

INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE BIOGÁS

Leonel Estrada Rojo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato

l.estrada@itsur.edu.mx

Abraham Lemus-Pérez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato

Abraham_21595@hotmail.com

Omar García-Baeza

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato

Abril28@live.com.mx

Óscar Uriel López Zavala

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato

viejoitsur@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo de investigación se lleva a cabo el diseño y desarrollo de un sistema en el cual se monitorean las principales variables que afectan la generación de biogás en un biodigestor empleando tecnología de adquisición de datos de la tarjeta MyRIO en conjunto con el software LabVIEW de National Instruments. Con el objetivo principal de beneficiar a la comunidad científica en la obtención de datos para identificar qué materia orgánica y en qué proporción producen mayor cantidad de gas metano. Además, se presenta una interfaz gráfica de usuario, que muestra los valores de temperatura, presión y PH dentro del tanque, la cual puede ser monitoreada a distancia mediante una red wifi, además de que estos datos pueden ser almacenados en una memoria USB en tiempo real, para su posterior procesamiento.

Palabra(s) Clave: Biodigestor, Biogás, LabVIEW, Monitoreo, My RIO.

Abstract

In this research work takes place the design and development of a system in which the main variables that affects the biogas generation in a biodigestor are monitored employing data acquisition technology from the MyRIO device in conjunction with LabVIEW software from National Instruments. With the main objective of benefiting the science community in the obtaining data for identify which organic matter and in which proportion produce greater quality methane gas. Also, a graphical user interface is presented, which shows the values of temperature, pressure and PH inside the tank, which can be monitored remotely through a wifi network, in addition to that this data can be stored in a USB memory in real time, for further processing.

Keywords: *Biodigestor, Biogas, LabVIEW, Monitoring, MyRIO.*

1. Introducción

En la actualidad ha surgido un desenfreno en el consumo de combustibles fósiles, estos han representado unas de las principales fuentes de energía para el uso doméstico, ocasionando severos problemas de contaminación, pues el transmitir a la atmósfera millones de toneladas anuales de anhídrido carbónico y gases metanogénicos, repercute en problemas particulares y globales como el cambio climático y el calentamiento global [1].

Cada año los combustibles fósiles se han vuelto más escasos y difíciles de extraer, por ello el surgimiento de energías alternativas para solucionar esta problemática se ha difundido de manera amplia pero poco intensiva; aun cuando este tipo de opciones resultan económicamente viables en su gran mayoría. Una de estas alternativas es aprovechar el gas metano que generan los desechos orgánicos al ser descompuestos por microbios anaeróbicos. El metano es un hidrocarburo básico (CH_4) más ligero que el aire, incoloro, inodoro y flamable, dicho gas puede ser aprovechable en labores domésticas como cocción de alimentos, iluminación y calefacción.

El método más común de producción de biogás es la digestión anaeróbica llevada a cabo en un tanque cerrado llamado biodigestor. El desecho orgánico se mezcla en el biodigestor con agua para formar una mezcla, el proceso de digestión anaerobia consiste en una serie de eventos bacterianos que en ausencia de oxígeno, convierten los compuestos orgánicos en metano, dióxido de carbono y células bacterianas nuevas. Estos eventos son comúnmente considerados como un proceso de tres estados. Hidrólisis (producción de ácidos volátiles y alcoholes), acetogénesis (conversión de los ácidos volátiles a sustratos como el ácido acético o acetato (CH_3COOH) y gas de hidrógeno) y metanogénesis (producción de metano y dióxido de carbono) [2].

La instrumentación electrónica proporciona una ventana a lo que sucede internamente en el biodigestor como pueden ser cambios químicos, caloríficos y de presión, que determinan la cantidad y potencialidad del biogás obtenido. La temperatura, es la variable que más impacta en el proceso de generación de biogás, ya que altera las propiedades de la materia orgánica, los biodigestores pueden operar en un amplio rango de temperaturas pero, una vez iniciado el proceso de biodigestión, ésta debe mantenerse tan constante como sea posible. Aumentos o disminuciones en la temperatura llevarán consigo cambios en la acidez (pH) de la sustancia, el pH óptimo para la materia orgánica está dado en un valor de 6.5 a 7 [3]; es por esta razón que es importante tener monitoreada esta variable, valores menores o mayores en los mencionados provocarán muerte en las bacterias encargadas de la producción de biogás. La medición de la presión manométrica existente internamente en el biodigestor; es la tercera variable de interés ya que con esta variable se podrá calcular de manera indirecta la cantidad de biogás que se está produciendo cuando todo el sistema esta trabajado a los valores antes mencionados.

