

Aplicación del software LoDif BioControl® para facilitar la implementación de algoritmos de control y optimización de procesos en las EDAR.

J. Serralta¹, M.V. Ruano², A. Robles¹, D. Medrano³, P. Hermosilla³, R. Usoz³, E. Jiménez³, M. Casao³, F. Rogalla³, J. Ribes², A. Seco² y J. Ferrer¹

¹ Departament d'Enginyeria Química. Universitat de València. Avinguda de la Universitat, s/n. 46100 – Burjassot. València.

² Institut Universitari d'Investigació d'Enginyeria de l'Aigua i Medi Ambient (IIAMA). Universitat Politècnica de València. Camí de Vera, s/n. 46022 – Valencia. València.

³ FCC Aqualia S.A. Avenida del Camino de Santiago, 40. 28050 – Madrid. Madrid.

* jserralt@hma.upv.es

Resumen

La aplicación LoDif BioControl®, desarrollada por el grupo de investigación Calagua, representa un software configurable que integra diferentes sistemas de control de los principales procesos a optimizar en las EDAR, conjugando la optimización del proceso con la reducción de los costes de operación implicados. En este trabajo se resumen los resultados de implementación de la aplicación LoDif BioControl®, en particular, de una estrategia de control avanzado basada en sondas de bajo coste (pH, potencial redox, y oxígeno disuelto) para la optimización de la eliminación biológica de nutrientes en dos EDAR. Dicha estrategia de control se centra en optimizar los tiempos de las fases aerobia y anóxica/anaerobia en un sistema con aireación intermitente. El grupo de investigación llevó a cabo la implementación de dicha estrategia en una de las EDAR, que supuso un ahorro promedio en el consumo energético global de la planta del 29% en términos de kWh·kg⁻¹·DQO_{eliminada}. En la otra EDAR, fue la propia empresa con licencia del LoDif BioControl®, la que implementó la estrategia de control que supuso un ahorro promedio en el consumo energético del 46% (medido como kWh·día⁻¹).

Palabras Clave: Aireación; control avanzado; demanda energética; eliminación biológica de nutrientes; sondas de bajo coste.

Introducción

Los procesos biológicos implicados en la depuración de las aguas residuales incrementan considerablemente la complejidad y vulnerabilidad de operación de una EDAR y más aún en el contexto de unas exigencias de calidad del agua cada vez mayores bajo la necesidad de minimizar la producción de residuos y el consumo energético. De este modo surge como un requisito imprescindible para la correcta explotación de una EDAR, la instrumentación, control y automatización (ICA) de los procesos de depuración (Olsson y col., 2007). A tal fin, desde el grupo de investigación CALAGUA se ha dedicado un gran esfuerzo a lo largo de los últimos años al desarrollo de sistemas de control avanzados que permitan no sólo optimizar el proceso desde el punto de vista del cumplimiento de los límites de vertido, sino que también supongan una reducción significativa en los costes de operación. Los algoritmos de control desarrollados a escala piloto, así como la experiencia obtenida a través de su implantación en diferentes EDAR, han sido integrados en una aplicación general denominada LoDif BioControl®. En la actualidad existe una amplia experiencia respecto a la implementación de diferentes sistemas de control para la optimización del funcionamiento de EDAR. Sin embargo, hasta la fecha, las aplicaciones de control son desarrolladas para cada EDAR en particular, teniendo en cuenta su configuración específica. Aún más, este tipo de aplicaciones resultan inflexibles, dado que se desarrollan para una configuración determinada de la EDAR objetivo.

Esto implica la necesidad de modificar el código fuente en caso de que se realice en la EDAR alguna ampliación o remodelación que afecte a los elementos que participan en los controladores. Asimismo, es necesaria la modificación del código en el caso de querer introducir nuevos controladores en el proceso. Como respuesta al sobreesfuerzo y la rigidez que conlleva esta forma de proceder, el grupo de investigación Calagua ha desarrollado la aplicación LoDif BioControl®. LoDif BioControl® representa una plataforma informática que permite la implementación de sistemas de control en EDAR de forma sencilla y guiada, otorgando además un elevado grado de flexibilidad que permite la introducción de cambios en la configuración y la incorporación de nuevos controladores.

Materiales y métodos

La aplicación LoDif BioControl® representa un software configurable que integra diferentes sistemas de control de los principales procesos a optimizar en las EDAR, conjugando la optimización del proceso con la reducción de los costes de operación implicados. Los principios que han guiado su desarrollo han sido la facilidad de manejo para el usuario, la flexibilidad para configurar diferentes estrategias de control en función de las características de la EDAR y la estandarización para facilitar y/o hacer posible la implementación de los algoritmos de control en cualquier tipo de EDAR. La plataforma utiliza el protocolo estándar de comunicación industrial OPC (OLE for Process Control), empleado comúnmente en la ICA de una EDAR, para conectar la información entre el software y la instrumentación implicada en los diferentes sistemas de control.

