



MBR ANAEROBIO CON MEMBRANAS CERÁMICAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES COMPLEJAS



Índice

- Likuid Nanotek S.L. ¿Quiénes somos?
- Sentido de los MBR anaerobios (ventajas e inconvenientes)
- Caso de estudio en Industria de snacks
- Conclusiones

Likuid Nanotek S.L.

Parque Tecnológico de San Sebastián

Tel: +34 943 223841

Fax : +34 943 223843

www.likuidnanotek.com

Sala/Room
Nano

Likuid



Likuid desarrolla, fabrica y comercializa membranas cerámicas y soluciones de filtración para aguas, medio ambiente e industria.

- Likuid Nanotek S.L. es un Spin-Off del CEIT (Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Guipúzcoa), perteneciente a la alianza iK4.
 - ✓ Unidad de Producción
 - ✓ Unidad de I+D+i
 - ✓ Laboratorio de ensayos y autopsias de membranas



Likuid AnCBR®

Actividad en I+D desde 2009



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID



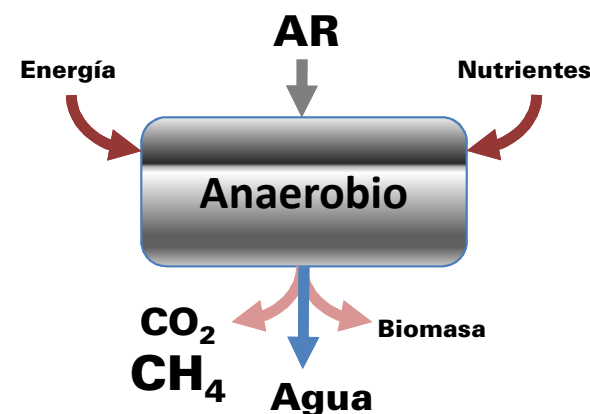
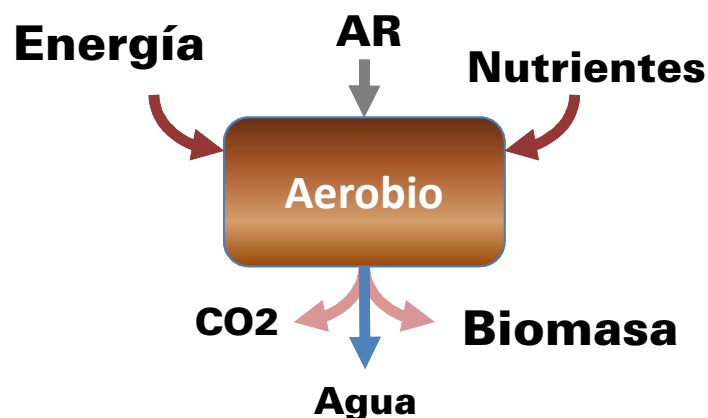


Sentido de los MBR anaerobios (ventajas e inconvenientes)



Ventajas del tratamiento ANAEROBIO

1. **No necesita aireación.** La aireación supone tradicionalmente entre un 40 y un 60% de la energía de una planta de tratamiento de aguas (0,5 kWh/kgDQOeliminada).
2. **Producción de biogás.** El biogás generado se transforma en energía (3,7 kWh/kg de DQOeliminada).
3. **Mínima producción de fangos.** La biomasa anaerobia presenta tasas de crecimiento muy lentas, produciendo un 8-10% del fango que se produce en condiciones aerobias.
4. **Baja demanda de nutrientes.** Debido al menor crecimiento neto de biomasa, los sistemas anaerobios minimizan o incluso eliminan la necesidad de añadir nutrientes al proceso.



Tecnología MBR

1. **Gran calidad del efluente**, apto para la reutilización.
2. **Alta eficiencia de depuración**, debido a la operación con elevado SRT que permite generar biomasa altamente especializada que metaboliza sustratos complicados.
3. **Mínima producción de fangos**, debido a la operación con elevado SRT.
4. **Compacidad**, debido a la retención total de biomasa por las membranas que permite operar el biológico con altas concentraciones de biomasa (hasta 30 g/L).



Ventajas que compensan las limitaciones de los procesos anaerobios convencionales (menor eficiencia en eliminación de DQO, inestabilidad debido a bioquímica y microbiología compleja, menor calidad del efluente...)

