

Diseño, construcción y evaluación de un sistema de purificación y compresión para biogás

L. Vázquez Valencia¹, J. Moreira Acosta¹
R. Iglesias Díaz¹, L. Rojas Gálvez¹

¹ Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Lib. Norte 2021 Col. Caleras Maciel C.P 29018, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (961) 61 7 04 40.

RESUMEN

Se presentan los resultados del diseño, construcción y evaluación de un sistema de purificación y compresión de biogás (SPCB), sistema que permite almacenar biogás de una mayor calidad disminuyendo y eliminando impurezas presentes en el mismo, aumentando su potencial energético y su almacenamiento en tanques de alta presión, para su fácil transporte y manejo en múltiples aplicaciones que puede darle al biogás.

Palabras clave: biogás, compresión de biogás.

ABSTRACT

This article presents the results obtained from the design, construction and evaluation of a Biogas purification and compression system (SPCB); the one which allows to storage biogas of a higher quality in order to reduce and to remove impurities that might be present in this gas mixture and also to upgrade its energetic potential and its storage in high pressure reservoirs, making it easier to manage and to transport in the diverse

Key words: biogas, compression of biogas.

INTRODUCCIÓN

Debido a la emergente situación energética a nivel mundial, es importante utilizar cada uno de los recursos relacionados de la forma más eficiente y hacer uso de la energía renovable. La producción de biogás como fuente de energía renovable puede resolver diferentes tipos de problemas, tales como ambientales, energéticos y de salud, siendo accesible para la sociedad.

Un biodigestor es un reactor que transforma la materia orgánica en energía mediante un proceso anaeróbico en presencia de agua, obteniendo en la descomposición de la materia orgánica dos productos, biogás y abono orgánico. Dentro de los componentes principales del biogás se encuentra metano (CH_4) 50-70 %, dióxido de carbono (CO_2) 30-50 %, nitrógeno (N) 0.5-3 %, ácido sulfhídrico (H_2S) 0.1- 2 %, hidrogeno (H) 1-2% [Arvizu J y Huacuz J., 2003].

Se presenta el desarrollo y evaluación de un sistema de purificación y compresión para biogás (SPCB), el cual permitirá disminuir dióxido de carbono (CO_2) quedando atrapado parte de este gas en uno de los procesos,

importante gas de efecto invernadero (GEI) y eliminar el ácido sulfhídrico (H_2S) que es altamente corrosivo; el sistema propuesto almacenará a alta presión un biogás de mayor calidad, con un mayor porcentaje de metano (CH_4) del volumen total almacenado, para proponer su uso posterior como biocombustible en la generación de energía eléctrica .

Este trabajo constituye una experiencia en el manejo, eliminación de impurezas y compresión del biogás, todo este proceso se llevó a cabo en el Centro de Desarrollo y Evaluación de Biodigestores (CDEB) adscrito al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables (CIDTER) en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

METODOLOGÍA

Descripción del sistema

En las figuras 1 y 2 se muestra el SPCB que consta de 4 fases fundamentales.

La primera fase (filtrado de H_2S) (figura.1) posee un filtro denominado “filtro primario” para la eliminación

de (H_2S), este es un filtro construido de material de policloruro de vinilo (PVC) hidráulico de 0.10 m de diámetro y 0.80 m de largo con una entrada y salida para biogás de 0.018 m de diámetro, en el interior de éste se depositaron 3.5 kilogramos de limaduras de óxido férrico (F_2O_3).

La segunda fase (disminución de CO_2) y eliminación residual de H_2S (figura.1) consta de otro filtro denominado “filtro secundario”, está construido del mismo material y dimensiones que el primario, pero con una entrada y salida para biogás de 0.0190 m de diámetro, una entrada y salida para agua de 0.0125 m manteniendo un volumen constante dentro de éste de 4 litros de agua (50 % de su capacidad). El agua entra al filtro y es esparcida en su interior interactuando con el biogás a contracorriente y por burbujeo con el agua depositada en el fondo del filtro; el agua sale por la parte inferior del filtro para ser nuevamente recirculada por una bomba.

