



# Innovaciones en la medida de caudal de biogás

**Oliver Reher** *product manager* de Caudal de Endress+Hauser

## 1. Introducción

El mercado de las plantas de biogás ha crecido mucho en los últimos años. El gas producido en plantas de biogás y en vertederos contiene una cantidad considerable de energía y un contenido en metano bastante dañino para la atmósfera: el  $\text{CH}_4$  es 21 veces más peligroso para la atmósfera que el  $\text{CO}_2$ . Como consecuencia, las Naciones Unidas apoyan la creación de plantas de biogás para reducir el impacto que este gas tiene en la atmósfera. Además, el control del proceso en estas plantas requiere medir la calidad de sus parámetros, entre los cuales se encuentran la medida del caudal de biogás y su análisis.

Por estos motivos, en los últimos tiempos la empresa Endress+Hauser ha introducido en el mercado algunas novedades importantes para las plantas de biogás. Algunas de ellas son caudalímetros y pequeñas soluciones basadas en unidades de cálculo con registro e históricos. Si se cuenta con una medida fiable de caudal, la energía que produce una planta de biogás puede ser registrada, visualizada y documentada. Como consecuencia, el operador gana en seguridad y, reduce el tiempo y los costes operativos. Endress+Hauser dispone de una amplia experiencia de aplicaciones con biogás en el mundo entero.

## 2. ¿Por qué medir el caudal de biogás?

La medida de caudal de biogás se realiza en varios puntos (típicamente a la salida del digestor, la antorcha y a la entrada de la planta de compresores o la caldera). El objetivo de estas mediciones es suministrar información acerca de: la cantidad de metano utilizado en compresores, caldera o antorcha; la eficiencia del digestor; y la eficiencia y el tamaño de la planta de compresores.



La medida de biogás, sin embargo, es una de las más difíciles por sus propias condiciones. El gas muestra las siguientes características:

- Alta humedad.
- Baja y variable presión de proceso (entre 15 y 45 mbar relativos).
- Composición variable (variando el contenido de metano).
- Corrosivo (tanto el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{S}$  son muy corrosivos en presencia de humedad).
- Gran variación de caudal dependiendo de la producción de biogás.
- Bajo caudal.

Cuando se mide biogás que ha sido acondicionado (seco), por ejemplo en la antorcha o a la entrada de la caldera, se han conseguido buenos resultados en la medida de caudal con las tecnologías que había en el pasado. El punto de medida directamente a la salida del digestor, sin embargo, siempre ha sido una solución de compromiso que ofrece mala precisión (**Tabla 1**).

### 3. La solución en la medida de caudal de biogás

Los clientes de Endress+Hauser han utilizado presión diferencial, vortex y másicos térmicos en miles de aplicaciones para la medida de caudal de biogás.

La medida de caudal por presión diferencial ofrece la ventaja de que los elementos deprimógenos de caudal, como las placas de orificio, están estandarizadas por la ISO 5167 y que, además, fue el primer principio de medida utilizado. Para la medida de caudal de biogás húmedo se utilizan placas de orificio que incluyen un orificio de drenaje para permitir el paso de los condensados. Este principio de medida, sin embargo, ofrece poca 'rangeabi-

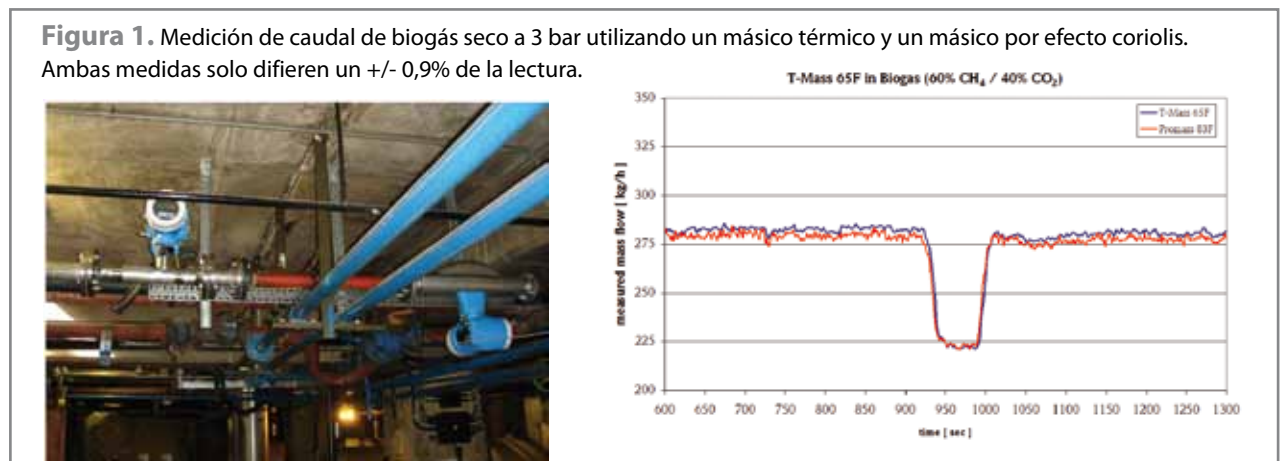
Componente	Concentración (vol. en %)
Metano ( $\text{CH}_4$ )	50...75%
Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )	25...45%
Agua ( $\text{H}_2\text{O}$ )	2% a 20 °C ... 16% a 55 °C
Nitrógeno ( $\text{N}_2$ )	< 1%
Oxígeno ( $\text{O}_2$ )	< 5.000 ppm
Sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ )	< 5.000 ppm
Hirógeno ( $\text{H}_2$ )	< 5.000 ppm

