



Validación de la medición en continuo de la Estación de Alerta de la ETAP de l'Ampolla del CAT según RD 902/2018

Para garantizar la calidad del agua distribuida por el Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT) se ha remodelado la Estación de Alerta a la salida de la estación de tratamiento de aguas potables (ETAP) de l'Ampolla. Esta mejora supone la actualización de la Estación de Alerta existente con las mejores técnicas disponibles en la actualidad para la monitorización *on line* de los parámetros críticos del agua del CAT. La estación se ha equipado con un sensor óptico que permite el control de los parámetros de color, turbidez, UV 254 nm, carbono orgánico total y disuelto. También se monitorizan mediante otros sensores existentes el pH, el cloro, la conductividad eléctrica y otros parámetros calculados. Todas estas mediciones se han sincronizado con los resultados del laboratorio del CAT, con acreditación UNE-EN ISO/IEC 17025, obteniéndose unos resultados coherentes y similares a los obtenidos por los analizadores de un laboratorio convencional, lo que debería permitir usar las mediciones en continuo para la vigilancia sanitaria, según establece el nuevo RD 902/2018.

Palabras clave

Agua de consumo humano, calidad, sensores ópticos, *smart*, color, turbidez, carbono orgánico total (COT) o disuelto (COD), UV 254 nm, conductividad eléctrica, pH, cloro libre, partículas, ISO 17025, ISO 22000, RD 902/2018.

VALIDATION OF THE CONTINUOUS MEASUREMENT OF THE ALERT STATION IN L'AMPOLLA DWTP ACCORDING TO RD 902/2018 (SPANISH NORMATIVE)

In order to guarantee the quality of the drinking water distributed by the Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT), the Alert Station that monitors the output of the treatment plant in l'Ampolla has been updated. Now, the alert station includes the best monitoring techniques in order to control in real time the critical quality parameters of the water produced by CAT. The Alert Station has been fitted with an optical sensor that allows to control color, turbidity, UV 254 nm, total and dissolved organic carbon. Free chlorine, pH, electrical conductivity and other calculated parameters are obtained via other existing equipment. The real time measurements have been synchronized with the results of the CAT laboratory, with ISO/IEC 17025 accreditation, and the results have been consistent and similar to those of a conventional laboratory. This should lead to the use of on-line measurements for water sanitary vigilance, as stated in the new legislation under RD 902/2018.

Keywords

Drinking water, quality, optical sensors, smart, color, turbidity, total organic carbon (TOC) o dissolved (DOC), UV 245 nm, electrical conductivity pH, free chlorine, particles, ISO 17025, ISO 22000, RD 902/2018.

Andreu Fargas

jefe del Departamento de Mantenimiento del CAT

Josep Ruana

jefe del Departamento de Producción del CAT

Agustí Colom

jefe del Departamento de Calidad de las Aguas y Medioambiente del CAT

Josepa Fàbregas

responsable de la Dirección Técnica del Laboratorio y Gestión de la Calidad del CAT