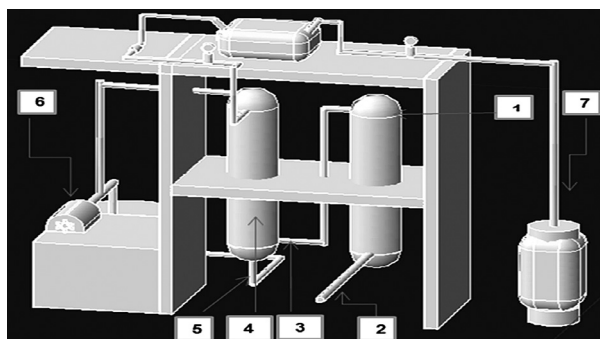


FIGURA 1 Vista frontal del SPCB.

Partes: 1.Filtro primario, 2.Entrada de biogás desde la bolsa, 3.Tubería de biogás del filtro primario hacia el filtro secundario, 4.Filtro secundario, 5.Tubería de recirculación de agua, 6.Bomba de agua, 7.Cilindro de alta presión para CH_4 , 8.Tubería de agua, 9.Depósito de agua, 10.Tubería de agua hacia depósito, 11.Filtro de humedad, 12.Manómetro de baja presión, 13.Com-

En la tercera fase (eliminación de humedad) (figura.2) pasa el biogás después de haber concluido el proceso de eliminación y disminución de impurezas (H_2S y CO_2), por un tercer filtro, filtro de humedad, absorbiendo alguna cantidad de agua o humedad residual que contenga aun el biogás

En la cuarta fase (compresión de biogás) (figura.2) consta de un compresor de refrigeración, con una capacidad de compresión de máxima de 3447.37 kPa, el cual succiona al biogás desde el filtro primario, pasa por el secundario y después por el filtro de humedad; lo comprime y almacena en un tanque de alta presión de 10 kg diseñado a almacenar gas Lp, a una presión que de 1620.26 kPa.

Se utilizaron biodigestores del tipo DM diseñado por el Cuerpo Académico de Energía y Sustentabilidad de la UNICACH, estos fueron alimentados con sustrato de ganado vacuno (estiércol de ganado vacuno).

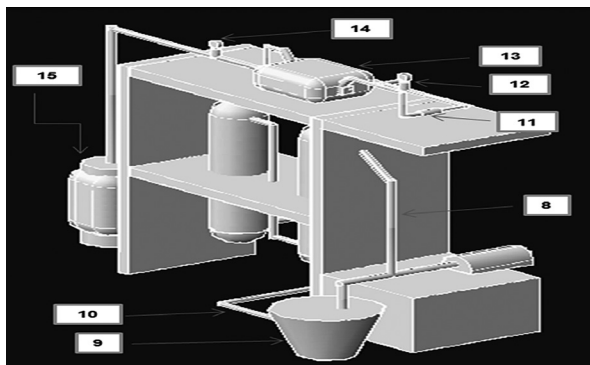


FIGURA 2 Vista lateral del SPCB.

presor, 14.Manómetro de alta presión, 15.Cilindro de alta presión para CH_4 .

Materiales y métodos

A continuación se muestra una tabla de los principales materiales para la construcción del SPCB.

Material	Parte del sistema
Tubo pvc hco para gas	Tubería para conducción de biogás
Tubo pvc hco para agua	Tubería para conducción de agua en filtro secundario
Tubo pvc hco 0.1 m de diámetro con tapa	Filtro primario y filtro secundario
Bomba de agua de 1/2 hp	Necesario para hacer circular agua en el filtro secundario correspondiente a la fase 2 del sistema

Material	Parte del sistema
Tanque plástico de 20 L. de capacidad	Recipiente para depósito de agua necesario en el filtro secundario
Limaduras de óxido férrico (Fe_2O_3)	Contenido en el filtro primario
Regadera de agua con un diámetro de entrada de 0.0125 m	Sistema que esparce el agua que circula en el filtro secundario
Filtro de humedad	Fase 3 del sistema
Manguera de presión con un diámetro de entrada y salida de 0.0062 m	1. Enlace desde fase 1 hasta la fase 2 (biogás con impurezas)
	2. Enlace desde fase 3 hasta la fase 4
	3. Para conducción de biogás limpio
Válvulas pvc hco	Sistema de agua y gas
Manómetro baja presión	Fase 3 del sistema
Manómetro alta presión	Fase 4 del sistema
Compresor ½ hp	Sistema de compresión (fase 4 del sistema)
Madera	Estructura del sistema.