Actualmente, LoDif BioControl® incorpora diferentes algoritmos para el sistema de control de la aireación, eliminación biológica/química de nutrientes en base a sondas de bajo coste o sondas de nutrientes, optimización de la línea de fangos y del proceso de filtración en bioreactores de membrana. A fin de facilitar el control del proceso por parte del personal de la EDAR, la plataforma informática cuenta con diversas herramientas. En primer lugar, la aplicación se comporta como un SCADA que muestra todos los elementos definidos en la configuración del sistema, actualizando en tiempo real información relativa a los mismos. De este modo, la implementación de cualquier sistema de control mediante esta aplicación no requiere ningún esfuerzo adicional en cuanto a la modificación del SCADA existente en la EDAR. Además, dicha aplicación incorpora un visualizador en tiempo real para cada controlador definido y una herramienta integrada en la propia aplicación, denominada *LD Graphics*, que permite visualizar gráficamente la evolución de las diferentes variables implicadas en los sistemas de control. *LD Graphics*, permite configurar cualquier tipo de gráfico, y visualizar para la franja de tiempo deseada el comportamiento del sistema de control.

Resultados de implementación

A continuación, se resumen los resultados de implementación de la aplicación LoDif BioControl®, en particular de una estrategia de control avanzado para la optimización de la eliminación biológica de nutrientes en dos EDAR. Dicha estrategia de control optimiza los tiempos de las fases aerobia, anóxica/anaerobia en un sistema con aireación intermitente, en función de la información aportada por las sondas de pH, potencial redox y oxígeno disuelto.

La aplicación se implementó en la EDAR de Reinoso (Cantabria) en el marco de una colaboración entre las empresas FCC Aqualia S.A y Medio Ambiente, Agua, Residuos y Energía de Cantabria S.A., MARE, esta última dependiente del Gobierno de Cantabria. La configuración del tratamiento secundario en esta EDAR se corresponde con dos canales de oxidación donde se puede asumir un comportamiento de mezcla completa. La EDAR recibe un caudal medio de $12420 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$ de agua residual urbana de baja carga. Actualmente, la EDAR se caracteriza por un sobredimensionamiento en los equipos de aireación, por lo que se decidió implementar una estrategia de control de aireación intermitente.

En particular, en esta EDAR se implementó y calibró un controlador del sistema de aireación intermitente cuyas fases aerobia y anóxica/anaeróbica son optimizadas a partir de la información obtenida por tres sondas de bajo coste (oxígeno disuelto, pH y Redox) instaladas en cada uno de los canales. Durante la fase de aireación se implementó un algoritmo que modifica la apertura de la válvula de cada uno de los canales con el fin de igualar la concentración de oxígeno disuelto en ambos reactores. En la Figura 1a, se muestra un ejemplo de la evolución de dicha estrategia de control para dos días de operación. En dicha figura se observa, como el sistema de control mantiene prácticamente todo el periodo, el tiempo de aireación al mínimo establecido por el jefe de planta (45 min), a excepción de periodos donde la carga de entrada a la EDAR aumentó (ej. 18:00 del 4/05).

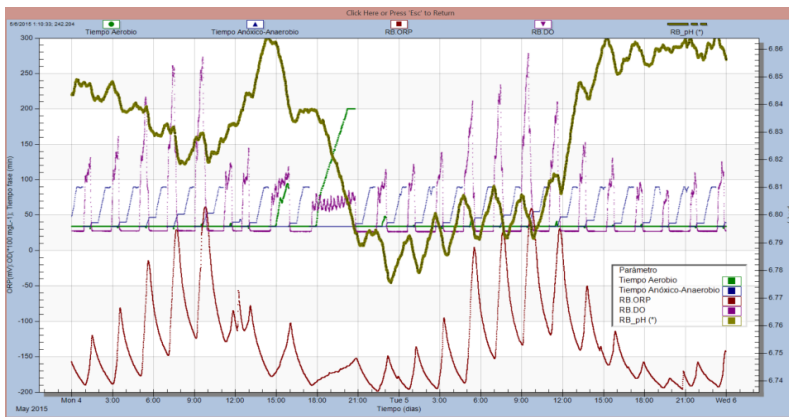


Figura 1 (a)