lidad' y a bajos caudales con alta presencia de humedad aparecen grandes errores de lectura. Para biogás tratado, por ejemplo a la entrada de la planta de compresores a 500 mbar relativos de presión, este principio de medida funciona bien. Aun así, una compensación de presión y temperatura correctas, así como saber la composición del gas, es fundamental en esta medida.

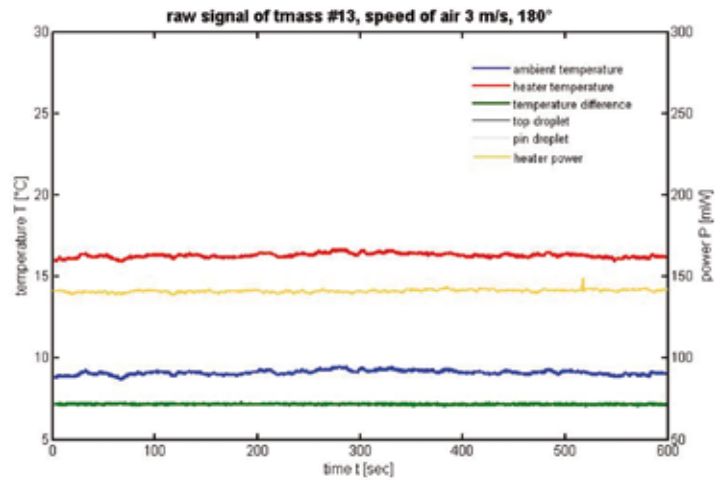
Los caudalímetros vortex ofrecen la ventaja que las condensaciones provocan poca influencia en la medida. Así mismo, esta tecnología tiene una buena estabilidad a largo plazo. No obstante, este tipo de caudalímetros pierde la señal a bajas velocidades de caudal. Por lo tanto, la medida de caudal de biogás a la salida del digestor solo será posible si se consiguen velocidades a partir de 5 m/s. Al igual que con la medida de caudal con presión diferencial, esta tecnología provoca pérdida de presión, necesita compensaciones y funciona bien cuando el biogás está tratado.

Desde hace 15 años, los caudalímetros másicos térmicos se han utilizado en la medida de caudal de biogás en varios cientos de aplicaciones. Endress+Hauser es un fabricante que ofrece este principio de medida (**Figura 1**).

**Figura 1.** Medición de caudal de biogás seco a 3 bar utilizando un másico térmico y un másico por efecto coriolis. Ambas medidas solo difieren un +/- 0,9% de la lectura.



**Figura 2.** Influencia a las condensaciones instalando el t-mass 65 en diferentes posiciones. La mejor posición se consigue en la posición horaria de las 5.



Así, los caudalímetros másicos térmicos: ofrecen muy baja pérdida de carga; miden caudal másico y volumen corregido sin la necesidad de añadir compensaciones de presión y temperatura; tienen una gran 'rangeabilidad' de 100:1; y miden incluso a bajos caudales.

Sin embargo, esta tecnología se ve muy influenciada por las condensaciones debidas a la alta humedad. En cooperación con varias universidades se ha podido demostrar que este efecto se minimiza colocando el instrumento en la posición horaria de las 5 en tuberías horizontales (**Figura 2**).

En diferentes localizaciones, incluso a la salida del digestor, se han conseguido resultados satisfactorios con una calibración en campo. En general, Endress+Hauser solo recomienda este principio de medida a la entrada de compresores y antorcha. Hasta el año 2010 otra limitación de este principio de medida eran las variaciones en la composición del biogás.

#### 4. Innovación en la medida de caudal de biogás: compensación en la composición del biogás en los caudalímetros másicos térmicos

En la medida de caudal de biogás usando másicos térmicos, hasta hace 3 años, se asumía una composición fija de la muestra de gas (por ejemplo 60% CH<sub>4</sub>, 35% CO<sub>2</sub> y 5% N<sub>2</sub>). Esto era así porque, en realidad, el porcentaje de metano variaba entorno a un +/-3%, introduciendo un error en la medida de un 2,8%. Este error es debido a la respuesta no lineal de los másicos térmicos. Para poder compensar este efecto, Endress+Hauser ofrece la posibilidad de usar una entrada de corriente Modbus o Profibus para leer la concentración de metano desde un cromatógrafo. La concentración asumida de dióxido de carbono

se reduce o incrementa con esta lectura externa. Además del volumen corregido y la temperatura del biogás, se puede añadir el valor de energía en kW o MJ/h a través del indicador local o la entrada, lo que ayuda a calcular la eficacia de la planta de compresores más fácilmente.