1. INTRODUCCIÓN

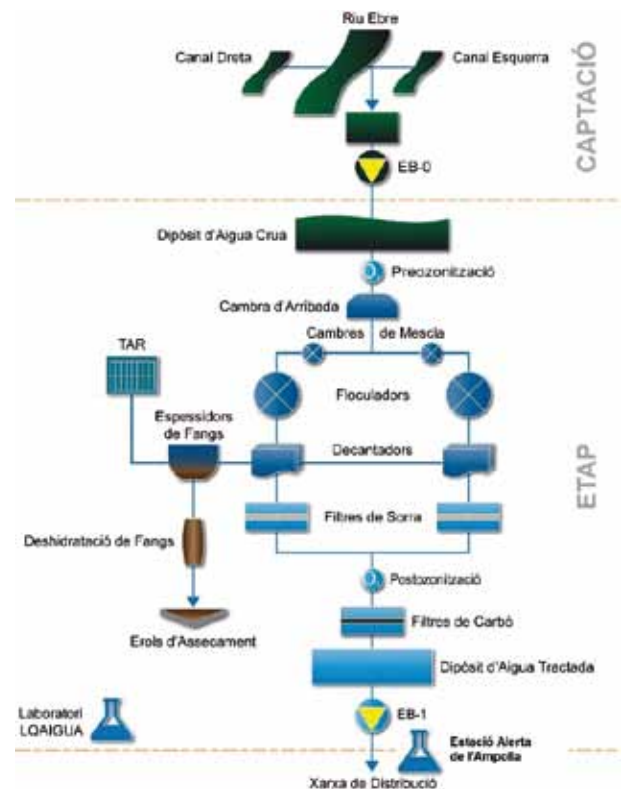
El Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT) fue creado el 2 de abril de 1985 a partir de la Ley 18/81 de 1981, de actuaciones en materia de aguas en las comarcas de Tarragona. El CAT dispone de una concesión máxima de 4m³/s, a captar de los caudales del río Ebro a la altura de Campredó (Tortosa), para uso urbano e industrial en la provincia de Tarragona. Toda el agua captada es potabilizada en una ETAP situada en el municipio de l'Ampolla (Tarragona). Y a partir de ella se distribuye a través de 400 km de tuberías, 23 bombeos y 120 llegadas a depósito consorciado. La red del CAT abastece al 85% de la población de la provincia y al 36% de su territorio, equivalente a una población entre 800.000 y 1.500.000 personas.

El CAT lleva años mejorando sus instalaciones con el objetivo de suministrar la mejor agua posible a sus consorciados, con unos costes ajustados. Por este motivo se ha modificado el proceso de la ETAP (**Figura 1**) con la incorporación de ozono al tratamiento como desinfectante [1] y se ha implantado un sistema de gestión energética en la distribución, el proyecto SAOOEC (Sistema Automático de Operación con Optimización Energética del CAT) [2].

El CAT dispone de la certificación ISO 22000 de Gestión de la Seguridad Alimentaria, que implica buscar las mejores soluciones para garantizar la inocuidad de su producto final, el agua distribuida a los consorciados. Bajo este principio se está trabajando con el objetivo de tener un control en tiempo real de la calidad del agua en todas las fases del proceso de producción y en su posterior distribución en la red, que permita garantizar la mejor calidad en todo momento. Esta mejora se enmarcaría dentro del proceso de aplicación de tecnologías *smart* para el control de la calidad de las aguas.

El enfoque aplicado al control de la calidad del agua con medición en continuo ha sido validado por la reciente publicación y entrada en vigor el pasado 2 de agosto de 2018 del Real Decreto 902/2018, de 20 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, y las especificaciones de los métodos de análisis del Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial embotelladas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas embotelladas para el consumo humano.

FIGURA 1. Cadena de tratamiento consolidada, con la estación de alerta de l'Ampolla.



En el artículo 19 del Real Decreto se indica:

«Artículo 19. Vigilancia sanitaria

1. La vigilancia sanitaria del agua de consumo humano es responsabilidad de la autoridad sanitaria. La autoridad sanitaria establecerá un Programa Autonómico de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano que contemple los parámetros y las frecuencias establecidas en el Anexo I, consistente en:

- Descripción y revisión de la zona de abastecimiento
- Recogida y análisis de muestras puntuales de agua, o
- Mediciones registradas mediante un proceso de medición en continuo».

A destacar el apartado c) para remarcar que con esta modificación la vigilancia sanitaria del agua se puede realizar con sensores en continuo con la misma validez que las determinaciones de muestreo puntual por el laboratorio.

Este artículo muestra el trabajo realizado hasta la fecha para validar las mediciones en continuo de la nueva Estación de Alerta de la ETAP de l'Ampolla del CAT, con el objetivo de certificar que cumplen con los requisitos del RD 902/2018.

