

FILTRACIÓN DIRECTA CON MEMBRANAS

Una alternativa para la concentración
de materia orgánica del
agua residual urbana



Thiago Antonio do Nascimento
thiagoantonio.br@gmail.com

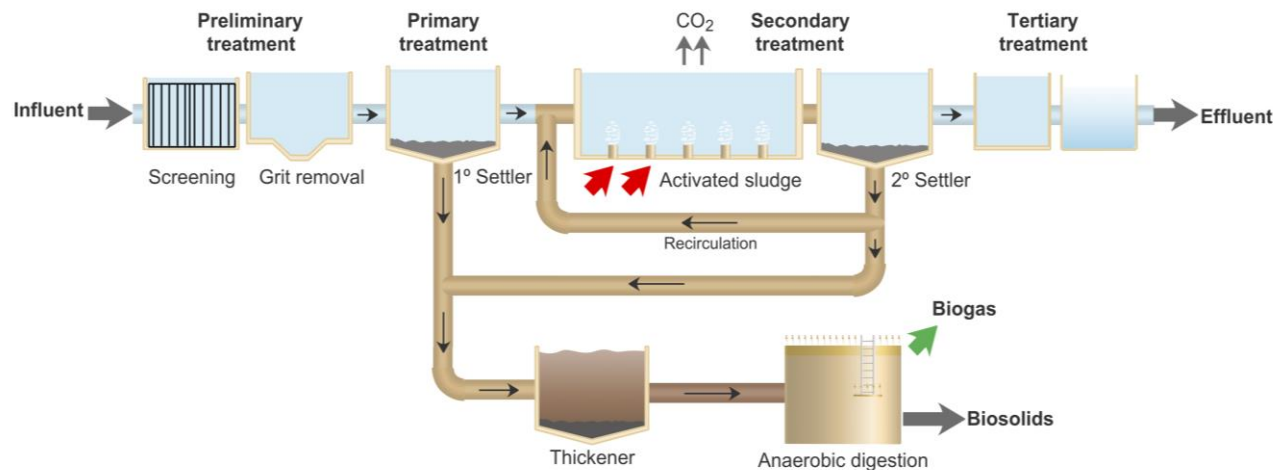
Mar Peña Miranda
pena@iq.uva.es



VII Jornada sobre
Bioreactores de Membrana

Barcelona, 16 de Mayo de 2019

EDAR convencional

**Ventajas**

- Resistencia a cambios de carga orgánica
- Alta eliminación de BOD
- Eliminación de nutrientes
- Ajustable de acuerdo con criterios de calidad del agua efluente

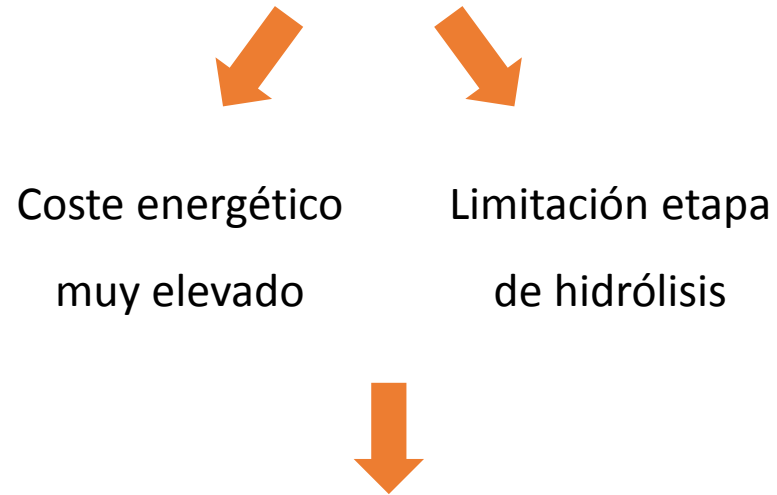
Desventajas

- Alto consumo energético
- No aprovechamiento del contenido energético presente en el agua residual
- Elevada producción de fangos
- Necesidad de tratamiento del fango

1

INTRODUCCIÓN

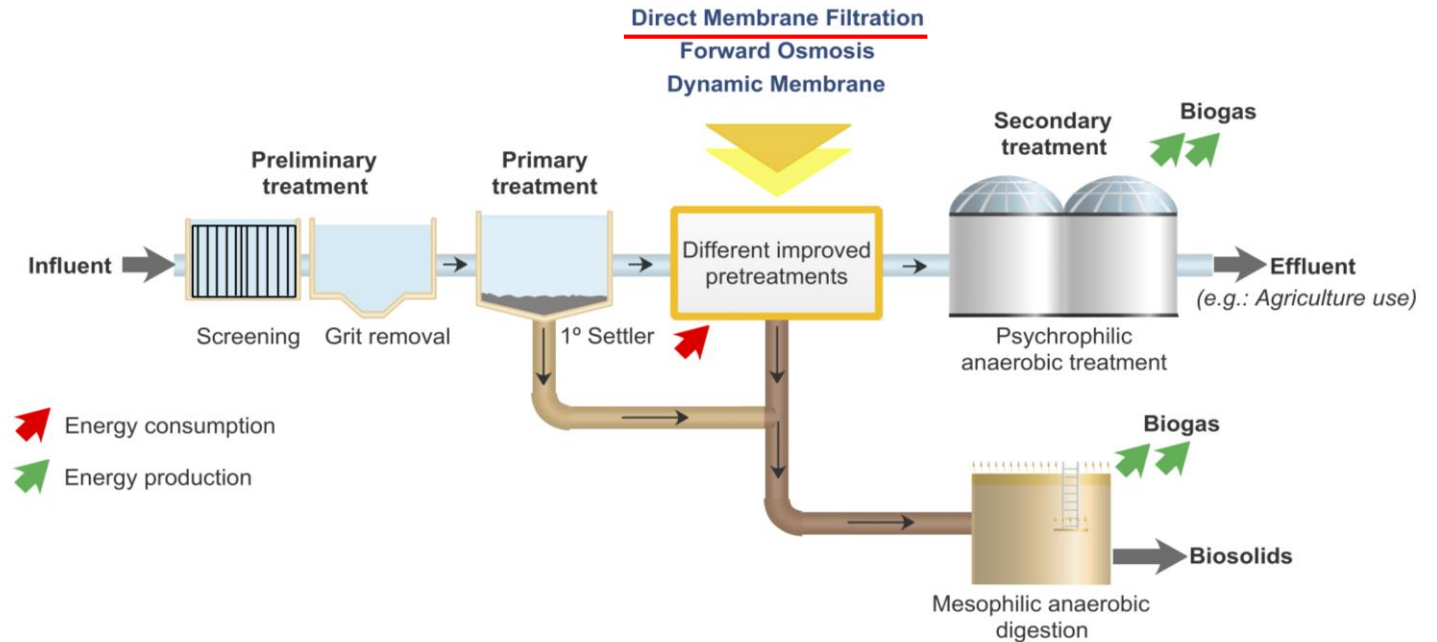
Tratamiento anaerobio directo
del agua residual bruta?



