



# Aportes de la tecnología anaerobia al tratamiento de efluentes industriales en el Uruguay

Iván López <sup>a</sup>, Mauricio Passeggi <sup>b</sup>, Liliana Borzacconi <sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Facultad de Ingeniería - UDELAR, Uruuguay,ivanl@fing.edu.uy.*

<sup>b</sup> *Facultad de Ingeniería - UDELAR, Uruuguay,passeggi@fing.edu.uy*

<sup>c</sup> *Facultad de Ingeniería - UDELAR, Uruuguay,lilianab@fing.edu.uy.*

**RESUMEN:** Se presenta un resumen con varios ejemplos de implementación a escala real de reactores anaerobios para el tratamiento de efluentes industriales, mostrando la capacidad de la tecnología para insertarse en un esquema de tratamiento sostenible, con escasa producción de lodos y generación de biogás.

**PALABRAS CLAVE:** anaerobio, reactor, efluente, biogás

## 1 INTRODUCCIÓN

La anaerobiosis es tan vieja como el mundo. De hecho, antes de tener la actual atmósfera oxigenada la vida era anaerobia. El advenimiento de esta nueva atmósfera retrotrajo a los organismos anaerobios a “nichos” donde pudiesen evitar la presencia de oxígeno. No obstante, desde hace más de cien años el hombre comenzó a percatarse de la utilidad de estos microorganismos para el tratamiento de residuos orgánicos (McCarty, 2001). Los primeros sistemas de tratamiento anaerobio a gran escala comienzan con configuraciones similares al tanque séptico hacia finales del siglo XIX, continuando a comienzos del siglo XX con reactores híbridos que agregaban un filtro anaerobio. De esta época es también el diseño introducido por Karl Imhoff en donde el tanque actúa como digestor y sedimentador, diseño que se popularizara mundialmente.

Sin embargo, el énfasis del desarrollo tecnológico en la materia en la mitad del siglo XX se da en la tecnología aerobia, especialmente los sistemas de lodos activados, relegando a la tecnología anaerobia a los procesos de digestión de lodos. Recién hacia fines de los '60 comienzan a aparecer en EEUU estudios importantes sobre tratamiento de efluentes utilizando filtros anaerobios (Young y McCarty, 1969). Poco más de una década después en Holanda el grupo del Prof. Lettinga revolucionaría la tecnología de tratamiento con su concepto de reactor de alta tasa (reactor de manta de lodos de flujo ascendente, UASB) (Lettinga *et al.*, 1980), y a partir de allí la tecnología se expandiría rápidamente en el mundo.

Hoy podemos decir que la tecnología anaerobia está relativamente consolidada, aunque todavía existe un inmenso campo de investigación y desarrollo (van Lier *et al.*, 2001). Se ha superado en buena medida la falsa dicotomía aerobio *vs.* anaerobio y comienzan a estudiarse los problemas con un enfoque global, buscando las mejores tecnologías disponibles para cada problema y para cada realidad, haciendo hincapié en conceptos de desarrollo sostenible.

A continuación se presentan ejemplos de reactores anaerobios a escala real implementados en el Uruguay,

## 2 EJEMPLOS DE REACTORES ANAEROBIOS

### 2.1 Efluente de maltería.

Partiendo de un estudio de prefactibilidad técnico-económica y de una experiencia previa a escala piloto con un reactor de 3 m<sup>3</sup> se llevó a cabo la transformación de un viejo tanque Imhoff en un reactor UASB de 250 m<sup>3</sup> (López *et al.*, 2004). Del viejo tanque Imhoff se conservó la carcasa exterior y el anillo perimetral de salida, demoliéndose la estructura interior. En su lugar se construyó una estructura de hierro que incluye la campana de captación de gas, el separador de fases y el sistema de alimentación.