2. ESTACIÓN DE ALERTA

La Estación de Alerta controla de forma remota la calidad inicial del agua que abastece el consumo en alta de la provincia de Tarragona, con 120 puntos de entrega repartidos entre 63 ayuntamientos y 26 industrias consorciadas. La producción anual está alrededor de los 75 Hm³ para abastecer a una población del orden de 1 millón de habitantes.

La Estación de Alerta ha estado en servicio desde 1989, y durante todos estos años ha realizado la medición en continuo del agua distribuida. El último proceso de actualización se ha realizado con criterios de simplificación y para dotarla de las mejores técnicas disponibles en el campo de los sensores de calidad de agua de consumo, ya aplicados por otras compañías de agua y que han dado resultados fiables o firmes [3]. Con esta finalidad se ha buscado una instrumentación ya contrastada y también se ha valorado que fuera integrable en el sistema de supervisión del CAT, y que los datos pudieran ser accesibles con facilidad por los distintos usuarios autorizados.

La **Tabla 1** lista los distintos equipos de la Estación de Alerta, tanto antigua como nueva, y en la **Figura 2** puede observarse la distribución de los equipos. La nueva instrumentación ha simplificado el número de equipos a operar, con menor mantenimiento preventivo y ha liberado espacio y puntos de toma para posibles ampliaciones de nueva instrumentación en continuo. El sensor óptico multiparamétrico i-Scan es, a la vez, un turbidímetro o nefelómetro y un espectrofotómetro miniaturizado [4]. La fuente de luz son diodos tipo led, dando una emisión entre 200 y 900 nm del espectro UV-Vis, midiendo la absorbancia o transmisión a 180° y la dispersión a 90° del haz lumínico. En el caso de la turbidez, cumple con la especificación de la norma de turbidez ISO-7027, con fuente a 860 nm y la turbidez EPA 180.1 simulando una fuente de luz blanca o de tungsteno.

Cabe destacar que ninguno de los sensores de la Estación de Alerta requiere reactivos para su funcionamiento, exceptuando los propios utilizados para los ajustes del analizador.

Durante el año 2016 y 2017, el CAT colaboró con EMATSA, suministradora de agua en baja de la ciudad de Tarragona, en la implantación de estas tecnologías de sensorización [5]. Estos equipos están en operación en EMATSA desde entonces, la cual dispone de 5 estaciones de medición que son visibles desde el SCADA del CAT.

3. SINCRONIZACIÓN DE LOS SENSORES

Se han definido los métodos de ajuste para los distintos equipos, y los procedimientos de laboratorio para poder sincronizar las lecturas monitorizadas.

3.1. REACTIVOS Y EQUIPOS DE AJUSTE EN CAMPO

Para el ajuste del pH y la conductividad, en campo se utilizan los mismos patrones utilizados en el laboratorio del CAT. Para el cloro libre se utiliza un *pocket* Hanna con la técnica del DPD para cloro libre. Para el sensor multiparamétrico i-Scan se ajustan los parámetros (turbidez, UV 254 nm, color aparente y verdadero, COT o COD) según los valores medidos en laboratorio sobre muestras reales. Estas muestras son analizadas con los equipos e instrumentación de la **Tabla 2**.

3.2. EQUIPOS Y MÉTODOS DE REFERENCIA DE LABORATORIO

El CAT dispone de un laboratorio propio con acreditación UNE-EN ISO/IEC 17025, cuyas medidas se han utilizado como referencia para la sincronización de los equipos en continuo. La **Tabla 2** resume los métodos de referencia usados.

Para estos equipos, se realiza el ajuste con los siguientes patrones trazables:

FIGURA 2. Estación de Alerta antigua (izquierda) y actualizada (derecha).





TABLA 1

CONFIGURACIÓN ANTIGUA Y ACTUAL DE LA ESTACIÓN DE ALERTA DE L'AMPOLLA.

