

UNA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA. LOS BIORREACTORES DE MEMBRANAS

L. M. Vera Cabezas
Universidad Central de Las Villas

La demanda de agua aumenta constantemente debido, fundamentalmente, al desarrollo industrial y al aumento de la densidad de población en zonas concretas y, como consecuencia, la cantidad de agua residual que se vierte. Este incremento en la demanda y el volumen de agua contaminada y su impacto sobre el medio, está haciendo que la presión sobre los niveles de contaminación sea más exigente, y la calidad requerida se acerque a los requerimientos de reutilización. Los reactores biológicos de membrana suponen un adelanto a los sistemas tradicionales, incorporando en una única etapa las operaciones de aireación, decantación secundaria y filtración. El aumento de la demanda de agua ha impulsado la implantación de estos sistemas a escala real, especialmente en aquellos casos en que se plantea la posibilidad de reutilización de agua. Este trabajo tiene como objetivo mostrar las ventajas y desventajas de estos sistemas frente a los sistemas tradicionales.

Palabras clave: reutilización, biorreactores de membranas, tratamiento de agua.

The ever increasing water demand, mainly due to industrial development and increasing population density in specific areas and, therefore, the amount of wastewater that is discharged. This increase in demand and volume of contaminated water and its impact on the environment, is causing pressure on the levels of pollution is more demanding and quality required to approach the requirements for reuse. Membrane biological reactors represent a breakthrough in traditional systems, incorporating in a single stage operations aeration, secondary sedimentation and filtration. The increase in water demand has promoted the implementation of these systems to scale, especially in cases which raises the possibility of reuse of water. This paper aims to show the advantages and disadvantages of these systems from traditional systems.

Keywords: reuse, membrane bioreactors, water treatment.

Introducción

En las últimas décadas, el interés por el aprovechamiento de las aguas residuales urbanas que han recibido tratamientos avanzados de depuración, ha ido en aumento. La convicción de que estas aguas deben ser aprovechadas y no desperdiciadas, junto con la escasez creciente del preciado líquido y los problemas de protección medioambiental, crean un entorno realista para considerar la reutilización de las aguas residuales en muchas áreas del mundo que se enfrentan a la escasez de la misma.

Entre los diversos destinos que pueden darse a las aguas reutilizadas, mediante actuaciones debidamente planificadas, destacan las aplicaciones a riego agrícola o de jardines, el abastecimiento para servicios higiénicos mediante sistemas dobles de distribución, el uso con fines

estéticos o medioambientales y el uso para fines industriales.

La reutilización del agua es un elemento del desarrollo y la gestión de los recursos hídricos que proporciona opciones innovadoras y alternativas para la agricultura, el abastecimiento municipal y la industria. La reutilización del agua requiere un estudio profundo de planificación de la infraestructura y de los recursos, el emplazamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales, la fiabilidad del tratamiento, el análisis económico y financiero, y una gestión del uso del agua que suponga una integración del agua recuperada con otro tipo de agua no recuperada.

Hoy día, existen tratamientos técnicamente probados o procesos de purificación capaces de suministrar agua de casi cualquier calidad que se desee. Así, la reutilización de las aguas residuales tiene su propio lugar, y desempeña un papel

importante a la hora de hacer una óptima planificación y una gestión y un uso más eficientes de los recursos hídricos en muchas áreas del mundo.

Los biorreactores de membrana se pueden definir como la combinación de dos procesos básicos –degradación biológica y separación por membrana– en un proceso único en el que los sólidos en suspensión y microorganismos responsables de biodegradación son separados del agua tratada, mediante una unidad de filtración por membrana. Las diversas ventajas de los biorreactores de membranas respecto a las técnicas tradicionales hacen que la misma sea la tecnología del futuro en el tema de reutilización.

Fundamentación teórica

La problemática actual de la escasez de agua hace que se busquen nuevas alternativas de tratamiento de agua para su reutilización, es el

caso de la utilización de los biorreactores de membranas, ya que poseen un sinnúmero de ventajas frente a las técnicas tradicionales como son: alto rendimiento de depuración con una mínima producción de lodos; alta flexibilidad debido a las grandes oscilaciones en la naturaleza de las aguas residuales y la menor necesidad de espacio posible son actualmente los requisitos básicos que se plantean para este sistema de depuración de aguas residuales más moderno.