Para la recolección de los datos se emplea una comunicación inalámbrica Wi-Fi, utilizando la tarjeta myRIO de National Instruments®. Después de este proceso los datos son enviados a una PC para ser procesados posteriormente. Una vista gráfica de este proceso se muestra en la figura 1.



Figura 1 Comunicación Wi-Fi con los elementos involucrados.

Desde una perspectiva de investigación y desarrollo, este trabajo pretende cumplir tres necesidades básicas:

- Dar un mejor tratamiento a los excrementos de procedencia animal para evitar su degradación sin control.
- Generación de energías renovables para actividades domésticas.
- Suministrar una herramienta de investigación para deducir conclusiones acerca de verificación de modelos matemáticos que relacionen la producción de biogás a las variables monitoreadas.

Respecto al diseño de biodigestores se puede decir que existe una amplia variedad de diversos diseños que producen biogás, éstos van desde los biodigestores rurales contruidos con bolsas de polietileno, hasta las macro plantas productoras que pueden abastecer a una comunidad completa.

Tal caso como en la Universidad Nacional del Noroeste en Argentina [4], en el que se presenta una investigación enfocada en la obtención de un modelo matemático de describiera el proceso de la obtención de gas metano en biodigestores con diferentes tipos de excretas animales y residuos agrícolas.

Otra de las investigaciones fue realizada en la ciudad de Abasolo, México [5], en la que se presentó la implementación de un biodigestor para la generación de energía eléctrica a partir de lodos activados, en esta investigación se analiza el comportamiento de la producción de biogás a diferentes temperaturas.

En la universidad de Guanajuato [3], se utilizó el estiércol de cabra y se realizó el análisis de comportamiento de la producción de metano a una temperatura de 308.15 K.

2. Métodos

El biodigestor instrumentado consiste principalmente en un reactor cerrado, hermético e impermeable para alojar dentro de él, materia orgánica que será descompuesta mediante procesos microbianos para la generación de biogás. La instrumentación consiste en la colocación de tres diferentes sondas colocadas dentro del reactor, dos de las cuales se encuentran en contacto físico con la materia orgánica. Estas sondas son: la sonda de temperatura, la sonda de pH y la tercera sonda es la de presión.

La materia orgánica en descomposición se debe mantener en valores óptimos como: temperatura de proceso igual a 35 o 36 °C [1], pH en un rango de valores de 6.5 a 7.5 [3]. La presión puede variar dependiendo de las dimensiones del reactor, en este caso se colocó un sensor de presión que puede soportar hasta 10 kPa, un sensor de temperatura con rango de medición de -5 hasta 150 °C y un sensor de pH en un rango de medición de 1 a 14. Un diagrama del sistema es mostrado en la figura 2.

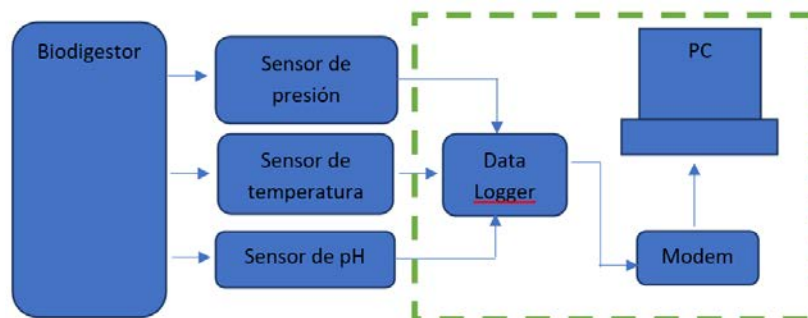


Figura 2 Diagrama general del biodigestor instrumentado.

Parámetros de operación del biodigestor

Los procesos bacterianos de la digestión anaerobia son sensibles a variaciones en la temperatura, contenido de agua y en lo que respecta a la mezcla interna en el biodigestor. La producción de biogás es de manera anaeróbica, es decir, se elimina el aire dentro del biodigestor. Es por esto que el biodigestor debe ser hermético.