Inconvenientes de los MBR Anaerobios

- Coste de inversión de las membranas.
- Ensuciamiento de membranas
- Consumo energético

Inconvenientes de los MBR Anaerobios

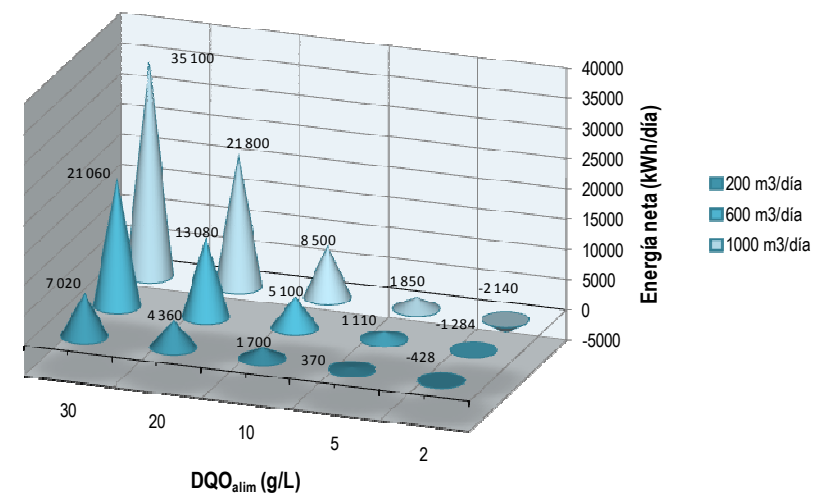
- Coste de inversión de las membranas.
 - Más es simple más; Las membranas tienen un coste sensible en el coste del proyecto.
 - Pero no siempre es más:
 - En ocasiones permite ahorrar un sistema de afine posterior (aerobio)
 - Mayor producción de biogas
 - Membranas con larga vida útil, reducciones en costes operativos (PEM,HH..)

Inconvenientes de los MBR Anaerobios

- **Ensuciamiento de membranas.**
 - Ensuciamiento Orgánico (acumulación y adsorción de material orgánico sobre la superficie de la membrana):
 - A mayor OLR mayor ensuciamiento. Es la DQO residual la que genera el ensuciamiento, no tanto la eficiencia en remoción de DQO
 - Ensuciamiento Inorgánico:
 - Estruvita y otros precipitados
 - Importancia de controlar la Alcalinidad
 - Particularidad de aguas industriales

Inconvenientes de los MBR Anaerobios

- Consumo energético
 - Consumo adicional derivado del sistema de filtración.
 - Pero se podría ahorrar el consumo del afine posterior
 - Mayor producción de biogás.
 - Consumo ligado a caudal producido y no a la DQO eliminada
 - Aguas industriales (y caudales!!)



Entonces, ¿dónde tiene sentido el MBR anaerobio?

CONDICIONES	EFECTOS en el PROCESO ANAEROBIO	VENTAJAS AnMBR
<i>Elevados SS</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Granulación poco eficiente ▪ Baja calidad del efluente por SS ▪ Acumulación de compuestos lentamente biodegradables en el lecho y menor eficiencia de producción de biogás ▪ Dificultad en sistemas de distribución del influente en los reactores de lecho granular ▪ Clogging de biofiltros anaerobios 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La retención de la biomasa no depende de la granulación ▪ Efluente libre de SS ▪ Se elimina pre-tratamiento para eliminar SS y aumenta la producción de biogás ▪ No son necesarios sistemas complejos de distribución del influente porque se emplean reactores de mezcla completa
<i>Elevadas A&G</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se impide la granulación ▪ Flotación y lavado de la biomasa anaerobia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La biomasa en suspensión es retenida por las membranas ▪ No hay pérdida de biomasa ni deterioro de la calidad del efluente
<i>Elevada salinidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impacto negativo en la estabilidad de los gránulos ▪ Elevados tiempos de adaptación (arranque lento) ▪ Menor actividad biológica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La biomasa permanece en el interior del reactor, independientemente de sus propiedades de decantación/granulación ▪ Mejor adaptación a las condiciones de salinidad ▪ Arranques más rápidos

Entonces, ¿dónde tiene sentido el MBR anaerobio?

