



Optimización global del proceso mediante control multiparamétrico en la EDAR La Almunia de Doña Godina

Julio Antonio Pérez Álvarez gerente del Departamento de O&M Zona Norte II de Acciona Agua
Jesús Sánchez Jiménez jefe de Servicio Depurar 7B de Acciona Agua
Jesús Fajardo Ibáñez responsable de Automatización y Control Zona Aragón de Acciona Agua
María Remedios López Pacetti técnica del Departamento de O&M de Acciona Agua

Acciona Agua ha conseguido una optimización global del proceso en la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) La Almunia de Doña Godina mediante un control multiparamétrico basado principalmente en la sustitución de equipos convencionales por eficientes, compensación de oxígeno en la aireación, regulación del gasto energético y nueva instrumentación. Todo ello, junto con el desarrollo de una lógica de control propia, se traduce en un mejor control del proceso y un aumento de la eficiencia energética haciéndolo económicamente viable para las condiciones particulares del contrato (concesión a largo plazo) propias de esta infraestructura.

Palabras clave

EDAR, control, aireación, oxígeno, compensación, pérdidas de carga, eficiencia, energía.

Global process optimization by multi-parameter control in the WWTP La Almunia de Doña Godina (Saragossa, Spain)

Acciona Agua company has obtained a global process optimization in the waste water treatment plant (WWTP) of La Almunia de Doña Godina (Saragossa, Spain) by means of a multi-parameter control based principally on the substitution of conventional equipments by efficient, oxygen compensation of in the aeration, energetic expense regulation and new instrumentation, which together with the development of an control own logic, is translated in better control of the process and an increase the energy efficiency, making it economically viable for the particular conditions of the own contract (long-term concession) of this water infrastructure.

Keywords

WWTP, control, oxygen, compensation, head loss, efficiency, energy.



1. Introducción

La EDAR La Almunia de Doña Godina (perteneciente a la zona 7B del Plan Especial de Depuración de Aragón) da servicio a los siguientes núcleos de población: La Almunia de Doña Godina (EDAR), Alpartir, Calatorao y Ricla (colectores a La Almunia de Doña Godina). El diseño de la planta es de fangos activados en aireación prolongada, con una capacidad de tratamiento de 10.500 m³/día, y una capacidad de carga de 28.350 habitantes equivalentes.

Acciona Agua, tras un periodo de explotación en la misma y como resultado de numerosos estudios, ha realizado una serie de modificaciones que priman el ahorro energético sin por ello poner en perjuicio la calidad del efluente.

2. Alcance e implementación de las mejoras

Las modificaciones realizadas en la EDAR La Almunia de Doña Godina abarcan desde la instalación de nuevos equipos de medición y la sustitu-

ción de equipos convencionales por equipos eficientes, hasta el desarrollo de una lógica de control propia para la automatización de la gestión del proceso biológico, tal y como se detallan a continuación.

2.1. Sistema de aireación

Se sustituye la soplante convencional de émbolos rotativos de 75 kW por una soplante eficiente de tornillo de 110 kW, pasando del modo de funcionamiento 2+1 (con la entrada del equipo de reserva accionada por operador de planta) a funcionamiento 1+1 (con entrada del equipo de reserva automática), siendo la soplante eficiente el equipo principal.

2.2. Regulación del gasto energético

Programación de una rutina en PLC de planta capaz de calcular el periodo energético en el que se encuentra en cada momento y el precio del periodo horario correspondiente.

2.3. Recirculación de fangos secundarios

La filosofía de control pasa de un funcionamiento 2+1 (con entrada del equipo de reserva accionada por operador de planta) a un funcionamiento 1+1+1 con alternancia cada 24 h.

2.4. Sistema de recirculación auxiliar

Según estudios realizados por Acciona Agua en diferentes EDAR tipo carrusel, se desarrolla una nueva lógica de control que permite la optimización en el funcionamiento de los aceleradores.