Contenido de agua en la mezcla

Un contenido insuficiente de agua en la mezcla que será introducida en el biodigestor ocasionará que las bacterias encargadas de la descomposición de la materia orgánica no se encuentren en el entorno óptimo para dicha tarea produciendo así un biogás de baja calidad.

Si se usa primordialmente estiércol y desechos de agricultura como alimento para el digestor, entonces la razón de biomasa-agua debe estar entre 1:1 y 1:2. Por consiguiente por cada 100 kg de heces y orina se requieren entre 100 y 200 litros de agua. Si el material de alimento consta principalmente de residuos vegetales, se requiere de más agua, en una razón de 1:3 a 1:4 [6].

Temperatura y periodo de retención de materia orgánica

La temperatura de la mezcla en el biodigestor es un factor importante para la eficiencia del proceso de digestión. La mayoría de las bacterias anaeróbicas funcionan mejor en el rango de temperatura de 30 a 35 °C y este es el rango óptimo para la producción de biogás [1, 6].

El periodo de retención es el tiempo que permanecerá la biomasa en descomposición dentro del digestor, periodos de retención de 10 a 25 días para la mezcla en el tanque digestor son usuales para la mayoría de los países tropicales. Si las temperaturas ambientales son altas, por ejemplo, en promedio entre 30 y 35 °C, puede ser suficiente un periodo de retención más corto, de 15 días. En climas más fríos, son comunes periodos de retención más largas, de 80 a 90 días [6].

Acidez/Alcalinidad de la mezcla

Las bacterias metanogénicas son muy sensibles a las variaciones en acidez/alcalinidad (pH) de la mezcla del digestor. Para un funcionamiento óptimo, el valor del pH de la mezcla debe mantenerse dentro del rango de 6.8 a 7.5 [1, 6], esto es neutral a ligeramente alcalino. Durante el proceso de digestión se producen ácidos orgánicos, y si no se controlan, la mezcla en el tanque puede gradualmente tornarse ácida, lo que puede inhibir los procesos bacterianos y

enzimáticos. La regulación del pH en el rango deseado se logra agregando a la mezcla materiales alcalinos, tales como cal o cenizas.

Componentes necesarios para la instrumentación electrónica

- **Sensor de temperatura.** El sensor de temperatura utilizado, es de salida lineal con la característica de que se puede sumergir en líquidos sin presentar fallos, ya que tiene un recubrimiento de acero inoxidable (figura 3). Este sensor es el LM35 con un rango de operación de -50 a 150 °C y una precisión de 0.5 °C.

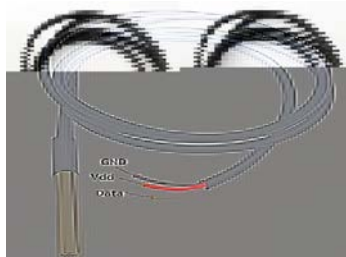


Figura 3 Sensor LM35 Acero inoxidable sumergible.

- **Sensor de presión.** El sensor de presión empleado es el MXP2010. Es un sensor que proporciona una salida de voltaje diferencial pero con respuesta lineal a la presión aplicada, puede medir de 0 a 10 kPa bajo una temperatura de los 0 °C a 85 °C. (figura 4).

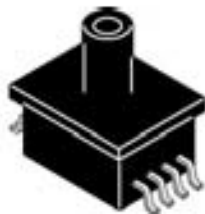


Figura 4 Sensor de presión MPX2010

- **Sensor de pH.** El sensor de pH empleado es de salida de voltaje analógica que varía linealmente con una medición de pH de 0 a 14. Además, entre sus características posee un rango de operación de temperatura de -5 a 80°C (figura 5).



Figura 5 Sensor de PH.

Acondicionamiento de señal para el sensor de presión

Para acondicionar la señal proveniente del sensor de presión MXP2010 que entrega 2.5 mV/kPa, se utilizó un amplificador de instrumentación AD627AN para aumentar el valor de esa señal y que entregue 2.5 V en la configuración mostrada en figura.