TABLA 1

Tabla de los principales materiales usados en la construcción del SPCB.

Diseño experimental

Para diseñar el SPCB es necesario conocer los componentes del biogás a disminuir o eliminar dentro biogás y sus porcentajes reales. Para ello se usó el equipo multitec 540 (foto 4), que está diseñado para medir en porcentos en volumen los componentes más importantes de biogás, al inicio y al final del proceso del SPCB.

En la fase 1, se realiza absorción del H_2S por medio de limaduras de hierro. La preparación de las limaduras de hierro, comenzó con su recolección en talleres de maquinado mecánico, posteriormente se lavaron con detergente desengrasante y se secaron; a continuación se sumergen en una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 5.0 % durante 10 minutos, se extraen y se secan al aire; por último, son sumergidas en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 5,0 %, por otros 10 minutos, y se dejan secar al aire. Como resultado, las virutas se convierten en Fe_2O_3 , compuesto que reacciona rápidamente con el H_2S , cuyo límite de absorción en Fe_2O_3 es 56 %, donde la reacción básica está dada por la reacción [Cepero *et al.*, 2012]



En la fase 2 en el filtro secundario se produce una adsorción fisicoquímica usando agua presurizada como absorbente que usualmente se usa para la purificación de biogás. El agua pasa a contra-corriente, de tal forma que se disuelva el CO_2 y el H_2S remanente de la fase 1, esa agua

con impurezas es extraída y depositada en un tanque de 20 litros. [Morero B, Gropelli E., Campanella E., 2010.]

En la fase 3 el compresor hace fluir el biogás por el filtro de humedad, para retirar alguna cantidad de humedad presente en el biogás ya limpio o purificado.

Finalmente, en la fase 4 se ha obtenido un biogás libre de las principales impurezas ya mencionadas y está listo para su almacenamiento; es comprimido hasta los 1620.26 kPa y almacenado en tanques de alta presión para gas Lp de capacidad de 10 kg.

Consumo energético

El SPCB cuenta con dos elementos que consumen energía eléctrica, una bomba de recirculación de agua que se utiliza en el filtro secundario y un compresor para la compresión y almacenamiento del biogás limpio.

Elemento	Consumo watts/hora (w/h)	Tiempo operación en minutos	Consumo total en watts
Bomba de agua	600	30	300
Compresor	744	30	372
		Total	672

TABLA 2

Consumo energético de elementos eléctricos del SPCB

Evaluación del SPCB

Una vez diseñado y construido el SPCB como se muestra (fotos 1 y 2) se procedió a su evaluación

Para la producción de biogás se utilizaron tres biodigestores del tipo DM1 (foto 3) se toma muestras en la salida de cada uno de ellos, conectándolo directamente la toma al equipo multitec 540 (foto 4) para conocer las características del biogás antes del SPCB. Concluido el proceso de SPCB se tomaron muestras y nuevamente se conectó a la toma del equipo multitec 540 para verificar la disminución y eliminación de impurezas

Se conecta la bolsa de almacenamiento de biogás (foto 5) a la fase 1 a través de una manguera, posteriormente se abre la válvula de paso permitiendo así fluir el biogás en el interior del filtro primario e interactuar con las limaduras de óxido férrico (F_2O_3) y atrapar el ácido sulfhídrico (H_2S) que contiene el biogás. Después de ello el biogás sigue su trayecto hacia el filtro secundario, donde éste se inserta por la parte inferior del filtro interactuando con el agua que se encuentra en el fondo del filtro por burbujeo; y posteriormente interactuar con el agua que es esparcida por una regadera desde la parte superior en el interior del filtro secundario, proceso a contracorriente, de tal forma que se disuelva el CO_2 y el H_2S remanente de la fase 1 que contenga el biogás hasta ese momento del proceso, cabe destacar que el agua que se utiliza se recircula con una bomba.