CONDICIONES	EFFECTOS en el PROCESO ANAEROBIO	VENTAJAS AnMBR
<i>Compuestos tóxicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posibles problemas de granulación y pérdida de biomasa ▪ Elevados tiempos de aclimatación para que aparezcan especies capaces de degradar los tóxicos ▪ Inhibición de la metanogénesis, especialmente en los sistemas estratificados 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No hay lavado de biomasa ▪ La biomasa permanece en el interior del reactor, independientemente de sus propiedades de decantación/granulación ▪ Mejor dilución bajo un shock tóxico en el reactor de mezcla completa, respecto a sistemas estratificados. ▪ La bioaumentación de bacterias especializadas es más sencilla
<i>Elevada T</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se dificulta la granulación del fango 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La retención de la biomasa no depende de la granulación

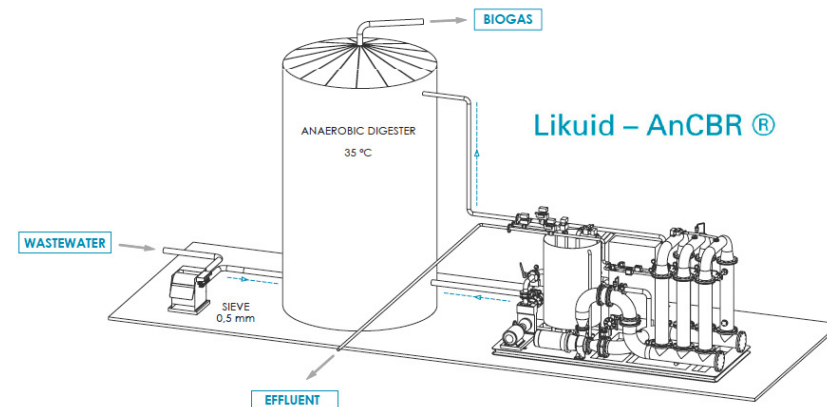
¿Y cual es el valor añadido de las mebranas cerámicas en este escenario?

Sistema de filtración tangencial externa

- ✓ Flexibilidad de los sistemas modulares
- ✓ Membranas accesibles que facilitan el mantenimiento
- ✓ Sistemas compactos debido al rendimiento de la filtración y carga orgánica. (COV hasta 15 kgDQO/m³d)

Filtración cerámica

- ✓ Membranas altamente hidrofílicas (Flujos hasta 50 LMH)
- ✓ Membranas robustas que permiten limpiezas agresivas (pH & Temperatura)
- ✓ Sistemas robustos tolerantes a variaciones en los procesos (SSLM hasta 30 g/L)
- ✓ Bajo mantenimiento. Frecuencia de mantenimiento 2-5 meses



Caso de estudio en Industria de snacks



Synthetic high-starch-content wastewater

Compound	Concentration
Organic matter	
Soluble starch	8 g/L
Meat peptone	1 g/L
Yeast	0.357 g/L
Sodium acetate	1 g/L
Soybean oil	0.430 g/L
Macro-nutrients	
NH ₄ Cl	291 mg/L
MgHPO ₄ ·3H ₂ O	660 mg/L
KH ₂ PO ₄	532 mg/L
FeSO ₄ ·7H ₂ O	132 mg/L
CaCl ₂ ·2H ₂ O	477 mg/L
Micro-nutrients	
CoCl ₂ ·6H ₂ O	2 mg/L
Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	18 mg/L
CuCl ₂ ·2H ₂ O	12 mg/L
MnSO ₄ ·H ₂ O	2 mg/L
NaSO ₄ ·6H ₂ O	8 mg/L
PbCl ₂	2 mg/L
ZnCl ₂	5 mg/L

- Anaerobic digester: V=12 L
- Tubular ceramic membrane (Likuid)
- $S_f = 0.02 \text{ m}^2$
- MLSS = 20-25 g/L
- CFV = 3 m/s
- OLR = 5 kgCOD/(m³-d)

