

# Recuperación de metano disuelto de efluentes anaerobios mediante contactores de membrana

## *Proyecto RECH4*

**M. Izquierdo**

---



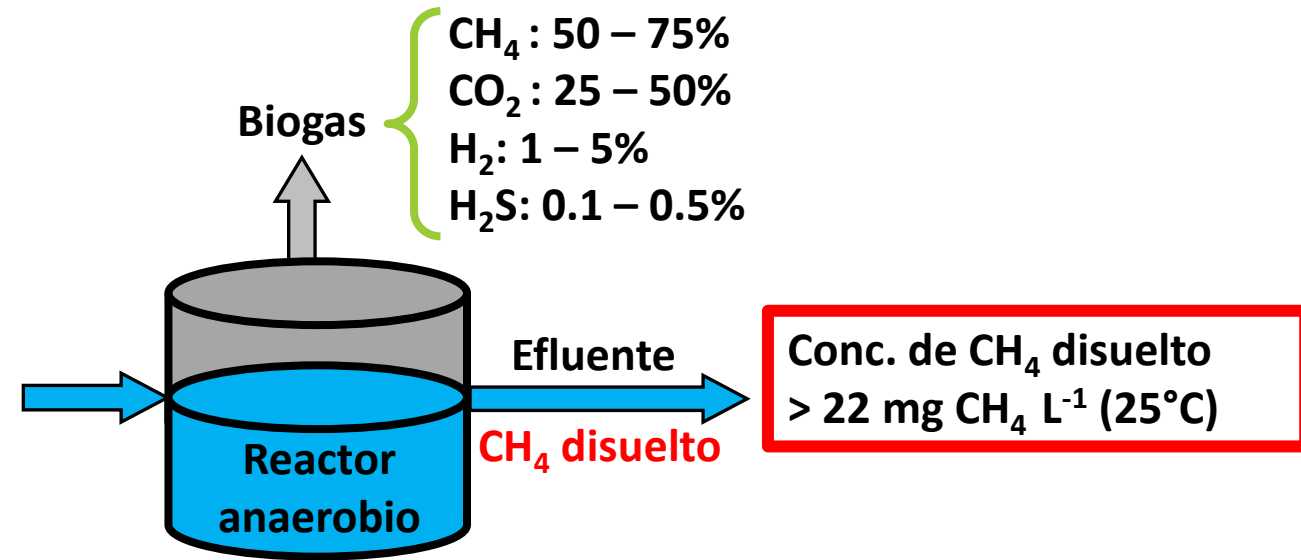
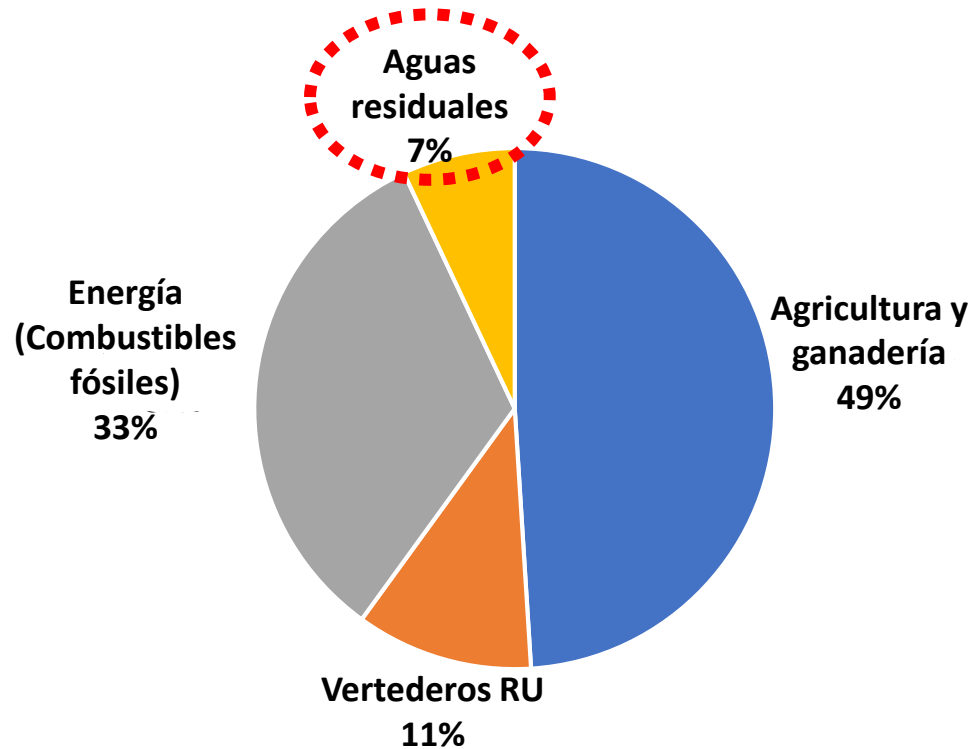
GENERALITAT  
VALENCIANA

GV/2019/149



# Antecedentes

## Emisiones de CH<sub>4</sub> EU-28 (2014) (AEMA, 2016)<sup>1</sup>



### Emisiones difusas

- ✓ Pérdida de fuente de energía
- ✓ Contribución al cambio climático ( $GWP_{CH_4} = 28$ )
- ✓ Atmósferas explosivas

