



# Ahorro de energía y eliminación de nutrientes en una EDAR

**Jordi Cros** director de Product&Solutions de Adasa  
**Claudia Puigdomènech** project manager de Adasa

## 1. Introducción

En la actualidad el tratamiento del agua residual es una de las actividades con mayor consumo energético. En el tratamiento por fangos activados, alrededor del 50% del consumo energético es debido al proceso de aireación de los reactores biológicos.

En este artículo se presenta OptimEDAR, una solución para la gestión y control de las pequeñas y medianas estaciones de tratamiento de aguas residuales (EDAR) basada en el ecoinnovador seguimiento en línea del proceso de aireación en el reactor biológico. OptimEDAR permite a la depuradora ejecutar de forma sencilla un plan de gestión *on line* del proceso de aireación, reduciendo el

consumo energético hasta un 20%, y obteniendo una alta calidad en el agua tratada (menos reactivos y subproductos químicos), aumentando, de este modo, la productividad del todo el sistema y obteniéndose un rápido control sobre el agua tratada.

Las principales ventajas de la solución OptimEDAR son:

- Ahorro de energía, hasta un 20% en el consumo energético de las soplantes.
- Reducción de la huella ambiental del proceso completo de tratamiento de aguas residuales.
- Mejora de la calidad del agua vertida al medio natural.



## 2. Descripción de la solución OptimEDAR

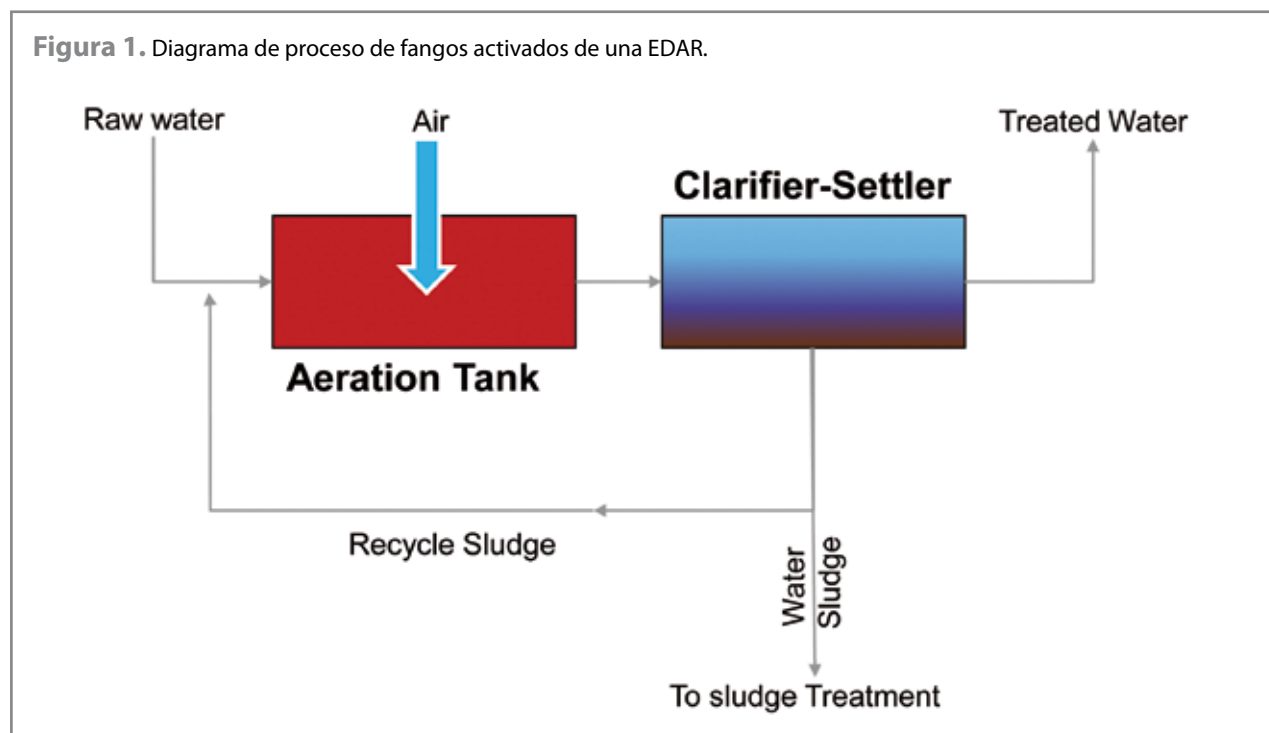
La eficiencia del tratamiento por fangos activados de una pequeña o mediana EDAR está basada en la capacidad de eliminación de la materia orgánica. El objetivo de la solución OptimEDAR es la optimización energética de este proceso, teniendo en cuenta los objetivos de desnitrificación y desfosfatación.