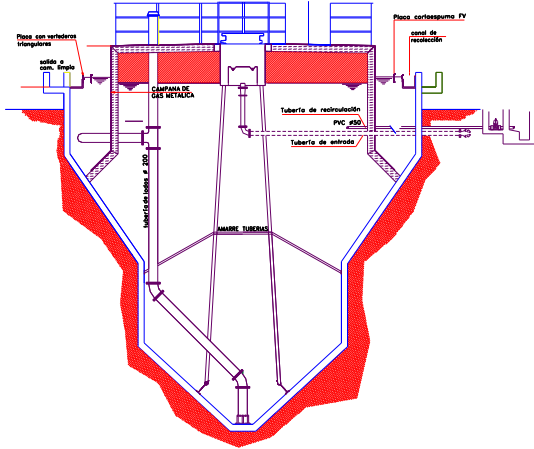


Fig. 1 Corte transversal del reactor y fotografía del

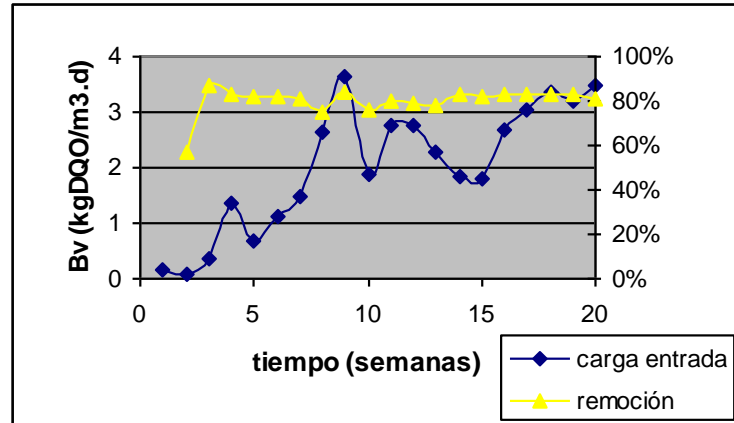


Fig. 2 Carga volumétrica y remoción de DQO

### 2.1 Efluente de industria láctea

Los efluentes de la industria se caracterizan por su alto contenido graso. Esto dificulta la aplicación de las tecnologías tradicionales dado que el material graso rodea los gránulos de microorganismos dificultando la transferencia de masa y favoreciendo su flotación. Por lo tanto fue necesario buscar una solución alternativa y se convirtió el problema de la flotación de los gránulos en una solución: los gránulos flotados son extraídos periódicamente, enviados a un pequeño digestor de lodos y después retornados al reactor. Adicionalmente, para evitar el escape de lodos durante el arranque se añadió un sedimentador laminar a la salida del reactor.

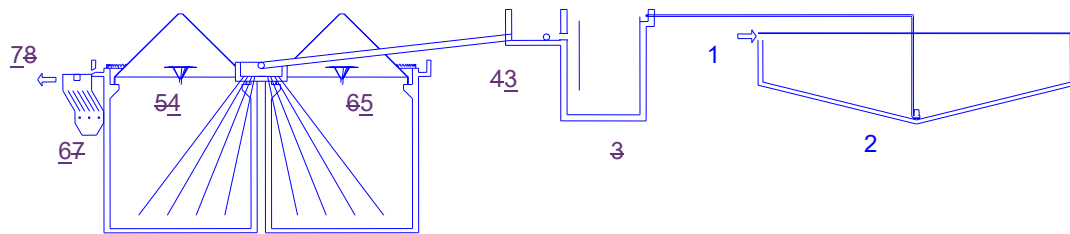


Fig.3 Esquema de la planta



Fig.4 Exterior de los reactores enterrados para industria láctea

Posteriormente se evaluó la tecnología en un reactor de 100 m<sup>3</sup> construido en fibra de vidrio.



Fig.5 Montaje del reactor de 100 m<sup>3</sup> para tratamiento de efluente de industria láctea.

## 2.1 *Vinaza de destilería*

La vinaza de destilería es un líquido con una muy alta carga orgánica que se produce en una relación de unos 13 L por litro de bioetanol producido. Por su alta concentración de materia orgánica (puede llegar a más de 60 gDQO/L) y potasio (de 3 a 5 g/L), así como de compuestos fenólicos, es necesario evaluar estrictamente las condiciones de funcionamiento. Se realizaron estudios previos a escala de banco y posteriormente se instaló un reactor de 100 m<sup>3</sup> en la planta de ALUR Bella Unión, para evaluar el funcionamiento en condiciones reales.