(* Synthetic corn-processing wastewater composition for COD=10 g/L, pH ~ 4.5



Corn-processing wastewater

Parameter	Concentration
pH	4.1
Conductivity	3 170 $\mu\text{S/cm}$
TSS	15 g/L
VSS	13.8 g/L
COD _t	35 g/L
COD _e	24.4 g/L
TOC	11.4 g/L
VFA	1833 mg/L
Ntotal	50 mg/L
N-NH ₄	33 mg/L
P total	31 mg/L
PO ₄	11 $\mu\text{g/L}$
SOM*	182 $\mu\text{g/L}$

- Anaerobic digester: V=2500 L
- Multitubular ceramic membranes, (Likuid) : 4xL07 modules
- $S_f = 4.9 \text{ m}^2$
- MLSS = 20 g/L
- CFV = 2 m/s
- OLR = 1.5 kgCOD/(m³-d). Start-up in progress. Objective: OLR = 10 kgCOD/(m³-d)

Experiencias- Fabricante de Snacks



Experiencias-Industria química



Experiencias – Procesado de pescado



Experiencias- Fabricación Chocolates



CASE STUDY- Fabricante Snacks

- Aguas residuales generadas en la cocción de maíz para fabricación de snacks.
- Elevado contenido de materia orgánica (DQO = 35 g/L) y sólidos en suspensión (SST = 14 g/L). Circunstancias que favorecen la viabilidad técnico-económica de la tecnología AnMBR.
- Estudio piloto laboratorio
- Pilotaje industrial



CASE STUDY- Fabricante Snacks

Pilotaje laboratorio.



Agua residual sintética		
	Compuesto	Concentración (g/L)
Mat. orgánica	Almidón soluble	7,5
	Peptona de carne	1
	Levadura	0,357
	Acetato de sodio	1,183
	Aceite de soja	0,43
Macronutrientes	NH ₄ Cl	0,291
	MgHPO ₄ ·3H ₂ O	0,66
	KH ₂ PO ₄	0,532
	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,132
	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,477
Micronutrientes	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,002
	Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	0,018
	CuCl ₂ ·2H ₂ O	0,012
	MnSO ₄ ·H ₂ O	0,002
	NiSO ₄ ·6H ₂ O	0,008
	PbCl ₂	0,002
	ZnCl ₂	0,005

Agua residual de cocción de maíz		
Parámetro		Valor
pH	-	4,1
Conductividad	<i>mS/cm</i>	3,17
Sólidos totales	<i>g/L</i>	30,2
Sólidos volátiles	<i>g/L</i>	27,3
Sólidos suspendidos totales	<i>g/L</i>	14,5
Sólidos suspendidos volátiles	<i>g/L</i>	13,8
DQO total	<i>g/L</i>	35,1
DQO soluble	<i>g/L</i>	24,4
COT	<i>g/L</i>	11,4
PO ₄ ⁻²	<i>mg/L</i>	11
SO ₄ ⁻²	<i>mg/L</i>	182
N Total	<i>mg/L</i>	49,6
N-NH ₄	<i>mg/L</i>	32,6

CASE STUDY- Fabricante Snacks

Pilotaje laboratorio.

- Condiciones mesófilas (35°C)
- Concentraciones medias de MLSS de 20 g/L
- volumen del digestor: 12 litros
- Caudal tratado: 8.5 l/h

Pilotaje Industrial.

- Condiciones mesófilas (35°C)
- Concentraciones medias de MLSS de 20 g/L
- Digestor de 2.500 litros
- Caudal tratado: 250 l/h

CASE STUDY- Fabricante Snacks

Resultados Pilotaje laboratorio.

- Carga orgánica volumétrica (COV) se ha aumentado de forma gradual desde 0,7 hasta 7 kgDQO/(m³·d)
- Eficiencia de eliminación de DQO y COT entre el 95 y 99% y obteniendo un permeado de elevada calidad.
- Obteniéndose un biogás con un 60% de metano y resultando en una producción específica media de 0,34 Nm³CH₄/kgDQO_{elim}

Resultados Pilotaje Industrial.

