

# Evaluación de dispositivos electrónicos de bajo costo para la medición de metano por método volumétrico

**Luisa María Apraez Jakab**

**Dayana Carolina Pardo Delgado**

Estudiantes del Programa de Ingeniería Ambiental

Universidad Mariana

**Alex Fabián Cadema Cariasco**

Asesor de Investigación

Universidad Mariana

**Paola Andrea Ortega Guerrero**

Coasesora de Investigación

Universidad Mariana

## Resumen

**E**n el presente artículo se pretende dar a conocer la implementación de dispositivos electrónicos de bajo costo, que permitan automatizar la medición de concentración de metano generado en los tratamientos anaerobios, a través del método volumétrico, al cual se le adicionaran un sensor ultrasónico que permite identificar el volumen generado por el metano, un sensor de temperatura, con el fin de controlar que esta se óptima para el procedimiento, y una placa Arduino. Por lo tanto, para lograr el cumplimiento de la investigación se propone como principal objetivo evaluar un dispositivo electrónico de bajo costo para la automatización en la medición de la concentración de metano en el método volumétrico convencional, el cual se llevará mediante la selección de dispositivos electrónicos óptimos para implementarlos en un reactor de digestión anaerobia.

## Introducción

Los procesos anaerobios son estudiados desde un enfoque bioquímico y microbiológico, debido a la diversidad de bacterias que lo componen en cada etapa. El proceso inicia con las bacterias no metanogénicas, las cuales se encargan de la degradación de compuestos a través de

la transformación de las moléculas que hacen parte de la materia orgánica, obteniendo insumos o alimento para el siguiente grupo de bacterias denominadas metanogénicas, caracterizadas por la producción de metano y dióxido de carbono principalmente. Para lograr la cuantificación de metano existen métodos como la cromatografía y volumetría, de las cuales, la primera requiere de equipos sofisticados con especificaciones técnicas especiales y puntuales, lo que ha generado altos costos de inversión, operación y mantenimiento, por lo tanto, los costos cobrados en laboratorios especializados son relativamente elevados, ya que este método consume tiempo y recursos, además, detalla innecesariamente un amplio espectro de elementos (Vaquerano-Pineda, Salazar-Rojas y Porras-Acosta, 2016), en comparación del método volumétrico, el cual se caracteriza por ser ampliamente difundido y aceptado en el medio, debido a su simplicidad y economía, ya que solo se debe hacer pasar el biogás a través de una trampa de hidróxido de sodio (NaOH) para capturar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y permitir el paso y la acumulación del metano (CH<sub>4</sub>) (Sanabria, Durán y Gutiérrez, 2012); sin embargo, este método no cuenta con un protocolo estandarizado y automatizado que facilite la comparación de resultados (Sanabria et al., 2012). Teniendo en cuenta lo mencionado,

el objetivo de esta investigación es implementar dispositivos de bajo costo para automatizar la medición de metano generado en un medio anaerobio a través del método volumétrico, al cual se le adicionará sensores ultrasónicos de distancia y una plataforma electrónica de código abierto (Arduino), para que posteriormente se logre realizar un análisis comparativo entre las cantidades de metano obtenidas con la aplicación de un dispositivo de bajo costo y las reportadas por el método convencional.

### Metodología

Para lograr la meta propuesta de la investigación, se inicia con una selección de los dispositivos a implementar, una vez se determinan estos dispositivos electrónicos se procede a la respectiva revisión de fichas técnicas, para que posteriormente se realice su adquisición. Se procede a la verificación del funcionamiento de los sensores, se inicia con el funcionamiento del sensor de ultrasonido, el cual se verifica mediante la metodología (Goplani S. Implementación de dispositivos electrónicos de bajo costo para la medición de metano. 27 S., 2017), la cual consiste en poner a prueba el sensor de ultrasonido con el lenguaje de programación y ubicarlo en una superficie alta donde se pueda reflejar, luego se procede a medir con un metro la altura del piso hasta la ubicación del sensor; para ello se realizaron varias pruebas hasta que el sensor logró obtener la medición correcta y así determinar que el funcionamiento del sensor es óptimo. Para la validación de datos del sensor de temperatura se evaluó mediante la comparación de un termómetro de mercurio con el sensor elegido previamente. Para esto, se toman valores de temperatura conocidos teóricamente, por lo tanto, los valores tomados son el punto de fusión y ebullición del agua, sin embargo, el punto de ebullición al encontrarse en una altitud diferente a la del nivel del mar reduce, por ende, se implementa la siguiente ecuación.