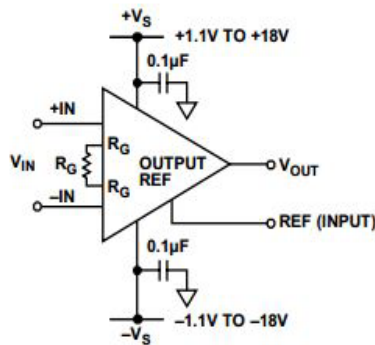


Figura 6 Configuración del amplificador de instrumentación.

Adquisición de datos

La adquisición de datos se realizó por medio de una tarjeta myRIO (figura 7). Esta tarjeta proporciona entradas y salidas tanto analógicas como digitales, un FPGA Xilinx y un procesador dual-core ARM. También cuenta con un soporte para Wi-Fi y módulos de comunicación como SPI o I2C.



Figura 7 Tarjeta de adquisición de datos NI myRIO.

Este dispositivo fue utilizado por su fácil programación en un entorno totalmente gráfico lo que facilita el desarrollo de aplicaciones en cortos periodos de tiempo.

Programa para la adquisición de la información de los sensores.

Se elaboró un programa en el que se adquieren los datos a través de los convertidores ADC de la tarjeta myRIO y después se envían a una PC usando la red Wi-Fi y variables compartidas. Dichas variables se envían a una interfaz gráfica de usuario que fuera fácil de usar para el operador (figura 8). Para lograr la comunicación si utiliza un modem al cual deben de estar conectados la tarjeta myRIO y la PC. Al adquirir los datos de la myRIO en la computadora se realizó un programa en LabView® en el que los voltajes obtenidos en los ADC de la myRIO son acondicionados y son convertidos en las magnitudes de las variables físicas medidas por los sensores. Finalmente se obtuvo un programa en el cual se adquieren los datos y además se almacenan en una memoria flash (USB), en tiempo real, esto es importante ya que con esta información, los datos pueden ser analizados en algún software especializado. Es importante mencionar que el sistema puede estar funcionando sin necesidad de que el operador este en la computadora. En la figura 9 se muestra una sección del código del programa principal de LabView®.

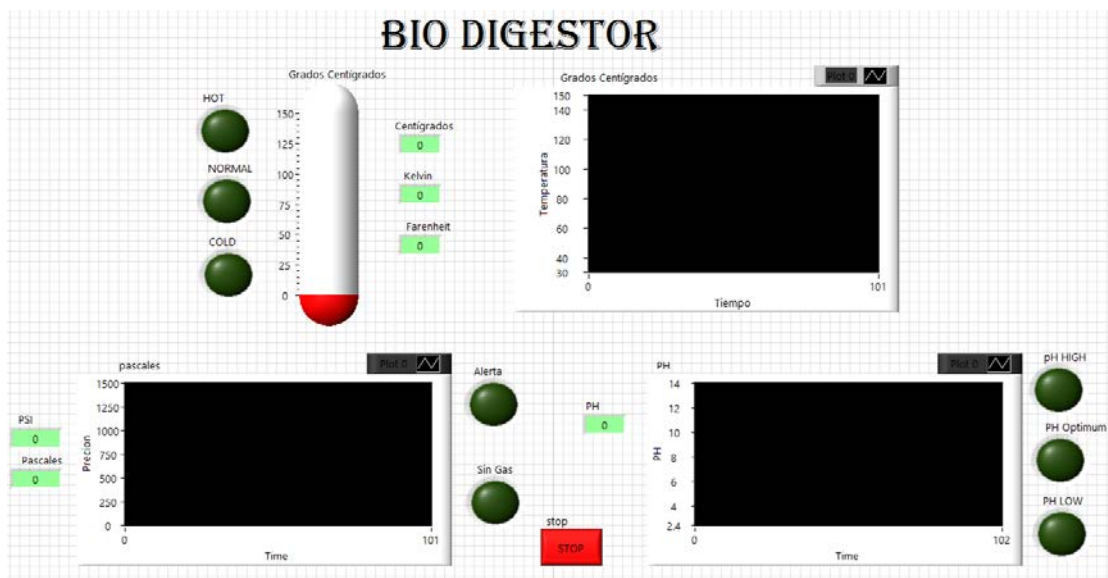


Figura 8 Panel del Programa.

