

La monitorización del digestor anaerobio ayuda a evitar contratiempos en el proceso y a maximizar la producción de biogás



Introducción a la digestión anaerobia

La digestión anaerobia es una tecnología utilizada comúnmente en los procesos de estabilización de sólidos tanto municipales como industriales. La estabilización es un proceso que reduce el contenido de patógenos en los fangos durante el proceso de tratamiento, lo que hace que el producto sea seguro para un uso posterior o para su eliminación. La digestión anaerobia no solo se utiliza en diversos sectores privados, sino que también en aproximadamente el 10 % de las instalaciones de depuración de aguas residuales municipales.

La digestión anaerobia se diferencia de otros procesos de estabilización por su potencial para generar energía a partir del biogás recuperado. El biogás es un subproducto del proceso de digestión que se puede utilizar en sistemas de calderas para la producción de calor y en motores o turbinas conectados a generadores para generar energía, e incluso se puede tratar aún más para producir otros combustibles, como el gas natural. La capacidad de capturar la energía que contienen nuestras aguas residuales hace de la digestión anaerobia una tecnología atractiva, ya que las instalaciones de depuración de aguas siguen trabajando para lograr que la recuperación de recursos sea un aspecto integrado en el cumplimiento de la normativa.

Los digestores anaerobios se alimentan con los fangos recogidos o generados por procesos realizados aguas arriba de la planta durante el tratamiento de las aguas, así como con grasas, aceites y residuos alimentarios e industriales capturados. Aunque existen muchas configuraciones específicas para digestores anaerobios (mesofílica, termófila, etc.), el objetivo sigue siendo el mismo: crear un entorno que promueva la descomposición controlada y estable de la materia orgánica a través de medios biológicos naturales. Esto se lleva a cabo en cuatro fases simultáneas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

Las bacterias que producen metano son sensibles a muchas condiciones del proceso, como la temperatura, el pH y la presencia de diversas toxinas.

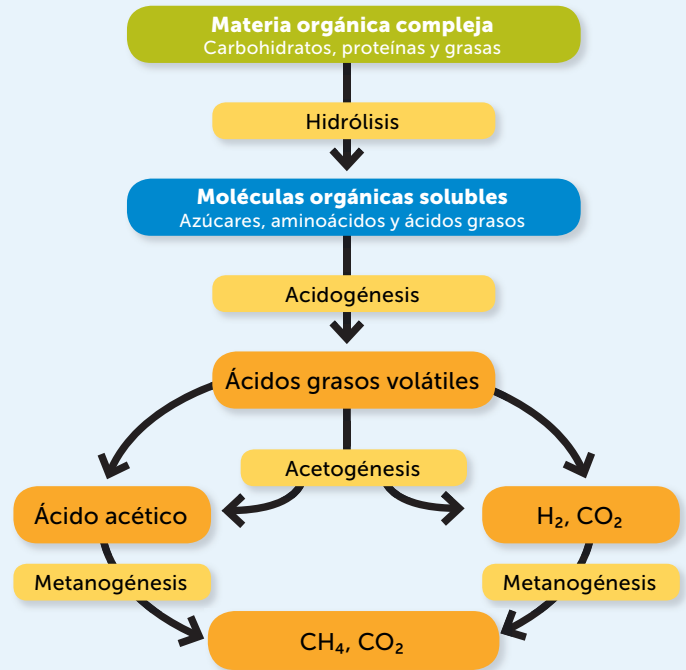


Medina County Sanitary Engineers: Planta de regeneración de aguas Kenneth W. Hotz

Medina County Sanitary Engineers respalda a los servicios públicos de Brunswick, Medina, y de otros muchos municipios. El condado cuenta con tres instalaciones de regeneración de aguas, entre las que se incluye la planta ahora denominada Kenneth W. Hotz, anteriormente conocida como la planta de tratamiento de aguas residuales de Liverpool. El condado financió unas mejoras en estas instalaciones para extraer más energía renovable del sistema del digestor anaerobio.

