



La granulación aerobia: el futuro de la depuración de las aguas residuales

Alejandro Zarzuela director técnico y de Innovación de Acciona Agua
Pilar Calvo ingeniería comercial de Acciona Agua

1. Introducción

Desde el desarrollo de los sistemas de eliminación biológica de nutrientes (BNR) en fangos activados, la investigación sobre los procesos de depuración biológica de aguas residuales se ha centrado en desarrollar técnicas mejoradas en la separación de fangos, mejorando las propiedades de sedimentación y las técnicas de separación física (es decir, membranas). El requisito fundamental para mejorar la sedimentabilidad es contar con partículas grandes compactas, densas y con un mayor peso específico. Este requisito se ha convertido en la base para la investigación y el desarrollo del proceso de gránulos aerobios en la Delft University of Technology (DUT). Descubierta por el profesor Mark van Loosdrecht de la DUT, el proceso ha sido diseñado para adaptarse

a aplicaciones comerciales por Royal Haskoning DHV y se comercializa bajo la marca Nereda Technology, siendo Acciona Agua una de las compañías licenciatarias.

2. Biomasa granular y tecnología Nereda

La biomasa granular aerobia ofrece varias ventajas frente a los flóculos de fango activado convencional, al disponer de una buena capacidad de adaptación que lleva a una mejor retención de la biomasa y altas concentraciones de la misma, así como el aporte de una matriz estructurada para el crecimiento de la biomasa y la capacidad de soportar variaciones de carga importantes. Todo esto lleva a un diseño de reactor compacto que reduce significativamente la huella de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR).



La investigación y desarrollo de la biomasa granular aerobia se inició en la DUT en 1993. En 2002 se descubre la granulación estable del fango a escala de laboratorio. A esto siguió un proyecto piloto en la EDAR de Epe y a varias estaciones piloto que han estado operativas procesando tanto afluentes industriales como municipales desde el año 2003, dentro y fuera de los Países Bajos. El primer prototipo Nereda completo a escala industrial se llevó a cabo en 2005, modificando un reactor existente. A esto siguieron varios proyectos de nueva ejecución y aplicaciones de actualización en estaciones depuradoras existentes (**Figura 1**).

En 2007, DUT, la Fundación Holandesa de Investigación Aplicada del Agua (STOWA), Royal Haskoning DHV y seis Consejos del Agua holandeses se unieron para constituir el Programa Nacional Holandés de Desarrollo de Nereda (NNOP) con el objetivo de ampliar e implementar tecnologías de biomasa granular aerobia en aplicaciones municipales. En paralelo, la instalación de dos estaciones de demostración de Nereda (en Gansbaai, Sudáfrica, de 5.000 m³/día y Frielas, Portugal, de 12.000 m³/día) facilitaron su desarrollo. La EDAR de Epe se proyectó y construyó en 2010/2011. Tras el éxito del diseño, construcción y operación de dicha EDAR, existen en la actualidad más de 20 estaciones completas en 7 países distintos que actualmente están operativas o en construcción, entre las que cabe destacar las siguientes:

- STP Garmerwolde (Holanda): 30.000 m³/día.
- STP Deodoro, Rio de Janeiro (Brasil): 86.400 m³/día.
- STP Tatu, Limeira (Brasil): 57.024 m³/día.

Los gránulos aerobios se definen como agregados de origen microbiano que no coagulan en condiciones de bajo estrés hidrodinámico y que se sedimentan de forma significativamente más rápida que los flóculos de fango activo. Las características principales que definen a los gránulos aerobios son un diámetro mínimo de 0,2 mm y un índice volumétrico de fangos de 5 minutos (IVF5) comparable a un índice volumétrico de fangos de 30 minutos (IVF30) de fangos activados. La **Figura 2** ilustra las propiedades de sedimentación de fango granular aerobio en comparación con el fango activado después de 5 minutos de sedimentación.

En la tecnología de Nereda se emplean el diseño y los mecanismos de control para propiciar que la biomasa forme gránulos con propiedades de sedimentación eficientes. En el fango granular las tres zonas de reacción están presentes en distintas capas dentro de las partículas granulares, con una difusión que conecta las zonas de

Figura 1. Evolución de la investigación y el desarrollo de la biomasa granular aerobia.