- Carga orgánica volumétrica (COV). Se trabajó por debajo de 7 kgDQO/(m³·d)
- Concentraciones medias de MLSS de 20 g/L
- Digestor de 2.500 litros
- Caudal tratado: 250 l/h

Caso de estudio en Industria de snacks



Synthetic high-starch-content wastewater

Compound	Concentration
Organic matter	
Soluble starch	8 g/L
Meat peptone	1 g/L
Yeast	0.357 g/L
Sodium acetate	1 g/L
Soybean oil	0.430 g/L
Macro-nutrients	
NH ₄ Cl	291 mg/L
MgHPO ₄ ·3H ₂ O	660 mg/L
KH ₂ PO ₄	532 mg/L
FeSO ₄ ·7H ₂ O	132 mg/L
CaCl ₂ ·2H ₂ O	477 mg/L
Micro-nutrients	
CoCl ₂ ·6H ₂ O	2 mg/L
Cr(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	18 mg/L
CuCl ₂ ·2H ₂ O	12 mg/L
MnSO ₄ ·H ₂ O	2 mg/L
NaSO ₄ ·6H ₂ O	8 mg/L
PbCl ₂	2 mg/L
ZnCl ₂	5 mg/L

(* Synthetic corn-processing wastewater composition for COD=10 g/L, pH ~ 4.5

- Anaerobic digester: V=12 L
- Tubular ceramic membrane (Likuid)
- $S_f = 0.02 \text{ m}^2$
- MLSS = 20-25 g/L
- CFV = 3 m/s
- OLR = 5 kgCOD/(m³-d)



Corn-processing wastewater

Parameter	Concentration
pH	4.1
Conductivity	3 170 $\mu\text{S/cm}$
TSS	15 g/L
VSS	13.8 g/L
COD _t	35 g/L
COD _e	24.4 g/L
TOC	11.4 g/L
VFA	1833 mg/L
Ntotal	50 mg/L
N-NH ₄	33 mg/L
P total	31 mg/L
PO ₄	11 $\mu\text{g/L}$
SOM*	182 $\mu\text{g/L}$

- Anaerobic digester: V=2500 L
- Multitubular ceramic membranes, (Likuid) : 4xL07 modules
- $S_f = 4.9 \text{ m}^2$
- MLSS = 20 g/L
- CFV = 2 m/s
- OLR = 1.5 kgCOD/(m³-d). Start-up in progress. Objective: OLR = 10 kgCOD/(m³-d)

