

Tecnología AnoxKaldnes™ Z-MBBR™: nueva generación de biosoporte 3D con control de espesor de biopelícula para procesos de lecho móvil

Garbiñe Manterola Agirrezabalaga
Veolia Water Technologies
garbine.manterola@anoxkaldnes.com

1. Introducción

Los procesos de lecho móvil o MBBR (Moving Bed Bioreactor) han alcanzado gran popularidad como tecnología para las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) desde su desarrollo a finales de la década de los 80 (Ødegaard, 2006). Estos procesos MBBR se basan en la utilización de un biosoporte plástico con una densidad cercana a la del agua, lo que permite mantenerlos en suspensión y continuo movimiento mediante sistemas de aireación o agitación mecánica, dependiendo de las condiciones ambientales que se deseen en los diferentes reactores.

El buen funcionamiento y la operación eficiente de las numerosas instalaciones construidas durante las últimas tres décadas demuestran la idoneidad de este tipo de procesos para el tratamiento de aguas residuales de diversa tipología. En la actualidad existen referencias tanto municipales como industriales de diferente procedencia: industria agroalimentaria, química, farmacéutica, minera, etc. Los reactores MBBR pueden trabajar en condiciones aerobias, anóxicas y anaerobias, lo que permite diseñar plantas flexibles con el fin de eliminar los compuestos químicos que se requieran en cada caso, tales como compuestos orgánicos, nitrogenados y fósforo. Además, su aplicabilidad en tratamientos de eliminación de compuestos inusuales también está corroborada, por ejemplo, la eliminación de Selenio (Dale *et al.*, 2015).

Durante estos años AnoxKaldnes ha desarrollado una amplia variedad de soportes (K1, K3, BiofilmChip P, etc.) para su empleo en las distintas configuraciones y tipos de aguas residuales. Estos soportes difieren entre sí por tener diferente forma, tamaño, densidad y superficie específica, aunque todas ellas están hechas de polietileno de alta densidad. Veolia Water Technologies, en su continua estrategia de investigación e innovación, lanza al mercado en el año 2014 una nueva generación de soportes AnoxKaldnes™ Z-MBBR™ especialmente desarrollados para su tecnología de lecho móvil para dar respuesta a las problemáticas que sus clientes le plantean y favorecer la implantación de esta tecnología en un mayor rango de aplicaciones.

2. Nueva generación de soportes: AnoxKaldnes™ Z-MBBR™

Z-MBBR™ es una nueva generación de MBBR mediante el cual, por vez primera, el proceso de biopelícula se puede operar de tal forma que el grosor de la biopelícula es ajustado a un valor constante y predeterminado. El diseño único de los soporte Z-MBBR™, en 3D y con una altura delimitada, permite desarrollar las condiciones ambientales deseadas en la biopelícula y favorecer la selección de bacterias que se requiera en cada aplicación. Además, elimina las variaciones de operación asociadas al cambio de grosor de biopelícula y las limitaciones que puedan ocurrir debido a la obturación de los huecos del soporte que suelen ocurrir en algunos casos aislados cuando existen picos de carga orgánica.

En la Figura 1 (a) y Figura 1 (b) se pueden observar las diferencias entre los soportes tipo K5 y los nuevos soportes Z-MBBR™ y se intuye el tipo de desarrollo de biopelícula en los dos tipos de carrier.

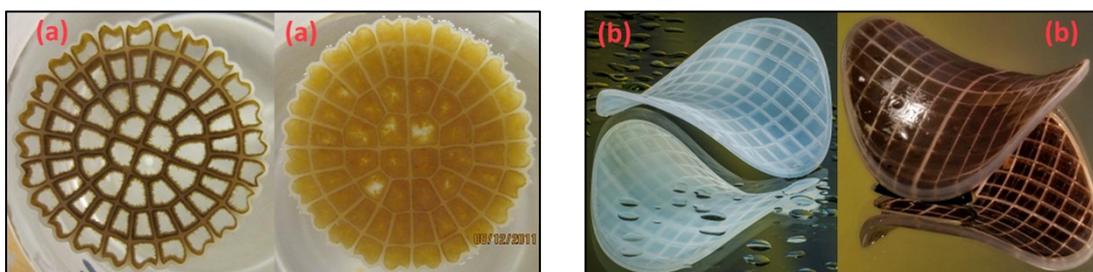


Figura 1. (a) Desarrollo de biopelícula en soportes tipo K5 y (b) en soportes AnoxKaldnes™ Z-MBBR™ de Veolia Water Technologies.

