

Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de pH automatizado para un reactor anaerobio de biopelícula

Andrea Alvarado-Vallejo*, Isaías Juárez-Barojas, Albino Martínez-Sibaja, Erik Samuel Rosas-Mendoza, Ulises Juárez-Martínez, Alberto Aguilar-Lasserre, Alejandro Alvarado-Lassman.

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México.

* Autor de correspondencia: alvaradov.andrea@gmail.com

Diseño de Procesos Sustentables (Control de Procesos).

Palabras clave: sensor de pH; Arduino; digestión anaerobia; reactor anaerobio.

Introducción. El pH es el parámetro más significativo que afecta el rendimiento y la estabilidad de un reactor anaerobio. Cada grupo de bacterias necesita ciertos rangos de pH para su crecimiento. Anteriormente se ha reportado el pH óptimo para las distintas etapas de la digestión anaerobia: para la hidrólisis es 5.5 - 6, para la acidogénesis 5.5 - 6.5, para la acetogénesis 6 - 7 y para la metanogénesis 6.5 - 8.2, con un pH óptimo de 7 (Zhang et al., 2017; Zhang et al., 2014; Mao et al., 2019; Pramanik et al., 2019). Se creó un sistema de monitoreo de pH automatizado para un reactor anaerobio de biopelícula, para facilitar la medición continua del pH y evitar la saturación del sensor cuando se introduce al reactor anaerobio por un periodo largo de tiempo.

Materiales y Métodos. Se diseñó e implementó un sistema de monitoreo de pH del reactor anaerobio de biopelícula para la producción de un fertilizante orgánico líquido. Los componentes se integraron y colocaron en la parte posterior del cuarto de temperatura controlada como se observa en la Figura 1.

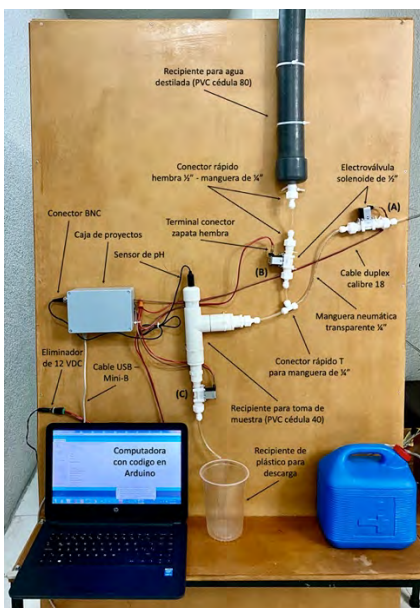


Figura 1. Componentes del sistema de monitoreo de pH adaptado a un reactor anaerobio de biopelícula. (A) Electroválvula para la toma de muestra; (B) electroválvula para enjuague del sensor de pH; y (C) electroválvula para descarga (muestra y agua destilada).

El sistema de monitoreo de pH funciona de la siguiente manera: (1) La electroválvula solenoide (Figura 1A), está conectada a la recirculación del reactor anaerobio de biopelícula. Cuando se abre la electroválvula permite la entrada del sustrato al recipiente para toma de muestra donde se encuentra el sensor de pH. (2) El sensor de pH (Figura 1) realiza la lectura del pH de la muestra y el valor es registrado en el programa Arduino. (3) Una vez registrado el pH, se abre la electroválvula (Figura 1C) y la muestra tomada se descarga en

el recipiente de plástico. (4) Posteriormente, se abre la electroválvula (Figura 1B) y permite el paso del agua destilada que se encuentra en el recipiente PVC cédula 80. El agua destilada pasa al recipiente para toma de muestra y enjuaga el sensor de pH. (5) Para descargar el agua destilada de enjuague se abre la electroválvula (Figura 1C) que permite su paso al recipiente de plástico.

Tanto las electroválvulas solenoides (A, B, C), como el sensor de pH, están controlados de manera automática mediante los componentes electrónicos a través de un código programado en Arduino.

Los componentes electrónicos (sensor de pH con módulo PH-4502C, microcontrolador (Arduino Nano), protoboard y módulo de 4 reveladores 5VDC) se encuentran ensamblados dentro de la caja de proyectos como se observa en la Figura 2.

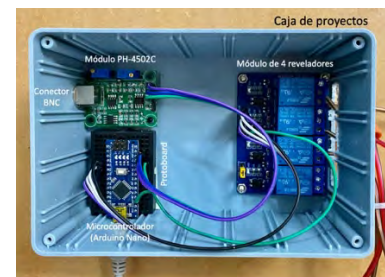


Figura 2. Ensamblaje de componentes electrónicos para el sistema de monitoreo de pH.

Para registrar el valor correcto de medición del pH, se calibró el sensor utilizando soluciones buffer de pH conocido y se obtuvieron diferentes valores de voltaje. Con los valores de pH y los de voltaje se obtuvo una ecuación lineal para realizar la conversión de la señal del programa de manera correcta.

Resultados. Una vez montado y calibrado el sistema de monitoreo de pH automatizado, se probó su funcionamiento en soluciones de pH conocido (4.01, 6.86 y 9.18). Para las 3 soluciones de pH conocido se realizaron las lecturas mediante el sensor de pH y se registraron las mediciones del pH en un periodo de tiempo (s) a través del código programado en el software Arduino. Las lecturas obtenidas para las soluciones de pH 4.01, 6.86 y 9.18, se muestran en las Figuras 3, 4 y 5 respectivamente.

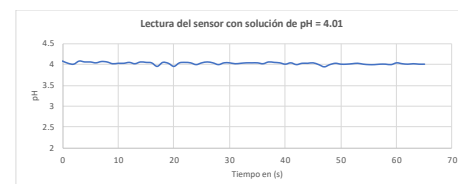


Figura 3. Gráfica de la medición de pH vs t para la solución de pH 4.01.

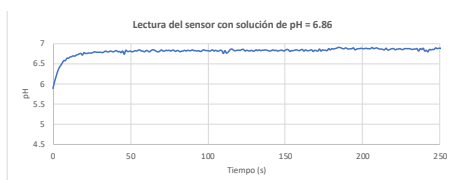


Figura 4. Gráfica de la medición de pH vs t para la solución de pH 6.86.



Figura 5. Gráfica de la medición de pH vs t para la solución de pH 9.18.

Conclusiones. Se puede observar que las mediciones de pH mediante el sistema automatizado son estables y precisas, por lo cual es adecuado para su uso en las muestras tomadas del reactor anaerobio de biopelícula.

Bibliografía.

- Mao, C., Feng, Y., Wang, X., & Ren, G. (2015). Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and sustainable energy reviews, 45*, 540-555.
- Pramanik, S. K., Suja, F. B., Zain, S. M., & Pramanik, B. K. (2019). The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. *Bioresource Technology Reports, 8*, 100310.
- Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., & Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38*, 383-392.
- Zhang, J., Loh, K. C., Li, W., Lim, J. W., Dai, Y., & Tong, Y. W. (2017). Three-stage anaerobic digester for food waste. *Applied Energy, 194*, 287-295.