Alcantarillado <0.14 mg CH<sub>4</sub>/L, UK

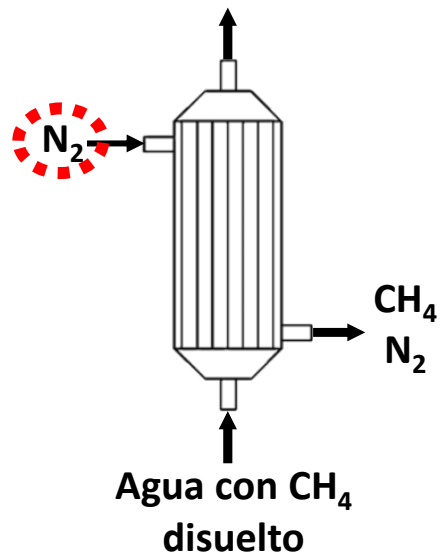
<sup>1</sup>Agencia Europea de Medio Ambiente, 2016. Data viewer on GHG

# Antecedentes

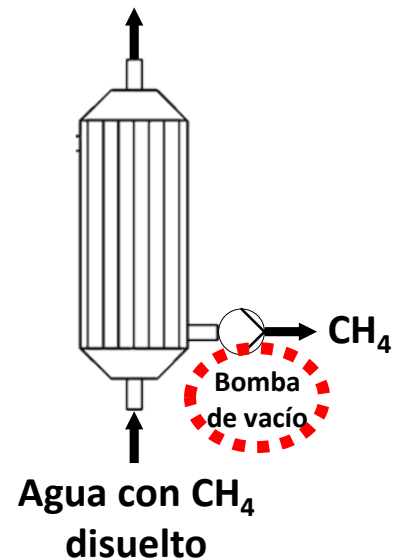
## Contadores de membranas poliméricas de fibra hueca

Aplicación emergente: eliminación de  $\text{CH}_4$  de aguas

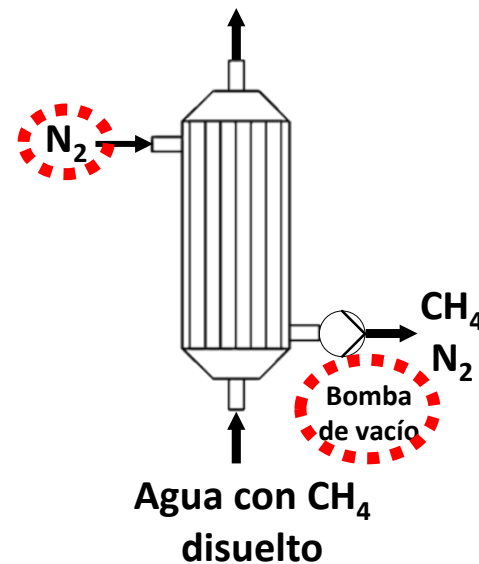
### Gas de arrastre



### Vacío



### Operación combinada



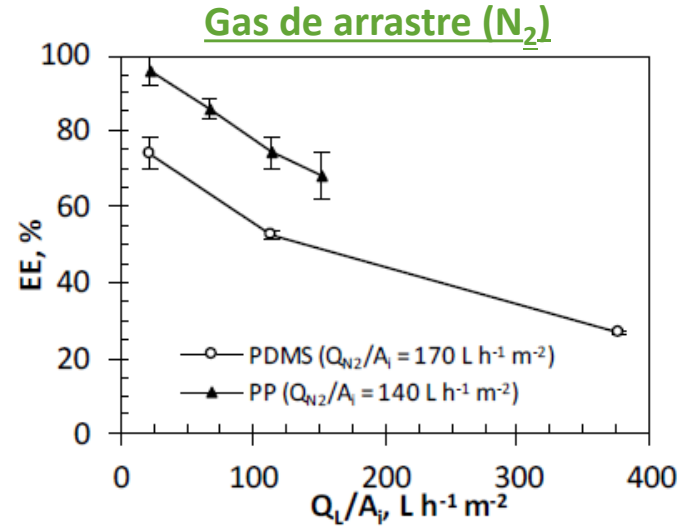
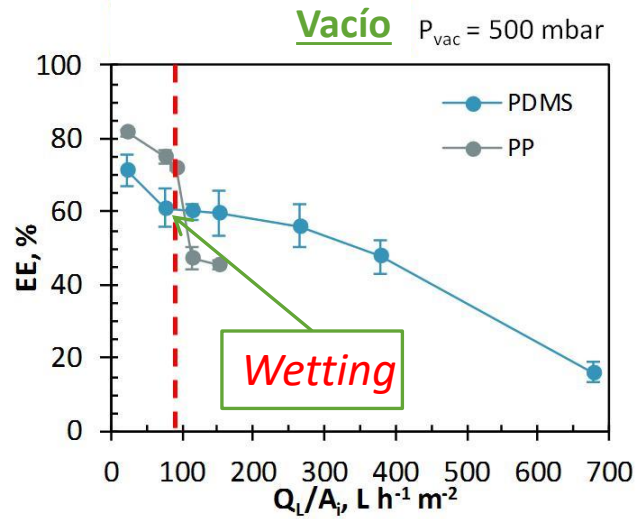
### Modos de operación