Fig. 6 Reactor de 100 m<sup>3</sup> para tratamiento de vinaza de destilería.

## 3 CONCLUSIONES GENERALES

La tecnología anaerobia es una tecnología consolidada que se integra en los sistemas de tratamiento de aguas residuales removiendo materia orgánica de forma compacta, generando poca cantidad de lodo estabilizado y valorizando el agua residual desde el punto de vista energético con la producción de biogás.

## 4 REFERENCIAS



López, I., Borzacconi, L., Passeggi, M. (2017) Anaerobic treatment of sugar cane vinasse: treatability and real-scale operation, *J. of Chemical Technology and Biotechnology*, (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jctb.5493.

López, I., Borzacconi, L. (2017) Anaerobic Digestion for Agro-industrial Wastes: a Latin American perspective. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, **4** (8), 71-76. López, I., (2016) The potential of biogas production in Uruguay, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **54**, 1580-1591.

1. Passeggi, M., López, I., Borzacconi, L. (2012) Modified UASB reactor for dairy industry wastewater: performance indicators and comparison with the traditional approach. *Journal of Cleaner Production*, **26**, 90 – 94.
2. López, I., Borzacconi, L. (2011) Modeling of an EGSB treating sugarcane vinasse using first order variable kinetics. *Water Science and Technology*, **64** (10), 2080-2088.
3. Passeggi, M., López, I., Borzacconi, L. (2011) Nuevo concepto de reactor anaerobio para el tratamiento de efluente lácteo, *Ingeniería Química*, **40**, 3 – 9.
4. López, I., Borzacconi, L. (2009) Modelling a full scale UASB reactor using a COD global balance approach and state observers, *Chemical Engineering Journal*, **146**, p 1-5.
5. Passeggi, M., López, I., Borzacconi, L. (2009) Integrated anaerobic treatment of dairy industrial wastewater and sludge, *Water Science and Technology*, **59** (3), p 501-506.
6. López, I., Passeggi, M., Boix, C., Barcia, R., Borzacconi, L., Lieberman, L. (2007) Generación de lodos y evolución de la biomasa de un reactor UASB a escala real tratando efluente de maltería, *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, **1** (2), p.1-6.
7. Borzacconi, L., López, I., Passeggi, M. (2006) Start up and steady state results of a full scale UASB reactor treating malting wastewater, *Wat. Sci. & Tech.*, **54** (2), pp. 261-268.
8. López, I., Passeggi, M., Boix, C., Barcia, R., Borzacconi, L., Lieberman, L. (2005) Arranque de un reactor UASB a escala real para efluente de maltería, *Ingeniería Química*, nº 28, diciembre, pp 48-52.
9. Borzacconi, L., López, I., Passeggi, M. (2005) Full scale start up of an uasb in two-month using lagoon sludge as inoculum and steady state results, Proceedings del VIII Taller y Simposio Latinoamericano de Digestión Anaerobia, 2 al 5 de octubre, Punta del Este, Uruguay.
10. Martínez, J., López, I., Giani, L., Borzacconi, L. (2001). Blanket development in a malting wastewater anaerobic treatment. *Water Science and Technology*, **44**, (4) 57-62..
11. Borzacconi, L., López, I., Arcia, E., Cardelino, L., Castagna, A., Viñas, M., (1996). Comparación de tratamientos aerobios y anaerobios aplicados a lixiviado de Relleno Sanitario, en Memorias del XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México.
12. Borzacconi, L., López, I., Arcia, E., Cardelino, L., Castagna, A., Viñas, M., (1996). Modelo de flujo y expresión cinética de un sistema de biodiscos, en Memorias del XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México.
13. Borzacconi, L., López, I., Anido, C., (1996). Metodología para la estimación de la producción y concentración de lixiviado de un relleno sanitario, en Memorias del XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México.
14. Borzacconi, L., López, I., Viñas, M. (1995). Application of Anaerobic Digestion to the Treatment of Agroindustrial Effluents, *Water Science and Technology*, **32** (12), 105-111.