2.5. Instrumentación

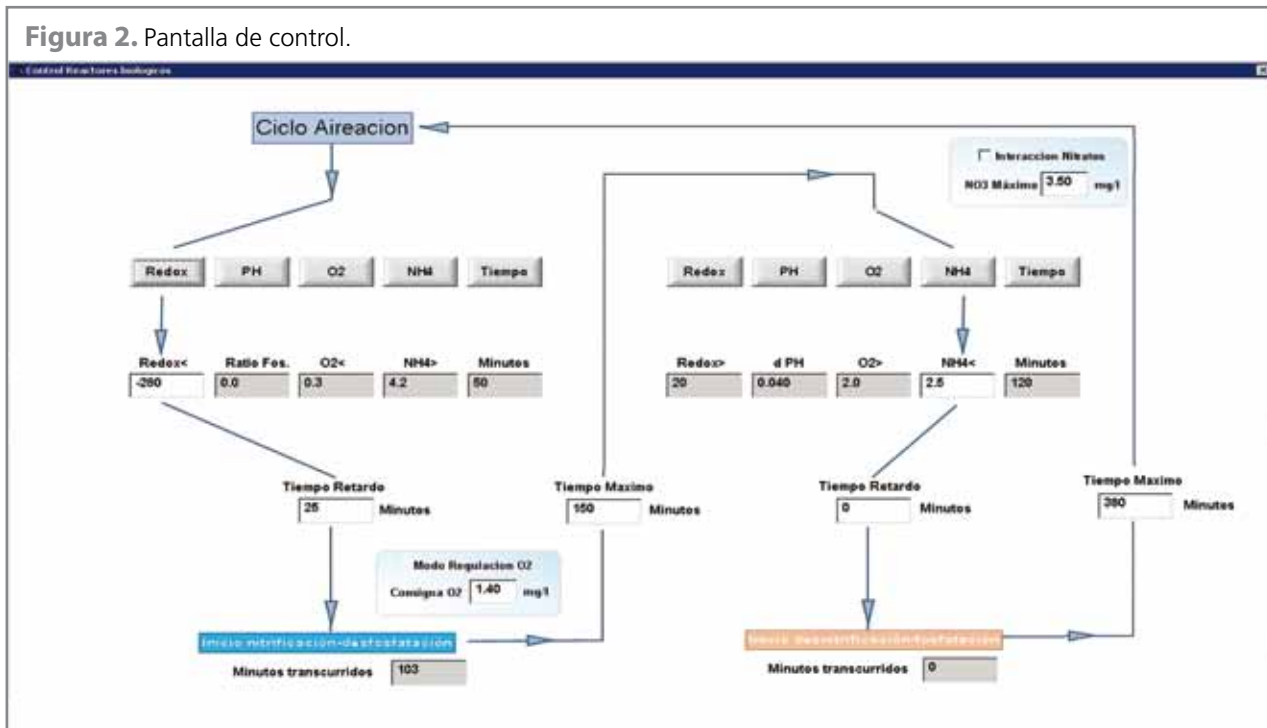
Se instala línea de SC1000, que comprende:

- Base 1: con capacidad para 6 sondas. A esta base se conectan las siguientes sondas: NH₄⁺ y potencial redox.
- Base 2: con capacidad para 6 sondas. A ella se conectan las sondas de O₂ y medida de pH.

Figura 1. Base instalada en un reactor biológico.



Figura 2. Pantalla de control.



- Display SC1000 instalado en la base 2 y conectado con la red Ethernet de la EDAR.

- PLC controlador conectado a la base 2 por medio de cable bus RS485.

Asimismo, se actualizan los caudalímetros másicos de la sala de soplantes de la planta con tarjeta de salidas analógicas y se integra la señal de caudal instantáneo en el PLC de planta.

En la **Figura 1** puede verse una de las bases instaladas en el reactor biológico.

3. Funcionamiento

Tras la implantación de estas mejoras el funcionamiento de la planta es el siguiente.

3.1. Control de soplantes

Se pueden seleccionar dos modos de control, control por oxígeno (ppm) y control de presión interna (mbar):

- Control de O₂. El aporte de caudal de aire a los reactores se realiza

mediante un doble lazo de control configurado en cascada. A la entrada de este lazo de control se envía la señal de la media del oxígeno disuelto, y la salida al rendimiento de la soplante.

- Control por presión interna. Solo seleccionable para la soplante eficiente, la cual varía su rendimiento de acuerdo a una consigna de presión interna.

3.2. Control del ciclo de aireación

Se divide el proceso en dos estados diferenciados con control independiente: desfosfatación-nitrificación y desnitrificación-fosfatación.

El paso de un estado a otro viene determinado por la selección de una de las siguientes consignas: redox, pH, O₂, NH₄⁺ o tiempo, no siendo necesario la selección de la misma consigna para los dos estados.

Tal y como se observa en la **Figura 2**, se parametrizan unos tiempos máximos para este estado, priorizando estos sobre el valor de cualquier consigna en los cambios de estado.

3.3. Compensación de oxígeno en aireación

Mediante dos actuadores electrónicos se configura un nivel objetivo (que debe ser casi del 100% de apertura, para generar la mínima pérdida de carga), un nivel mínimo de apertura y una frecuencia en minutos de cálculo de compensación.

3.4. Control de soplante de reserva

La entrada en funcionamiento se realiza automáticamente cuando la soplante principal entra en fallo, seleccionando de forma automática el modo de operación por consigna de O₂.

3.5. Regulación del gasto energético

Existe la posibilidad de compensar el gasto de energía con respecto a las variaciones del *pool* mediante la activación de alguno de los siguientes modos de funcionamiento:

- Modo Minimizar Puntas. En este modo el sistema no pondrá en



funcionamiento la aireación durante los periodos punta, a no ser que se sobrepase el valor de NH_4^+ máximo configurado.

