Plantas de Biogás Inteligentes: Gemelos Digitales para Impulsar la Producción y el Crecimiento Estratégico

Christian Aragón-Briceño[1], *Carlos Gonzalez-Niño*[1]

[1]*CIRCE - Research Centre for Energy Resources and Consumption, Parque Empresarial Dinamiza, Ave. Ranillas 3D, 1st Floor, 50018 Zaragoza (Spain)*

Autor Correspondiente: caragon@fcirce.es

INTRODUCTION

La creciente demanda de biometano impulsa a las plantas de digestión anaerobia a aumentar su productividad, al tiempo que constituyen una fuente **estratégica de CO_2 y CH_4 biogénicos** para futuras cadenas de valorización industrial. Sin embargo, la variabilidad de los sustratos y las condiciones de operación pueden afectar a su estabilidad, eficiencia y disponibilidad de carbono renovable. En el marco del **proyecto CERNET**, CIRCE ha desarrollado un **gemelo digital para digestores anaerobios** basado en un enfoque híbrido que combina modelado fisicoquímico del proceso, inteligencia artificial y algoritmos de optimización.

A diferencia de las soluciones digitales convencionales, centradas principalmente en el rendimiento de los equipos, esta herramienta **simula el propio proceso biológico**, permitiendo **anticipar el comportamiento del reactor ante cambios en la alimentación** y en las condiciones de operación. El gemelo digital busca apoyar decisiones operativas y de inversión más inteligentes, **maximizando la producción de biogás**, optimizando la gestión de sustratos, reduciendo paradas no planificadas y mejorando la **estabilidad, rentabilidad y escalabilidad** de las plantas.

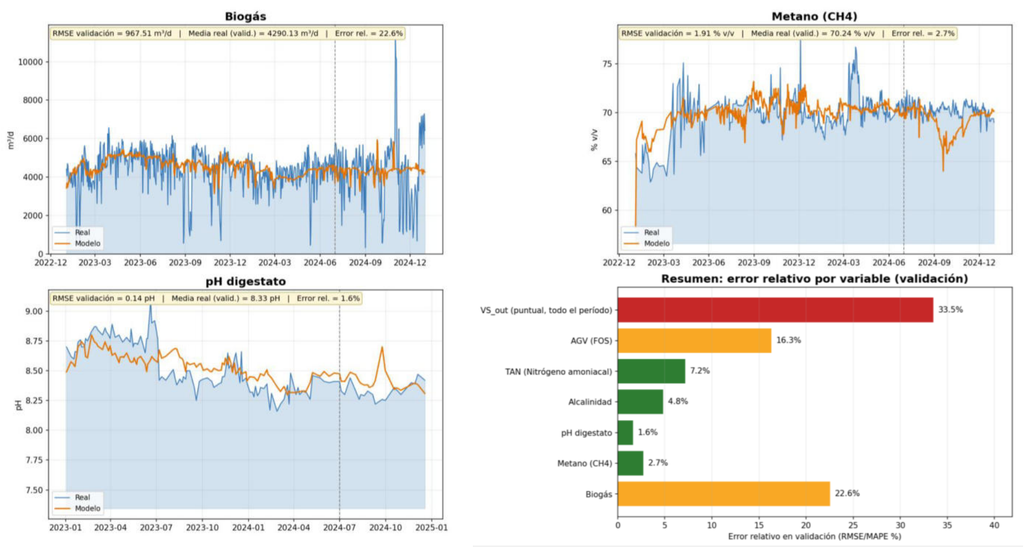
CONCEPTO

- **Modelo híbrido:** combina ADM1, inteligencia artificial y algoritmos de optimización para reproducir el comportamiento del digestor anaerobio y anticipar su evolución.
- **Datos dispersos, información continua:** integra medidas en continuo, análisis periódicos y caracterizaciones esporádicas para compensar la falta de monitorización en tiempo real.
- **De los datos a la decisión:** convierte la información disponible en una herramienta predictiva de alto valor para mejorar la eficiencia, reducir la incertidumbre y aumentar la rentabilidad de las plantas.

Resultados y próximos pasos

- **Construcción de modelo.** El actual modelo ha sido construido con un set de datos de planta real (2022-2024). Se han incluido las variables para predecir el biogás, porcentaje de metano, sólidos volátiles y pH del digestato.
- **Estado del modelo:** Los resultados presentados son ***primeros enfoques*** ya validados que alcanzan hasta un ***porcentaje de predicción cercano al 80%.*** Además, se están afinando estados internos que pueden predecir el estado de salud del digestor como lo son nitrógeno amoniacal, FOS/TAC y alcalinidad.
- **Siguientes pasos:** Se están testeando las estrategias más optimas de hibridación de modelos para incrementar el porcentaje de certidumbre de predicción de las variables mencionadas, donde se ***plantea alcanzar predicciones mayores a un 90%***.

Modelo vs Datos Reales
Métricas de error calculadas sobre el período de validación (2022-2024)



Agradecimientos: El proyecto (acuerdo de subvención número 101214604) cuenta con el apoyo de Circular Bio-based Europe Joint Undertaking y sus miembros, y está financiado por la Unión Europea. Sin embargo, las opinions y puntos de vista expresados son exclusivamente de los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni de la CBE JU. Ni la Unión Europea ni la CBE JU se responzabilizan de ellas.