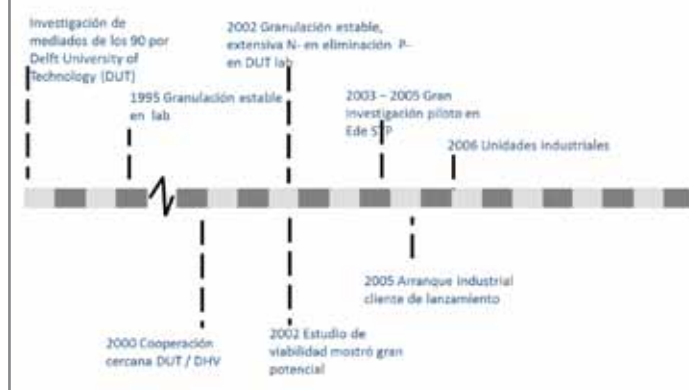


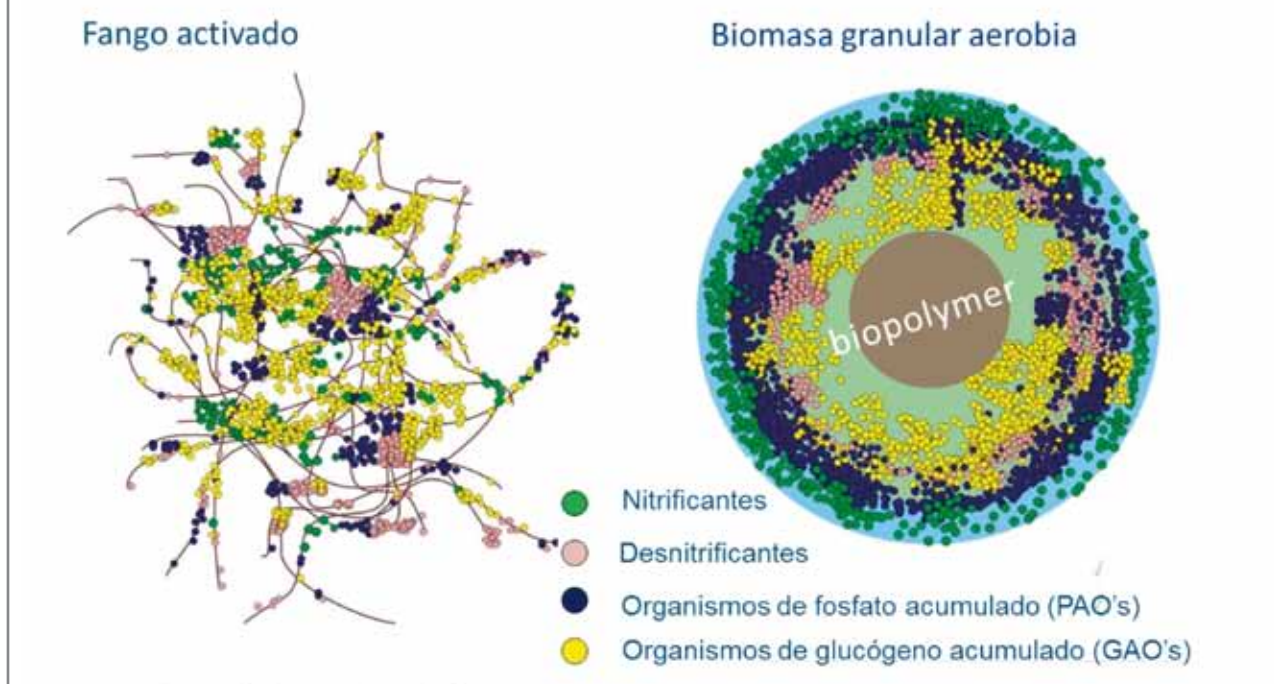
Figura 2. Propiedades de sedimentación de la biomasa granular aerobia (derecha) comparado con el fango activado (izquierda).



reacción, permitiendo condiciones anaerobias, aerobias y anóxicas simultáneamente. Por lo tanto, esta tecnología reduce la necesidad de múltiples depósitos y de recirculación para los distintos procesos. La **Figura 3** muestra una representación pictórica de la distribución de los organismos biológicos dentro de gránulos aerobios comparada con los fangos activados, incluyendo organismos acumuladores de fosfatos (PAO), nitrificantes, desnitrificantes y organismos acumuladores de glucógeno (GAO), con supresión del crecimiento filamentoso.