- Modo Penalización de Consignas. El sistema descarga la tarifa oficial del *pool* a las 00:00 horas y analiza las diferencias de precio de los periodos. Establece un valor medio y calcula las diferencias entre estos en tanto por ciento, que se aplican a las consignas de control, disminuyéndolas o aumentándolas según proceda.

Se establecen unos márgenes de seguridad, que el sistema primará siempre para asegurar la calidad del vertido.

3.6. Recirculación de fangos secundarios

Como ya se ha mencionado con anterioridad, las bombas funcionan en modo 1+1+1, alternando por horas cada una de ellas. La regulación se realiza en función del modo seleccionado, pudiendo elegir entre:

- Modo Caudal Fijo. El lazo de control sigue la consigna de un caudal medio fijo, independiente del caudal de entrada.

- Modo Tanto por Ciento. El sistema calcula la media del caudal instantáneo al reactor, aplica a ésta un % consignable y el resultado es la nueva consigna de recirculación.

3.7. Recirculación auxiliar

La recirculación auxiliar se realiza por medio de 4 aceleradores de flujo, dos por reactor. Cada uno de ellos con una potencia nominal de 2,3 kW. El acelerador tiene dos modos de funcionamiento:

- Modo Horario. Se implanta una rutina horaria para evitar la acumulación de fango en las partes internas del reactor biológico.

Con el nuevo sistema de sondas no solo se tienen valores de medición, sino también una visualización del estado de las sondas y avisos de incidencias en los controladores, como puede ser un aviso de calibración. Además, esto puede verse desde cualquier dispositivo móvil con acceso a Internet

- Modo Soplante. Entrando en funcionamiento en parada del sistema de aireación.

4. Resultados

4.1. Ventajas de control del proceso

Con el nuevo sistema se tiene una visualización del estado de las sondas y avisos de incidencias en los controladores, como puede ser un aviso de calibración. Incluso puede verse desde cualquier dispositivo móvil con acceso a Internet. Las opciones de ampliación se reducen a la colocación de nuevas sondas, sin necesidad de elementos controladores o tirada de cableado para señales y alimentaciones.

La seguridad del control se ve aumentada debido a la subdivisión de tareas de los controladores programables, ya que el nuevo PLC realiza todos los cálculos de aireación.

A continuación se analizan las ventajas del nuevo sistema por fases del proceso, atendiendo a los nuevas variables de control NH_4^+ y pH.

4.1.1. Nitrificación

Como se está introduciendo un elemento con un alto potencial de reducción como es el oxígeno disuelto, este interfiere notablemente en la medición. Con el nuevo sistema se tienen varias opciones en las que no existe tal interferencia:

- Control NH_4^+ . Una medición continua del NH_4^+ que sale del reac-

tor usando esta como control de parada. Se nitrifica exactamente el valor de NH_4^+ que se considere. Se puede activar la opción interacción con nitratos, que consiste en que si la concentración de nitratos llega a superar la de amonio, o un cierto valor consignable, la aireación parará. Este fenómeno se agrava en la fase de decantación, ya que se produce una desnitrificación incontrolada en decantadores secundarios, dando lugar a episodios de *bulking* y fangos flotados.

- Control pH. El pH del reactor es una buena indicación de la reacción nitrificación-desnitrificación, ya que en ambas reacciones este varía. Cuando se nitrifica, el pH del licor disminuye debido a la liberación de H^+ (pendiente negativa), hasta un determinado valor. Cuando aumenta de nuevo, el pH (pendiente positiva) es una indicación de que la reacción ya no se produce aunque la aireación siga en funcionamiento. El sistema detecta esta variación de la pendiente y para la aireación.

4.1.2. Desnitrificación

Las opciones de la desnitrificación son:

- Control NH_4^+ . El nuevo sistema permite controlar el final de la desnitrificación en función del amonio de salida. Este valor es consignable por el responsable de proceso, y a partir del mismo comenzará la nitrificación.

El retorno de la inversión del sistema implantado en la EDAR de La Almunia de Doña Godina se produce en 7 años, por lo que es muy atractivo para conseguir un proceso eficiente y una gestión de calidad

- Control pH. Como se comenta en el apartado anterior de nitrificación, la variación de pH durante la reacción de desnitrificación es siempre positiva. Ello es debido a la recuperación de alcalinidad (aproximadamente 3,5 mg CaCO₃/mg N-NO₃).

