaminación (aguas subterráneas). La incorporación mediante intercambio de conocimiento entre distintas experiencias también será una de las claves del futuro de cara a justificar las costosas monitorizaciones, pero necesarias para garantizar la calidad de las fuentes como elemento clave de salubridad.

3. Sistemas de control en plantas de potabilización. Quizás es uno de los aspectos mejor resuelto en el presente y el reto esa en la automatización e integración de la toma de decisiones en coordinación con otros sistemas de información dentro de los escenarios que describimos. Aquí la algoritmia estará a la orden del día en los próximos años, junto con ajustes cada vez mas finos en cantidad y calidad de los procesos de potabilización, fundamentalmente asociados a nuevas amenazas mediante la irrupción de especies químicas emergentes procedentes de la presión antrópica sobre el medio.
4. Sistemas de monitorización en redes de distribución: bombeos y sectorización. De lo que mas hablamos y hablaremos. La sensórica en tuberías es una limitación en la actualidad para despliegues masivos, ya que es cara y poco fiable. No obstante es un reto para la garantía de calidad y seguridad sanitaria mejorar este elemento. También en el ámbito del rendimiento las mejoras se notaran en breve, eliminando los sistemas de localización de fugas por control mediante balances y análisis de series históricas, y todo ello combinado con el cada vez mas intenso, aunque de momento precario por la falta de madurez, de los sistemas de control de consumos sobre usuarios y su integración en las herramientas de control.
5. Sistemas de monitorización de entrega de agua: telelectura y control de consumos. Los sistemas de telelectura han existido desde hace 25 años con despliegues anecdóticos. Esta tecnología tenia mas de marketing que de utilidad, sin embargo parece que el futuro tecnológico, junto con la necesaria participación social en los procesos de mejora de gestión de los sistemas de agua, tendrán un importante despliegue en los próximos años. La masificación de estos despliegues será un reto desde el punto de vista tecnológico, tanto por técnica como por economía, pero el reto mayor será interpretar los datos obtenidos e integrarlos con otros.
6. Sistema de monitorización de alcantarillado. El gran olvidado, pero la necesidad de mejorar la optimización de los sistemas urbanos, la preocupación por el tratamiento de las aguas pluviales y el incremento de la capacidad tecnológica nos deparan un desarrollo en este ámbito similar, sino mucho mayor, que las redes de abastecimiento. Su reto será el mantenimiento.
7. Sistema de control de plantas de depuración. Las famosas EDAR, e incluimos aquí los grandes sistemas de bombeo o EBAR's, ya tienen una alto grado de despliegue tecnológico, ya que su implantación al gran escala es mas reciente que los sistemas de potabilización y la necesidad de asegurar tratamientos y costes han permitido implementar de forma primaria sistemas de monitorización y control de alto nivel. El reto es u integración y la aplicación de resultados para reformulación de soluciones y planificación futura.

La interrelación entre estos escenarios mediante la aplicación de sistemas expertos permitirá en el futuro la optimización de los sistemas y la planificación de las inversiones, así como la optimización de costes de operación y el aseguramiento del abastecimiento y saneamiento mediante la información predictiva derivada del manejo de los *big data* resultantes a largo plazo.

REFERENCIAS

Las referencias a esta ponencia se identifican en los trabajos desarrollados en el ambito de la monitorizacion y los desarrollos de sistemas de conocimiento asociados en la Empresa Municipal de Aguas de La Coruña (EMALCSA), durante los últimos 25 años y, en particular, con el desarrollo que los sistemas expuestos han alcanzado en el marco de los pilotos asociados al ciclo del agua dentro del proyecto CORUÑA SMART CITY, así como los trabajos internos de desarrollo y la aplicación del conocimiento acumulado a la tecnología, tanto en desarrollos propios como en diversos proyectos IDI en los que ha participado la empresa EMALCSA en los últimos 10 años.