La **Figura 1** muestra un diagrama de proceso de fangos activados en una EDAR. El oxígeno es captado del aire e introducido dentro del tanque de aireación, juntamente con las aguas residuales a tratar y la recirculación de los fangos que contienen los microorganismos. Estos microorganismos son capaces de sintetizar la materia orgánica, obteniendo flóculos biológicos que reducen el contenido orgánico del agua residual.

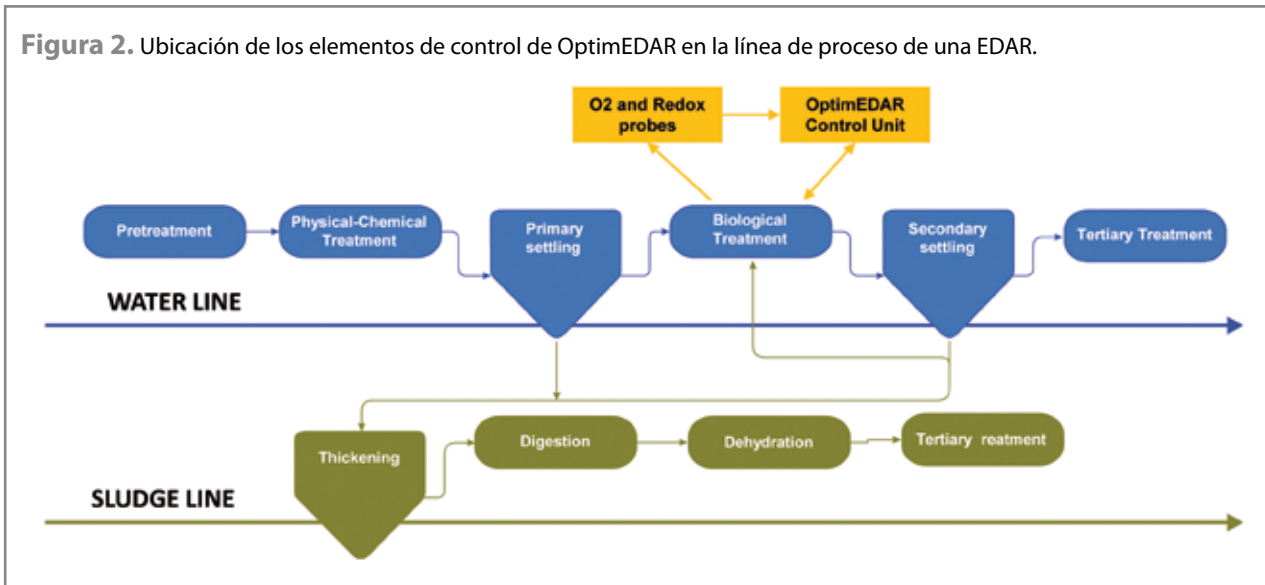
El automatismo más extendido para el tratamiento biológico de una planta depuradora está basado en el control del funcionamiento de las soplantes mediante la medida del oxígeno, con valores fijos predeterminados y considerando que el proceso de desnitrificación se realiza correctamente en el periodo anóxico. En muchas plantas, especialmente pequeñas y medianas, el nivel de oxígeno se consigue mediante el control por ciclos de marcha-paro de las soplantes (por ejemplo: arrancar la soplante cuando el valor de oxígeno está por debajo de 0,1 ppm, y parar cuando el nivel de oxígeno está por encima de 1,2 ppm), pero muchas veces simplemente está controlado por tiempo (por ejemplo: 120 minutos soplando, 30 minutos sin soplar).