CASE STUDY- Fabricante Snacks

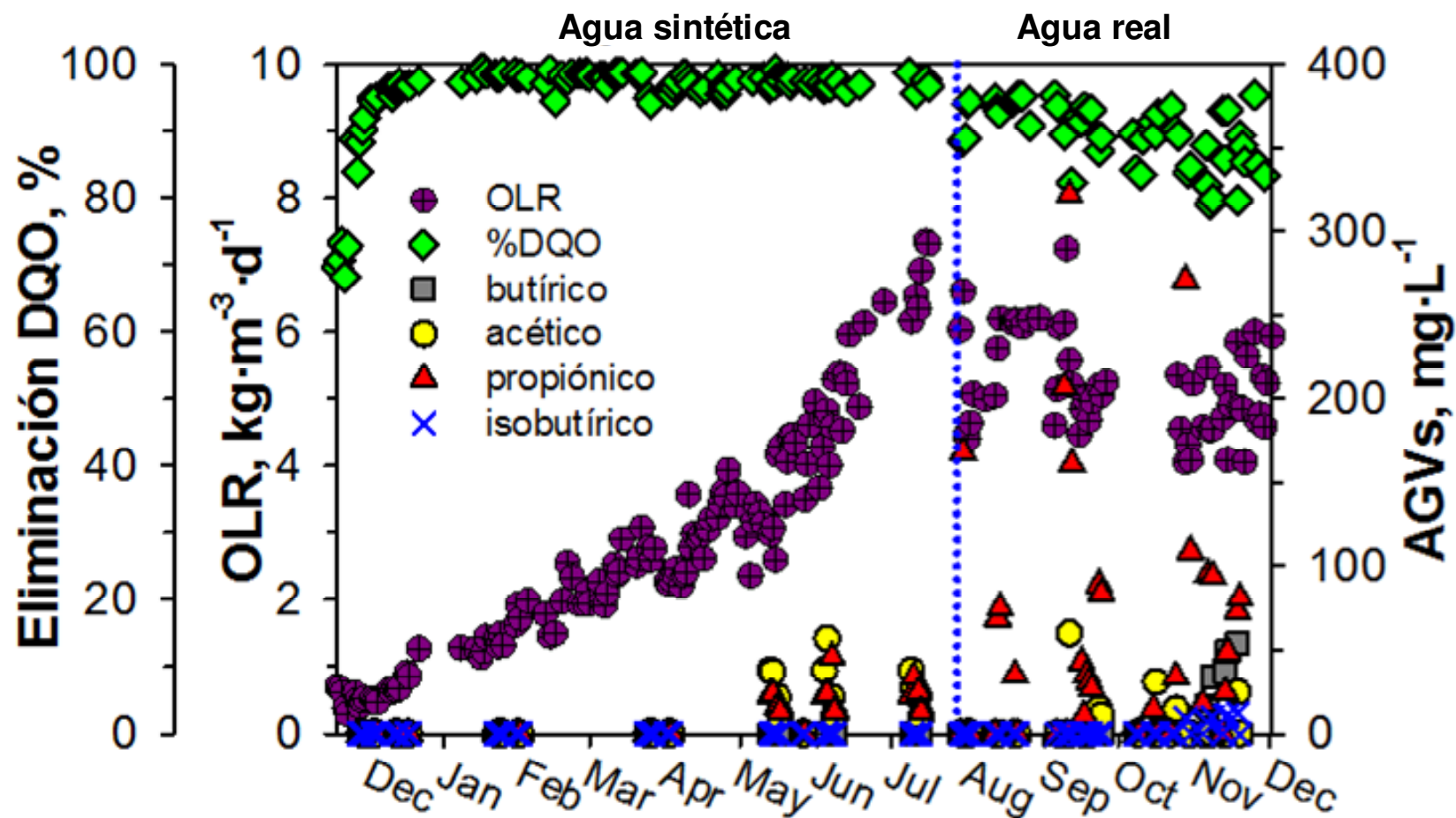


Figura 2. Evolución de la carga orgánica, eliminación de DQO y ácidos grasos volátiles, con alimentación de agua sintética y agua residual real.



Conclusiones.

¿Cuándo es interesante un MBR anaerobio?

Conclusiones



A Favor

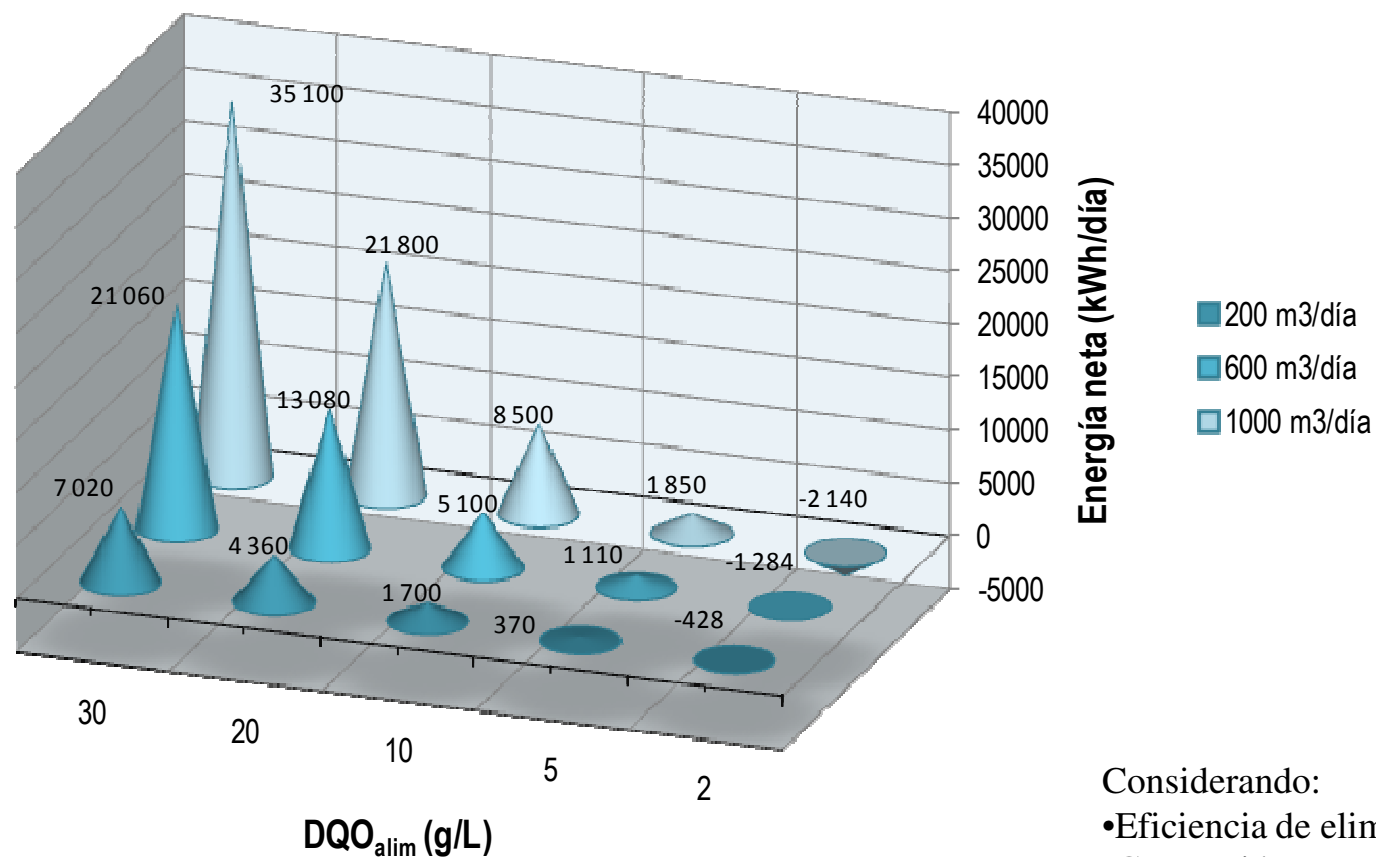
- Generación biogás (OPEX): producción de energía.
- Eliminación de la aireación del biológico (OPEX): ahorro de energía.
- Reducción de la producción de fangos (OPEX): menor consumo de químicos, energía y costes de gestión.