Descripción general del proceso de digestión anaerobia

1. **Hidrólisis:** la materia orgánica o las células se rompen, dando una forma más soluble
2. **Acidogénesis:** las moléculas orgánicas solubles se convierten en AGV mediante bacterias productoras de ácido
3. **Acetogénesis:** los AGV se degradan aún más, lo que produce ácido acético principalmente (los pasos 2 y 3 juntos se denominan fermentación)
4. **Metanogénesis:** los AGV y el hidrógeno se convierten en metano (biogás) y dióxido de carbono mediante bacterias productoras de metano



El rendimiento óptimo se da dentro de un rango de pH de 6,8 a 7,2. Si los niveles de pH del digestor caen, los metanógenos se pueden inhibir, lo que detendrá el proceso de digestión y la producción de biogás.

Esto se suele denominar "acidificación del digestor" y produce mal olor, consume mucho tiempo y supone una costosa avería del sistema, cuya recuperación puede llegar a costar decenas de miles de euros.

La estabilidad del digestor aumenta considerablemente cuando hay niveles de alcalinidad elevados. La alcalinidad se define como la capacidad de las soluciones para resistir cambios de pH en presencia de ácidos o bases. En los digestores anaerobios, la alcalinidad se consume durante la producción de AGV en la fase dos mencionada anteriormente. Afortunadamente, cuando los metanógenos convierten los AGV en metano se produce la alcalinidad de bicarbonato, como se ha indicado anteriormente en la fase tres. Los operadores del digestor pueden mantener un equilibrio saludable entre los AGV y la alcalinidad basándose en un control operativo cuidadosamente monitorizado de la velocidad de alimentación, la mezcla y el calentamiento.

Aunque se conocen bien los procesos de digestión anaerobia, los contratiempos del digestor o los problemas de recuperación ineficaz de energía siguen siendo retos a los que los operadores se enfrentan con regularidad.

La eficacia de la digestión anaerobia se puede mejorar considerablemente implementando tecnologías de pretratamiento que lisan las células con las que se alimenta

el digestor. El lisado de las células mejora la eficiencia, la captura de energía, la sostenibilidad medioambiental y la reducción de sólidos en el proceso de digestión. El proceso de hidrólisis térmica (THP) es una de esas tecnologías de pretratamiento. Dicho proceso utiliza una presión y un calor extremos para lograr estos resultados. Aunque el pretratamiento de fangos anaerobios puede mejorar enormemente el proceso de digestión, también se debe monitorizar cuidadosamente el sistema para no sobrealimentar el digestor.

Monitorización del digestor anaerobio

La monitorización típica del digestor anaerobio consiste en tomar muestras discretas periódicas (idealmente diarias) para el análisis en laboratorio de pH, alcalinidad y AGV. Aunque esto puede ser suficiente para aplicaciones muy uniformes, la mayoría de los digestores anaerobios están sujetos a un alto grado de variabilidad de las condiciones de funcionamiento. En tal caso, puede ser necesaria una monitorización adicional o una mayor frecuencia de muestreo para evitar contratiempos o simplemente para maximizar el rendimiento y la recuperación de energía.

La estabilidad del digestor y la recuperación óptima de la energía se pueden lograr de forma constante y segura con la ayuda de la monitorización continua de algunos de los principales indicadores del estado del digestor. En función de la sensibilidad del digestor a los cambios de temperatura y pH, a los operadores les puede resultar tentador monitorizar simplemente estas variables para evitar contratiempos. Sin embargo, este enfoque no es suficiente debido a la naturaleza del posible fallo. Básicamente, una vez que cambia el pH, la acidificación del digestor puede ser inevitable debido al agotamiento de la alcalinidad disponible. Llegados a este punto, es probable que la metanogénesis ya se haya inhibido. La monitorización directa y en tiempo real de la relación

entre los AGV y la alcalinidad producida en los digestores (AGV:ALC) es una herramienta más valiosa para el seguimiento del estado general del proceso de digestión anaerobia. Además de la relación AGV:ALC, los niveles específicos de alcalinidad de bicarbonato pueden ayudar a comprender la estabilidad del digestor respecto a la calidad del material tratado (por ejemplo, un nivel más alto de alcalinidad de bicarbonato se asocia con materiales con un mayor contenido proteico). Esta relación permite comprender mucho antes el estado de las bacterias productoras de metano, además de ayudar a los operadores a mantener un rendimiento y una recuperación de energía óptimos.