#### Fase gas:

- Gas de arrastre
- Vacío
- Modo combinado



## Estudios con contactores de PDMS y PP



<sup>2</sup>Henares et al., *Sep Purific.Tecnol.* 170 (2016), 22-29  
<sup>3</sup>Henares et al., *Sep Purific.Tecnol.* 186 (2017), 10-19  
<sup>4</sup>Henares et al., *J Membr Science* 563 (2018) 926–937

### Membrana porosa de PP

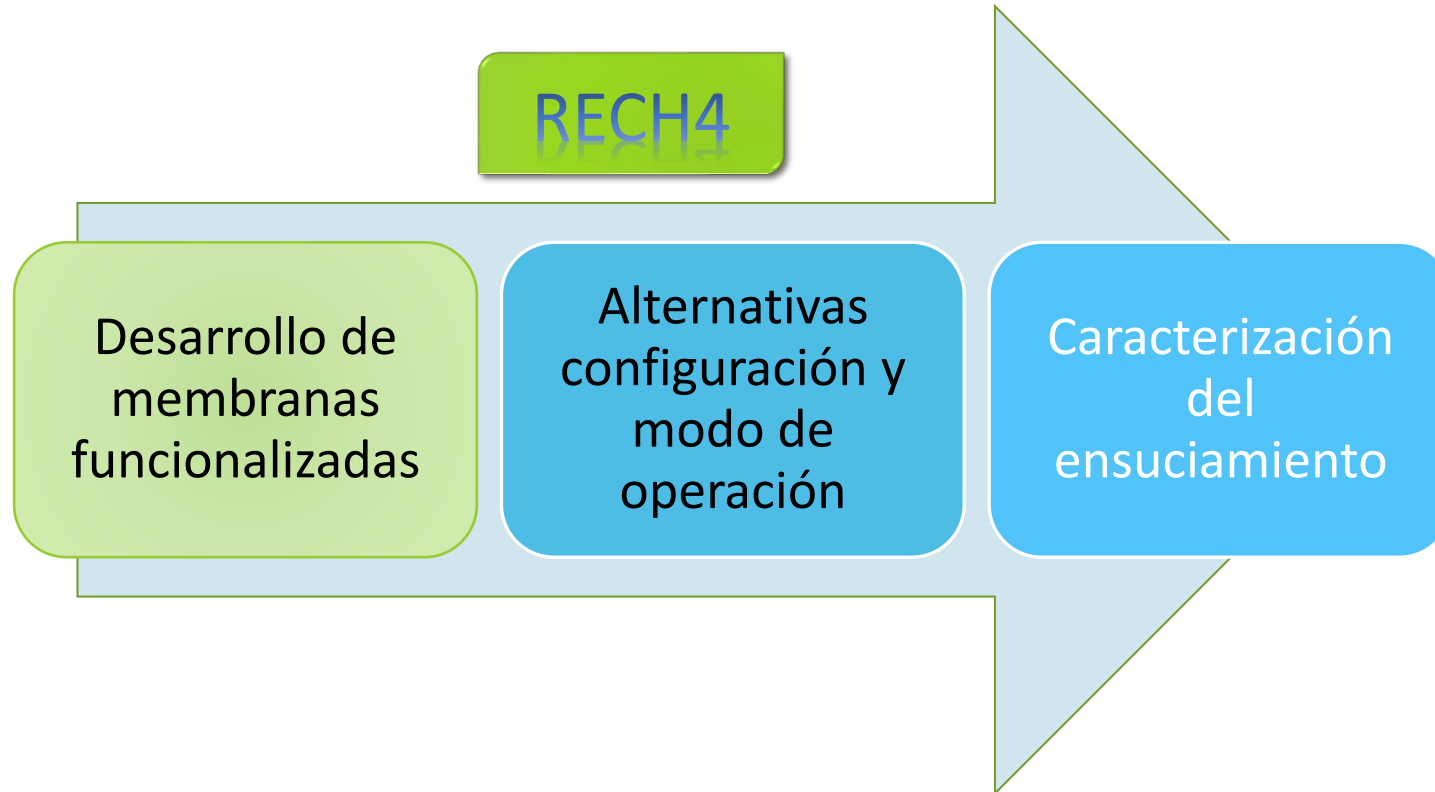
Mayor EE que PDMS

Aparición de mojado de poros a vacío (*wetting*)

EE > 90% con elevada  $P_{vac}$  (800 mbar) o gas de arrastre ( $G/L > 1$ )

**Modo combinado vacío+arrastre**

## *Optimización de la recuperación de metano disuelto en efluentes de reactores anaerobios mediante tecnología de membranas*



## Protocolo de modificación superficial (Membrana porosa de fluoruro de polivinilideno, PVDF)

### Activación membrana

- Muestras de 2x2cm
- 10 mL **NaOH** (0.04 – 50%wt)
- t = 60 or 120 min; T = 40, 50 or 60°C

### Funcionalización

- **Solución Dynasylan® F8261 /TEOS**
- 8 mL al 5 o 20% en IPA
- Rel. másica 1:1, 1:2, 4:1, 1:4
- t = [1 – 6] h; T = 25°C