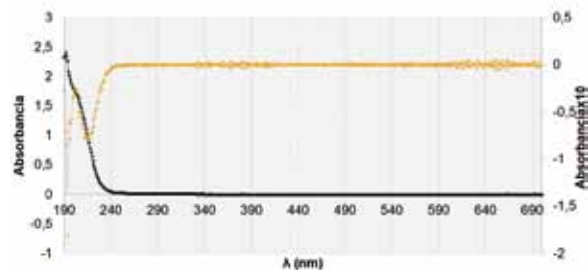
Estación de Alerta antigua					
Parámetro	Unidades	Terminal	Sensor	Observaciones	
Temperatura	°C	Endress+Hauser	PT 100		
pH	Unidad pH	Endress+Hauser CM442	Memosens	Electrodo vidrio	
Cloro libre	mg Cl ₂ /L	Endress+Hauser CM442	Amperométrico CC142D		
Turbidez EPA	NTU	Hach s100	Hach 1720E	Turbidez EPA	
Conductividad eléctrica 20 °C	µS/cm	Endress+Hauser		2 electrodos	
UV 254 nm	Abs/m	Hach s200	UV Uvas plus sc	Paso óptico 50 mm	
Partículas (tamaño/distribución)	Partículas/mL	ParticleSense	Láser, técnica de bloqueo	8 canales	
Estación de Alerta actual					
pH	Unidades pH	Endress+Hauser CM442 Liquidine	Memosens	Electrodo vidrio Conexión a terminal Concube	
Cloro libre	mg Cl ₂ /L		Amperométrico CC142D	Conexión a terminal Concube	
Temperatura	°C	S::can Concube	PT 100		
Turbidez EPA	NTU		i-Scan		EPA 180.1
Turbidez ISO	FTU				ISO 7027
UV 254 nm	Abs/m				Filtrado paso óptico 35 mm en UV
Carbono orgánico total equivalente (COT)	mg C/L				Algoritmo espectrometría UV-VIS
Carbono orgánico disuelto equivalente (COD)	mg C/L				Algoritmo espectrometría UV-VIS
Color aparente	Hazen (mg Co-Pt/L)				Algoritmo espectrometría VIS
Color verdadero	Hazen (mg Co-Pt/L)				Algoritmo espectrometría VIS Filtrado
Conductividad eléctrica 20 °C	µS/cm			Condulyzer	
Partículas (tamaño/distribución)	Partículas/mL		ParticleSense	Láser, técnica de bloqueo	8 canales

TABLA 2

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS DE REFERENCIA PARA LA SINCRONIZACIÓN DE LOS SENSORES ON LINE.

Parámetro	Unidades	Equipo	Acreditación ENAC 150/LE2006	Límite inferior alcance acreditación
pH	Unidad pH	Metrohm 691	Sí	+/- 0,2 (tolerancia medida)
Cloro libre	mg Cl ₂ /L	Hach DR 3900	Sí	< 0,10
Turbidez	FTU	Hach 2100N	Sí	< 0,2
Conductividad eléctrica 20 °C	µS/cm	Metrohm 912	Sí	-
Carbono orgánico total	mg C/L	Shimadzu TOC-V CSH	No	< 1,0
Color verdadero	Hazen (mg Co-Pt/L)	Thermo Evolution 201	Sí	Paso óptico 100 mm; < 3
Color verdadero	Hazen (mg Co-Pt/L)	Hach DR 3900	No	Paso óptico 50 mm; < 2
UV 254 nm	Abs/m	Thermo Evolution 201	No	Paso óptico 10 mm; < 1,0

FIGURA 3. Espectro del agua del CAT entre 190 y 700 nm, obtenido con el espectrofotómetro de alta resolución Thermo Evolution 201. Espectro directo en negro y primera derivada en ocre.



- Patrones de pH de 4, 8 y 12 Reageon.
- Patrones Hach DPD-Chlorine-LR.
- Turbidez 4000 NTU de Hach.
- Conductividad 1416 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C de Merck.
- Color 100 mg Co-Pt/L de Lavibond.