Caso práctico: Medina County Sanitary Engineers: Planta de tratamiento de aguas residuales de Liverpool (Ohio)

A principios de la década de 2010, Phil Cummings (director) y Dawn Taylor (director adjunto) de la planta de regeneración de aguas Kenneth W. Hotz (anteriormente conocida como la planta de tratamiento de aguas residuales de Liverpool) del condado de Medina, Ohio, se enfrentaron al reto de averiguar cómo mejorar el proceso de gestión de sólidos. La tecnología con la que contaban consistía en un proceso anticuado de oxidación por aire húmedo que consumía una gran cantidad de energía, por lo que requería una cantidad considerable de gas y electricidad para funcionar. Junto con sus consultores, el condado decidió avanzar en una dirección más sostenible desde el punto de vista medioambiental y más positiva desde el punto de vista energético: la digestión anaerobia con hidrólisis térmica.

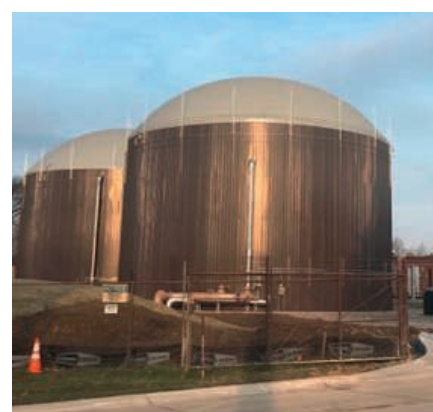
Relación AGV:ALC	Antecedentes	Medida
0,8	Cesa la producción de metano	Detener alimentación; añadir alcalinidad
0,6 - 0,7	Estabilidad del digestor crítica	Reducir o detener la alimentación; añadir alcalinidad
0,4 - 0,5	Condiciones anaerobias perturbadas	Reducir velocidad de alimentación; ajustar las condiciones de funcionamiento; considerar la posibilidad de añadir alcalinidad
0,3 - 0,4	Producción de biogás alta	Considerar reducir velocidad de alimentación o ajustar condiciones de funcionamiento
0,2 - 0,3	Producción de biogás moderada	Continuar monitorizando cuidadosamente las condiciones del digestor
<0,2	Producción de biogás baja o conservadora	Posibilidad de aumentar lentamente la alimentación para una mayor producción de gas

Acciones sugeridas para la evaluación de la relación AGV:ALC (adaptado de MOP 16 "Anaerobic Sludge Digestion" 1987).

Transición del tratamiento de aguas residuales a la recuperación de recursos

La ciudad se decantó por utilizar digestores anaerobios con pretratamiento de hidrólisis térmica para maximizar su recuperación de energía mediante una producción y captura de biogás óptimas. Para garantizar que la velocidad de alimentación del digestor fuera óptima y para monitorizar el estado del digestor de forma continua, el condado comenzó a buscar tecnologías de monitorización en continuo que complementaran los procedimientos estándar de laboratorio utilizados en la monitorización del estado de los digestores anaerobios (muestras discretas para AGV, alcalinidad y pH). Tras una búsqueda exhaustiva en el mercado, la planta decidió adquirir el analizador EZ7250 de Hach® para monitorizar los AGV, el bicarbonato, la alcalinidad y el pH del digestor en tiempo real. Esta tecnología resultó especialmente útil al poner en marcha el sistema del THP para asegurarse de que la velocidad de alimentación del digestor no provocara una producción excesiva de AGV, lo que podía conducir a la inhibición de los niveles de pH para las bacterias productoras de metano, al tiempo que garantizaba la producción máxima de biogás.

La relación óptima de AGV:ALC puede variar en función de la aplicación. En los sistemas municipales, una proporción saludable de AGV:ALC puede estar en el intervalo de 0,15 a 0,3, o llegar incluso a 0,4 cuando se implementa junto con procesos de eliminación biológica del fósforo. En el caso de las aplicaciones puramente industriales, se puede mantener un funcionamiento seguro y saludable con intervalos ligeramente más altos.



