

MEJORAMIENTO DE REACTORES DE LECHO FIJO PARA OBTENCION DE ENERGIA A PARTIR DE RESIDUOS LIQUIDOS INDUSTRIALES

P. R. Córdoba* , A. P. Francese* y F. Siñeriz*

RESUMEN

Bioreactores de alta eficiencia posibilitan la depuración de efluentes industriales líquidos y la generación simultánea de energía como gas combustible. El proceso de Digestión Anaeróbica se realiza en dos modelos clásicos, el Filtro Anaeróbico y el Digestor de Lecho de Lodos, diseñados para retener una gran concentración de microorganismos en su interior y así tratar una corriente ascendente de líquido para convertirla parcialmente en biogás.

Si se combinan estas dos configuraciones se puede aumentar el grado de bioconversión. Esto se logró modificando un filtro anaeróbico de 2,5 l mediante la transformación de su cámara de distribución, en un reactor de lecho de lodos, por agregado de material biológico de siembra.

Se compara el comportamiento de este Reactor Híbrido, con un Filtro Anaeróbico relleno con espuma poliuretánica no reticulada, operados en idénticas condiciones, calefaccionados a 30 °C y con velocidades de carga orgánica entre 1 y 8 g DQO/l.d. Se observan mejoras de la eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno cuando se opera el reactor híbrido. Asimismo la generación de biogás se ve duplicada al trabajar con el reactor combinado, a la mayor velocidad de carga ensayada.

INTRODUCCION

Importantes avances en el conocimiento han permitido el desarrollo de bioreactores de alta eficiencia aplicados a la depuración de efluentes industriales y a la generación simultánea de energía como beneficio del tratamiento. Este proceso de digestión anaeróbica con producción de biogás es llevado a cabo en reactores diseñados para retener la flora bacteriana, asegurando una alta concentración de microorganismos en el digestor. Numerosos estudios se han realizado sobre dos tipos de reactores de flujo ascendente, el de lecho de lodos y el filtro anaeróbico [1]. En el primero [2] la retención de la biomasa se basa en el establecimiento de una microflora capaz de formar gránulos que puedan sedimentar y permanecer en el interior del sistema. En el filtro, en cambio, se procura el crecimiento de los microorganismos sobre la superficie de un material inerte con elevada relación superficie/volumen.

Aunque varios de los reactores aseguran, por su configuración, un metabolismo anaeróbico en su interior, la mayoría presenta aún algunas

* : PROIMI, Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos.
Belgrano y Caseros. 4000 S. M. Tucumán.

falencias. Si bien el reactor de lecho de lodos puede presentar menos zonas muertas que el filtro anaeróbico, necesita largos períodos para su puesta en marcha y la formación de barro granular sedimentable. Por otro lado, el filtro requiere bastante tiempo para el desarrollo de una alta concentración de microorganismos sobre y entre las partes del relleno inerte.

De modo que en estos reactores hay pérdidas de eficiencia por mal mezclado, los espacios muertos afectan el rendimiento del digestor y el volumen activo no es aprovechado totalmente. Combinar las características de ambos, una buena retención de biomasa y estabilidad global del proceso, permitirá lograr mayores velocidades de conversión [3].

En este estudio se analiza el comportamiento de un filtro anaeróbico de flujo ascendente de 2,5 l de volumen de trabajo, relleno con espuma poliuretánica no reticulada, sembrado con lodos cloacales. El mismo está destinado a la depuración de líquidos residuales de lactoindustrias, calefaccionado a 30 °C, con una carga orgánica entre 1 y 8 g DQO/l.d en la alimentación.

Se comparan los parámetros de los estados operativos ensayados, cuando se modifica la estructura del filtro, utilizando el compartimiento existente de la cámara de distribución, como un reactor de lecho de lodos. Este reactor híbrido resultante, operó en idénticas condiciones de carga que el filtro anaeróbico.

MATERIALES Y METODOS

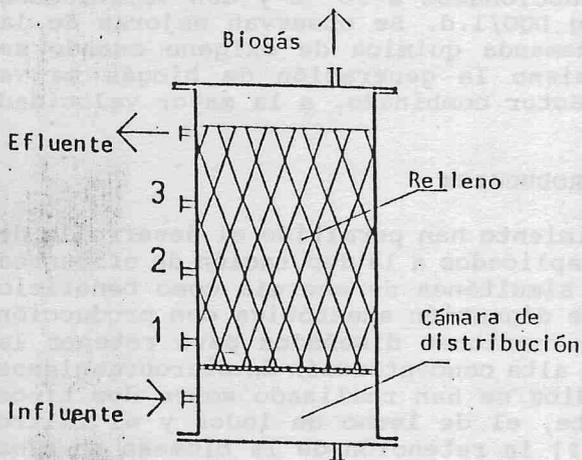


Fig. 1 : Configuración de los reactores.

El digestor básico utilizado en los ensayos fue construido en tubería de PVC para conformar la disposición de un filtro anaeróbico de flujo ascendente, tal como se ve en la Fig.1, con una altura de 225 mm y un diámetro de 134 mm, el mismo presenta una relación altura/diámetro de 1,5:1 para el volumen activo ocupado por el relleno.