Finalmente en la fase 4, después de pasar por el filtro de humedad se comprime el biogás limpio, almacenando 3.5 kg de biogás en un tanque diseñado a almacenar gas L_p a una presión de 1620.26 kPa en un tiempo de operación de 30 minutos.

LITERATURA CITADA

- ARVIZU J. Y J. HUACUZ, 2003. Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad. *Boletín IIE*, octubre-diciembre del 2003.
- CEPERO, L., V. SAVRAN, D. BLANCO, D., M.R. DÍAZ PIÑÓN, J. SUÁREZ Y X? PALACIOS, 2012. Production of biogas and biofertilizers from biodigester effluents. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey*, 35: 219-226. Matanzas, Cuba.
- MORERO, B., E. GROPELLI Y E. CAMPANELLA, 2010. Revisión de las principales tecnologías de purificación de biogás. *Ciencia y Tecnología*, 10: 187-201.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran en las gráficas 1, 2 y 3 las tres muestras de biogás tomadas de los tres biodigestores DM1 mostrando los principales valores contenidos en la mezcla, por ciento en volumen de CH_4 , CO_2 , O_2 , H_2S y CO .

En la gráfica 5 se muestran los resultados después concluido el proceso del SPCB tomando una muestra del tanque de almacenamiento de biogás y conectándolo directamente la toma al equipo Multitec 540, mostrando como disminuye un porcentaje importante de CO_2 y el valor de H_2S es tan bajo considerando despreciable.

CONCLUSIONES

Se diseñó, construyó y evaluó un sistema de purificación y compresión de biogás. El SPCB cumplió con el objetivo de disminuir los valores de CO_2 en el biogás desde un 29.6 % de su valor inicial hasta un 9 %, y del 1.5 % de H_2S a 0.0008 %, prácticamente despreciable. Se obtiene un biogás de alta calidad comprimido a 1620.26 kPa.

Este sistema ofrece como producto final un biogás de alta calidad almacenado en tanques pequeños a una presión de 1620.26 kPa de facilitando su transporte y uso para múltiples aplicaciones, tales como la generación de energía eléctrica a través de su uso en un motor de combustión interna acoplado a un generador eléctrico, no afecta sus componentes por estar libre de H_2S y su combustión no genera altos niveles de CO_2 .

APÉNDICE



Foto 1. Vista frontal del SPCB.



Foto 2. Vista lateral del SPCB.



Foto 4. Equipo Multitec 540.



Foto 3. Biodigestor DM1.



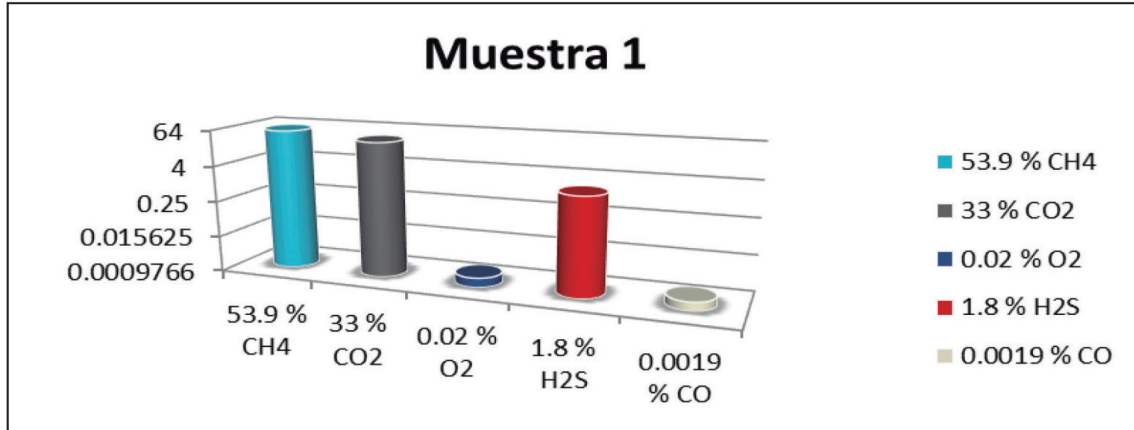
Foto 5. Bolsa de almacenamiento de biogás.