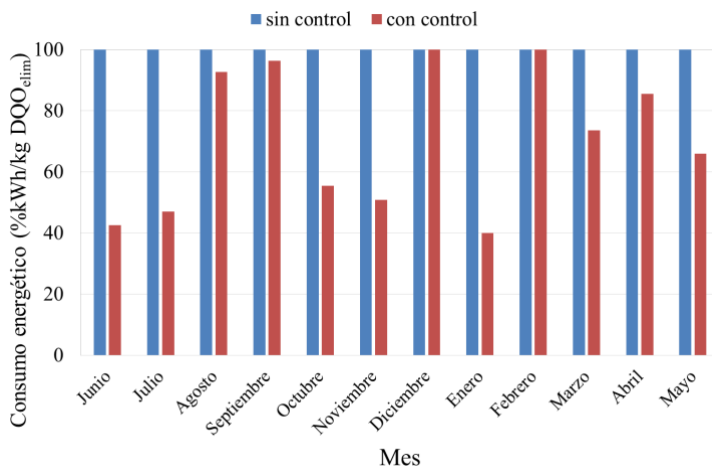


Figura 1 (b)

Figura 1. (a) Sistema de control en la EDAR de Reinosa, evolución de: ORP, periodo aireado, periodo no aireado, OD, y pH. (b) Ahorros energéticos tras la implementación del sistema de control.

La Figura 1. (b) muestra la evolución de la reducción en el consumo energético a lo largo de un año de operación tras la implementación del sistema de control. Tal y como muestra esta figura, la reducción en el consumo energético fue significativa. La implementación de la estrategia de control en la EDAR supuso un ahorro promedio en el consumo energético global de la planta del 29% en términos de $\text{kWh}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{DQO}_{\text{eliminada}}$. Además, cabe resaltar que la calidad del efluente se mantuvo por debajo de los límites de vertido con adecuados rendimientos de eliminación biológica de nutrientes y materia orgánica.

Por otro lado, la aplicación fue implementada en la EDAR de Quijorna (Madrid). El tratamiento biológico de la EDAR está compuesto por tres canales de oxidación (aunque actualmente se encuentran en operación solo dos de ellos) de 1.000 m^3 de volumen con nitrificación-desnitrificación, y eliminación química de fósforo con adición de FeCl_3 . La EDAR trata un caudal medio anual de $700 \text{ m}^3/\text{d}$, aunque existe una considerable variabilidad llegando a valores de $3.000 \text{ m}^3/\text{d}$ de máximo y mínimos menores de $300 \text{ m}^3/\text{día}$.

La forma de operación de la EDAR previa a la implantación de la aplicación, con respecto al sistema de aireación, era mediante intermitencia con parada y marcha de los equipos. Los tiempos de marcha y paro de las soplantes se establecían en función de la franja horaria y la experiencia del jefe de planta. Tras la instalación de la aplicación LoDif BioControl®, se implementó la estrategia de control de marcha/paro de los equipos de aireación similar al descrito en la EDAR anterior (basado en sondas de oxígeno disuelto, pH y Redox). En esta EDAR hay que destacar que el objetivo principal de la implantación del sistema de control era mantener la calidad del efluente en todo momento ya que esta planta presenta una gran variación en el caudal y carga. Esta variabilidad exige un control automático del proceso para conseguir unos parámetros del efluente dentro de las condiciones de vertido.

Tras la implementación del sistema de control se observó una reducción importante del consumo energético ya que el sistema de control adaptó en cada momento, los tiempos de marcha de las soplantes y la frecuencia de operación de estas a la carga de entrada a la planta. En la Figura 2 se puede observar la variación del tiempo de marcha y tiempo de parada de las soplantes a lo largo de una semana. De esta forma el funcionamiento con la aplicación redujo considerablemente el aporte de aire en el proceso, ajustando el consumo energético a las necesidades del proceso biológico. Durante el periodo evaluado desde la implementación del sistema de control se ha obtenido un ahorro de aproximadamente un 46 % (medido como $\text{kWh}\cdot\text{día}^{-1}$) del consumo energético debido al proceso de aireación. A parte del ahorro energético hay que destacar que la calidad del efluente se mantuvo por debajo de los límites de vertido sin la necesidad de una supervisión constante del proceso por parte del personal de planta, lo cual era el factor más importante a mejorar en esta EDAR. La concentración de amonio se mantuvo en todo momento por debajo de $0.9 \text{ mg N-NH}_4\cdot\text{L}^{-1}$, mientras que la concentración de DQO en la salida se mantuvo entorno a los $25 \text{ mg DQO}\cdot\text{L}^{-1}$.



Figura 2. (a) Sistema de control en la EDAR de Quijorna, evolución de: periodo aireado y periodo no aireado.

Cabe destacar que la herramienta LoDif BioControl® no sólo facilita y flexibiliza la operación de la EDAR, en tanto que diferentes estrategias de control pueden ser implementadas sin necesidad de modificar el SCADA de la EDAR, sino que también supone una mejora en el funcionamiento y la estabilidad del proceso y una reducción de los costes de operación.

Referencias

1. G. Olsson, M.K. Nielsen, Z. Yuan, (2007) *Instrumentation, Control and Automation in Wastewater Systems*, 1 edition. ed. IWA Publishing, London