Objetivo

- Separación y concentración de los sólidos contenidos en el agua residual
- Digestión anaerobia de corriente de sólidos
- Tratamiento anaerobio o utilización del permeado para riego
- Disminución de costes de operación y área de construcción

EDAR con Filtración Directa con Membranas

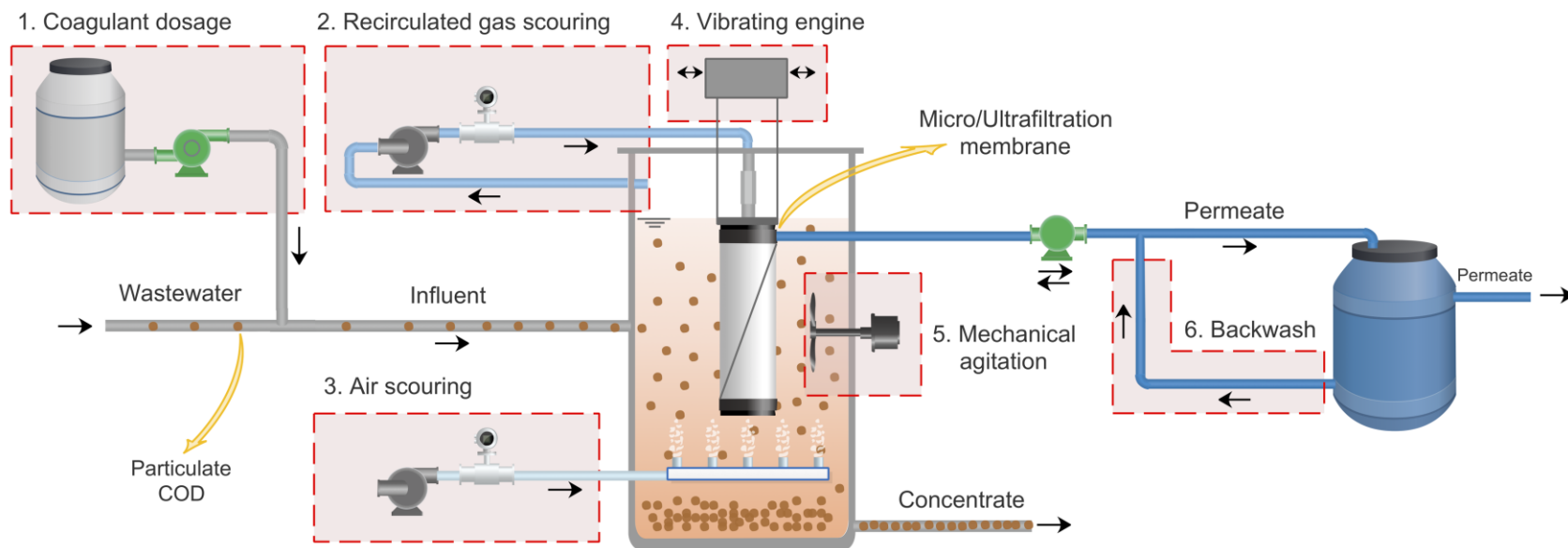


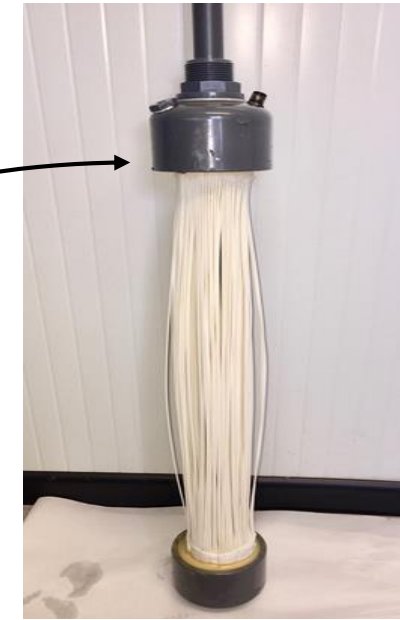
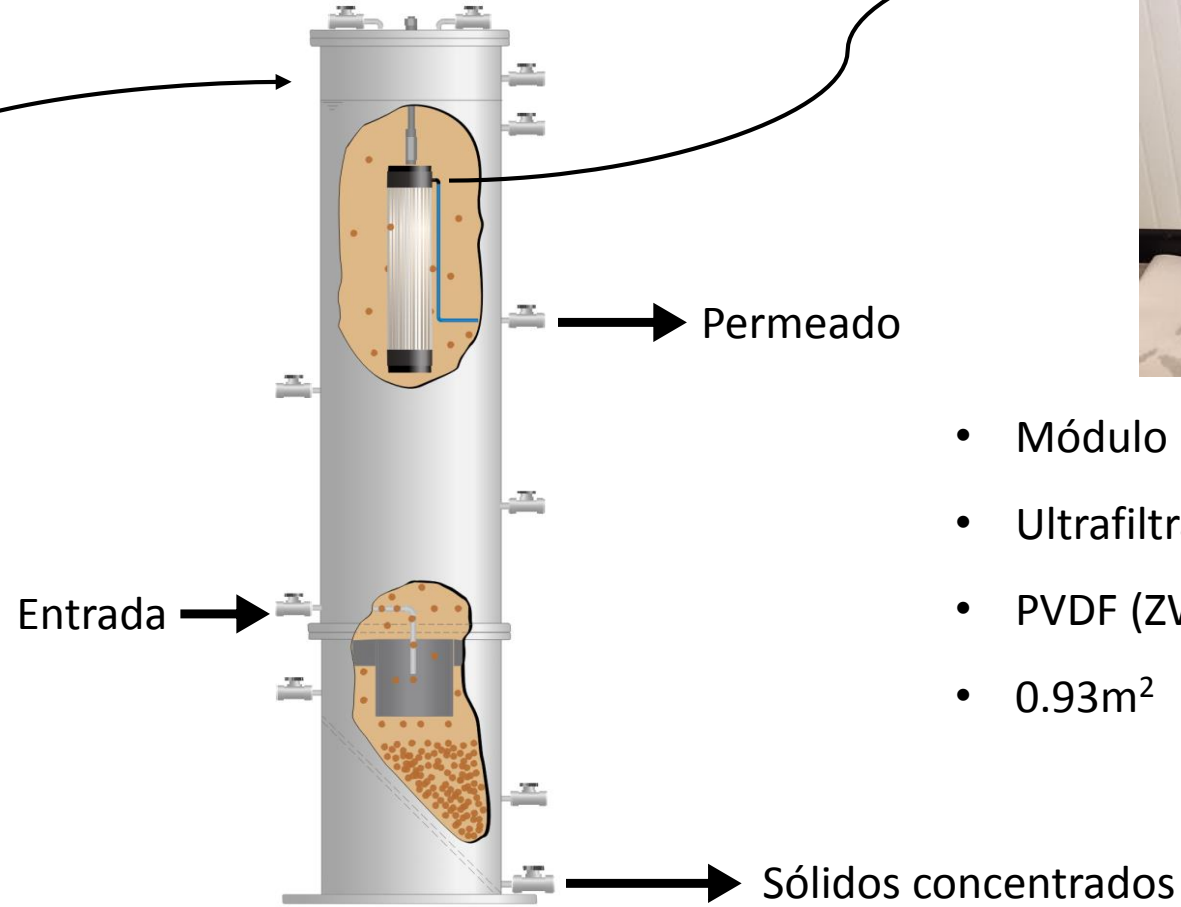
1