#### 5. Innovación en la medida de caudal de biogás: medición de biogás con ultrasonidos

Con el paso de los años, Endress+Hauser ha desarrollado caudalímetros que cumplen los requisitos de aplicaciones específicas. Por ejemplo, el LPGmass es un caudalímetro específico para LPG (gas licuado), mientras que el CNGmass se utiliza para la medida de CNG (gas natural comprimido). También ha desarrollado el caudalímetro Prosonic Flow B200, que resuelve con éxito las medidas de caudal de biogás y gases de vertederos.

Los caudalímetros por ultrasonidos se han utilizado desde hace varios años en las medidas de caudal de líquidos y gases. En la gran mayoría de los casos, el tiempo de tránsito se utiliza para calcular la diferencia de las señales que el equipo ultrasónico envía aguas arriba y abajo, que es directamente proporcional a la velocidad del caudal y, por lo tanto, del caudal volumétrico. La medida de caudal con ultrasonidos se asocia a las ventajas siguientes:

- No hay obstrucciones y, por lo tanto, no hay pérdida de carga.
- No existen partes móviles y es un caudalímetro sin mantenimiento.
- Buen resultado dinámico (30:1) y medida a bajos caudales.
- Buena precisión (1,5% de la lectura a velocidades por encima de 3 m/s).



**Figura 3.** Caudalímetro por ultrasonidos Prosonic Flow B200 específicamente dedicado al biogás y gases de vertederos. Los valores indicados son configurables. En esta fotografía, el instrumento muestra el volumen de caudal corregido, la concentración de metano, la temperatura del gas y el poder calorífico.

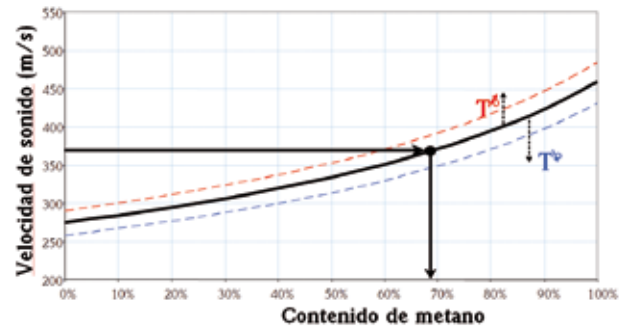


- No hay ninguna influencia por condensaciones de humedad.
- Medida de caudal bidireccional.
- Medida de biogás incluso a bajas presiones.

Para poder calcular el volumen de caudal corregido, se necesitan las medidas de presión y temperatura. El Prosonic Flow B200 incorpora una sonda de temperatura y la presión puede leerse digitalmente a través de un sensor externo. Estas ventajas hacen del equipo por ultrasonidos una tecnología interesante para las aplicaciones de medida de caudal de biogás a la salida del digestor (**Figura 3**).

El caudalímetro por ultrasonidos también es capaz de mostrar otro valor, la velocidad del sonido. El biogás está

**Figura 4.** Relación entre contenido de metano y velocidad del sonido en el biogás en función de la temperatura de proceso.



compuesto mayoritariamente por dos componentes: metano, que conduce el sonido perfectamente; y dióxido de carbono, que tiene una baja propagación del sonido. La consecuencia de medir la velocidad del sonido (que está relacionada con la temperatura de proceso) es poder determinar la composición del biogás. Este tipo de principio de medida permite determinar el contenido de metano con una imprecisión del 2% (**Figura 4**).

Teniendo en cuenta la composición del gas, el propio instrumento puede calcular los siguientes parámetros y mostrarlos como salida: volumen corregido de metano; energía; valor Wobbe (mayor e inferior); y poder calorífico.

El contenido de metano es un parámetro de control importante en los digestores para la adición de biomasa y control de la temperatura de fermentación. Los otros parámetros son necesarios para conocer el rendimiento de la planta de compresores o la caldera. El poder calorífico es un parámetro importante para valorar la eficacia de la conversión de biogás a gas natural.

Este nuevo instrumento es especialmente atractivo porque para obtener el mismo resultado en el pasado hacía falta un caudalímetro y un cromatógrafo de gases. Las concentraciones de sulfhídrico, oxígeno y nitrógeno no son calculadas por el instrumento, ya que las considera fijas, aunque pueden ser configuradas.

**Figura 5.** PremiumCal, preciso banco de calibración (+/-0,015%) donde se calibran los caudalímetros coriolis.



## 6. Conclusiones: fiabilidad en la medida

En Endress+Hauser cada caudalímetro se prueba y calibra en un banco de calibración traceable (**Figura 5**). La comparación entre el equipo a calibrar, el banco de calibración y los patrones es el único método posible para suministrar equipos de medida traceables. Este es uno de los motivos por los cuales Endress+Hauser tiene todos sus bancos de calibración acreditados por organismos oficiales de acuerdo con la norma ISO/IEC 17025. Esta certificación es una prueba del alto grado de confianza que los clientes depositan en esta empresa.