Los soportes Z-MBBR™ se producen de tal forma que en toda el área superficial pueda desarrollarse el crecimiento de biopelícula, dentro de los compartimentos de la parte externa del soporte (Figura 1 (b)). Estos compartimentos se generan mediante los denominados *ejes de protección* en forma de cruz con una altura delimitada. La biopelícula crece hacia el exterior de los compartimentos y lo que sobresale es eliminado a través de la acción de la erosión debido a la colisión entre soportes, que están en continuo movimiento dentro del reactor. Durante la fabricación de los soportes se elige la altura de los compartimentos en función de la altura de biopelícula deseada según su aplicación; por ejemplo, el modelo Z-400 tiene un grosor de 400 μm (Figura 2) mientras que el modelo Z-200 un grosor de 200 μm . Su forma de silla de montar aumenta la fricción entre los soportes, asegurando la erosión de la biopelícula que sobresale de los ejes de protección.

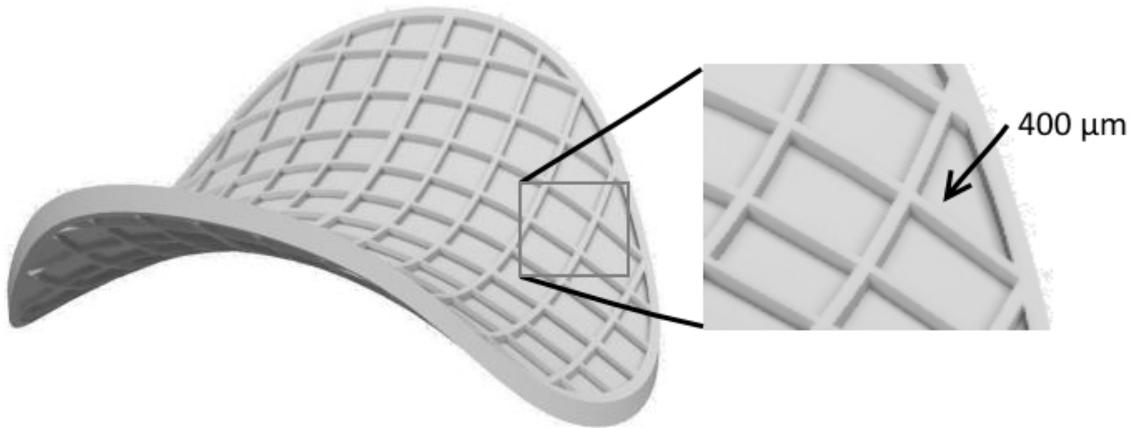


Figura 2. Detalle del modelo de soporte Z-400 de la gama AnoxKaldnes™ Z-MBBR™ de Veolia Water Technologies, con una altura de ejes de 400 μm.

Tradicionalmente, los esfuerzos se han centrado en desarrollar soportes con elevada área superficial para maximizar el crecimiento de biopelícula y reducir así el volumen de reactores a emplear. La nueva generación de soportes Z-MBBR™ parte de la idea de controlar el grosor de biopelícula de tal forma que se puedan seleccionar aquellas bacterias que interesan para el proceso y eliminar las que no interesan. Mediante el control del grosor de biopelícula se puede alcanzar un mejor control de la microbiología presente, lo que implica la ampliación del rango de aplicaciones de la tecnología MBBR.

Durante los últimos años Veolia Water Technologies ha desarrollado varios prototipos de soporte Z-MBBR™ con diferentes alturas de ejes de protección y ha estudiado su efecto en la microbiología que se genera en la biopelícula. Estos estudios han permitido la identificación de varios campos de aplicación interesantes. Se han llevado a cabo sendos estudios de investigación para evaluar el efecto de la altura de compartimentos y sus posibles aplicaciones.