### Curado

- T= 60 °C
- t =[1 – 30] h

### NaOH

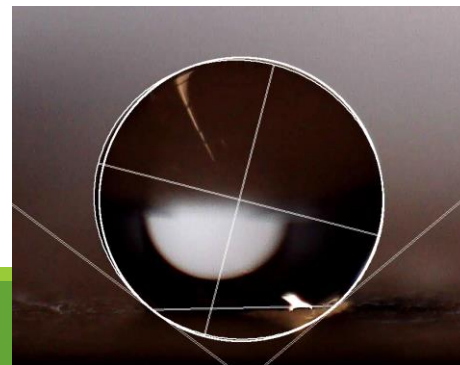
Deshidrofluoración del PVDF  
Formación de grupos hidroxilos

### Fluoroalquilsilano + Tetraortosilicato (precursor)

Condensación de silanoles formados por hidrólisis de TEOS

**Injerto de la cadena fluoroalquilo del Dynasylan por reacción con los silanoles**

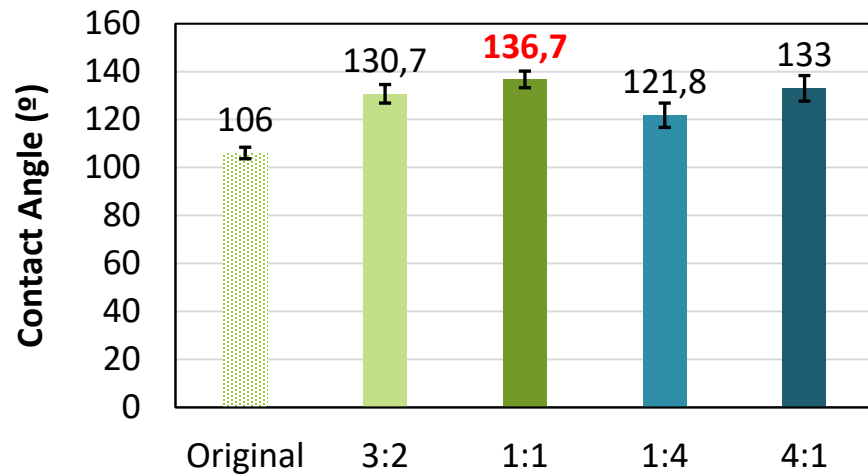
### Ángulo de contacto estático (CA)



## Resultados preliminares

➤ **Activación:** condiciones moderadas para evitar degradación del soporte PET (5% NaOH, 50°C, 60 min)

➤ **Funcionalización y curado:**



\*Curado: 60°C, 60 min      Dynasylan:TEOS

- Incremento del CA de 106° a 137°
- Dyn:TEOS = 1:1 y 4:1
- Tiempo de funcionalización <2h
- Tiempo de curado <7 h

### Ensayos en servicio: módulo plano



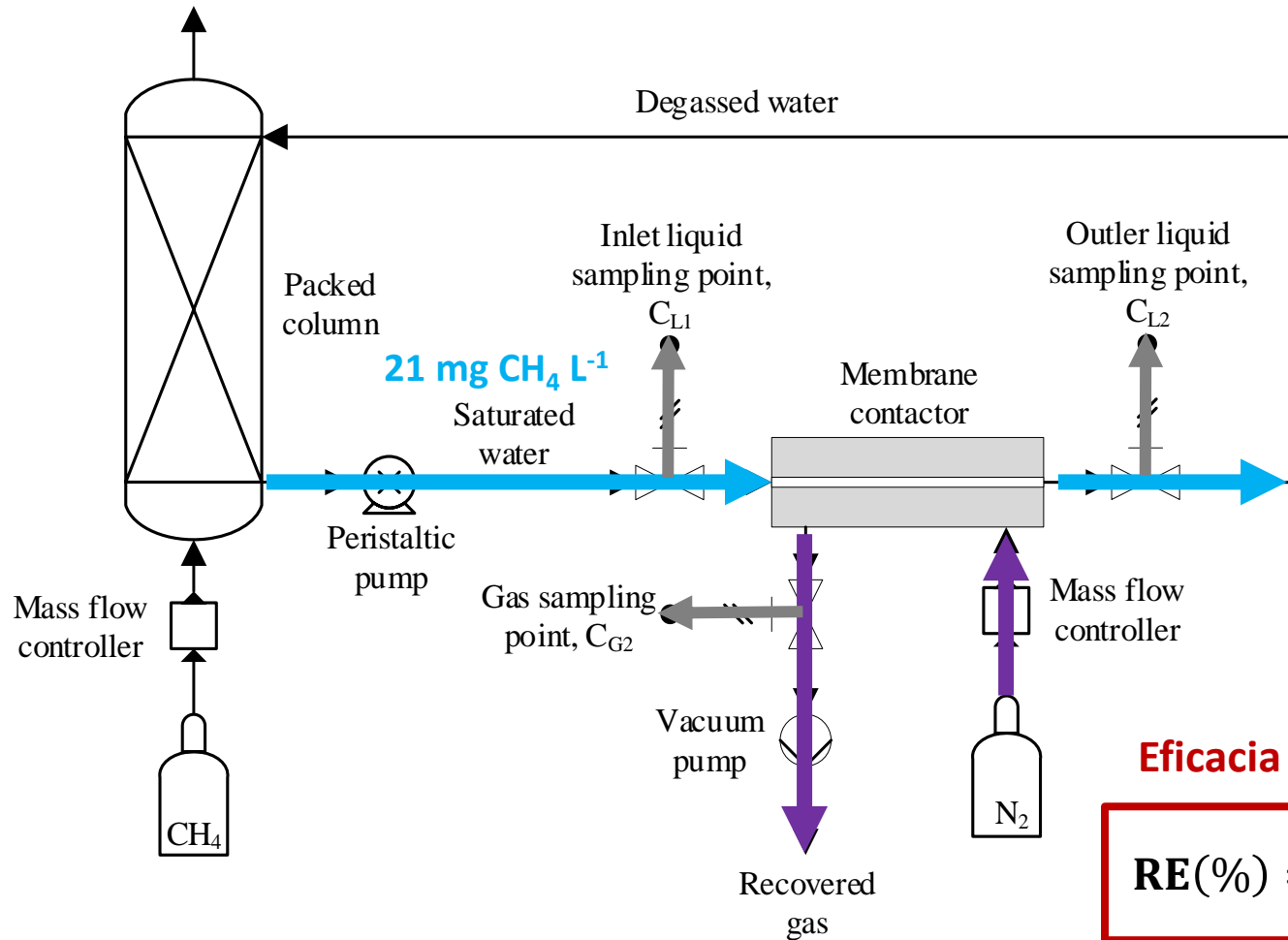
## Evaluación del uso del modo combinado de vacío y gas de arrastre en una contactor de membrana de PP para la recuperación de CH<sub>4</sub> disuelto de agua