El líquido entra por la parte inferior a través de una cámara de distribución, que posee una placa perforada con agujeros de 1 mm como soporte principal de todo el material de relleno. Para el empaque se utilizó espuma poliuretánica no reticulada, en segmentos de 200 mm de longitud y sección cuadrada

(10x10 mm) que se acondicionaron formando un paquete, llenando completamente el reactor hasta el nivel de salida de líquido correspondiente a un volumen operativo de 2500 ml. Este empaque una vez en posición, presentó un volumen de vacíos del 91 %.

Durante la operación de siembra se agregaron 800 ml de lodos cloacales repartidos en alícuotas a través de los tomamuestras de la zona baja. Esta carga inicial fue el único material biológico sembrado para el funcionamiento del filtro anaeróbico.

Para asegurar condiciones de anaerobiosis durante la operación de puesta en marcha, se utilizó N₂ para gasear el interior del digestor, y se alimentó con 100 ml de un medio formulado (3,5 g/l de lactosa, 0,3 g/l de extracto de levadura y 0,3 g/l de peptona) dejándose en batch durante dos días en cuarto termostatzado a 30 °C. Por espacio de una semana se efectuó diariamente sólo esta carga, y a partir de entonces se comenzó a alimentar una corriente continua de lactosuero fresco. Diluciones en agua corriente permiten seleccionar la concentración de la DQO en la alimentación para cada corrida.

Muestras diarias de las corrientes de gas y líquido se colectaron y se analizaron para la evaluación de los parámetros operativos. La eficiencia de remoción de DQO se calculó como $((DQO_{cntr} - DQO_{ent})/DQO_{cntr}) \cdot 100$, la demanda química de oxígeno se analizó por colorimetría, los sólidos por evaporación y calcinación, los ácidos grasos volátiles (AGV) y la alcalinidad por titulación potenciométrica, y el contenido de metano en el biogas, por cromatografía gaseosa.

Para lograr la configuración del reactor híbrido se modifica la disposición del filtro anaeróbico utilizando la cámara de distribución como reactor de lecho de lodos, mediante la adición de 700 ml de material biológico igual al empleado en la siembra del reactor cuando éste operó como filtro anaeróbico.

Los datos de funcionamiento del reactor híbrido corresponden a idénticos estados operativos del filtro, para poder comparar el comportamiento de ambos sistemas. Para las dos configuraciones, se establecieron los parámetros operativos de una corrida, sólo cuando se logró operación estable, para luego pasar al estado siguiente.

RESULTADOS

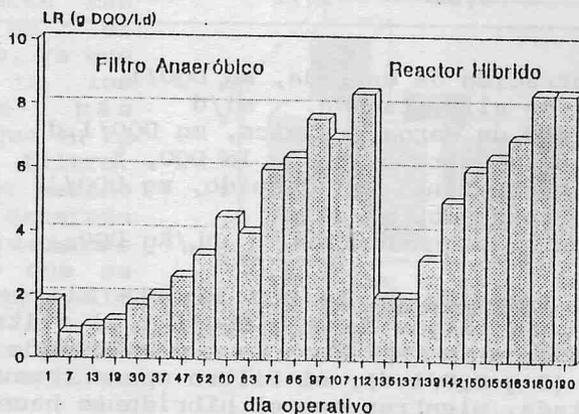


Fig. 2 : Esquema de Cargas aplicadas.

En este trabajo se estudió el comportamiento de un filtro anaeróbico y de un reactor híbrido, obteniéndose parámetros operacionales, en diferentes corridas, que significan distintos estados de régimen. Esta serie de pruebas se indentifican por la concentración y el caudal de la corriente de alimentación, condiciones que se repiten después cuando se opera el reactor modificado.

Se operaron los reactores en el rango de velocidades de carga de 1 a 8 g DQO/l.d , según el esquema de cargas mostrado en la Fig. 2, donde se indica el momento de la puesta en funcionamiento del segundo reactor. En este caso la carga inicial fue de 5,2 g DQO/l.d, sustancialmente más elevada que la de arranque del filtro, lográndose trabajar a una carga superior a 8 g DQO/l.d, a los 37 días de operación.

Los resultados de la operación de los dos sistemas, se presentan resumidos en la Tabla 1.

TABLA 1.

Carga	Flujo	LR	% Rem.	DQO _{sal}	Gas	CH ₄
Filtro Anaeróbico						
3460	1290	1,96	89,3	353	4500	406
5250	1380	3,31	87,9	635	3850	319
5250	2160	5,15	82,1	940	3577	189
7067	2000	6,42	88,0	848	3600	153
8540	2160	8,39	83,8	1470	3456	112
Reactor Híbrido						
5520	1050	2,00	95,8	232	5000	543
6180	1570	3,35	92,5	464	5020	310
6180	2340	5,05	93,0	433	5380	223
7150	2340	6,40	93,5	465	4910	176
8570	1590	8,50	90,1	857	4540	199

Carga : Concentración de entrada, mg DQO/l
 Flujo : Caudal de alimentación, ml/d
 LR : Velocidad de carga orgánica, mg DQO/l.d
 % REM : Eficiencia de remoción de la DQO, %
 DQO_{sal} : Concentración final del líquido, mg DQO/l
 GAS : Biogas generado, ml/d
 CH₄ : Eficiencia de producción, l CH₄/Kg DQO_{entr.}

La eficiencia de remoción de la DQO aumenta al operar el reactor híbrido, ya que para cargas de 2 g DQO/l.d el filtro presenta una eficiencia de remoción de 89,3 % y el reactor híbrido de 95,8 %. A la máxima exigencia (8 g DQO/l.d), el filtro opera removiendo un 83,8 % de la DQO alimentada, mientras que el híbrido lo hace consumiendo el 90,1 % de la misma.