$$TE = 100^{\circ}C + [0.0368mm^{-1} (Pa-760mm)]^{\circ}C$$

Por otra parte, se realiza una simulación con el objetivo de determinar si la placa Arduino y los sensores son capaces de realizar las mediciones con el lenguaje de programación implementado, la simulación se realiza a través del programa Tinkercad, el cual nos permite visualizar como sería el funcionamiento de la placa y

los sensores. Seguidamente, se plantea un montaje experimental para la generación de gas, tomando como referente la metodología Implementación de dispositivos electrónicos de bajo costo para la medición de metano, planteada por Torres y Pérez (2010), Para esto, se inicia con un diseño del montaje en el programa Tinkercad 3D, para lo cual, es necesario determinar los volúmenes de cada recipiente que se implementarán para los reactores, los cuales se obtienen teniendo en cuenta la metodología anteriormente mencionada, además, se considera que el montaje debe contar con una base de soporte, preferiblemente de madera, la cual se realiza con base en las medidas de los recipientes a utilizar y su respectiva distancia. Finalmente, se pone en marcha el montaje experimental, donde las sustancias generadoras de metano son el estiércol de cuy, la gallinaza, debido a los procesos de descomposición anaeróbicos, donde el gas emitido en mayor concentración es el gas objeto de estudio. Al finalizar, todas las muestras se homogenizan y se agregan al recipiente determinado para la generación de metano. Una vez se tiene el montaje se realiza el procedimiento, en el cual, una vez se obtienen los primeros goteos, se inicia con la toma de datos, por lo tanto, para determinar el volumen de metano se hace uso de las siguientes ecuaciones.

$$V_{desplazado} = \pi * r^2 * (A - B)$$

$$Concentracion\ v\ v = \frac{V_{desplazado}}{V_{reactor}}$$

Posteriormente, se pasa a tomar la concentración de metano volumen/volumen, este proceso se realiza de forma manual para cumplir con el método volumétrico convencional y a su vez, mediante el código de programación de los dispositivos electrónicos, los datos se presentan automáticamente mediante el display.

### Desarrollo del tema

Aunque la digestión anaerobia es un proceso conocido, en la práctica existe limitación de información sobre los procesos de cuantificación de metano, debido a que no existe el desarrollo de nuevas estrategias que permitan la fiabilidad de resultados, ya que los métodos existentes requieren registro de datos manuales e

instrumentación de alto costo poco accesible. Estos limitantes ocasionan varios problemas relacionados con la justificación de costos, los cuales incluyen la razón por la cual se necesita un empleado nuevo para llevar a cabo el mantenimiento de la instrumentación, para la toma de registros de los datos periódicos de metano, además de los equipos y suministros que requieren los empleados para ejecutar los procesos. Así mismo, se necesita disponibilidad de equipos tecnológicos, que por lo general no se encuentran disponibles, sin embargo, aquellos laboratorios especializados que cuentan con estos equipos presentan elevados costos por la prestación de sus servicios, lo que conlleva a la limitación de investigaciones. Siguiendo con este razonamiento, la precisión de los equipos comúnmente utilizados no presenta cierta fiabilidad, debido a factores como la obstrucción de los equipos y bajos rangos de sensibilidad, por lo tanto, los procesos requieren una alta demanda de recursos económicos para la inversión, operación y mantenimiento.

Así las cosas, la automatización puede facilitar lo mencionado, donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operarios calificados, a un conjunto de dispositivos electrónicos. El sistema automatizado consta de dos partes principales, la primera, que es la programación de los dispositivos para el registro de datos eficientes, y la segunda, consiste en la parte operativa, la cual se encuentra instalada en la instrumentación del método convencional, con la finalidad de obtener métodos automáticos de uso sencillo. La aplicación de dispositivos automáticos de bajo costo juega un papel indispensable, ya que garantiza el registro de datos confiables, monitoreo, disminución de tiempo y costos, como

también, el incremento de la productividad de los procesos. El análisis del desempeño de tales sistemas permite identificar beneficios tangibles e intangibles desde su puesta en marcha en lo técnico, económico y ambiental, confirmando así, la importancia de incorporar la automatización para el desarrollo sustentable (Bedolla, Bedolla y Castellanos, 2019).

Es por eso que, mediante el presente artículo, se da a conocer el proceso de montaje e implementación de dispositivos electrónicos para la medición de metano, dicho montaje se realiza inicialmente con diseños a través de Tinkercad, para luego realizarlo de forma experimental, como se presenta en la Figura 1.

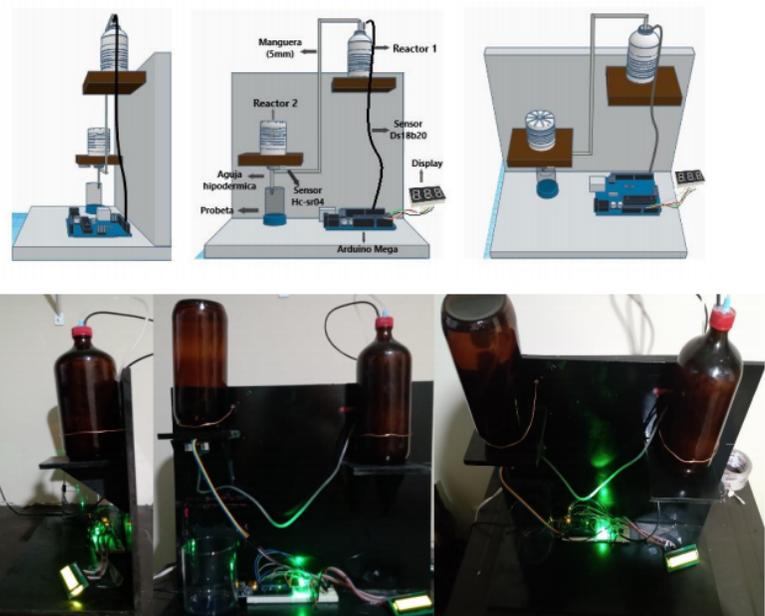


Figura 1. Diseño y elaboración de montaje experimental.