- Comparación del rendimiento de la operación combinada con vacío y gas de arrastre
- Estudio del efecto de los parámetros operacionales (caudal de líquido y de gas de arrastre y presión de vacío)
- Análisis energético del proceso mediante el cálculo de la energía neta producida a partir del metano recuperado (Net E)

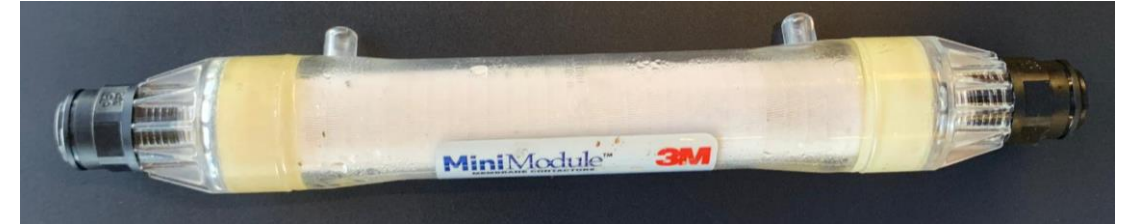


# El proyecto RECH4. *Modo combinado (vacío + arrastre)*

## Montaje experimental



## Contactor de membrana porosa PP



Área interna efectiva (A <sub>i</sub> ), m <sup>2</sup>	0.180
---	-------

### CONDICIONES DE OPERACIÓN (36 tests)

Caudal de líquido (Q <sub>L</sub> ), L h <sup>-1</sup>	5 – 28
Caudal gas arrastre (Q <sub>G</sub> ), L h <sup>-1</sup>	0.5 – 2.3
Presión vacío (P <sub>vac</sub> ), mbar	0 – 480