El control de turbidez se hace con *pockets* e instrumentos de laboratorio según la norma EPA 180.1 y, en estos momentos, se está haciendo la transición a la norma ISO-7027 de turbidez. Los sensores ópticos multiparamétricos instalados por el CAT cumplen con esta especificación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño de la Estación de Alerta, y la selección de sus equipos, está basado en los resultados de laboratorio obtenidos durante los más de 30 años de funcionamiento de la ETAP de l'Ampolla. Estos datos permiten seleccionar qué parámetros son básicos para garantizar la calidad del agua distribuida.

El agua del CAT, desde el punto de vista espectral en la región UV-Visible, presenta espectros típicos como el que se muestra en la **Figura 3**. Los espectros presentan

FIGURA 5. Correlación entre COT y el frente UV 254 para el agua distribuida del CAT.

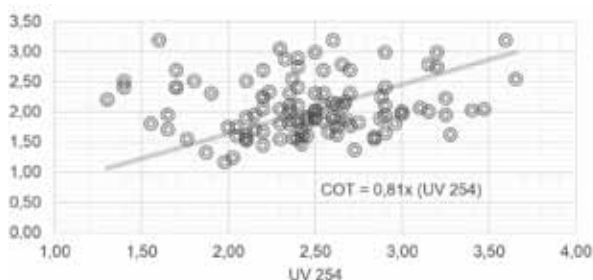
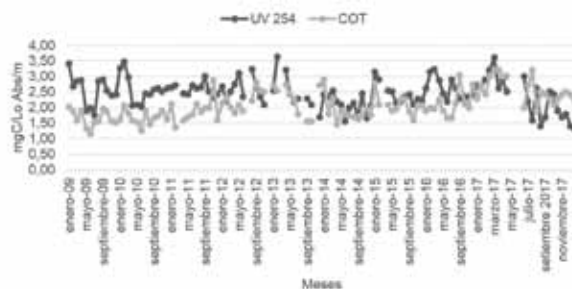


FIGURA 4. Tendencia de UV 254 y COT en los últimos años.



una protuberancia marcada por la presencia de NO_3^- a 220 nm que se puede evidenciar a través de la primera derivada del espectro. Los valores de NO_3^- se han mantenido alrededor de un valor de 10 mg/L durante los últimos 15 años. Además, este parámetro no ha experimentado fluctuaciones significativas, por lo que no es de interés su detección en continuo.

En cambio, la región de 254 nm varía con una marcada correlación con el COT o COD, dando los dos parámetros resultados similares al no tener sólidos en suspensión el agua tratada ($< 1 \text{ mg/L}$). En la **Figura 4** pueden observarse los resultados de los últimos años de COT y UV254. En general ambas evoluciones coinciden, aunque no siempre con el mismo perfil.

La **Figura 5** muestra la correlación lineal entre ambos parámetros. En la actualidad, esta correlación lineal presenta una pendiente de 0,81. La evolución del ratio UV 254/COT (SUVA) desde 2007 puede observarse en la **Figura 6**. Los valores de SUVA presentan una clara tendencia a la baja y los últimos años han oscilado alrededor de 1, alcanzando en 2018 su valor más bajo. Según estos datos, es necesario utilizar factores de correlación recientes para obtener resultados fiables de COT o COD según el espectro UV254. El agua del CAT posee

FIGURA 6. Datos de SUVA desde 2007 hasta la actualidad.





un ratio SUVA₂₅₄/COT medio de 1,22 L·mg C⁻¹·m⁻¹, es decir, muy próximo a 1, lo que significa en una primera aproximación que 1 mg C·L⁻¹ de COT equivale a 1 m⁻¹.

En lo que se refiere a la medida de color, en la región de 450 a 500 nm donde se puede medir el color Hazen o mg Co-Pt/L (≈465 nm), en general el agua del CAT presenta absorción muy baja, con valores por lo general inferiores a 3 mg Co-Pt/L. En este caso al ser agua de muy baja turbidez, se puede asumir que el color aparente es equivalente al color verdadero.