Esta operativa es correcta ante un influente constante (en flujo, concentración y naturaleza de la materia orgánica) y condiciones externas estables (temperatura, lluvia, etc.), permitiendo una correcta descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, esta situación provoca la acumulación de nitratos y fosfatos en el reactor a causa de un sobreesoplado. Esta operativa no puede adaptarse a la realidad de aquellas plantas en la que el influente presenta ciclos de variaciones significantes, tanto en flujo como en carga, a lo largo de las 24 horas del día, fines de semana o periodos estacionales. Tampoco es posible su adaptación ante entradas de cargas esporádicas de agua con concentraciones elevadas de materia orgánica o sustancias con cierta toxicidad o poder de inhibición de las bacterias del biológico. Cabe considerar el rendimiento de las bacterias desnitrificantes en función de la temperatura del biológico, cuyo control se escapa de las posibilidades de operación y que ni se mide ni se controla. Las plantas diseñadas para cubrir una demanda de un periodo estacional están sobredimensionadas y su operación, la mayoría del tiempo, es muy ineficiente.

La solución OptimEDAR aborda el problema del control de las soplantes a través de la medida en continuo del oxígeno disuelto (OD) y potencial redox (ORP). La medida de redox asegura una mejor identificación del estado del reactor y de la optimización del ciclo de aireación. En las pequeñas y medianas plantas, el influente no es constante (normalmente hay uno o dos picos por la mañana y al mediodía, y un mínimo por la noche), de forma que



**Figura 2.** Ubicación de los elementos de control de OptimEDAR en la línea de proceso de una EDAR.



la carga orgánica del reactor es variable durante el día. OptimEDAR calcula la carga orgánica del reactor usando una medida respirométrica acorde con la evolución del OD. Además, cuando la carga orgánica es baja (por ejemplo por la noche), los ciclos de no-aireación se pueden alargar incentivando al proceso de desnitrificación del reactor.

Como resultado, utilizando algoritmos específicos, la solución OptimEDAR determina en cada ciclo si es mejor iniciar otro ciclo de aireación (cargas elevadas) o si es un buen momento para llevar a cabo un ciclo de desnitrificación (alargar la no-aireación), controlando el final del ciclo mediante el redox. Consecuentemente, OptimEDAR consigue una regulación propia del proceso a través de correcciones automáticas y ajustadas a la carga real del influente, condiciones ambientales y características de diseño de la planta. La solución OptimEDAR tiene la habilidad de seguir la evolución de los procesos biológicos (no lineales) que tienen lugar en el reactor biológico. Para una óptima función, utilizando todos los medios disponibles, mantiene el equilibrio entre la carga, el OD, la remoción de materia orgánica y el máximo rendimiento de la flora bacteriana en los fangos para la desnitrificación y eliminación de fosfatos.

Utilizando los valores instantáneos y su evolución temporal y tendencia, mediante algoritmos matemáticos (basados en cálculos de probabilidad y técnicas de lógica difusa) calcula la carga orgánica equivalente (ECO), la cual estima la carga de materia orgánica existente en el reactor y en todo momento.

El PLC que integra el sistema OptimEDAR garantiza el control del arranque/paro de las soplantes mediante salida digitales que pueden controlar hasta tres unida-

des de una o dos velocidades. Ajustando los tiempos y condiciones de operación de las soplantes dependiendo de los requerimientos de oxígeno del reactor, el consumo energético se optimiza. En consecuencia, el sistema modula de forma automática el proceso biológico acorde con los requerimientos de eliminación de materia orgánica. La **Figura 2** representa un diagrama de flujo de un proceso de tratamiento de agua residual con tratamiento biológico supervisado por los elementos de detección y control de OptimEDAR.

La solución OptimEDAR ha sido desarrollada para ser integrada en plantas existentes, ofreciendo las siguientes ventajas:

- Fácil instalación.
- No interferencia con las herramientas de automatización existentes.
- Permite al explotador operar con los controles existentes o pasar al nuevo sistema OptimEDAR con suma facilidad, sólo seleccionando un interruptor colocado en el armario del centro de control.

### 3. Elementos de la solución OptimEDAR

El sistema OptimEDAR se suministra en dos armarios: armario de control y armario de sondas. Incluye el automatismo y las sondas de OD y redox para instalarse en el biorreactor, independientemente de los sensores y controles existentes. Las salidas de regulación de las soplantes y el selector del sistema están conectadas al equipo de control ubicado en el centro de control de la planta. Además, las conexiones entre las sondas de OD y redox y el armario de control son sin cables, reduciendo costes de instalación (**Figura 3**).