### Eficacia de eliminación CH<sub>4</sub>

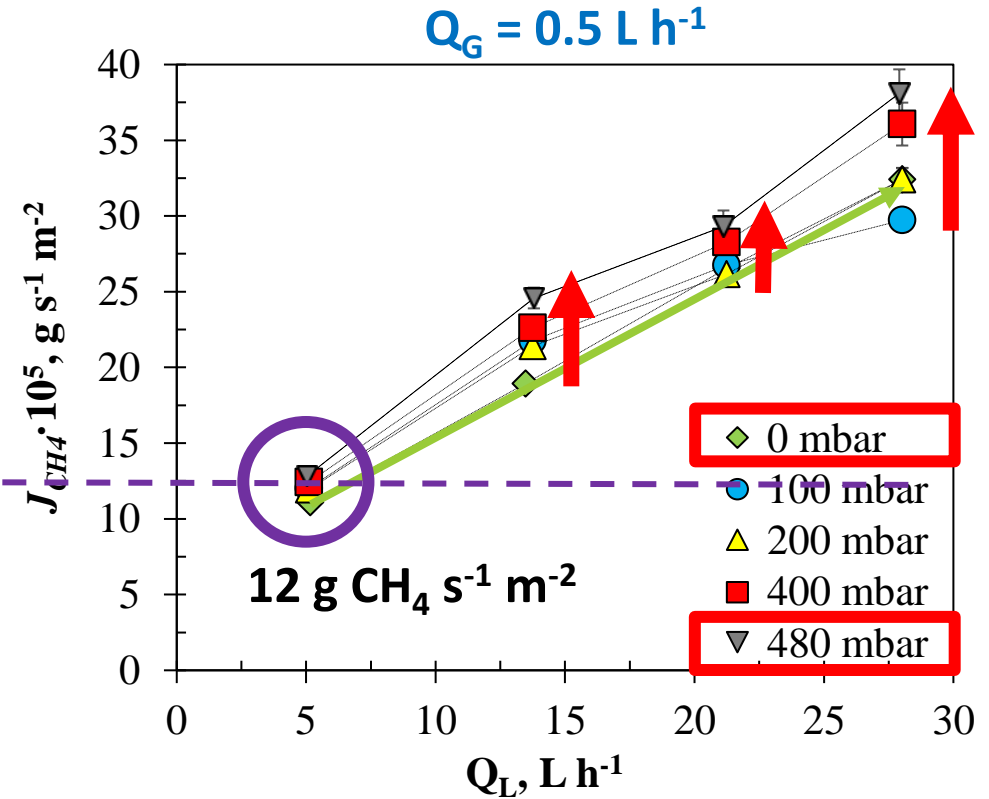
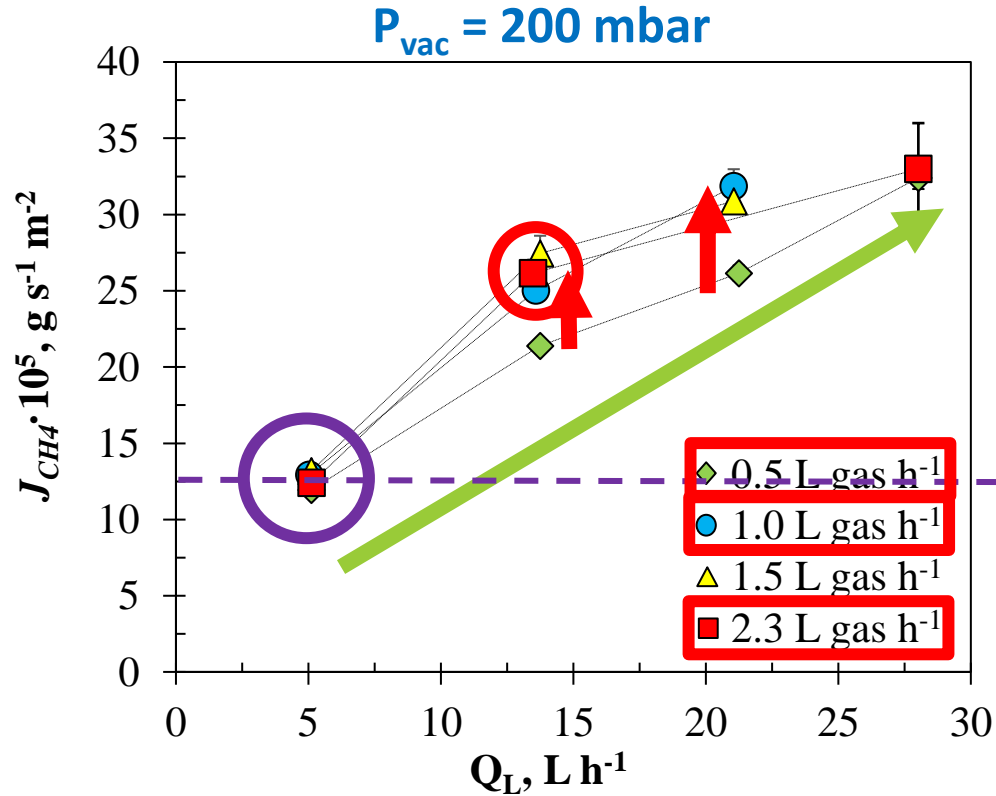
$$RE(\%) = \frac{C_{L1} - C_{L2}}{C_{L1}} \cdot 100$$

### Flujo de CH<sub>4</sub>

$$J_{CH4}(\text{g s}^{-1} \text{m}^{-2}) = \frac{(C_{L1} - C_{L2}) \cdot Q_L}{A_i}$$