Digestores anaerobios en la planta de regeneración de aguas Kenneth W. Hotz

Retos a la hora de mantener un rendimiento óptimo del digestor sobre los que la monitorización en continuo de la relación AGV:ALC podría advertir con antelación:

- Velocidades de alimentación variables
- Materiales tratados mezclados o desconocidos
- Eficiencia de calentamiento y mezcla
- Inhibidores bacterianos (debido a toxicidad o falta de nutrientes)

Ventajas

- Maximice la cadena de valor al recuperar la energía presente en las aguas residuales
- Minimice el tiempo de inactividad (contratiempos) gracias a una comprensión inmediata del estado de los sistemas del digestor anaerobio en tiempo real

Descripción general del analizador EZ7250 y del sistema de filtración EZ9130 de Hach

El personal de la planta muestreó de forma regular el digestor utilizando los siguientes métodos de laboratorio:

- AGV: cubeta test de Hach (TNT872/LCK365) con el método de esterificación (método 10240).
- Alcalinidad: valoración con bureta, método estándar 2320 B-97
- Bicarbonato: sin analizar en laboratorio
- pH: mediante electrodo de pH

Para reducir el tiempo y el esfuerzo del laboratorio, así como para aumentar la visibilidad del proceso de digestión anaerobia durante las horas en que el laboratorio estaba cerrado, se instaló el EZ7250 en un punto de muestreo en la línea de recirculación principal del digestor. La muestra circula por un sistema de filtración integrado que está diseñado para manipular la naturaleza agresiva de la muestra con un mantenimiento mínimo (sistema de filtración de alta resistencia EZ9130). De ahí, la muestra pasa al analizador donde, de una vez, se toman mediciones automáticas de AGV, bicarbonato, alcalinidad y pH y se emiten resultados cada 10-15 minutos (la frecuencia se puede personalizar). El propio instrumento ejecuta algoritmos patentados de valoración ácido/base con una demanda baja de reactivos y sin volatilización de cada muestra. Además, se puede configurar con secuencias automáticas de limpieza, calibración, validación y cebado. El EZ7250 se puede configurar en función de tres rangos estándar para cada parámetro medido a fin de adaptarse a una amplia variedad de aplicaciones operativas. El condado utilizó un rango de 5000 mg/L para los AGV y uno de 100 meq/L para la alcalinidad.

La planta instaló el analizador EZ7250 junto al sistema de arranque para monitorizar el rendimiento. Durante el arranque del proceso THP de Cambi, el analizador registró cambios significativos y rápidos en las condiciones del digestor.

Durante el arranque, la planta pudo ajustar la frecuencia de limpieza automática del instrumento en función de las condiciones específicas de las instalaciones para mejorar la fiabilidad y exactitud del analizador. Desde entonces, el instrumento ha estado monitorizando continuamente el estado y rendimiento del digestor. Basándose en la naturaleza en tiempo real del sistema, la planta ha determinado que dispone de suficiente capacidad adicional para iniciar conversaciones con industrias privadas a fin de aceptar sus residuos industriales.



Vista del analizador EZ7250: medición en continuo y de una sola vez de AGV, alcalinidad, bicarbonato y pH

“Al poder monitorizar las condiciones tan de cerca gracias al analizador, pudimos optimizar rápidamente la velocidad de alimentación en el arranque y, como resultado, necesitamos mucho menos fango activo. Puesto que el proceso se ha estabilizado, estamos monitorizando las tendencias y somos capaces de detectar rápidamente cualquier cambio. Como resultado, hemos podido reaccionar rápidamente ante cambios inesperados y realizar los ajustes necesarios para evitar cualquier problema”.