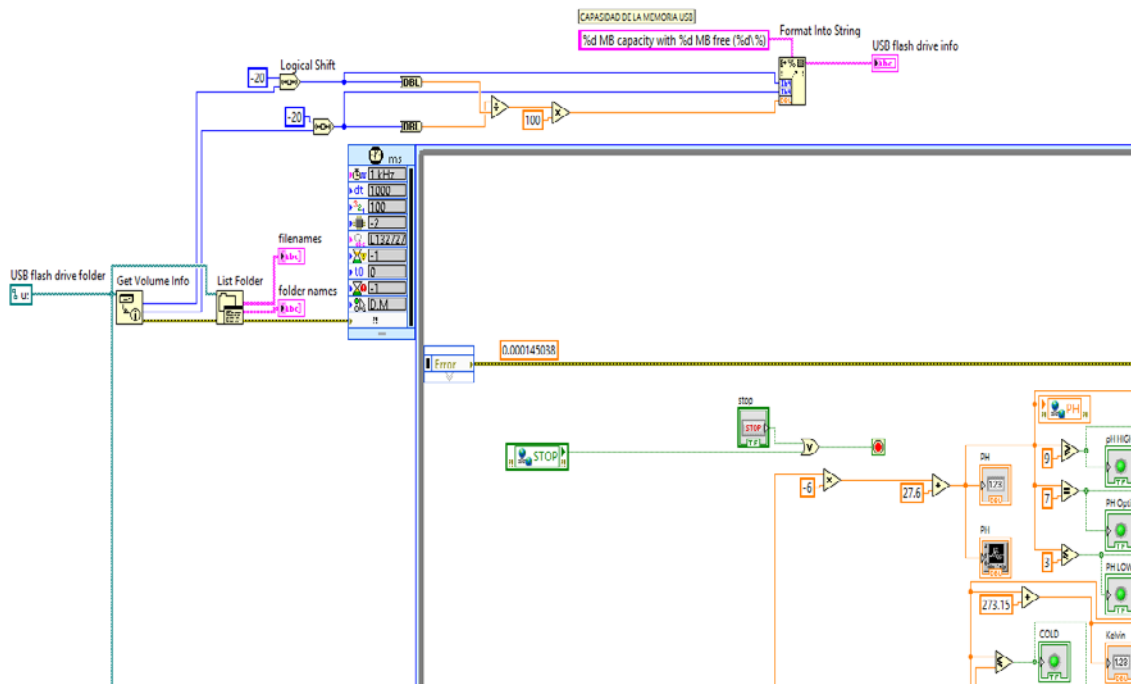


Figura 9 Sección de código del programa final.

3. Resultados

Sensado de temperatura

La temperatura del proceso es esencial para la correcta generación del biogás. En la figura 10 se muestra una parte del panel frontal correspondiente a la adquisición de los datos de temperatura. El panel frontal muestra las escalas termométricas de mayor uso, su conversión y visualización en indicadores. Además, se observan tres indicadores con las leyendas: “HOT”, “NORMAL” y “COLD” para indicar en que rango se encuentra la materia orgánica dentro del biodigestor.

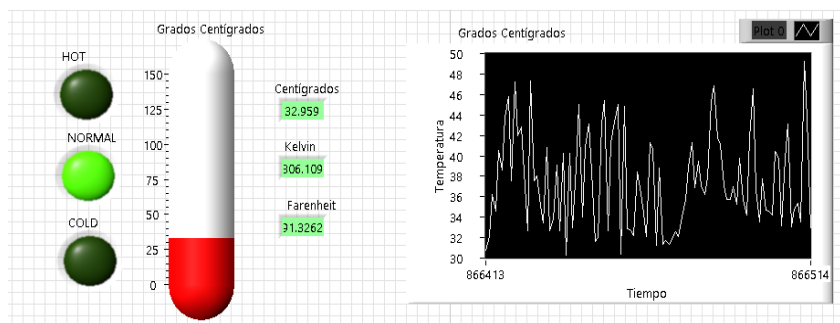


Figura 10 Panel frontal para el registro de los datos de la temperatura.

Sensado de la presión

En la figura 11 se muestra la sección del panel frontal correspondiente a la adquisición del sensor de presión y la conversión de Pascales a PSI. Los datos de presión muestran que el biodigestor está realizando su función, ya que al haber un aumento de presión dentro del contenedor, indica que existe gas dentro de él. En la figura 12 se muestra una gráfica obtenida con el software Excel® del paquete Office® de Microsoft®, se puede observar que conforme pasa el tiempo la presión aumenta.