La turbidez del agua tratada es, en general, inferior a 0,2 FTU, la conductividad oscila entre 400 y 1800 μS/cm según la época del año y el *set-point* de cloro residual está fijado alrededor de 1 mg Cl₂/L. Durante el periodo de puesta en marcha y validación, los valores de turbidez en la estación han sido: turbidez inferior a 0,2 FTU, color aparente y real entre 1 y 2 Hazen, UV 254 entre 1,5 y 2,5 m⁻¹ y COT y COD entre 1 y 2 mg C/L. La conductividad eléctrica ha variado de 600 a 800 μS/cm a 20 °C. El pH alrededor de 7,6 y el cloro libre alrededor de 1 mg Cl₂/L.

En la **Tabla 3** se presentan los resultados de contraste entre los equipos de la Estación de Alerta y los resultados de laboratorio. Puede observarse que las desviaciones entre los valores obtenidos en el laboratorio y las medidas en continuo son claramente inferiores a la incertidumbre del parámetro en laboratorio. Este hecho, junto con la alta precisión de la medida en continuo, corrobora su coherencia con las medidas del laboratorio.

Las desviaciones para la turbidez, TOC/COD, color y conductividad eléctrica presentan discrepancias del 5%. La desviación del pH es inferior a 0,2 unidades de pH, también dentro del rango de incertidumbre. Y las medidas con mayor desviación son el índice UV 254 y la medida de cloro libre, que presentan un error inferior al 10%. Pero todos ellos dentro del rango admisible.

En definitiva, se ha realizado un estudio completo de verificación de los parámetros medidos con los obtenidos en un laboratorio convencional bajo la norma ISO/IEC 17025. Los resultados obtenidos son altamente coherentes con los del laboratorio, lo que debería permitir utilizar sus valores como resultado analítico similar a los de un boletín de análisis convencional, como propone el nuevo RD 902/20018.

Dentro del sistema de gestión de calidad del CAT, se ha redactado para su implementación una instrucción de trabajo (IQAM) para la validación de los parámetros analíticos en continuo de cada equipo instalado en la red de distribución del CAT basado en los datos estadísticos de probabilidad, *t-student* e incertidumbre de las medidas.

5. SCADA DE CALIDAD DEL AGUA

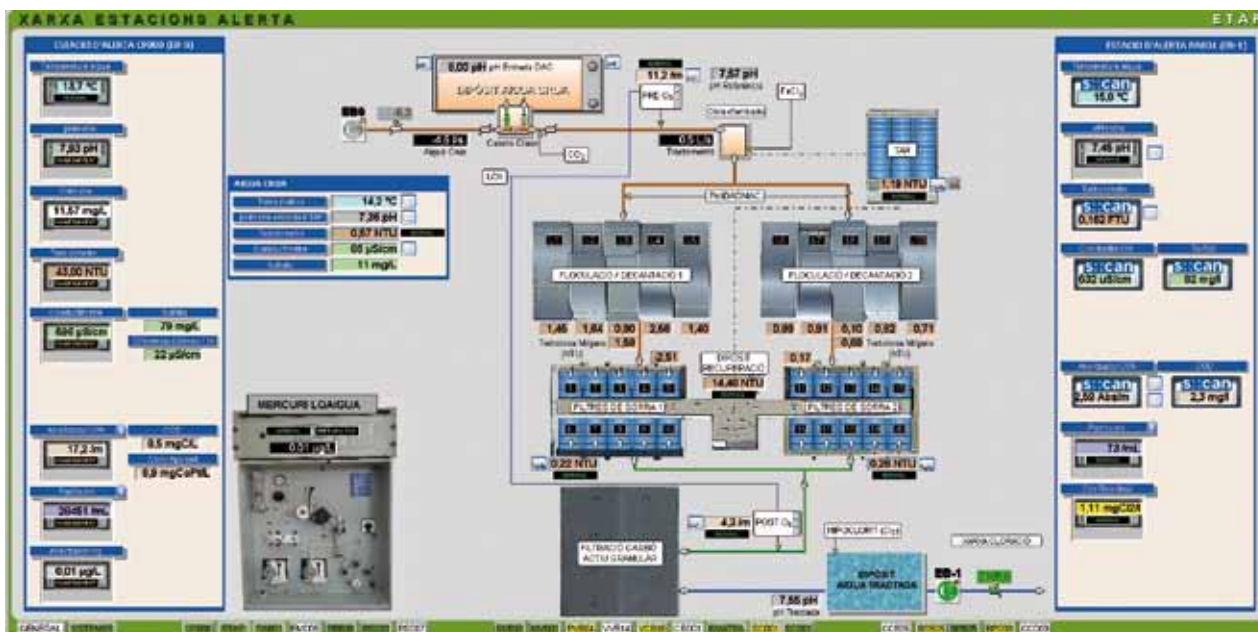
La actualización de la Estación de Alerta es el punto de partida de la mejora de la monitorización de la calidad del agua del CAT a nivel global. Por este motivo se ha potenciado la creación de un SCADA específico de calidad del agua, que ligado al despliegue de nuevos sensores, permite monitorizar los parámetros de calidad