3. Marcos de aplicación de AnoxKaldnes™ Z-MBBR™

Los soportes Z-MBBR™ pueden ser diseñados de forma personalizada de acuerdo a las necesidades específicas de la aplicación y, por lo tanto, abre considerablemente el espectro de aplicaciones donde la tecnología AnoxKaldnes™ puede ser implantada de forma competitiva. Entre otras, se ha confirmado su aplicación efectiva en el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de calcio y en procesos de eliminación de nitrógeno mediante nitrificación parcial.

a) Tratamiento de aguas residuales con alto contenido de calcio

La precipitación de sales de calcio puede causar problemas en los procesos MBBR al tratar aguas residuales con alto contenido de calcio, tales como los efluentes mineros o aguas de la industria papelera. Los efectos negativos más importantes derivados de la precipitación de sales de calcio son:

- (1) Parte del área superficial en el que se desarrolla la biopelícula es ocupada por dichas sales y, por lo tanto, se reduce el área superficial efectiva y la biomasa activa. Existe el riesgo de disminución de la eficiencia de eliminación biológica.
- (2) Los soportes plásticos aumentan de peso hasta alcanzar densidades significativamente mayores a la del agua y no pueden ser mantenidos en suspensión por el sistema de aireación y/o agitadores. Los soportes descienden y se acumulan en el fondo del reactor en claro detrimento del funcionamiento de los reactores MBBR.

Aunque el primer efecto negativo se puede solventar en parte con la adición de más soporte plástico, el segundo efecto tiene una repercusión sustancial y no remediable.

Veolia Water Technologies ha corroborado que la nueva generación de soportes Z-MBBR™ puede impedir de manera efectiva el problema de acumulación de precipitados de calcio en el soporte, evitando así el aumento de peso de los soportes y su acumulación en el fondo del reactor ((Piculell *et al.*, 2015b). Tanto los cálculos teóricos como los resultados experimentales de los estudios llevados a cabo por la compañía han demostrado que los nuevos soportes Z-MBBR™ pueden tolerar grandes cantidades de precipitados de calcio sin que se produzca una acumulación sustancial de las sales en el soporte. Al contrario que en los soportes tradicionales, los Z-MBBR™ tienen la capacidad de controlar el grosor de la biopelícula y permite que la cantidad de sales de calcio que se incorpora en la biopelícula sea considerablemente menor a la que se acumula, por ejemplo, en los soportes K3 de AnoxKaldnes. Con todo, el nuevo diseño de los soportes Z-MBBR™ ofrece la posibilidad de tratar mediante los procesos de lecho móvil aguas residuales con altas concentraciones de calcio sin el riesgo de los efectos negativos asociados a los precipitados.

b) Nitritación parcial para configuración de doble etapa para eliminación de nitrógeno en corriente primaria de EDAR

El consumo de energía contribuye de manera significativa a los costes operacionales de toda EDAR por lo que su minimización resulta prioritaria.

Con el objetivo de conseguir depuradoras energéticamente autosuficientes, en los últimos años se han popularizado los tratamientos que mejoran la recuperación de la energía mediante procesos de producción de biogás, así como los tratamientos que incluyen la nitrificación parcial seguida de procesos anammox (NPA), tanto en corrientes secundarias (Lemaire *et al.*, 2011) como también en las corrientes primarias de aguas residuales (De Clippeleir *et al.*, 2013). En comparación con los procesos tradicionales de nitrificación/desnitrificación, los procesos de eliminación autótrofa de N tipo anammox ofrecen claras ventajas: (1) se reduce la demanda de oxígeno en un 60%; (2) no es necesario añadir una fuente externa de C y, (3) la producción de fangos es significativamente menor.

Aunque este concepto resulta prometedor, pocos han conseguido alcanzar un proceso NPA estable tratando efluentes primarios, es decir, efluentes con temperatura ambiente (<20°C) y concentraciones influentes de N bajos (< 100 mg NH₄-N/l) (Gilbert *et al.*, 2014; Lemaire *et al.*, 2014). Uno de los principales retos a los que se enfrentan los tratamientos de este tipo de efluentes es conseguir una nitrificación parcial estable sin que haya una acumulación de bacterias nitratoxidantes (NOB). Las bacterias NOB compiten directamente con las bacterias responsables de los proceso NPA: bacterias amonioxidantes (AOB) y las bacterias anammox, especialmente en procesos de baja temperatura.

Veolia Water Technologies ha demostrado que se puede alcanzar un proceso estable de nitrificación parcial y anammox mediante la configuración MBBR en doble etapa para tratar efluentes primarios con baja temperatura (15°C) y baja concentración de amonio mediante el empleo de un primer reactor con soporte Z-MBBR™ que permite trabajar con grosores de biopelícula muy finos (Piculell *et al.*, 2015a). Los resultados experimentales obtenidos muestran claramente que al trabajar con grosores finos de biopelícula se consigue favorecer el crecimiento de bacterias AOB y limpiar de bacterias NOB la biopelícula. De esta forma, la primera etapa MBBR que incluye el control de altura de biopelícula gracias al soporte Z asegura una nitrificación parcial adecuada.