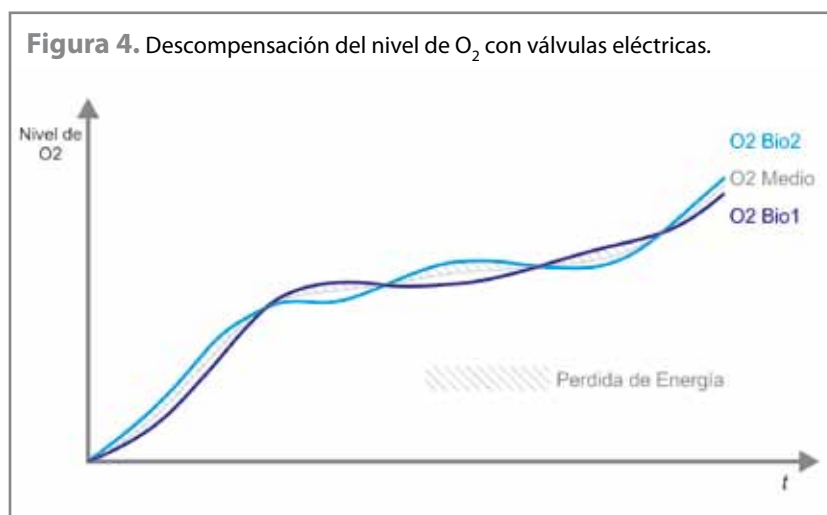
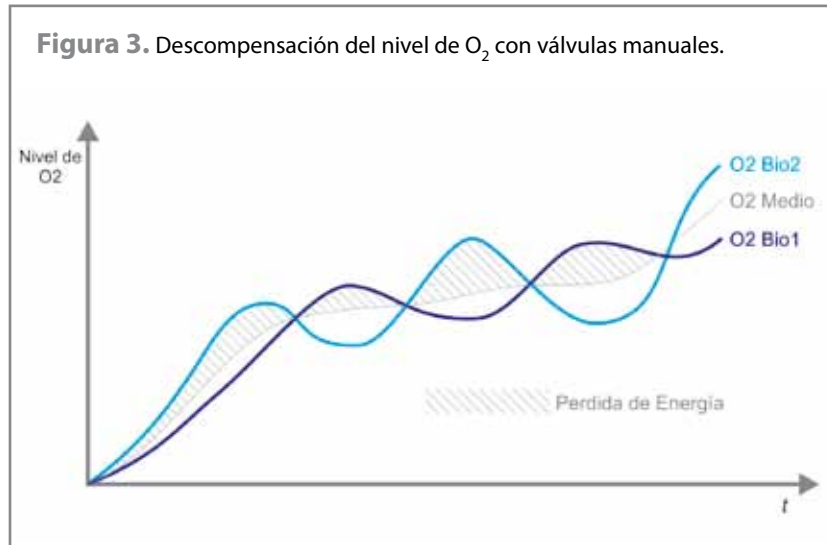
4.1.3. Compensación caudal aire

Las pérdidas de carga generadas por la regulación de caudal se ven reducidas. El aire se reparte en función de la demanda de oxígeno de los dos reactores, adaptando el caudal a las necesidades propias de cada reactor y aprovechando los excesos de caudal de un reactor enviándolos al otro. Estas pérdidas varían conforme varía el caudal de aire.

Las **Figuras 3 y 4** explican gráficamente este fenómeno. Como puede observarse, las áreas de pérdidas de energía con la regulación de válvulas es menor igualando las pendientes de oxígeno en los reactores y minimizando el caudal de aire suministrado.

4.1.4. Control recirculación de fangos

Con la nueva rutina funciona solo una bomba, y la segunda entra en apoyo si hay una punta de caudal. Además, se consigue que las bombas trabajen entre el 66% y el 100%, que son regímenes de funcionamiento dentro de lo recomendado por los fabricantes.



4.1.5. Reservas automáticas

Con las modificaciones, al compartir el mismo conducto, es posible realizar la entrada automática de los equipos de reserva dejando cubierto el proceso en caso de fallo de equipos.

4.2. Aumento de la eficiencia energética

El consumo de la energía se ha reducido considerablemente. Todas las características descritas anteriormente contribuyen a ello, alcanzando un 16% de ahorro por m³ depurado. Considerar que, gracias a la disminución del gasto energético, es posible una revisión de la potencia contratada.

5. Conclusiones

Se concluye que, a pesar de que la inversión inicial es considerable, el sistema se hace viable por el rápido retorno de la inversión. Basándose en el registro de datos en la EDAR de La Almunia de Doña Godina (Plan especial de Depuración de Aragón), el retorno de la inversión se produce durante los primeros 7 años. Debido al carácter particular del contrato de esta EDAR, consistente en una concesión a largo plazo, resulta un sistema muy atractivo tanto para un proceso eficiente como para la gestión de calidad y medio ambiente.

Bibliografía

[1] WEF. Manual: Operation of municipal wastewater treatment plants. Vol. II Management of Support Systems (Sixth Edition).