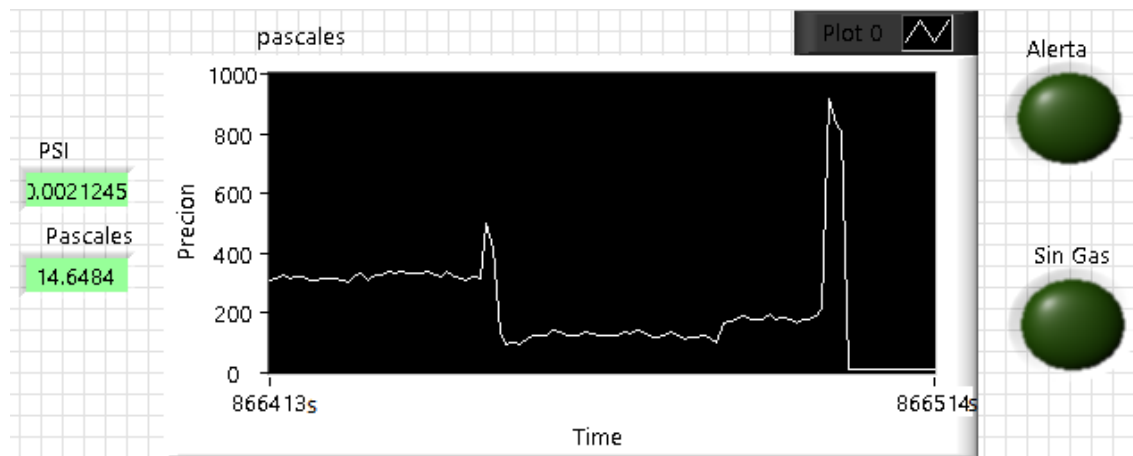


Figura 11 Panel frontal para el registro de la presión.

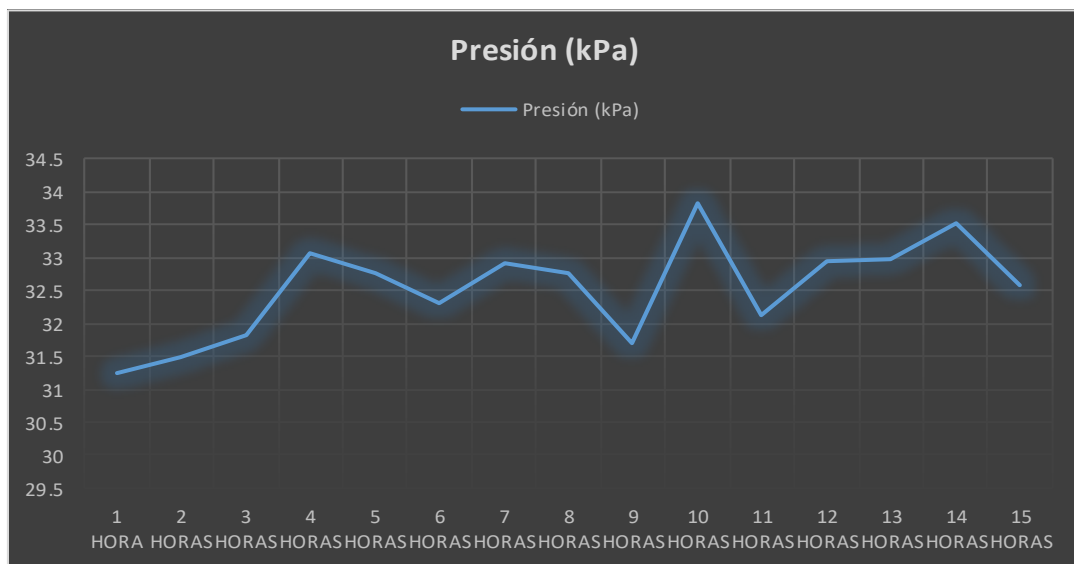


Figura 12 Variación de la presión conforme al tiempo.