Así pues, los biorreactores de membranas son una modificación de los procesos convencionales de tratamiento biológico donde tiene lugar el reemplazo de los depósitos de sedimentación secundaria por unidades de membranas.

Como puede observarse en la figura 1, el proceso de membrana tiene la ventaja de permitir una mayor concentración de biomasa en el reactor y puede eliminar la necesidad de un proceso de desinfección separado o tratamiento terciario.

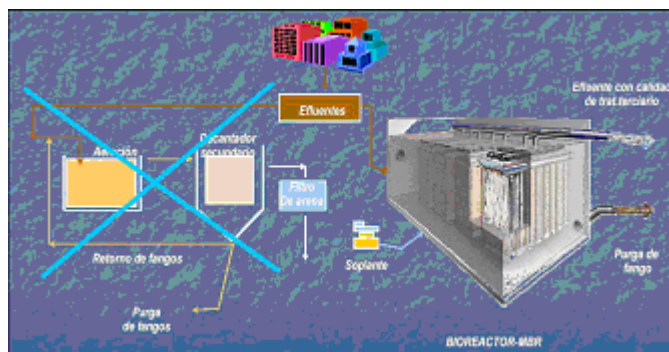


Fig. 1 Biorreactor de membrana frente al proceso de fangos activados.

Métodos utilizados y condiciones experimentales

Se realiza una comparación entre un proceso de fangos activados y un proceso con MBR a escala de laboratorio, en cuanto a la calidad del efluente de un agua residual urbana. En la figura 2 se muestra la unidad experimental del biorreactor de membrana.

Condiciones de operación. Unidad experimental

Características de la membrana

- ♣ Membrana Zenon polimérica
- ♣ Tamaño de poro: 0,035 mm
- ♣ Superficie de filtración: 0,093 m²
- ♣ Cada ciclo de filtración finaliza cuando la presión transmembrana llega a 42,6 kPa
- ♣ Retrolavado de 0,5 min.



Fig. 2 Unidad experimental.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se recogen los valores de los análisis realizados al agua residual urbana, tanto en el influente como el efluente con tratamientos convencionales y los MBR.

Tabla 1. Comparación de la calidad del efluente entre un proceso convencional de fangos activados y un MBR

| Parámetro | Influente | Fangos | BMR |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | activados | sumergido |
| | | Efluente | Efluente |
| DQO (mg/L) | 650 | 83 | 16 |
| Pt (mg/L) | 18,0 | 8,3 | 1,95 |
| PO_4^{-2} (mg/L) | 12,3 | 9,0 | 2,1 |
| SS (mg/L) | 120 | 53 | 0 |
| Turbidez | 36 | 16 | 0,24 |
| NTK (mg/L) | 55,1 | 14,7 | 2,6 |
| $N-NH_4^+$ | 37 | 22 | 1,06 |

Puede observarse que la eficiencia obtenida del tratamiento convencional de fangos activados es menor debido probablemente a las limitaciones de separación de los sólidos en suspensión en el decantador secundario. El mayor problema del sistema de fangos activos

convencional es la correcta sedimentación del fango y el contenido de sólidos en suspensión que afecta a la calidad del efluente. En cambio en un BRM la calidad del agua permeada no depende de la decantación del fango.

Este factor es especialmente importante en la depuración de efluentes industriales, donde es muy común la aparición de microorganismos filamentosos o la desnitrificación en el decantador secundario. El agua atraviesa las membranas de micro o ultra filtración, donde quedan retenidos los sólidos suspendidos, coloides y microorganismos. La ausencia de estas partículas en el efluente aumenta la calidad del agua tratada, al mismo tiempo que posibilita su reutilización directamente o después de un proceso de O.I.

En los BRM, la edad del fango es independiente del tiempo de retención hidráulico. Es posible mantener una edad del fango muy elevada que favorece, entre otras cosas, el desarrollo de microorganismos de crecimiento lento como los nitrificantes. De este modo, aumenta la eliminación de productos lentamente biodegradables, lo que es una gran ventaja en efluentes industriales.