En Contra

- Mayor superficie de membranas requerida (CAPEX) debido al menor flujo de permeado.
- Pos-tratamiento para eliminar nutrientes y DQO residual, si es necesario (CAPEX, OPEX).

Conclusiones



Generación neta de energía en un proceso AnMBR basado en el sistema Likuid-AnCBR® para tres niveles de caudal tratado y diferentes DQO de la alimentación.

Considerando:

- Eficiencia de eliminación de la DQO: 95%
- Generación específica de metano: $0,35 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{kgDQO}_{\text{elim}}$
- Concentración de metano en el biogás: 65%
- Energía teórica del biogás: 6.5 kWh/Nm^3

¿Dónde interesa el MBR anaerobio?

- Aguas residuales industriales de **alta carga** (DQO > 5.000 mg/L), especialmente cuando presentan elevadas concentraciones de sólidos en suspensión, aceites y grasas o salinidad. Industria alimentaria y de bebidas, los mataderos, el tratamiento de purines.
- **Caudales bajos o medios** (hasta 2000 m³/día) con en cualquier tecnología de filtración tangencial externa.
- Elevados requerimientos de **calidad del efluente**, para vertido, reutilización o pos-tratamiento mediante ósmosis inversa.
- **No necesidad de eliminación de nutrientes**, evitando así el pos-tratamiento y potenciando las ventajas de la elevada calidad del efluente
- Necesidad de un **sistema robusto**, compacto, de fácil operación y mantenimiento y elevada eficiencia.

Otras aplicaciones de las membranas cerámicas Likuid.

➔ Industria Papelera

- Circuitos cerrados
- Recuperación de fibras y aditivos

➔ Industria del metal:

- Recuperación de baños de desengrasado (UF)

➔ Industria de bebidas

- Clarificado/Desinfección de zumos, vinos y cerveza (MF/UF)

➔ Industria alimentaria

- Fraccionamiento proteínas (leche, vegetales) (MF/UF/NF)
- Desinfección

➔ Industria del automóvil

- Recuperación de pinturas (UF/NF)

➔ Industria general

- Recuperación soluciones ácidas y alcalinas (CIP), recuperación de disolventes (UF/NF), concentración de efluentes



Likuid

Likuid Nanotek S.L.

Parque Tecnológico de San Sebastián

Tel: +34 943 223841

Fax : +34 943 223843

www.likuidnanotek.com