GEMELO DIGITAL PARA REACTORES ANAEROBIOS EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Monitorización avanzada, simulación y apoyo a la decisión para plantas de tratamiento anaerobio y producción de biogas

Desarrollado en el contexto del proyecto europeo “Digital Twin for Cost-Efficient Treatments of Wastewater in Anaerobic Reactors – DT4ART”. Este proyecto ha recibido financiación del programa Eurostars-3 (2023, CoD4) con cofinanciación del CDTI y del Programa Marco de Investigación e Innovación Horizonte Europa de la Unión Europea

Gobierno de España · Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades · CDTI Innovación · Cofinanciado por la Unión Europea · eureka

1 RETO INDUSTRIAL

La operación de digestores anaerobios en la industria agroalimentaria presenta múltiples desafíos que impactan en la estabilidad y eficiencia.

- Variabilidad del afluente y de la carga orgánica
- Riesgo de acidificación y acumulación de AGV
- Visibilidad limitada del estado biológico del reactor
- Medidas de laboratorio tardías y detección reactiva
- Espumas, sedimentación y problemas de mezcla
- Incertidumbre en la producción de biogás y metano
- Limitada digitalización y disponibilidad online de los datos de proceso

Los principales retos son la variabilidad del proceso, la falta de visibilidad en tiempo real y el riesgo de inestabilidad biológica

2 ¿QUÉ ES EL GEMELO DIGITAL?

Una réplica virtual del reactor anaerobio, conectada a su activo real y ejecutándose en tiempo real para estimar el estado del proceso, anticipar incidencias y apoyar la toma de decisiones operativas. La metodología desarrollada en este proyecto se puede adaptar a cualquier instalación de biometano.

Réplica virtual
Modelo dinámico del reactor en tiempo real.

Estado estimado en tiempo real
Estimación continua del estado y de variables clave.

Integración de datos y modelos
Combina datos de planta con modelos bioquímicos.

Soporte al operador
Herramientas para decidir con mayor confianza.

3 ARQUITECTURA Y COMPONENTES

IoT / SCADA e integración de datos
Conectores con sistemas de planta y protocolos industriales.

Modelo bioquímico basado en ADM1
Modelo cinético avanzado del proceso anaerobio.

Reconciliación y calibración automática
Ajuste continuo para reflejar el comportamiento real.

Interfaz, dashboard y API
Visualización, análisis y acceso programático a los datos.

Despliegue modular en edge o cloud
Flexible, seguro y escalable según sus necesidades.

Arquitectura basada en microservicios, agnóstica al hardware, modular y escalable.

4 CAPACIDADES CLAVE

Monitorización en tiempo real
Seguimiento continuo de variables críticas del reactor.

Sensores virtuales
Estimación de variables no medidas directamente.

Alertas tempranas
Detección proactiva de inhibiciones o inestabilidad.

Predicción de biogás
Forecast de producción y rendimiento futuro.

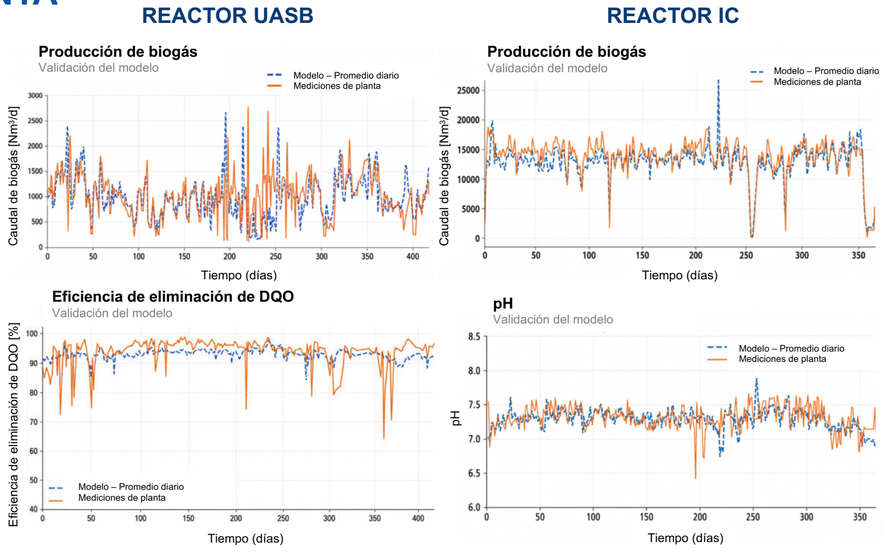
Simulación de escenarios
Evaluación de cambios operativos antes de aplicarlos.

Recomendaciones y optimización
Apoyo a la operación para maximizar estabilidad y rendimiento.

5 VALIDACIÓN EN PLANTA

- Validado con datos reales de 3 reactores a escala industrial.
- Casos representativos: 2 reactores IC y 1 reactor UASB.
- Comparación histórica entre modelo y planta.
- Variables comparadas: producción de biogás, pH, eficiencia de eliminación de DQO y alcalinidad.
- Sincronización y actualización del gemelo digital cada 15 minutos.

Buena correlación entre los valores medidos y los resultados predichos



6 INTERFAZ Y ANÁLISIS

- Configuración de simulaciones y escenarios
- Visualización de resultados históricos en tiempo real
- Soporte para análisis forense y entrenamiento de operadores
- Accede a un video de demostración del gemelo digital

7 DESPLIEGUE E INTEGRACIÓN

1. Auditoría de datos
2. Configuración inicial
3. Calibración histórica
4. Despliegue piloto
5. Feedback de operación
6. Integración completa
7. Mejora continua

Plazo estimado de implementación: 1–2 meses

Protocolos de acceso admitidos
REST/HTTP API, OPC UA, MQTT, Modbus TCP, EtherNet/IP / Profinet / S7 y conexión offline.

8 DATOS RECOMENDADOS

- Caudal de biogás
- Caudal de agua residual tratada
- Temperatura del reactor
- pH (entrada y salida)
- AGV y alcalinidad
- DQO (entrada y salida)
- Nitrógeno Kjeldahl total
- Nitrógeno amoniacal
- Dosificación de urea (si aplica)

El sistema es flexible y puede adaptarse a la disponibilidad y frecuencia de los datos

9 BENEFICIOS

Proceso y fiabilidad
- Mayor estabilidad del proceso
- Reducción del riesgo de fallo
- Diagnóstico más rápido

Rendimiento y coste
- Incremento de la producción de biogás
- Menores costes de operación
- Mejor aprovechamiento del sustrato

Control y transparencia
- Mejor trazabilidad
- Mayor transparencia operativa
- Mejor soporte a la toma de decisiones

De los datos del reactor a la inteligencia operativa

ND · electro ingenium · bioreal environmental innovators · Università di Verona · Veolia

Contacto: Antonio Gómez · agomez@nabladot.com