# El proyecto RECH4. *Modo combinado (vacío + arrastre)*

## Resultados: efecto de los parámetros operacionales sobre el flujo de CH<sub>4</sub>

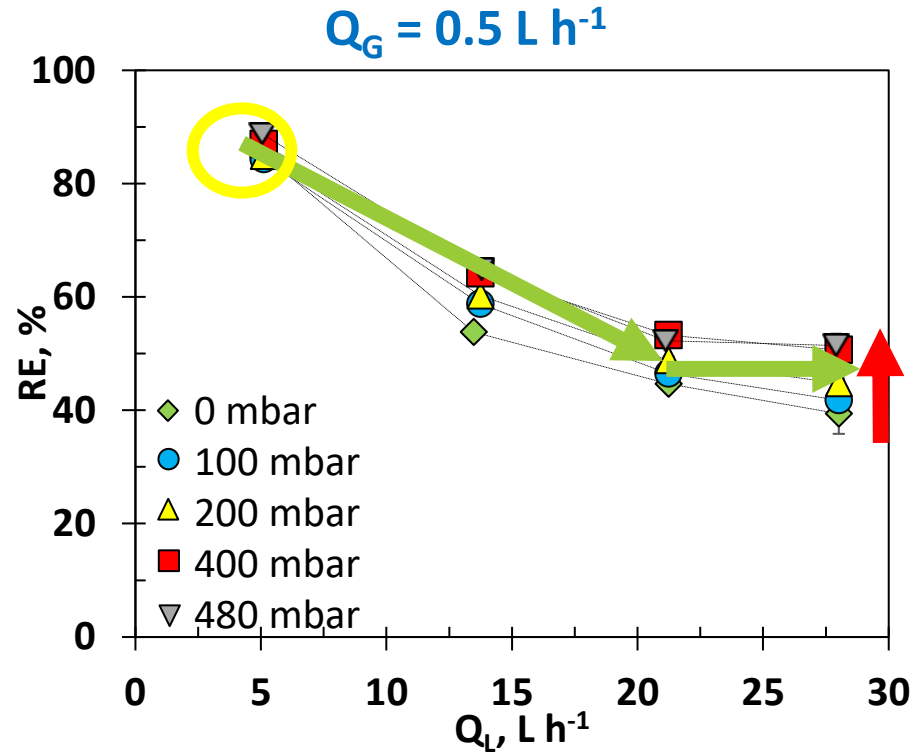


Flujo de metano fuertemente dependiente del  $Q_L$   
Resistencia a la transferencia de material limitante:  
fase líquida

Mayor flujo de metano en modo  
combinado con bajo caudal de gas que en  
modo gas de arrastre

# El proyecto RECH4. *Modo combinado (vacío + arrastre)*

## Resultados: efecto de los parámetros operacionales sobre la RE

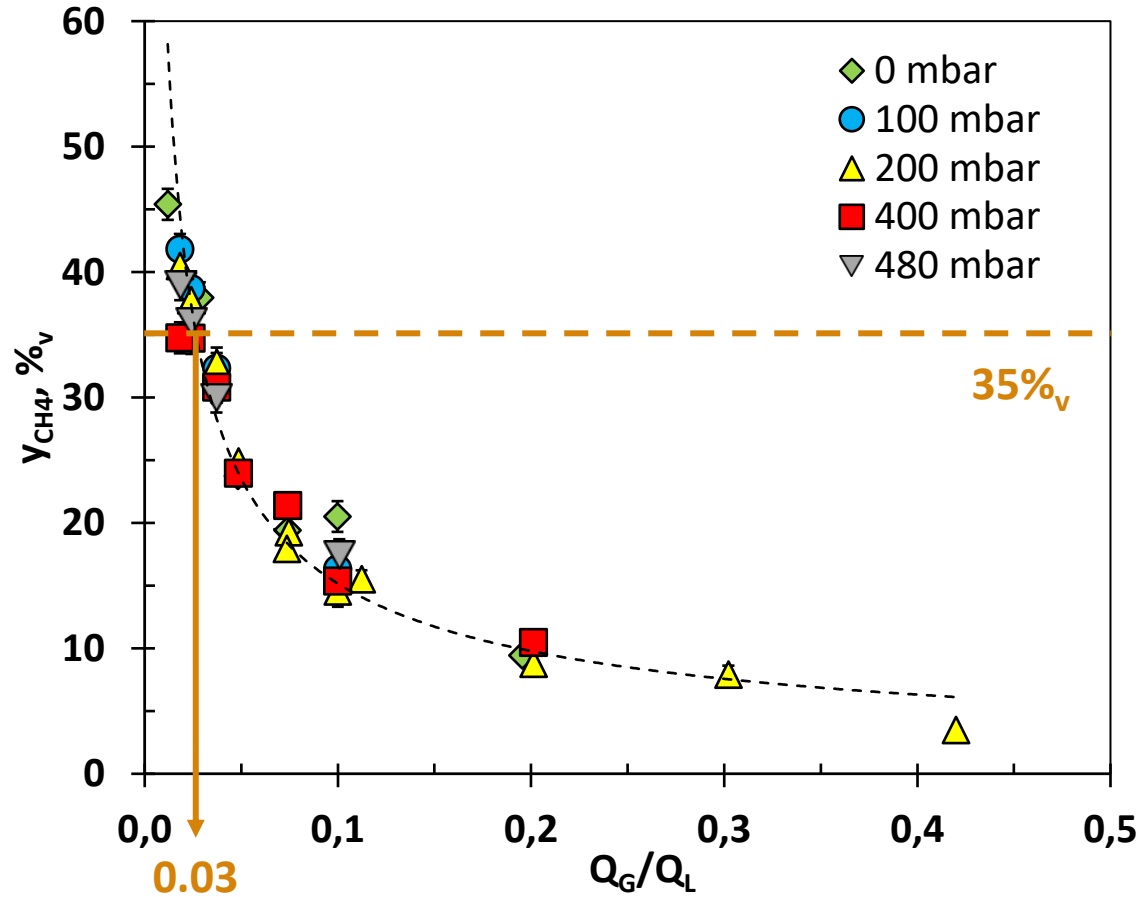


$P_{\text{vac}} = 140 - 200 \text{ mbar}$		
$Q_L, \text{ L h}^{-1}$	RE, % ( $Q_G = 0.5 \text{ L h}^{-1}$ )	RE, % ( $Q_G = 0$ )
4 - 5	85	69
27 - 28	45	32