-Dawn Taylor, director adjunto

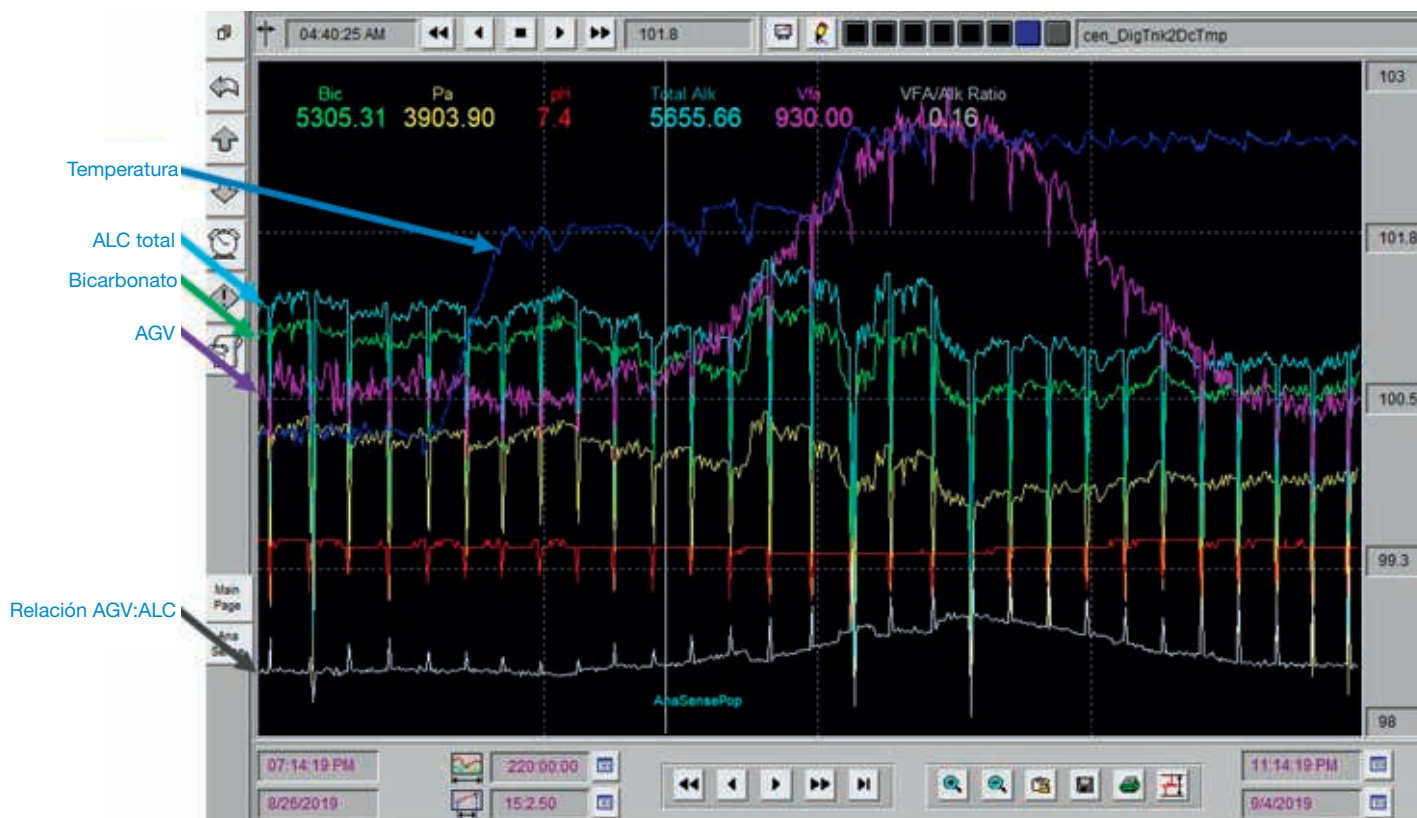
Un ejemplo real

Durante el funcionamiento normal a finales del verano de 2019, la planta observó un ligero pero rápido aumento de la temperatura del digestor. Puesto que tenían una visibilidad completa y en tiempo real del estado del digestor, pudieron monitorizar el rendimiento. Los datos de monitorización en continuo del EZ7250 demostraron que este ligero aumento de la temperatura tenía un impacto significativo en la biología del digestor, lo que probablemente haría que las condiciones estuvieran un poco por encima de la temperatura óptima para los metanógenos, reduciendo así su capacidad para producir metano al ritmo que se producía ácido. Efectivamente, las tendencias mostraron una concentración de ácido cada vez mayor en el digestor. Como resultado, la planta pudo reducir la alimentación del digestor para volver a equilibrar el sistema, lo que les concedió tiempo para que la temperatura se reajustara a las condiciones óptimas.