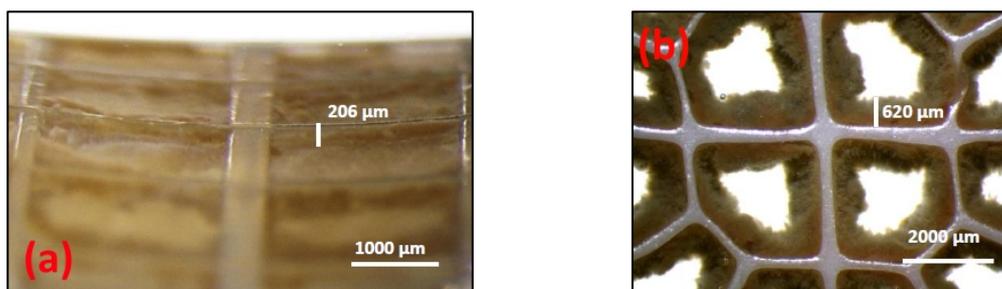


Figura 3. (a) Fotografía de la biopelícula desarrollada en el soporte Z-200 de la gama AnoxKaldnes™ Z-MBBR™ en el reactor de nitrificación parcial y (b) Fotografía de parte de un soporte K5 en el reactor de anammox.

4. Conclusiones

El desarrollo y la aplicación de la nueva generación de soportes AnoxKaldnes™ Z MBBR™ permite ampliar considerablemente los campos de aplicación de la tecnología de lecho móvil al presentar la ventaja de poder controlar la altura de biopelícula dentro de cada reactor. Los ejes de protección incluidos en el soporte compartimentan su superficie y su forma particular de silla de montar mejora la fricción entre soportes y la erosión de la biopelícula que sobresale de los compartimentos. El control del grosor mejora la selección de microorganismos presentes en la biopelícula y permite desarrollar sistemas más flexibles y hechos a medida para poder dar respuesta tanto a las necesidades de las EDAR municipales como industriales que hasta la fecha no podían albergar esta tecnología.

Referencias

Dale, C.; Laliberte, M.; Oliphant, D. y Ekenberg, M. Wastewater treatment using MBBR in cold climates. En: *Conference Proceedings of Mine Water Solutions in Extreme Environments*. 12-15 de abril, 2015, Vancouver, Canadá.

De Clippeleir, H.; Vlaeminck, S. E.; De Vilde, F.; Daeninck, K.; Mosquera, M.; Boeckx, P.; Verstraete, E. y Boon, N. (2013). One-stage partial nitrification/anammox. *Water Environmental Research*. **86**, pp. 204-209.

Gilbert, E.M.; Agrawal, S.; Karst, S.M.; Horn, H.; Nielsen, P.H.; Lackner, S (2014). Low Temperature Partial Nitrification/Anammox in a Moving Bed Biofilm Reactor Treating Low Strength Wastewater. *Environmental Science Technology*. **48**, pp. 8784-8792.

Lemaire, R.; Liviano, I.; Ekström, S.; Roselius, C.; Chauzy, J.; Thornberg, D.; Thirsing, C. y Deleris, S. (2011). 1-stage Deammonification MBBR process for reject water sidestream treatment: investigation of start-up strategy and carriers design. En: *Conference Proceedings WEF Nutrient Recovery and Management*. 9-12 de Julio, 1.321-1.332, Miami, EEUU.

Lemaire, R.; Zhao, H.; Thomson C.; Christensson, M. y Piveteau, S. (2014). Mainstream Deammonification with ANITA™ Mox Process. En: *Conference Proceedings of WEFTEC*. 27 de septiembre - 1 de octubre, 2014, New Orleans, USA.

Ødegaard, H. (2006). Innovations in wastewater treatment: The moving bed biofilm process. *Water Science and Technology*. **53** (9), pp. 17-33.

Piculell, M.; Welander, P.; Jönsson, K.; Welander, T. (2015a). Evaluating the Effect of Biofilm Thickness on Nitrification in Moving Bed Biofilm Reactors. Aceptado en *Environmental Technology*.

Piculell, M.; Lidén, S.; Henningsson, G.; Wessman, F.; Thomson, C.; Welander, T. and Ekenberg, M. (2015b). Minimizing Clogging and Scaling Issues in the Moving Bed Biofilm Reactor Using Biofilm Control. En: *Conference Proceedings of WEFTEC*. 26-30 de septiembre, 2015, Chicago, USA