El proceso funciona de forma intermitente, y las fases de llenado y decantado ocurren simultáneamente. La **Figura 4** ilustra el ciclo de proceso básico de Nereda.

Así, la tecnología Nereda permite una depuración eficaz del agua con diseños compactos y sencillos. La cantidad de equipos mecánicos es muy inferior a la de los procesos convencionales (un ahorro en la inversión de aproximadamente un 25%), al no precisar clarificadores separados, estaciones de bombeo de retorno de fangos ni equipos decantadores móviles. Así mismo, un esque-

Figura 3. Diferencia entre fangos activados (izquierda) y biomasa granular (derecha). Fuente: DUT.

ma de proceso sencillo hace que sea fácil de operar y, por tanto, fiable. Además, la biomasa concentrada reduce el volumen del depósito y, por lo tanto, requiere un espacio cuatro veces menor (**Figura 5**). Los costes de operación y mantenimiento son muy inferiores gracias a la reducción de equipos mecánicos, a una operación exenta de productos químicos y a la importante eficiencia energética del proceso. De media, una estación de Nereda utiliza un 30-40% menos de energía que las estaciones depuradoras de aguas residuales de fangos activos convencionales y BNR, al tiempo que ofrece una mejor calidad de agua.

La tecnología Nereda se basa en la secuenciación optimizada de ciclos de carga, debiendo ajustarse los parámetros de duración y proceso en las distintas etapas del ciclo para garantizar un desempeño óptimo y eficiente mientras que el caudal de agua, la temperatura y composición del agua fluctúan. El controlador Nereda auto-

matiza estos ajustes y hace un uso eficaz de la amplia experiencia de los especialistas de proceso.

3. Versatilidad de Nereda

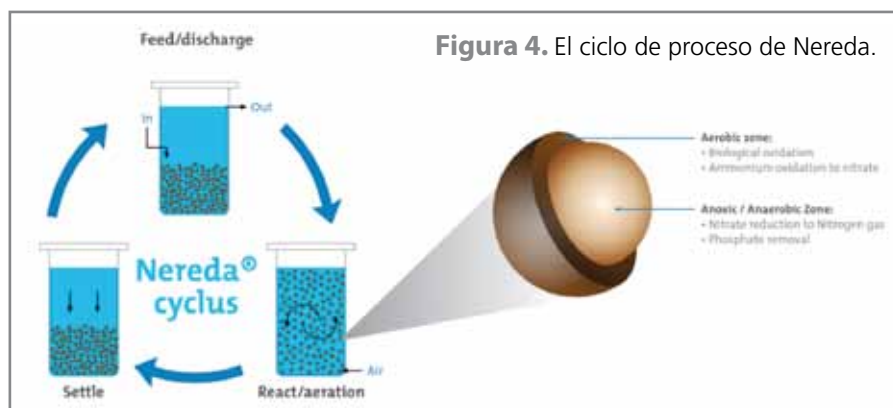
Desde la implementación de las primeras instalaciones a escala industrial de Nereda han surgido nuevas perspectivas, permitiendo más innovación en el desarrollo de sistemas y en la optimización del diseño. Las nuevas configuraciones del sistema se han desarrollado para adaptarse a una variedad de situaciones en distintos emplazamientos y países. Se han utilizado varios enfoques de nueva ejecución o extensión en paralelo, detalladas a continuación:

- 3 reactores Nereda:

- Se alimenta al menos un reactor Nereda en cada momento.
- Aplicado a la EDAR de Epe (Países Bajos), etc.