Aparte de la calidad del efluente otra de las diferencias principales, que viene dada por la sustitución del clarificador secundario por módulos de membranas entre una planta de tratamiento de fangos activados y una planta con BRM, es la superficie que ocupa la planta de tratamiento.

El volumen de un BRM suele ser de 2 y 5 veces inferior al del sistema convencional, manteniendo la misma carga másica de trabajo. Se consigue, de esta manera, una carga volumétrica superior. Además, el MBR ahorra el espacio que supone el decantador. Tampoco es necesario un sistema terciario para llegar a la misma calidad del efluente.

La configuración del sistema MBR, permite que pueda cubrirse evitando la dispersión de malos olores. La filtración a través de la membrana permite una reducción en la presencia de bacterias y virus sin la utilización de reactivos químicos. Este factor es de gran importancia para la reutilización. La membrana actúa como una barrera para los microorganismos.

Reducciones en bacterias y virus entre 4 y 8 logaritmos han sido descritas por diferentes autores (Kolega *et al.*, 1991; Chiemchaisri *et al.*, 1992; Gander *et al.*; Jefferson *et al.*, 1994).

El descenso de los virus se atribuye al hecho de que se encuentran adheridos a los sólidos en suspensión que no atraviesan la membrana; esta misma hipótesis se confirma en la eliminación de trazas de VOC.

A pesar de las ventajas de los BRM sobre los sistemas convencionales, también presentan algunas limitaciones que actualmente impiden su mayor difusión:

1. Los niveles de calidad exigidos en los vertidos, generalmente pueden alcanzarse con sistemas convencionales, seguidos de un sistemas terciario.
2. Necesidad de limpiezas de las membranas con reactivos químicos.
3. Mayor coste de instalación respecto a la opción clásica.
4. Coste de sustitución de la membrana al agotarse su vida útil.

Conclusiones

1. El tratamiento de las aguas residuales generadas por la actividad humana ha pasado a ser una práctica indispensable en el ciclo de uso del agua. Si bien, la tendencia debería ser la de evitar la contaminación del agua, y no la de contaminarla y luego tratarla; por esta razón, actualmente están realizándose estudios sobre nuevos tratamientos biológicos.

2. Desde el punto de vista medioambiental, se prefieren los BRM, ya que se consigue una calidad del agua mayor, ocupando aproximadamente la mitad de superficie.

3. Futuros desarrollos de membranas que permitan largos tiempos de operación sin necesidad de limpieza de las membranas, y reducción en cuanto al consumo de energía, conducirán a los biorreactores de membrana a un rápido desarrollo para el tratamiento de aguas residuales. Se esperan, por lo tanto, investigaciones continuas que redunden en economías más favorables.

4. Finalmente, cabe destacar que el tratamiento de agua mediante biorreactores de membrana permite satisfacer la calidad actual del agua alrededor de todo el mundo y podrá satisfacer futuras calidades más exigentes. Este factor, unido a la optimización del proceso y a la reducción del costo derivado de las membranas, debería garantizar el futuro del proceso de los MBR. Así pues, las investigaciones deben continuar en la línea de optimizar la relación entre el proceso biológico y el proceso de membranas.

Bibliografía

1. Ghyoot, W., and Verstraete, W. (2000) Reduced sludge production in two stage membrane assisted bioreactor. *Wat. Res.* 34. 205-215.
2. Rosenberger, S., U. Kruger, R. Witzig, W. Manz, U. Szewzyk and M. Kraume. (2002) Performance of a bioreactor with submerged membranes for aerobic treatment of municipal waste water. *Water Research* 36(2): 413-420.
3. Visvanathan, C., R. Ben Aim and K. Parameshwaran. (2000) Membrane separation bioreactors for wastewater treatment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 30 (1): 1-48.
4. STEPHENSON et al. *Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment*. IWA Publishing, 2000.
5. STEPHENSON, T [*et al.*] (2000) *Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment*. Iwa Publishing.
6. Rautenbach, R., Melin, T., Dohmann, M., 2000, *Membrantechnik 3 in der öffentlichen Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung-Begleitbuch zur 3. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik*.