TABLA 3

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MÉTODOS DE REFERENCIA PARA LA SINCRONIZACIÓN DE LOS SENSORES ON LINE.

Parámetro	Unidades	Incertidumbre RD 902/2018	Precisión Estación Alerta	Incertidumbre parámetro Laboratorio	Desviación de Estación de Alerta a Laboratorio
Turbidez EPA	NTU		<1%	23%	<5%
Turbidez ISO	FTU	30%	<1%	23%	<5%
UV 254	Abs/m		<1%	10%	<10%
COT	mg C/L	30%	<1%	25%	<5%
COD	mg C/L		<1%	25%	<5%
Color aparente	mg Co-Pt/L		<1%	28%	<5%
Color verdadero	mg Co-Pt/L		<1%	28%	<5%
Conductividad eléctrica 20 °C	μS/cm	20%	<1%	5%	<5%
pH (valor absoluto)		0,2	<0,2	<0,2	< 0,2
Cloro libre	mg Cl ₂ /L		<1%	22%	< 10%

FIGURA 7. SCADA de calidad del agua del CAT: control de la producción.



en todo momento. La **Figura 7** muestra la pantalla de control de la calidad del agua a través del proceso de tratamiento de la ETAP hasta su salida.

Esto permite que se puedan presentar los datos a distintos niveles: consumidores, autoridades sanitarias, sala de control de ETAP y laboratorio de calidad (LQAGUA). También permite garantizar la detección de episodios que afecten a la calidad con la máxima inmediatez.

La **Figura 8** muestra un ejemplo de las pantallas del SCADA de calidad del agua, dónde puede observarse un mapa temático de la distribución del cloro libre en la red.

Además, se ha aprovechado la potencia de cálculo de la electrónica Concube de S::can para centralizar todos los parámetros medidos y calcular parámetros nuevos. Se han creado parámetros de utilidad como la concentración de sulfatos, a partir de la correlación con

FIGURA 8. SCADA de calidad del agua del CAT: cloro libre.





» La vigilancia sanitaria de las aguas del CAT queda perfectamente validada con los sistemas de registro en continuo, lo que refuerza la apuesta de este operador por la implantación de sensores de medición

la conductividad eléctrica; Índice de Langelier, por diferencia entre el pH real y pH de saturación; y sólidos en suspensión calculados por regresión con la turbidez ISO. La visualización de todos los resultados y sus tendencias puede verse desde aplicaciones móviles, gracias a la app de S::can, lo que permite poder hacer un seguimiento del estado de la calidad del agua en cualquier momento y desde cualquier lugar. La **Figura 9** presenta una captura de la visualización de los parámetros medidos desde el móvil, e incluso la visualización de una curva de tendencia de turbidez ISO durante un día.