Foto 6. Mediciones de biogás inicio y al final del proceso.

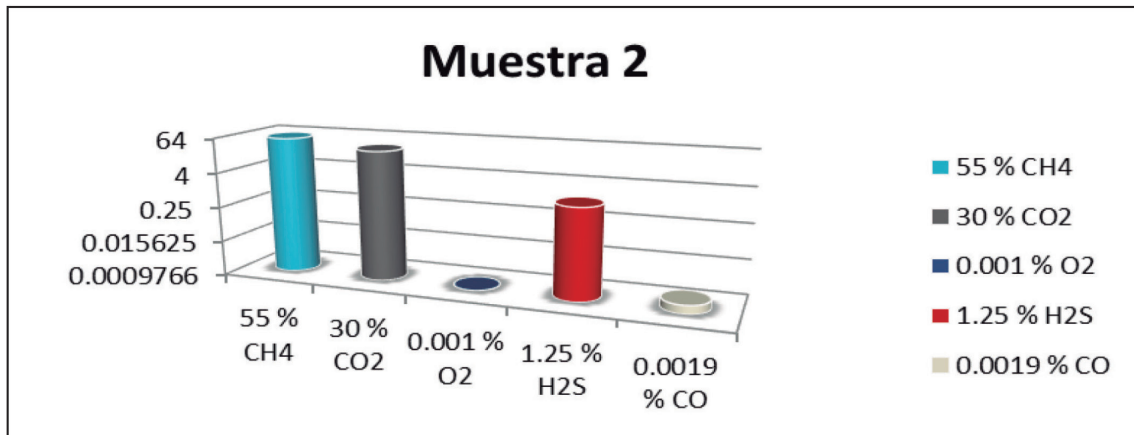


Foto 7. Banco de biodigestores DM1.



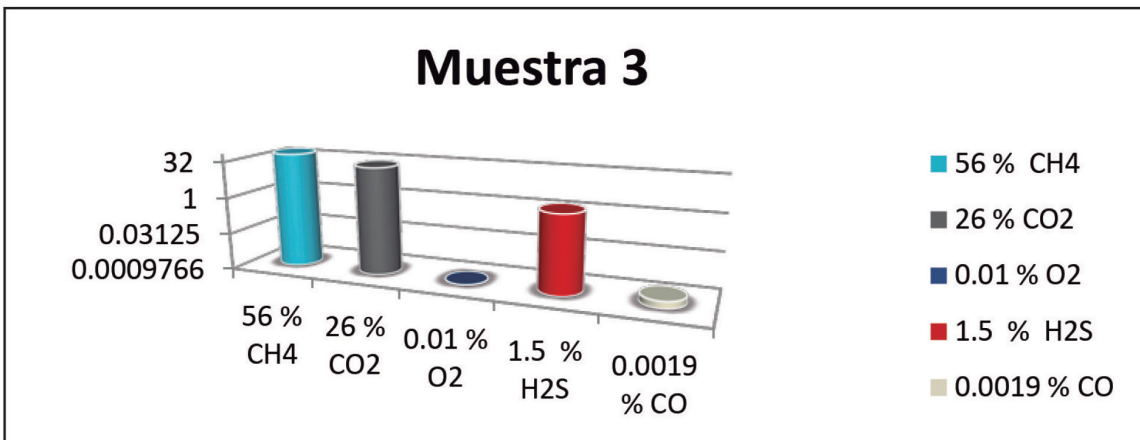
GRÁFICA 1

Valores obtenidos de la muestra 1 de biogás por el equipo Multitec 540.