INTRODUCCIÓN

Filtración Directa con Membranas

- + Proceso físico
- Modularidad
- Alta calidad del efluente
- Alta concentración de sólidos
- Soporta variaciones de carga
- Bajo flujo de permeado
- Costes de adquisición
- Ensuciamiento (*membrane fouling*)





- Módulo de membrana de fibra hueca
- Ultrafiltración (0.04 μm)
- PVDF (ZW-10 Zenon)
- 0.93m²

Tanque de membrana de 125.5L

2

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del agua residual (1ª experiencia)

Red sanitaria local (arqueta/colector de la calle)	<i>Entrada</i>
<i>tCOD</i> (mg/L)	715.7 (\pm 142.9)
<i>sCOD</i> (mg/L)	402.6 (\pm 107.5)
<i>TS</i> (mg/L)	831.1 (\pm 81.9)
<i>VS</i> (mg/L)	422.3 (\pm 75.5)
<i>TSS</i> (mg/L)	120.8 (\pm 34.8)
<i>VSS</i> (mg/L)	107.5 (\pm 32.8)

Condiciones de operación

	<i>Periodo</i> (Días)	<i>Flujo de filtrado</i> (L/(m ² .h))	<i>Tiempo total del ciclo de filtración</i> (min)	<i>Velocidad superficial de gas</i> (m/h)	<i>Demanda específica de gas por volumen de permeado</i> (m ³ gas/m ³ permeado)
I	1-14	2.4	7.92	8	55.2
	15-29	4.7	7.92	16	56.3
	30-41	7.1	7.92	23	53.6
	42-54	9.4	7.92	39	68.9
II	55-80	10.1	7.92	55	90.1
	81-95	13.4	8.17	55	67.9
	96-104	10.1	8.17	70	114.7

3

RESULTADOS

1ª Experiencia:

Reducción del 45-50% de
tCOD de la corriente de
alimentación

Se obtiene una
eliminación de
~ 20% de ST
~ 35% de SV

Permeado exento de
sólidos suspendidos y con
DQO ~ 400mg/L

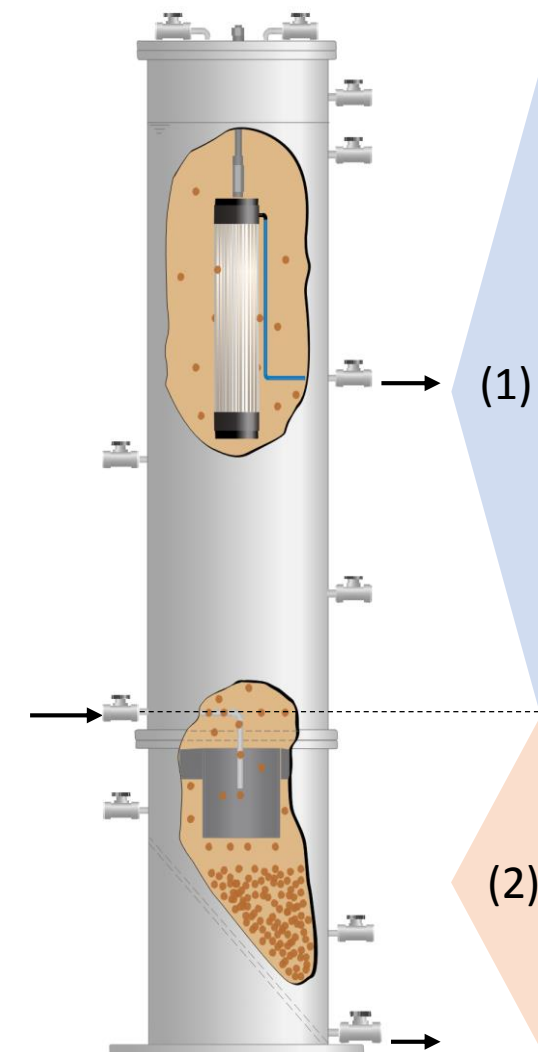
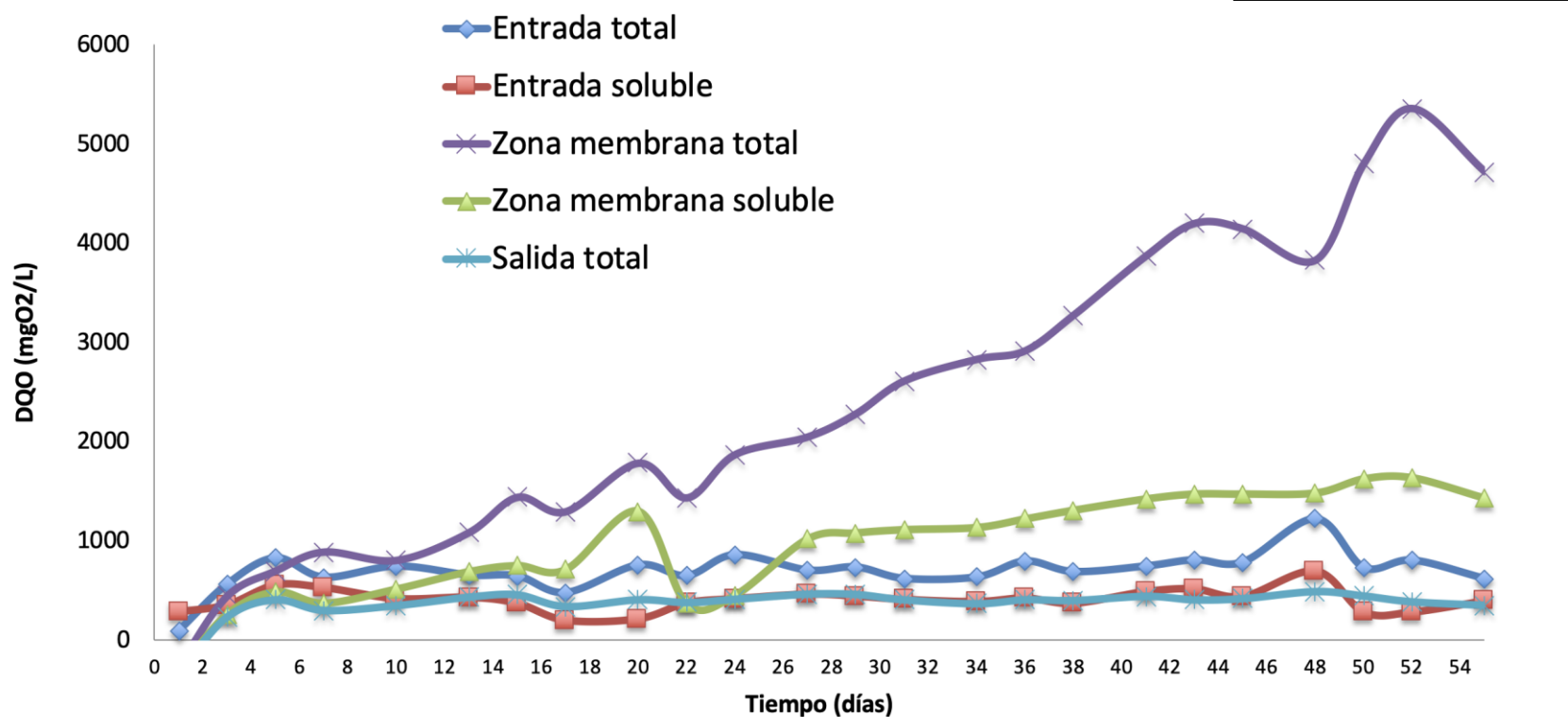
Características del agua residual