Los buenos resultados obtenidos en la Estación de Alerta de la ETAP de l'Ampolla han potenciado el proceso de despliegue de una red de 15 estaciones de alerta distribuidas por la red para monitorizar la calidad del agua durante la distribución. 7 de ellas ya están en funcionamiento y dan contenido al SCADA de calidad (**Figura 8**). Estas estaciones se componen del sensor óptico multiparamétrico i-Scan, el sensor de conductividad eléctrica a 20 °C Condulyzer y un sensor de cloro residual libre de Endress+Hauser.

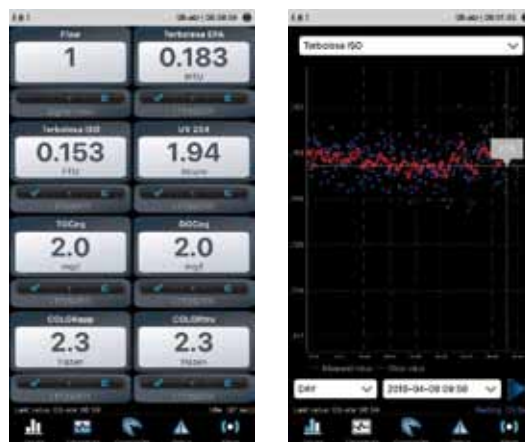
6. CONCLUSIONES

La remodelación de la Estación de Alerta de la ETAP de l'Ampolla ha significado:

- La simplificación de la operación y mantenimiento de la estación de alerta, así como, liberación de espacio para nuevos sensores.
- La supervisión y gestión de resultados directos por parte del laboratorio y su sincronización con los resultados obtenidos bajo la norma ISO/IEC 17025.
- La obtención de resultados en continuo totalmente coherentes con los obtenidos con el laboratorio convencional.
- Y el desarrollo del SCADA de calidad del agua del CAT.

El estudio realizado ha validado que después de la remodelación de la Estación de Alerta de la ETAP de l'Ampolla, los resultados de los parámetros medidos

FIGURA 9. Ejemplo de capturas de los datos de la app S::can para móviles.



(color, turbidez, UV 254, COT o TOC y otros por fórmulas propias -sulfatos, índice de Langelier y sólidos en suspensión-), son de la misma calidad analítica que los obtenidos por un laboratorio convencional.

La puesta en marcha de los sensores multiparamétricos ha aumentado la garantía de calidad del cumplimiento de la norma ISO 22000 en la identificación de peligros y posterior evaluación de riesgos del agua suministrada.

Con la consolidación del RD 140/2003 por el RD 902/2018 de 20 de julio, la vigilancia sanitaria de las aguas queda perfectamente validada con los sistemas de registro en continuo. Esto podría simplificar el muestreo manual y el número de analíticas que se realizan bajo la legislación vigente de aguas de consumo humano. Y refuerza la apuesta realizada por parte del CAT durante estos años en la implantación de sensores de medición en continuo.

Además, el hecho de implementar un control de la calidad del agua en tiempo real permite superar la problemática de los resultados realizados por un laboratorio convencional, donde las incidencias se suelen conocer una vez el episodio ya está muy avanzado o incluso ha finalizado, imposibilitando aplicar medidas correctoras a tiempo real y forzando a que se realicen *a posteriori*.

Bibliografía

- [1] Ruana, J.; Fernández, M.J. (2017). Implantación del tratamiento de ozono en la potabilizadora de l'Ampolla. Retema, octubre, pág. 42.
- [2] Fargas, A. (2018). Operación inteligente y ahorro energético en redes en alta. Caso práctico del CAT. Tecnoaqua, núm. 32, págs. 42-47.
- [3] Raich, J. (2018). Smart Water Networks Forum (SWAN), Barcelona.
- [4] Raich, J. (2013). Review of sensors to monitor water quality. CETaqua, diciembre, pág. 13.
- [5] Raich, J.; Peris, R.; Gutiérrez, J.; Milán, D.; Weingartner, A. (2016). Stations for long time day-to-day. Operation in distribution networks. International Water Week, Singapore.