Sensado del pH

En la figura 13 se muestra la sección del panel frontal correspondiente al sensor de pH, que registró la alcalinidad de la sustancia. La figura muestra tres indicadores los cuales señalan en que rango se encuentra el pH de la materia (alto, normal o bajo) esto para hacer la señalización de que la acidez de la materia orgánica sobrepasó el nivel deseado (nivel alto), que la materia orgánica está en un rango óptimo (nivel normal) y por último que la materia orgánica no se está descomponiendo en forma correcta y su alcalinidad no es buena (nivel bajo). En la mayoría de las mediciones se presenta un nivel bajo de pH de la materia orgánica. También los datos fueron exportados a Excel para realizar su gráfica de manera posterior (figura 14).

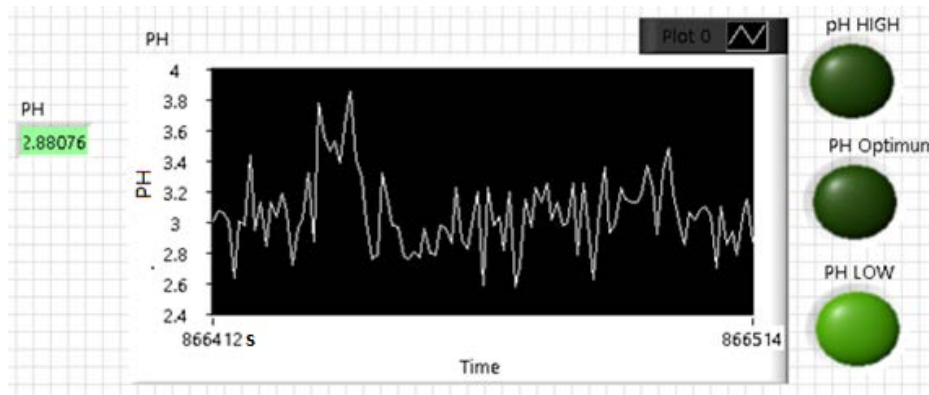


Figura 13 Panel frontal en LabVIEW mostrando la gráfica del sensor de pH.

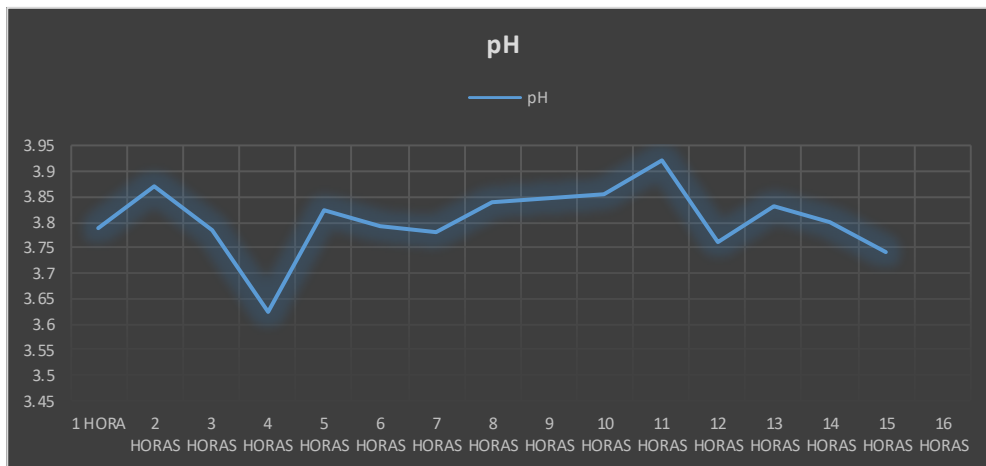
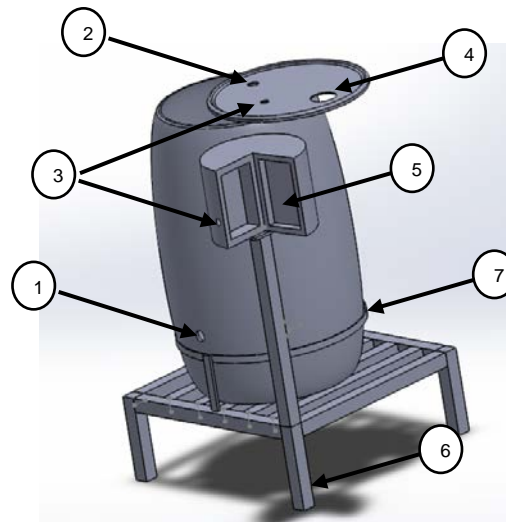


Figura 14 Variación del pH conforme al tiempo transcurrido.