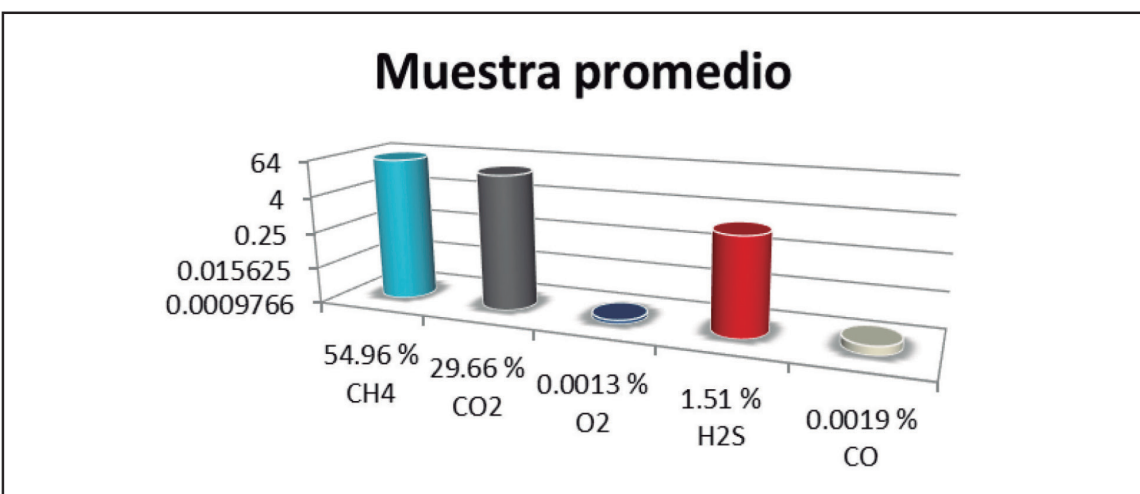
GRÁFICA 2

Valores obtenidos de la muestra 2 de biogás por el equipo Multitec 540.



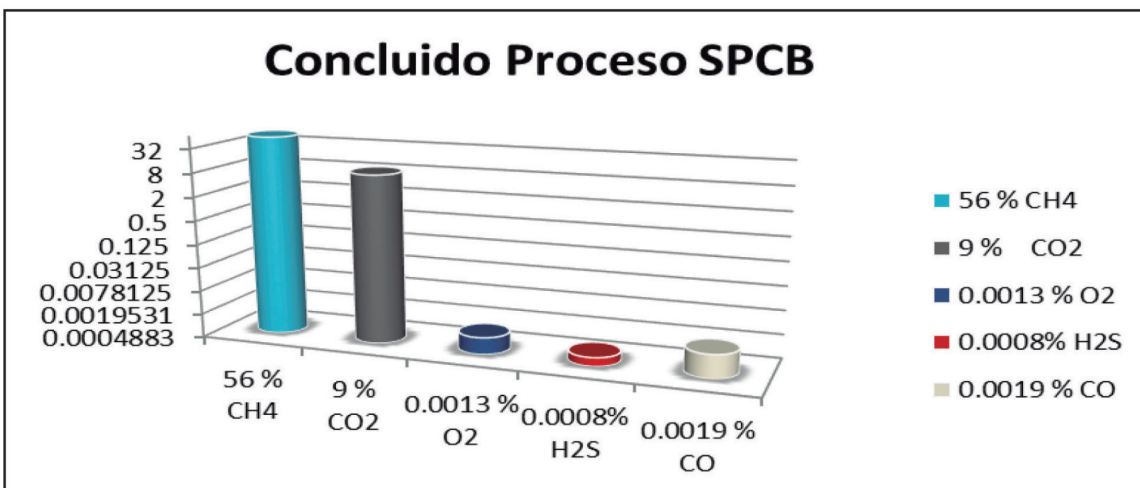
GRÁFICA 3

Valores obtenidos de la muestra 3 de biogás por el equipo Multitec 540



GRÁFICA 4

Valores promedio de muestras de biogás antes del SPCB.



GRÁFICA 5

Valores obtenidos al concluir el proceso el biogás en el SPCB por el equipo multitec 540.