	<i>Alimentación</i>	<i>Permeado</i>
<i>tCOD (mg/L)</i>	715.7 (± 142.9)	393.5 (± 57.3)
<i>sCOD (mg/L)</i>	402.6 (± 107.5)	393.5 (± 57.3)
<i>TS (mg/L)</i>	831.1 (± 81.9)	661.3 (± 60.8)
<i>VS (mg/L)</i>	422.3 (± 75.5)	275.0 (± 44.4)
<i>TSS (mg/L)</i>	120.8 (± 34.8)	0
<i>VSS (mg/L)</i>	107.5 (± 32.8)	0

1ª Experiencia:

La concentración de DQO en la salida permanece prácticamente constante a lo largo de la operación.

Evolución de DQO con el tiempo



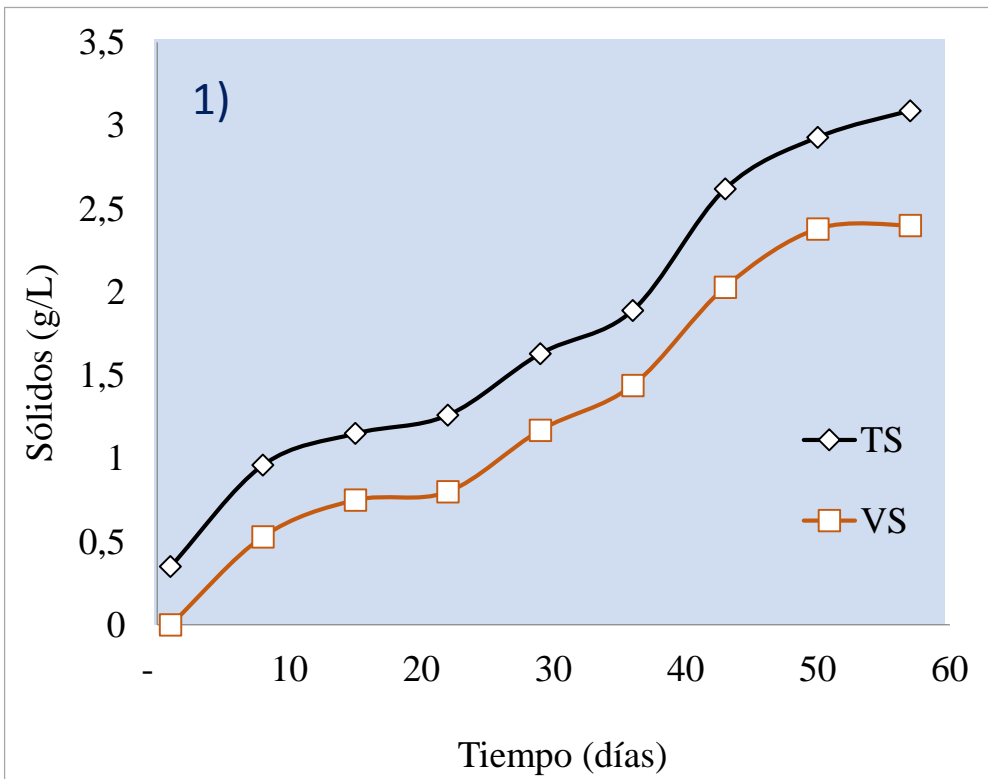
3

RESULTADOS

1ª Experiencia:

Perfil de concentración de sólidos dentro del tanque de membranas (experiencia 1)

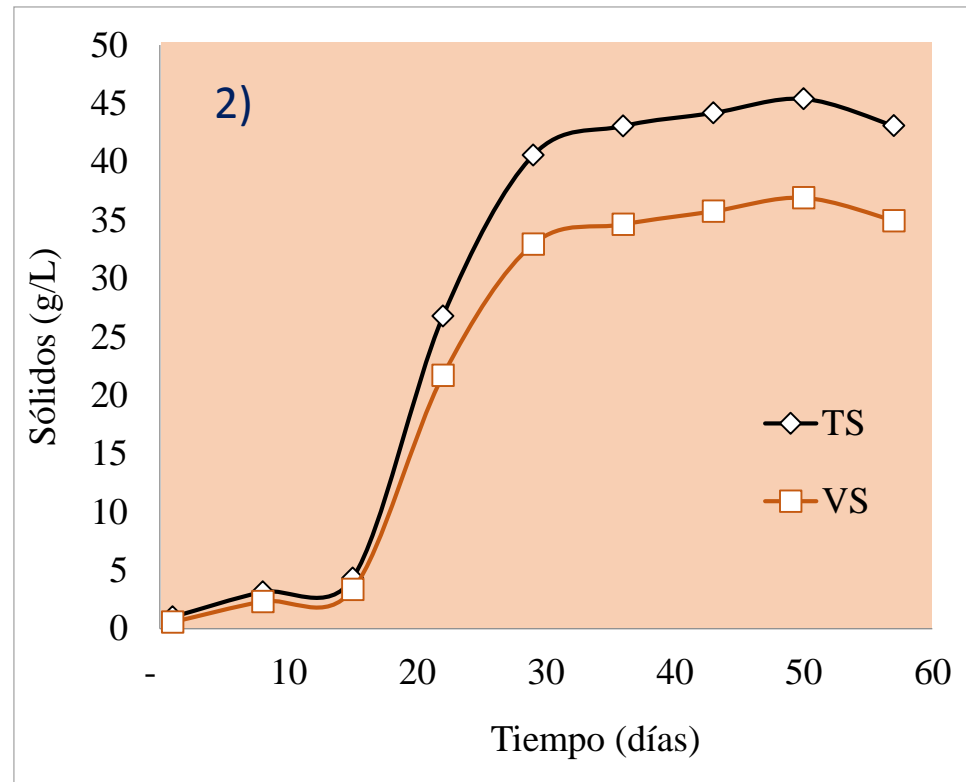
Sólidos acumulados en la sección superior (1)