Las estimaciones de ingeniería predicen una reducción de los costes relacionados con la energía de aproximadamente 1,5 millones de dólares al año (aproximadamente el 30 % de los requisitos energéticos de las instalaciones). Estos ahorros, junto con el potencial de producción de biogás adicional y de asociaciones industriales, no solo son suficientes para evitar el aumento de los precios a los clientes, sino que también ayudan a promover que en el futuro se adopten proyectos de recuperación de recursos en la comunidad del tratamiento de aguas.



Equipo de arranque y vista del panel de filtración de alta resistencia EZ9130 para su uso con digestores anaerobios



Datos de monitorización en continuo del EZ7250 mostrando cómo un ligero aumento de la temperatura afectó a la biología del digestor.

Conclusiones

Los instrumentos en continuo, de alta exactitud y fiabilidad, permiten monitorizar el estado de los digestores anaerobios y ofrecen las siguientes ventajas a los gestores y operadores de los sistemas:

- Minimizan los contratiempos del sistema y el tiempo de inactividad
- Maximizan la eficiencia de la recuperación de recursos (donde sea posible)

La solución para monitorización de digestores anaerobios EZ7250, junto con el sistema de filtración de alta resistencia EZ9130, resulta ideal para cualquier sistema de digestión anaerobia y puede ofrecer información en tiempo real ante los retos a los que se suelen enfrentar los operadores de digestores anaerobios de cualquier sector.

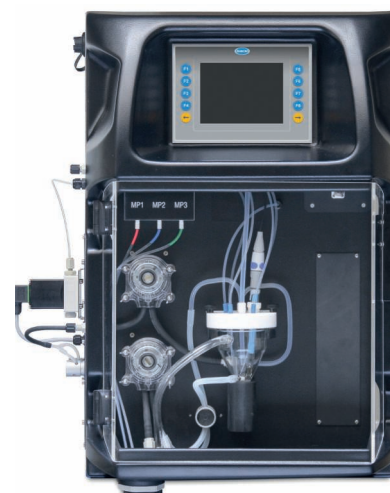
Soluciones de análisis en continuo

Los analizadores de AGV de la serie EZ7200 son valoradores de un solo parámetro diseñados específicamente para la monitorización de digestores anaerobios (húmedos).

- EZ7250 (AGV): 10 – 500 mg/L como equivalente de acetato,
Bicarbonato: 1 - 50 meq/L o 5000 mg/L como CaCO_3 ,
Alcalinidad total y parcial: 1 - 50 meq/L o 5000 mg/L como CaCO_3
- EZ7251 (AGV): 20 – 1000 mg/L como equivalente de acetato,
Bicarbonato: 1 - 50 meq/L o 5000 mg/L como CaCO_3 ,
Alcalinidad total y parcial: 1 - 50 meq/L o 5000 mg/L como CaCO_3
- EZ7252 (AGV): 100 - 5000 mg/L como equivalente de acetato,
Bicarbonato: 5 - 100 meq/L o 10 000 mg/L como CaCO_3 ,
Alcalinidad total y parcial: 5 - 100 meq/L o 10 000 mg/L como CaCO_3
- EZ7253 (AGV): 500 - 10 000 mg/L como equivalente de acetato,
Bicarbonato: 5 - 100 meq/L o 10 000 mg/L como CaCO_3 ,
Alcalinidad total y parcial: 5 - 100 meq/L o 10 000 mg/L como CaCO_3

Todos los analizadores incluyen las siguientes funciones:

- Análisis de varias corrientes (de 1 a 8 corrientes), lo que reduce el coste por punto de muestreo
- Salidas analógicas o digitales para comunicaciones



Analizador de AGV de la serie EZ7200



Sistemas universales de filtración con limpieza automática

Soluciones de medición de laboratorio



El espectrofotómetro de laboratorio DR3900, junto con el sistema de cubetas test LCK, simplifica el análisis de agua para obtener siempre resultados de gran exactitud.



Valoradores automáticos de laboratorio AT1000