Como se puede observar, el diseño del montaje experimental se basó en la sistematización del método volumétrico convencional para la respectiva medición de metano, a través del software Tinkercad, donde la configuración está compuesta por un reactor de tipo biológico (Reactor 1) ubicado en la parte superior, debido a que Torres y Pérez (2010) manifiestan que aplicando esta estrategia se evitan afectaciones por presiones negativas, al igual que posicionar la manguera que se encuentra en el reactor 2 en forma de U inversa, debido a que esta cumple la función de efecto sifón, dificultando el paso de hidróxido de sodio (NaOH), sustancia que se encuentra en el reactor 2, cuya función es neutralizar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido a partir de la etapa metanogénica de los microorganismos encontrados en el reactor biológico, y con ello dar paso a la acumulación de metano (CH<sub>4</sub>). Por otro lado, el sensor de distancia ultrasónico de modelo HC-SR04 se ubicó en la parte inferior del soporte de madera del reactor 2, debido

a que es un sensor elaborado con material piezoeléctrico, el cual, al vibrar, genera ondas ultrasónicas que permiten determinar la distancia del goteo de hidróxido de sodio (NaOH) en la probeta, pues cuando estas se transmiten y tocan la superficie del líquido, una cierta parte de esta onda se transfiere dentro de él y la otra se refleja hasta el cabezal del sensor, emitiendo como salida un voltaje o corriente que es proporcional a la distancia existente entre la superficie del hidróxido de sodio y el cabezal del sensor, de igual manera, para percibir la altura total desde la base de la probeta hasta el cabezal, y con ello lograr conocer el volumen de metano (CH<sub>4</sub>) generado a través de la diferencia de alturas y la ecuación dada para el volumen del cilindro. Cabe resaltar, que las ecuaciones utilizadas para determinar el volumen de metano generado se encuentran programadas en la placa Arduino Mega, para que posteriormente sean visualizadas por medio del display incorporado, además, para tener mayor control de la temperatura en el reactor biológico se incorporó bombillas LED, con la finalidad de conocer si la temperatura del reactor era superior o inferior al rango óptimo establecido en la placa.

### Conclusiones

La adquisición e implementación de dispositivos electrónicos de bajo costo, como lo son el sensor de temperatura Ds18b20, sensor de distancia ultrasónico HC-SR04 y placa Arduino Mega, son una opción viable para la automatización de métodos convencionales, debido a que cambian contextos que han presentado diferentes problemáticas, potencializan sus estrategias de trabajo, gestionan un desarrollo sustentable y reducen costos de inversión y mantenimiento.

Los procesos de digestión anaerobia presentan ventajas significativas, sin embargo, hay que tener en cuenta factores que determinan el proceso, tales como la composición de la biomasa, temperatura, relación carbono/nitrógeno, pH, entre otras, con el fin de lograr condiciones óptimas para el arranque y desarrollo de los microorganismos en las diferentes etapas presentadas en la digestión anaerobia.

La utilización de los dispositivos electrónicos de bajo costo empleados permite una óptima automatización

del método volumétrico convencional para la obtención de concentración de metano, debido a que este proceso permite reducir la complejidad de los mecanismos manuales, los cuales pueden presentar más fallas en el proceso.

### Referencias

- Bedolla, J., Bedolla, R. y Castellanos, C. (2019). Soluciones automatizadas de impacto ambiental como estrategias para el desarrollo sustentable. Recuperado de <http://ru.iiec.unam.mx/4708/1/2-026-Bedolla-Bedolla-Castellanos.pdf>
- Sanabria, J., Durán, M. y Gutiérrez, N. (2012). Comparación de dos métodos de medición de actividad metanogénica específica en reactores anaerobios aplicados al tratamiento de vinazas. *Ingeniería y Región*, 9, 75–82. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432235>
- Torres, P. y Pérez, A. (2010). Actividad Metanogénica Específica: Una Herramienta De Control Y Optimización De Sistemas De Tratamiento Anaerobio De Aguas Residuales. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 9, 5–14.
- Vaquerano-Pineda, N., Salazar-Rojas, T. y Porrás-Acosta, M. (2016). Medición automática del metano en biogás, por columnas de desplazamiento. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(8), 86-96. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2988>