Sólidos totales: **3.5g/L**

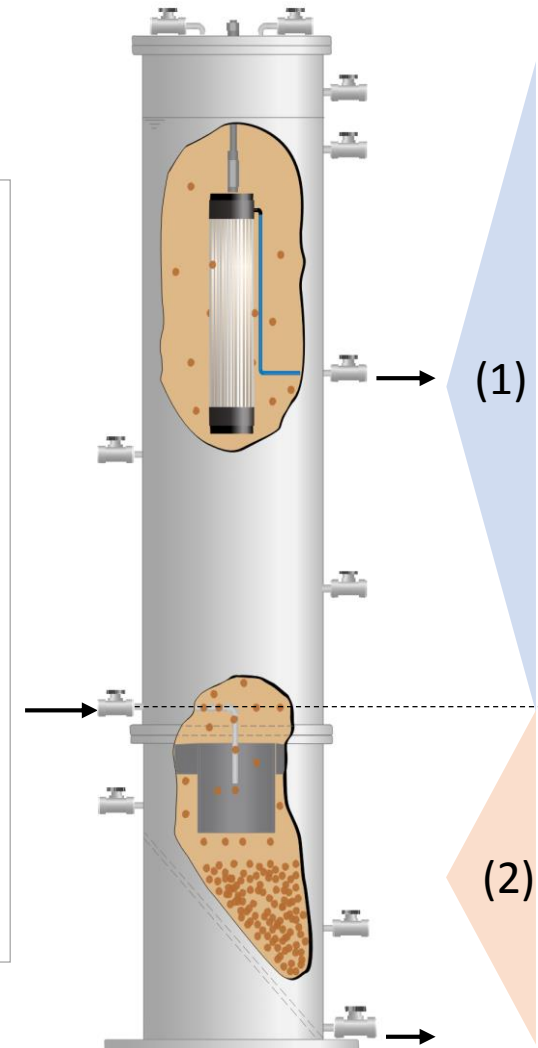
Sólidos volátiles: **2.5g/L**

Sólidos acumulados en la sección inferior (2)



Sólidos totales: **45g/L**

Sólidos volátiles: **36g/L**

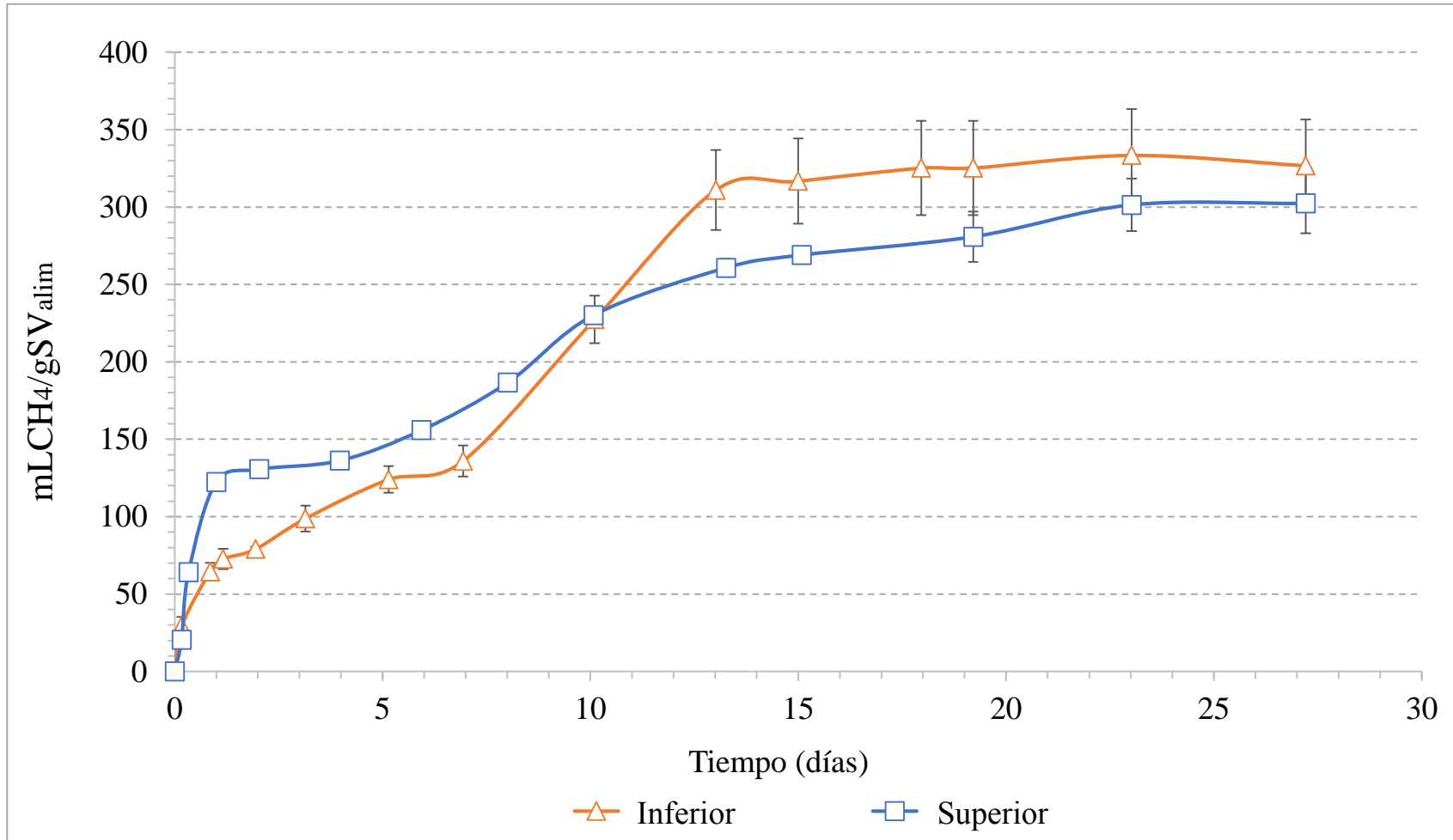


3

RESULTADOS

1ª Experiencia:

Potencial metanogénico (BMP)