**OptimEDAR es una solución para la gestión y control de las pequeñas y medianas estaciones depuradoras de aguas residuales basada en el seguimiento en línea del proceso de aireación en el reactor biológico. Su objetivo es la optimización energética de ese proceso, teniendo en cuenta los elementos de la desnitrificación y de la desfosfatación**

#### 4. Casos de implantación

OptimEDAR ha sido instalado en diferentes plantas para verificar y validar su rendimiento. El primer prototipo se probó en la EDAR de la Albuera (Badajoz, España), una planta diseñada para 4.000 habitantes equivalentes (he), con un volumen total de 1.000 m<sup>3</sup>/día, un caudal medio de 41,67 m<sup>3</sup>/h y una DBO máxima de 360 mg/l. Esta experiencia se llevó a cabo en noviembre de 2009 y se mantuvo trabajando durante más de 2 años. Las principales conclusiones después de las pruebas y evoluciones fueron:

- Reducción del consumo eléctrico. La planta tenía dos soplantes con dos velocidades, con un consumo de 18,5 kWh a velocidad lenta y de 22 kWh a alta velocidad. Antes de instalar el prototipo, las soplantes operaban entre 14-16 horas al día. Después de la prueba, una vez optimizado el sistema de operación, las soplantes operan 5-6 horas al día, que representa más del 60% de ahorro energético.

- Elevada eficiencia en la depuración. A consecuencia de que el sistema generaba los ciclos de desnitrificación y desfosfatación, los niveles de salida de nitratos y fosfa-

tos disminuyeron. En términos de eficiencia en el tratamiento, los resultados logrados fueron entre el 92% y el 99% de reducción de nitratos, y entre el 40% al 65% de reducción de fosfatos.

- Estabilidad microbiológica. El sistema garantizó lodos de 23-26 días de vida, asegurando la existencia de una comunidad de organismos eutróficos capaces de remover la materia orgánica. Debido a su capacidad de adaptación, los organismos heterotróficos alcanzaron el 60% de remoción de fosfato biológico.

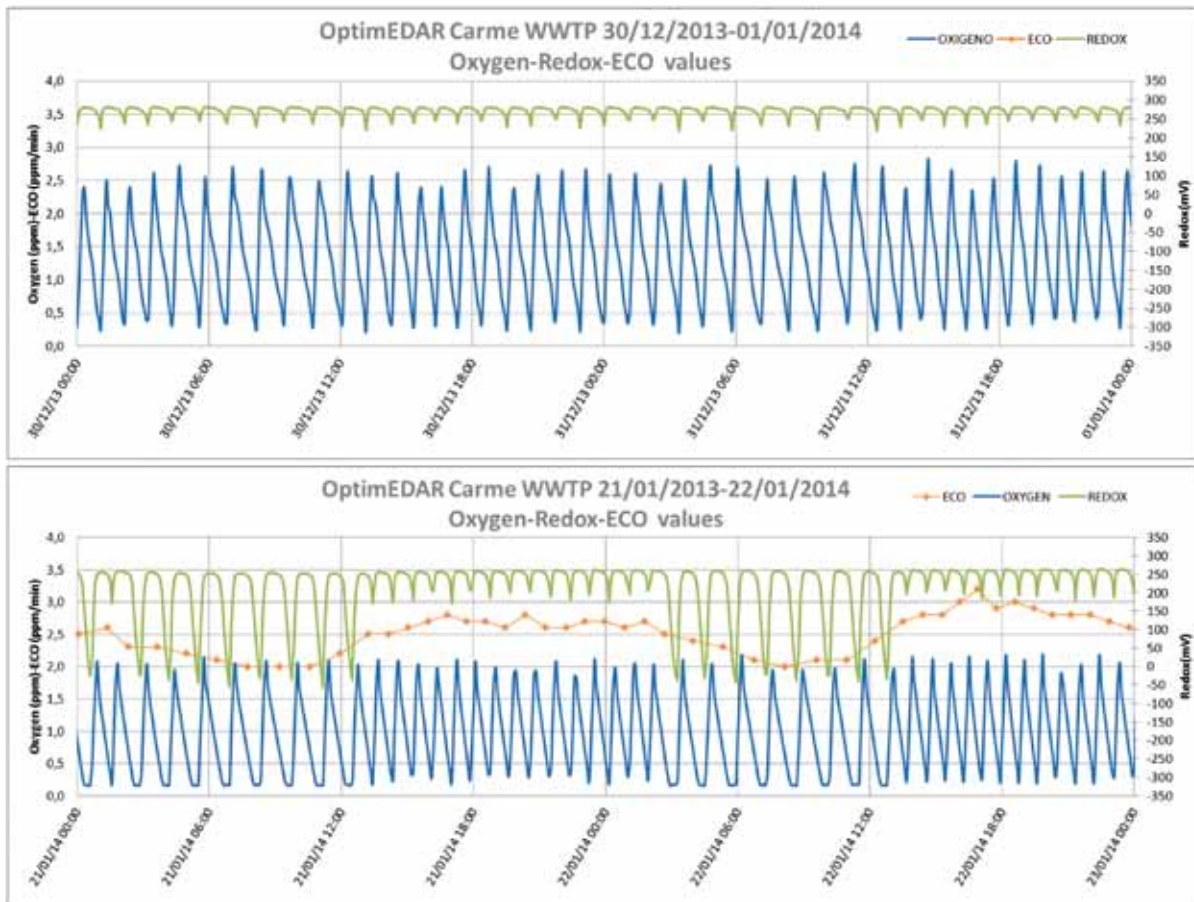
- Reducción de la producción de fangos. Debido a la alternancia de ciclos aeróbicos y anóxicos, las bacterias autótrofas, con un coeficiente de crecimiento de biomasa bajo, fueron promocionadas frente a bacterias heterótrofas.