Tal como se observa en la Fig. 3, ambos reactores presentan un mismo comportamiento, pero el reactor híbrido opera con mayor eficiencia que el filtro anaeróbico. Además, la declinación de la eficiencia con el

aumento de la carga orgánica es menos marcada en el reactor híbrido.

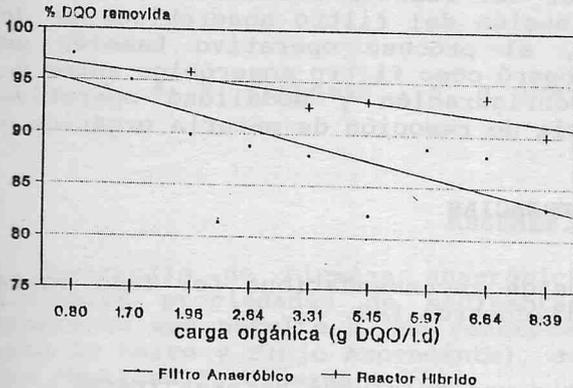


Fig. 3 : Eficiencia de remoción.

La producción de biogás, ver Fig. 4, que en el filtro ocurría a razón de 3,7 volúmenes de gas por volumen líquido alimentado, para 2 g DQO/l.d, y a 1,6 vol gas/vol liq para 8 g DQO/l.d, respectivamente, pasó ahora a 5 vol gas/vol liq para la menor velocidad de carga orgánica, y a 3,2 vol gas /vol liq para la máxima carga cuando se operó el reactor híbrido.

CONCLUSIONES

Los reactores metanogénicos híbridos, obtenidos a partir de la configuración de un filtro anaeróbico, por la adición de lodos en su cámara de distribución, son adecuados para el tratamiento de efluentes de lactoindustrias y generación de biogás.

Esta modificación significa respecto de la configuración anterior del filtro anaeróbico, una mejora directa del 40 % en la calidad del líquido después del tratamiento, y un incremento superior al 80 % en la cantidad de gas generado, cuando el sistema trabaja a las máximas cargas ensayadas.

Los cambios de velocidad de carga pudieron operarse más rápidamente en el reactor híbrido, ya que la respuesta a los mismos fue más satisfactoria que en la operación del filtro. El contenido de metano del biogás generado puede considerarse constante dado que se mantuvo en un promedio de 65,3 %.

No se detectó un lavado apreciable de los lodos sembrados, lo que indica un mejoramiento importante en la capacidad de retención de sólidos de este reactor híbrido.

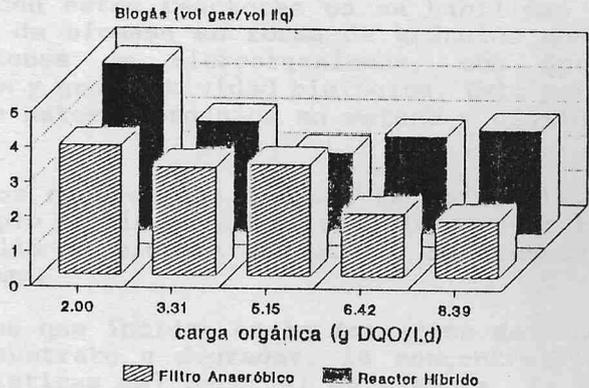


Fig. 4 : Relación Gas - Líquido.

La configuración de este reactor híbrido se presenta sustancialmente distinta de los híbridos convencionales debido a dos aspectos fundamentales: primero, el sector del reactor destinado a lecho de lodos (antigua cámara de distribución del filtro anaeróbico) es de dimensiones reducidas; segundo, el proceso operativo también es diferente por cuanto el reactor operó como filtro anaeróbico antes de la modificación. Esta nueva configuración y modalidad operativa contribuye a mejorar la eficiencia de remoción de materia orgánica y la producción de biogás.

REFERENCIAS

1. Young J.C. y Yang B.S., "Design recommendations for full scale anaerobic filters", J. Water Poll.Control Fed. 61, 9, 1989, 1576-1587.
2. Lettinga G et al, "Uses of the upflow sludge blanket (UASB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment", Biotechnol. and Bioengineering XXII, 1980, 699-734.
3. Guiot S.R. y van den Berg L., "Performance of an upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and a filter treating sugar waste", Biotechnol. and Bioengineering XXVII, 1985, 800-806.