**Mayor EE en modo combinado que utilizando solo vacío**

# El proyecto RECH4. *Modo combinado (vacío + arrastre)*

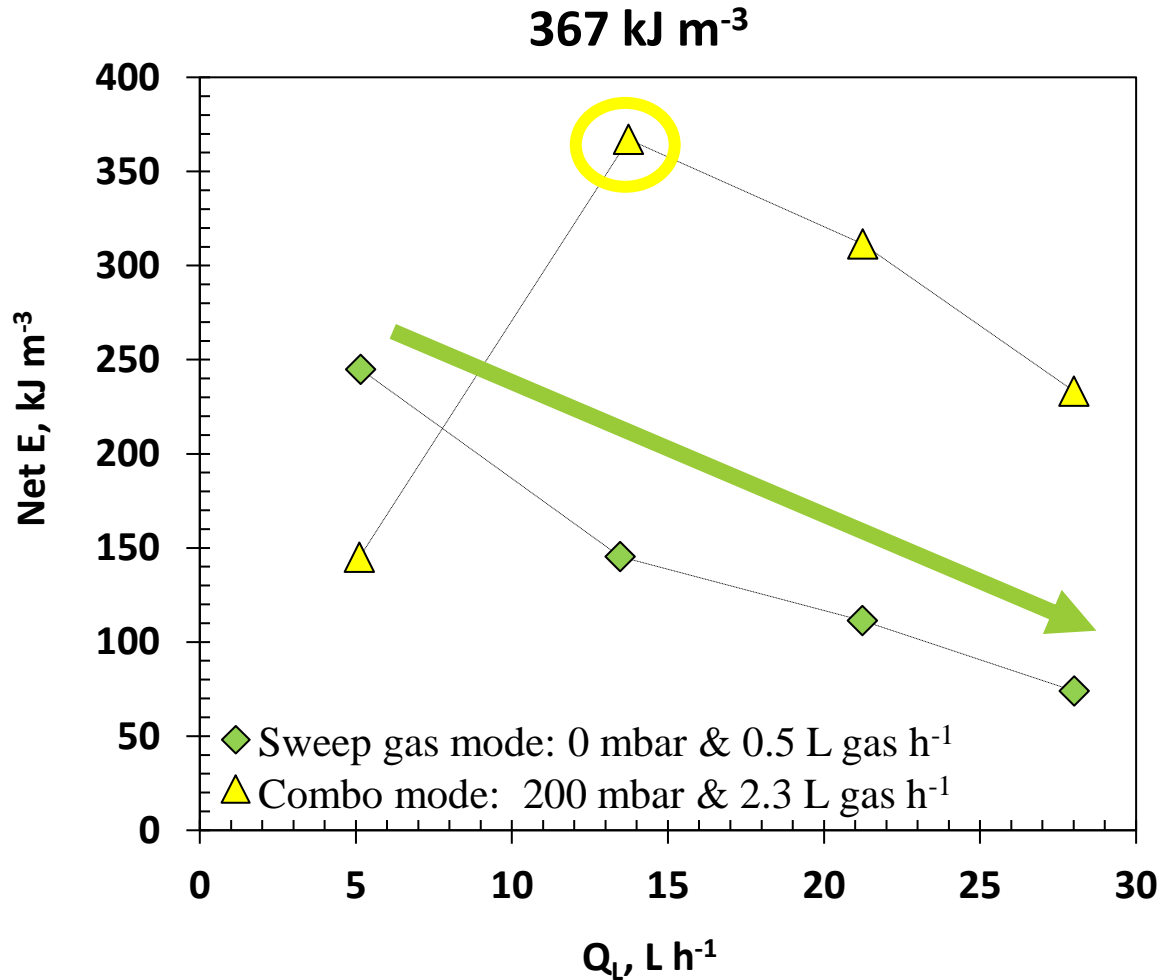
## Resultados: efecto de los parámetros operacionales sobre el contenido de CH<sub>4</sub>



Contenido en metano depende de G/L  
pero no de la presión de vacío

# El proyecto RECH4. Modo combinado (vacío + arrastre)

## Resultados: balance de producción de energía



Producción energía > Consumo energético  
Modo combinado → Energía neta positiva

Modo gas de arrastre: descenso de la E neta  
con el caudal de líquido

Modo combinado: consumo E del vacío  
Se observa un máximo

Journal of Membrane Science 617 (2021) 118560

Contents lists available at ScienceDirect



ELSEVIER

Journal of Membrane Science

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/memsci>



Simultaneous application of vacuum and sweep gas in a polypropylene membrane contactor for the recovery of dissolved methane from water

R. Jiménez-Robles, C. Gabaldón, V. Martínez-Soria, M. Izquierdo\*

Research Group GI<sup>2</sup>AM, Department of Chemical Engineering, University of Valencia, Avda. Universitat s/n, 46100, Burjassot, Spain

# Conclusiones y trabajo futuro

- ✓ Las condiciones de funcionalización (concentración de disolución y relación funcionalizador/TEOS) deben ser optimizadas y realizar prueba de validación en módulo plano.
- ✓ Operación en modo combinado mostró mayores EE y contenido en metano que modo vacío y gas de arrastre, a bajos caudales de gas y presiones de vacío.
- ✓ La energía neta obtenida a partir del metano recuperado en modo combinado fue positiva en todas las condiciones.
- ✓ Contenido en metano dependiente de la relación  $Q_G/Q_L$  y es independiente de la presión de vacío
- ✓ Se recomienda un valor máximo de  $Q_G/Q_L$  de 0.03 para obtener concentraciones > 35%.

# Recuperación de metano disuelto de efluentes anaerobios mediante contactores de membrana

## *Proyecto RECH4*

**M. Izquierdo**

---



GENERALITAT  
VALENCIANA  
GV/2019/149