Actualmente, en el ámbito del proyecto CIP Eco-Innovación 2011 'Gestión eficiente de pequeñas y medianas plantas de tratamiento de aguas residuales (ECO/11/304491)', la solución OptimEDAR está instalada en seis EDAR para demostrar su eficiencia: Masquefa (Barcelona), 19.833 he, 3.400 m<sup>3</sup>/día; Gelida (Barcelona), 7.200 he, 1.440 m<sup>3</sup>/día; Carme (Barcelona), 4.023

**Figura 3.** Fácil instalación en plantas existentes.



**Figura 4.** Evolución del oxígeno y del redox en el reactor biológico de la EDAR de Carme, antes (gráfico superior) y después (gráfico inferior) del control OptimEDAR.



he, 518 m<sup>3</sup>/día); Sintimbru (condado de Alba, Rumanía), 2.400 he, 600 m<sup>3</sup>/día; Apahida (condado de Cluj, Rumanía), 2.400 he, 600 m<sup>3</sup>/día; y Scornicesti (condado de Olt, Rumanía), 5.000 he, 750 m<sup>3</sup>/día.

La **Figura 4** muestra la evolución de la medida de los parámetros de OD y redox antes y después de controlar el reactor biológico con el sistema OptimEDAR en la depuradora de Carme. El primer gráfico muestra un control estándar por oxígeno: el arranque y paro de las soplantes está regulado para mantener el control de oxígeno entre 0,2 ppm y 2,5 ppm. El segundo gráfico muestra el control mediante el sistema OptimEDAR: se calcula el parámetro ECO (puntos rojos) que se usa para evaluar la carga del reactor biológico. El parámetro ECO determina si es necesario tomar el control por oxígeno (para degradar la materia orgánica) o tomar el control por redox (para desnitrificar). Actualmente, en esta planta se ha logrado una reducción, pasando de una media de 6,3 horas de soplar a 4,9 horas, lo que representa más del 20% de ahorro de energía.

## 5. Conclusiones

La depuración de las aguas residuales urbanas es uno de los procesos de mayor consumo energético del ciclo integral del agua. En consecuencia, y a medida que los costes de la energía aumentan, se están desarrollando soluciones que permiten optimizar el consumo energético de las instalaciones existentes sin necesidad de altas inversiones.

Entre ellas se encuentra OptimEDAR, una solución que, en función de las características de la planta, reduce el consumo de energía hasta un 20% mediante la adaptación de la operación de las soplantes a la carga real del reactor. Además, aumenta la eficiencia del proceso de tratamiento debido a la desnitrificación, desfosfatación y estabilidad microbiológica, y mejora la estabilidad de lodos y reduce su generación. Fácil de instalar, no requiere ningún trabajo adicional y solo es necesario conectar el sistema a los cuadros eléctricos existentes y al sistema de control. También permite al operador cambiar entre el uso de la solución OptimEDAR o el sistema de control existente con un simple interruptor selector. 