Fabricación del Biodigestor

En la figura 15 se observa el diseño del biodigestor, se utilizó el software SolidWorks® para realizarlo. En esta misma figura se observan las partes que lo componen.



1. Orificio ¼ pulgada Válvula de alivio de Materia
2. Orificio ½ pulgada Válvula de alivio de gas
3. Orificio 1.5cm colocación de sensores.
4. Orificio 2 ½ pulgada llave tipo brida.
5. Caja para colocación de modem y NY MYRIO.
6. Mesa de perfil tubular.
7. Arandela para soporte del tanque.

Figura 15 Biodigestor diseñado en SolidWorks®.

En la figura 16 se muestra el biodigestor físicamente, el tambo que se utilizó es de PVC ya que este material no causa desprendimientos de sustancias químicas en las condiciones que el biodigestor trabaja. Se puede observar el modem y la tarjeta myRIO que componen al sistema.



Figura 16 Biodigestor terminado de manera física.

4. Discusión

Los resultados mostrados en la sección anterior evidencian que se debe de seguir trabajando en la etapa de acondicionamiento de los sensores ya que se presentan variaciones en las mediciones, que no van acorde al funcionamiento del biodigestor.

También se concluye que para un correcto funcionamiento del biodigestor, es necesario realizar constantemente una serie de actividades de mantenimiento del mismo, como son revisión de válvulas y sellos herméticos.

Aun con los problemas presentados en la implementación física del biodigestor, se puede vislumbrar que el monitoreo de las variables dentro del biodigestor, puede ayudar a los investigadores en estas áreas a verificar modelos matemáticos propuestos y a su vez verificar que mezclas de elementos producen la mayor cantidad de biogás.

También resulta claro que cualquier esfuerzo en aumentar el uso de energías renovables y mejorar la comprensión de los fenómenos que intervienen en su generación no es vano, ya que esta es un área de oportunidad muy grane para el desarrollo de tecnología e investigación.

La instrumentación electrónica de un biodigestor es una excelente estrategia para conocer el estado actual que presentan las variables que intervienen en la producción de biogas, como son: temperatura, pH y presión.

En este artículo se presentó el desarrollo de la instrumentación electrónica de un biodigestor y la comunicación de datos utilizando una red Wi-Fi, aunque los resultados de la medición de las variables de interés no es llevado a cabo de manera correcta, sienta las bases para futuros desarrollos de esta índole en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] P. F. Juan Benito. Universidad Autónoma de Chapingo. “Rediseño y ensayo de un biodigestor en la granja experimental de la universidad autónoma de Chapingo.”

- [2] G. A. Álvarez. Universidad Autónoma de Querétaro, “Control de temperatura y pH aplicado en biodigestores modulares de estructura flexible con reciclado de lodos a pequeña escala”. Tesis.
- [3] Magaña, Luis, et al. Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabra. Guanajuato, México. *Acta Universitaria*, año/vol. 16, número 002, mayo-agosto 2006.
- [4] Sogari, Noemí, Cálculo de la producción de metano generado por distintos restos orgánicos, Branschweig-Germany. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. *Comunicaciones científicas y Tecnológicas* 2003
- [5] Ramos, José Alfredo y Hernández, Jorge Isaac. Implementación de un Biodigestor Anaerobio para la Generación de Energía Eléctrica a partir de Lodos Activados, Producto del Sistema de Tratamiento de aguas Residuales de la Ciudad de Abasolo. Ciudad de Abasolo, México. *Aquaforum*, año 11, N° 46, 2007.
- [6] H. A. H. Hernández. “Diseño de un biodigestor instrumentado electrónicamente para la generación de biogás en casa habitación”. Tesis para otorgar el grado de “Maestro en Ingeniería”. Universidad Nacional Autónoma de México. 2012.
- [7] M. T. Varnero Moreno. “Manual de Biogás: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables”. Santiago de Chile, 2011.
- [8] Dessault Systemes -solidWorks Corporation Guía del estudiante para el aprendizaje del software SolidWorks.