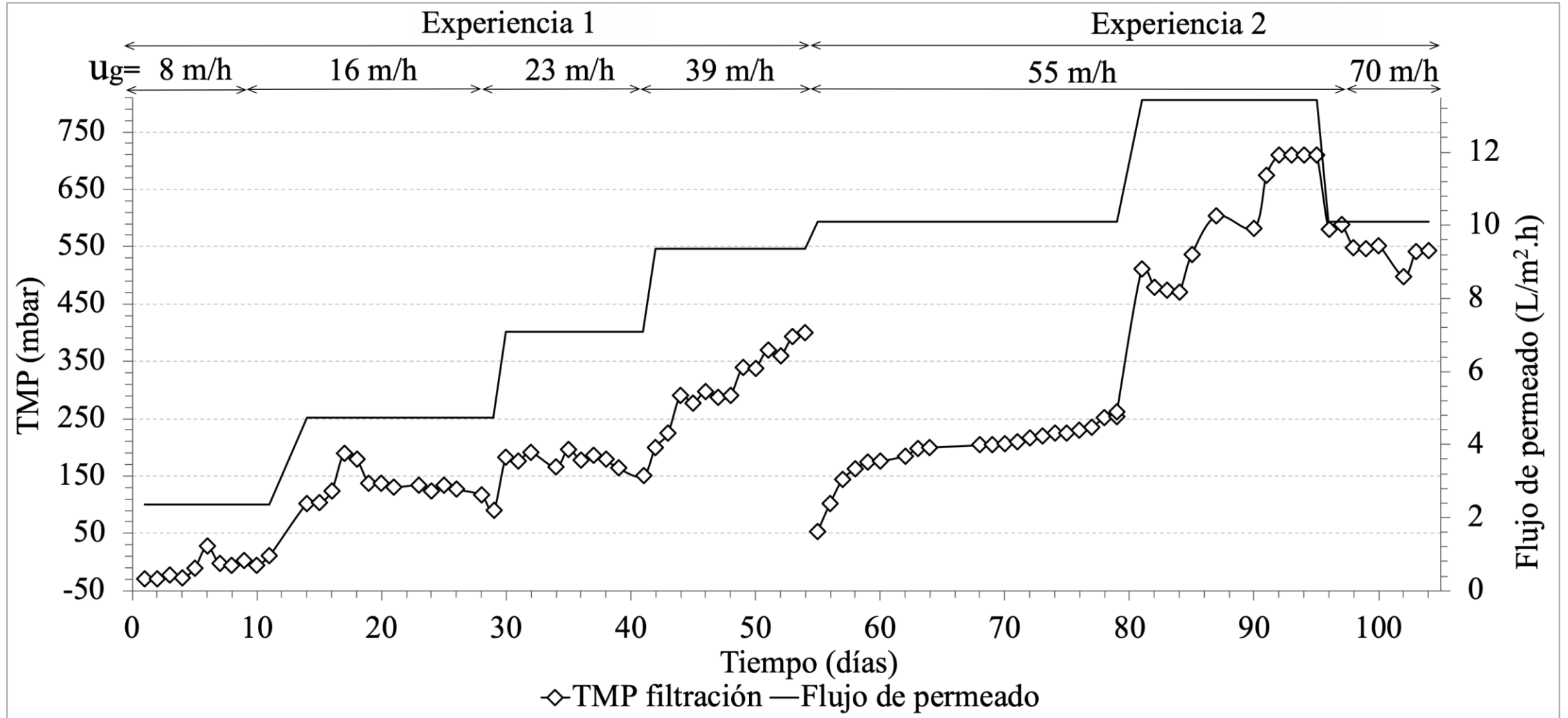
Sólidos sección inferior:

$323.0 \pm 8.0 \text{ mLCH}_4 / (\text{gSV}_{\text{alim}})$

Sólidos sección superior:

$294.9 \pm 12.2 \text{ mLCH}_4 / (\text{gSV}_{\text{alim}})$

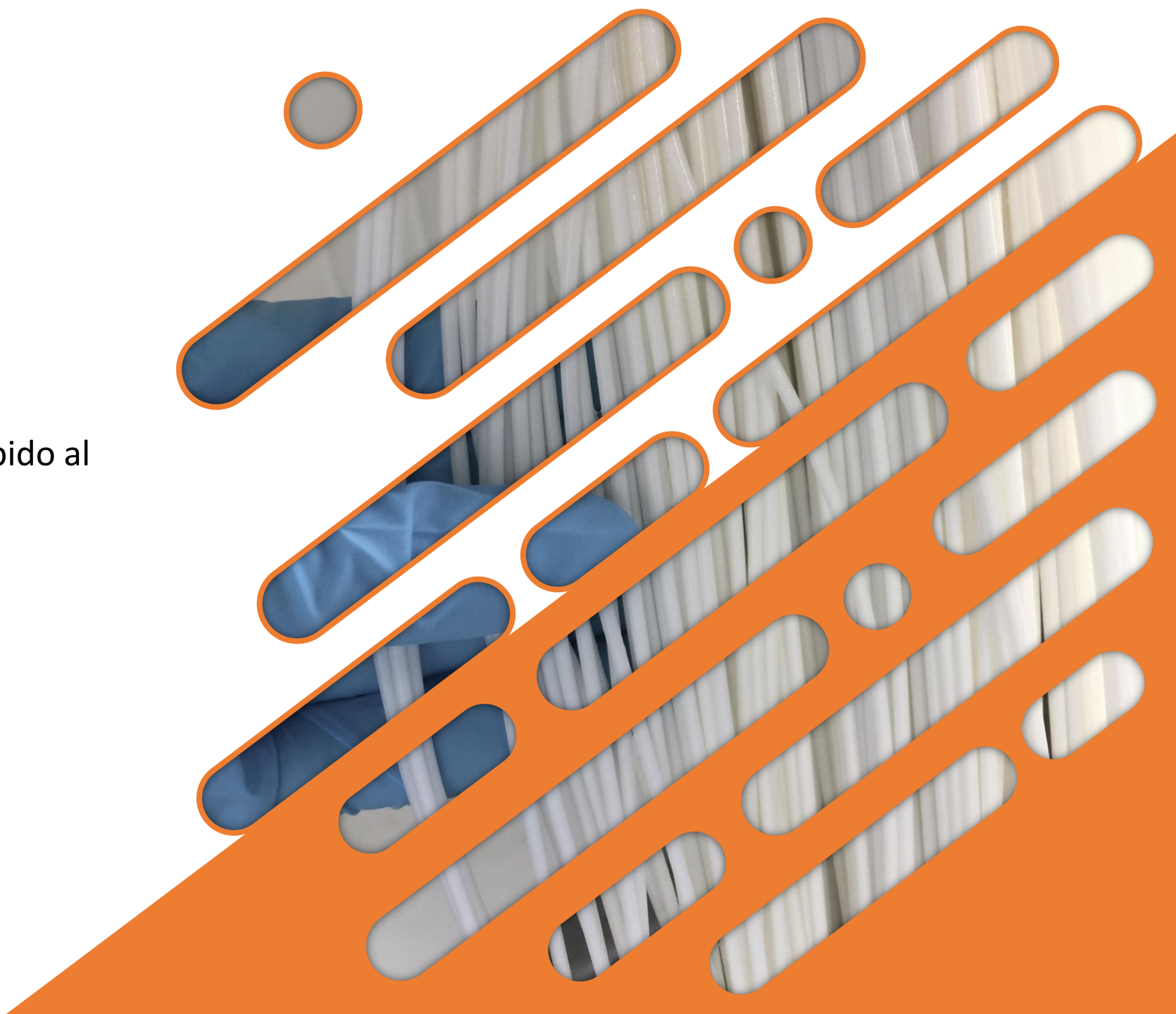
Evolución de la presión de filtrado para 1ª experiencia



Nuevos experimentos

Objetivo:

Disminuir el consumo de energía debido al gas recirculado



Recirculación intermitente de gas

		2ª Experiencia	3ª Experiencia	4ª Experiencia
Características del agua residual	Datos a la entrada (EDAR Renedo de Esgueva)			
	<i>tCOD (mg/L)</i>	192 (± 88)	449 (± 151)	202.3 (± 113.8)
	<i>sCOD (mg/L)</i>	46 (± 22)	57 (± 21)	33.5 (± 9.3)
	<i>TS (mg/L)</i>	1601 (± 96)	1699 (± 213)	1544 (± 235)
	<i>VS (mg/L)</i>	432 (± 76)	568 (± 113)	494 (± 119)
	<i>TSS (mg/L)</i>	101 (± 39)	244 (± 107)	156 (± 100)
	<i>VSS (mg/L)</i>	97 (± 26)	208 (± 80)	150 (± 100)
Condiciones de operación	Tiempo de operación (días)	37	34	44
	Flujo de filtrado (L/(m ² .h))	11.3	11.8	11.8
	Tiempo ciclo filtración (min)	7.7	7.7	7.7
	Régimen de gas	Intermitente 40s cada 3.5min	Intermitente 40s cada 3.5min	Intermitente 40s cada 3.5min
	Velocidad superficial de gas (m/h)	23 - 35	19 - 97	39 - 97
	Demanda específica de gas SGD _p (m ³ gas/m ³ permeado)	34 - 51	30-150	60 - 150
	Caudal de corriente concentrada (L/d)	~ 2	~ 4	~ 3
	Adición de coagulante	No	No	Sí
Tipo de coagulante	-	-	Policloruro de Al. / Amina	

2ª Experiencia

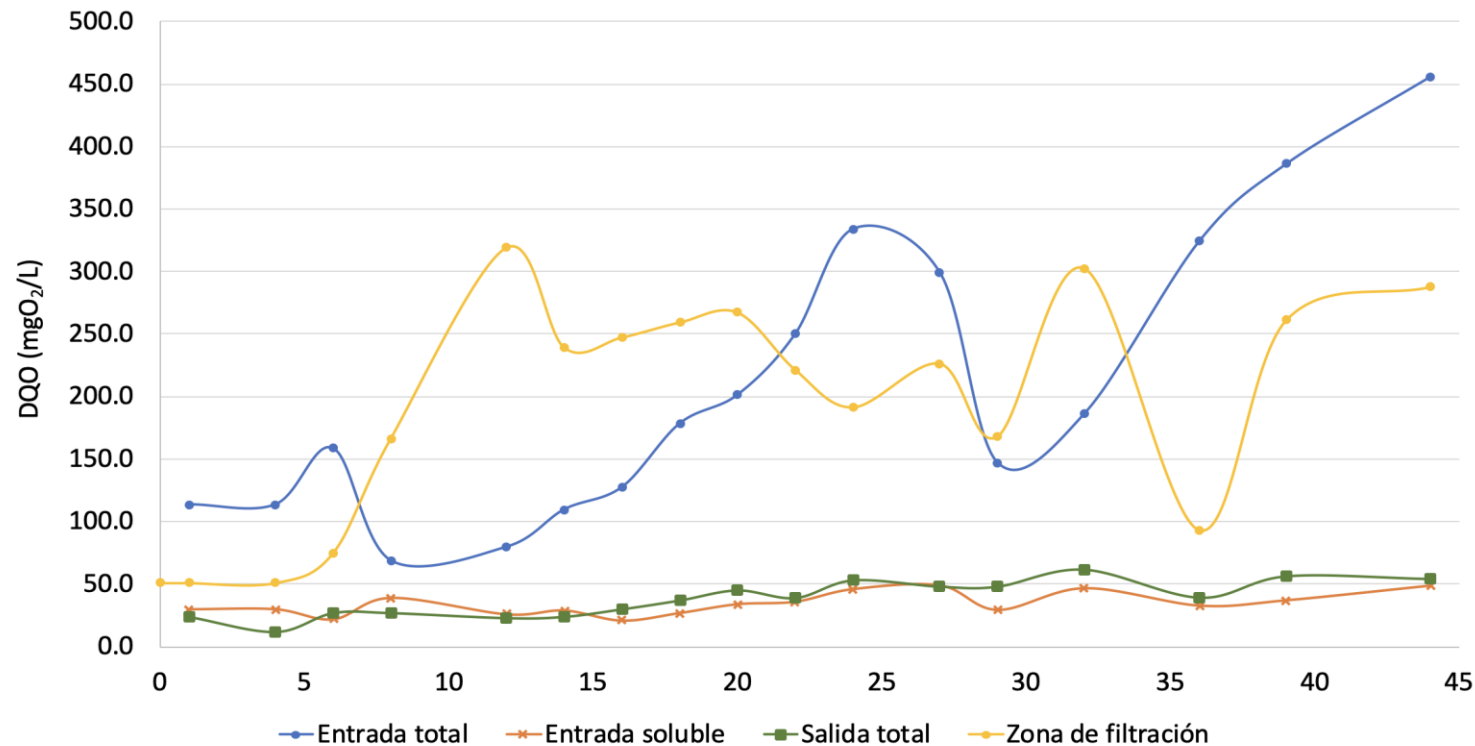
3ª Experiencia

4ª Experiencia

Datos a la salida

<i>tCOD (mg/L)</i>	51 (\pm 29)	64 (\pm 19)	38 (\pm 14)
<i>sCOD (mg/L)</i>	51 (\pm 29)	64 (\pm 19)	38 (\pm 14)
<i>TS (mg/L)</i>	1527 (\pm 83)	1519 (\pm 125)	1463 (\pm 193)
<i>VS (mg/L)</i>	338 (\pm 54)	395 (\pm 51)	380 (\pm 62)
<i>TSS (mg/L)</i>	0 (\pm 0)	0 (\pm 0)	0 (\pm 0)
<i>VSS (mg/L)</i>	0 (\pm 0)	0 (\pm 0)	0 (\pm 0)