- Un depósito tampón seguido de dos o más reactores Nereda:

- Volúmenes de depósitos inferiores al primer enfoque y ahorros en Capex (según el caso).
- Aplicado a la EDAR de Wemmershoek (Sudáfrica), la EDAR de Ryki (Polonia) y la EDAR de Garmerwolde (Países Bajos), etc.

**Figura 4.** El ciclo de proceso de Nereda.

- Configuración híbrida de Nereda® y un proceso convencional de fangos activados (CAS):

- Los fangos residuales del sistema Nereda® se introducen en el sistema CAS.
- Mejora la eficacia y/o capacidad del tratamiento CAS además de la capacidad ampliada mediante el sistema Nereda®.
- Aplicado a la EDAR de Vroomshoop (Países Bajos).

- Adaptación a Nereda®:

- Conversión de un reactor existente (SBR, reactor CAS o cualquier otro depósito adecuado) a un reactor Nereda®.
- Utilización de la infraestructura existente, mientras que aumenta la capacidad del sistema y se reduce la energía y la utilización de productos químicos.
- Aplicado a la EDAR de Frietas (Portugal) (en este caso, en combinación con el enfoque híbrido).

Las distintas configuraciones se muestran en la **Figura 6**, mientras que los resultados obtenidos con cualquiera de las configuraciones planteadas se recogen en la **Figura 7**. Estos resultados permiten obtener contenidos en P-total menores de 1 mg/L, y N-total menor de 10 mg/L, ambos sin adición de reactivos y con consumos energéticos un 25-35% menores que en un CAS con una reducción de huella en el entorno del 70%.

4. Conclusiones

La biomasa granular aerobia cambia el marco del tratamiento biológico y está destinada a convertirse en el nuevo referente del tratamiento aerobio. Los resultados obtenidos en las instalaciones actuales demuestran que se puede lograr la eliminación biológica de nutrientes en combinación con una alta eficiencia energética y una construcción rentable.

El número creciente de referencias internacionales indica que Nereda® se ha convertido en una tecnología que está ya lista para su implementación en aplicaciones de tratamiento de aguas residuales a gran escala. Además, se ha comprobado que resulta ser una tecnología que minimiza tanto los costes como los consumos energéticos y reduce la huella hídrica. 💧

Figura 5. Nereda de la EDAR de Gamerwolde (los dos depósitos Nereda de delante procesan aproximadamente el 40% de las aguas residuales. El sistema AB existente de atrás, el 60%).



Figura 6. Configuraciones de Nereda. N/B = Depósito tampón).

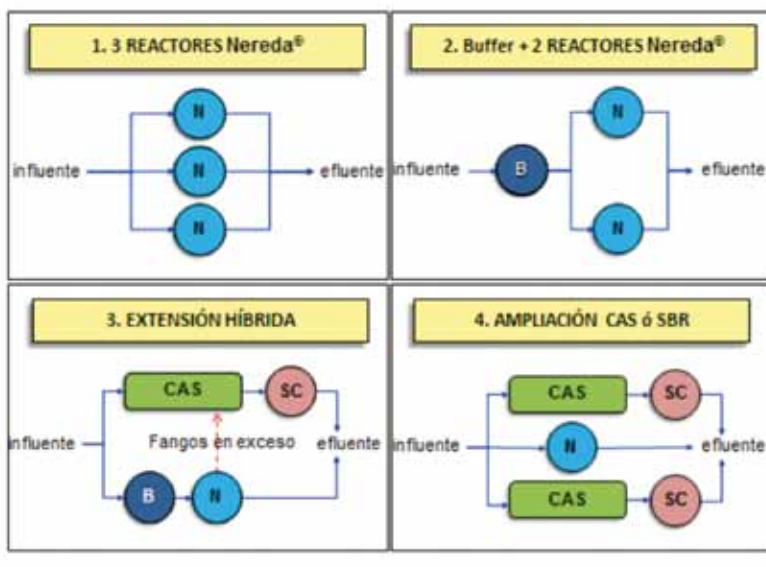


Figura 7. Rendimientos comparados entre CAS y Nereda.