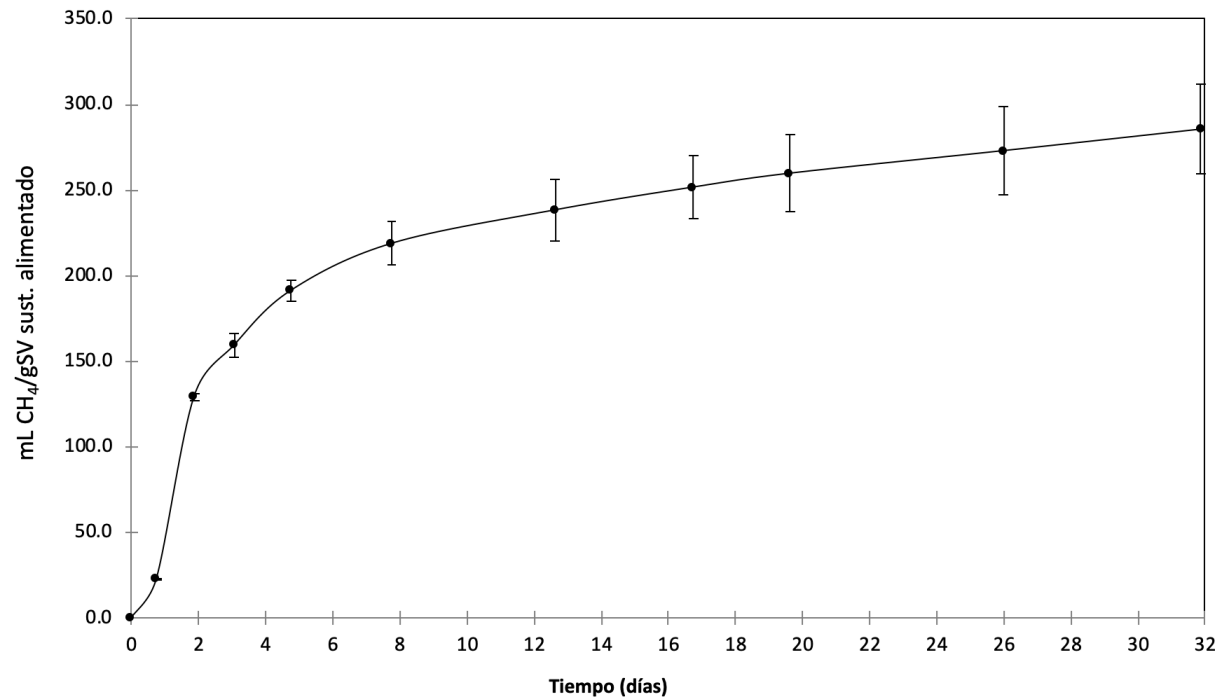
DQO - 4ª Experiencia

Sólidos
concentrados

Permeado

	2ª Experiencia	3ª Experiencia	4ª Experiencia
Concentración DQO (gO_2/L)	-	19 - 54	10 - 24
Concentración ST (g/L)	20 - 36	18 - 32	10 - 20

Potencial metanogénico



BMP sólidos concentrados

Producción específica de metano (valor promedio)

250 ± 28 mL CH₄/gSV_{sust. alimentado}

2ª Experiencia

3ª Experiencia

4ª Experiencia

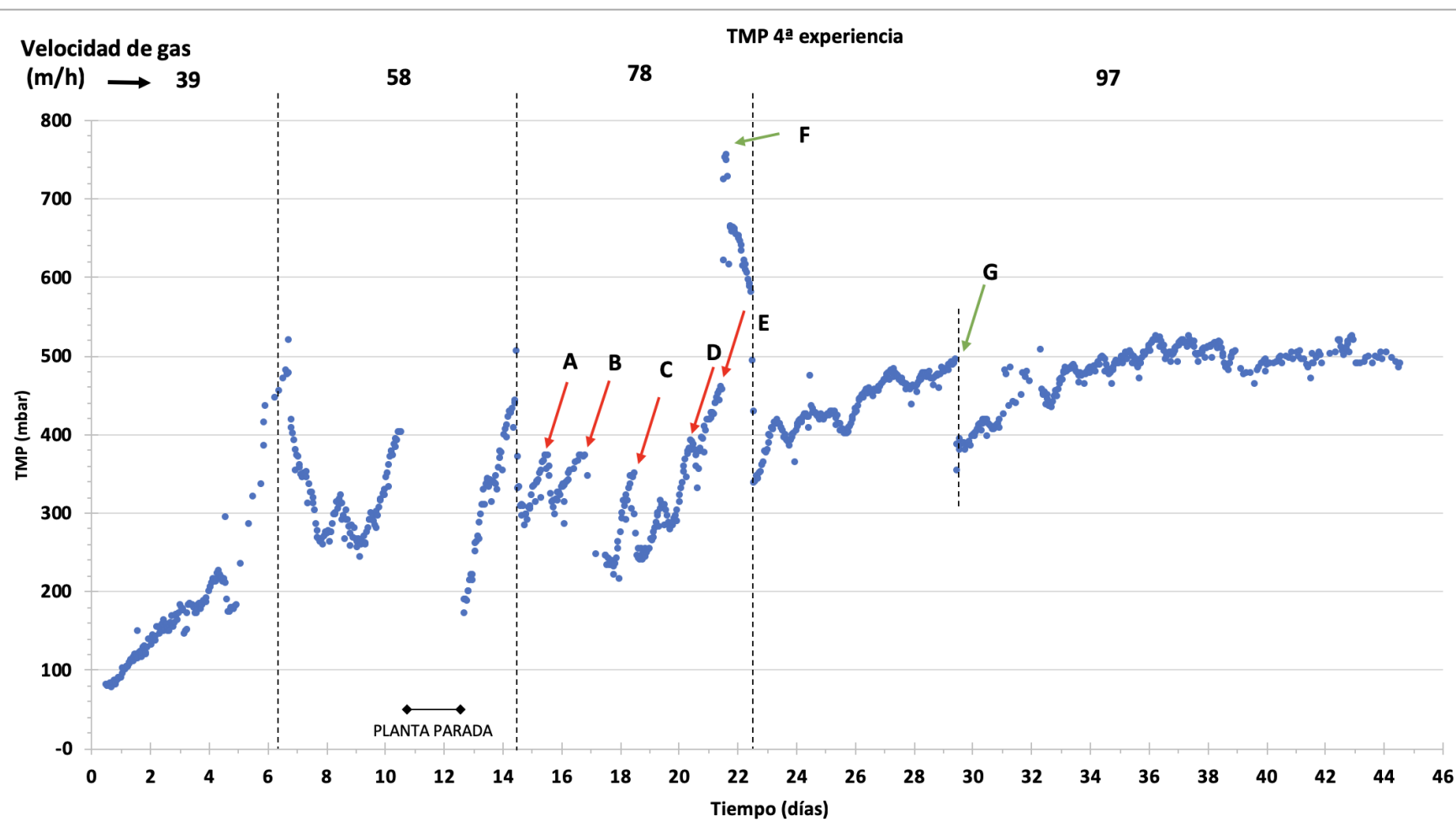
Intervalo promedio de TMP (mbar)

250 - 500

150 - 550

200 - 550

Evolución de la presión de filtrado para 4ª experiencia

Caudal de filtrado constante
(11.3 – 11.8 L/m².h)

A - Adición 3mL pol. aluminio

B - Adición 30 mL pol. aluminio

C - Adición 30 mL pol. aluminio

D - Adición 3 mL amina

E - Adición 30 mL amina

F – Contralavado con NaClO
(5L a 1000ppm)G – Contralavado con NaClO
(5L a 1000ppm) y ácido cítrico
(1L a 2%)

4

CONCLUSIONES

I

La Filtración Directa con Membranas es una tecnología viable capaz de **separar y concentrar los sólidos** del agua residual urbana, y permitir el aprovechamiento energético de los mismos mediante tratamiento anaerobio.

II

A nivel piloto, ha sido posible mantener la membrana operativa durante más de **40 días** antes de cualquier tipo de lavado con flujos de filtrado **moderados**, en torno a **10L/m².h**, y caudal específico de gas (SGDp) en torno a **90 m³/m³**.

III

El **diseño del taque** de membrana ha sido importante para conseguir altas concentraciones de sólidos sedimentados (**45gST/L**) y bajas concentraciones en la zona de filtración (**4.4gST/L**)

IV

La adición de coagulantes disminuye la presión de filtrado. Sin embargo es necesario estudiar el efecto sobre la membrana de determinados compuestos.

V

La **aireación intermitente** permite la **disminución del consumo energético** y el control del ensuciamiento de la membrana.

¡Gracias por vuestra atención!

Thiago Antonio do Nascimento
thiagoantonio.br@gmail.com

Mar Peña Miranda
pena@iq.uva.es



Universidad de Valladolid

