

**ALTERNATIVA PARA LA TRANSFORMACIÓN DEL BIOGÁS PRODUCIDO EN
LA PTARD EL TEJAR EN ENERGÍA ELECTRICA**
Agustín Valverde Granja,* Mauricio Hernández Sarabia

Universidad de Ibagué, Carrera 22 Calle 67 Barrio Ambalá Ibagué Colombia

Teléfono 057 8 2709400 Ext 310, agustin.valverde@unibague.edu.co

RESUMEN

En este trabajo se analizó la alternativa de aprovechamiento de biogás, producido en los reactores UASB de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas el TEJAR, de la ciudad de Ibagué, y su posible uso en la generación de energía eléctrica, se hizo un reconocimiento del sistema de transporte de biogás de la planta, necesario para determinar sus condiciones reales, posteriormente mediante inspección se evaluó el estado de los elementos presentes en el sistema, y se hicieron los acondicionamientos necesarios para el aprovechamiento, obteniendo un flujo volumétrico de 632.1 m³/día, se empleó como prototipo un grupo electrógeno a gasolina de 2 KW, el cual se adecuo para trabajar con biogás, se realizó un diseño experimental tipo factorial obteniéndose una máxima potencia en el prototipo de 1.75 KW, una relación Aire/biogás de 9:1 en masa, una reducción en la concentración de CO₂ del 2%, una concentración final de H₂S de 0.11% y un índice de consumo de 0.5 m³/Kw. El estudio permite establecer que con el biogás que actualmente se produce en la planta se puede generar 46 KW, con lo que se satisface su necesidad

Preferimos presentación oral

1. Introducción

Desde hace algunas décadas en el mundo ha surgido cierto interés en el uso de diversas fuentes de energía renovable, para satisfacer necesidades energéticas de la sociedad, ejemplo de esto es la creciente utilización de biocombustibles como el biodiesel, el alcohol carburante y el biogás [1].

El biogás es utilizado en procesos que requieren energía acalórica [2] y su aprovechamiento se encuentra en diferentes fases de desarrollo dependiendo de las regiones, de tal manera países como Europa, Estados Unidos y china principalmente se encuentran a la vanguardia en la investigación y desarrollo de tecnología para su explotación [3], contrastando con esto se encuentra que en los países subdesarrollados o en vía de desarrollo la investigación y la implantación de esta tecnología es menos avanzada, tal es el caso de muchos países latino americanos y africanos.

En Colombia se ha empezado a investigar y aprovechar el biogás como fuente energética [4], está el caso de la PTAR Río frío de Bucaramanga que realizó un estudio llamado “utilización del biogás como combustible para motores de combustión interna” y el caso de la PTAR cañavalejo de Cali donde utilizan el biogás para mantener a una temperatura adecuada las bacterias de sus reactores UASB y para generar la energía eléctrica. Dicha PTAR trata aproximadamente $7.6 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua residual, con lo que se produce aproximadamente $26.000 \text{ m}^3/\text{día}$ de biogás, el cual tiene un porcentaje de metano que oscila entre 75% y 80%.

2. Metodología

Para la realización de este estudio inicialmente se hizo necesario hacer un reconocimiento de la PTARD, donde se encontró que el biogás que se produce en los reactores UASB es atrapado por medio de dos campanas, en una se recolecta el biogás que tiene mayor concentración de ácido sulfhídrico y en la otra el biogás que tiene mayor concentración de metano, figura 1. El biogás con mayor porcentaje de sulfhídrico llega a un tanque de almacenamiento primario y de allí es succionado por un ventilador, el cual lo transporta hacia dos biofiltros, Figura 2, en donde se le realiza un tratamiento con el fin de disminuir la concentración de ácido sulfhídrico [5]. Estos biofiltros se encuentran divididos en cuatro etapas, en la primera se crea un colchón de agua que envuelve un tubo tipo flauta de ingreso de gas, y debido a la presión que le inyecta el ventilador se crea burbujeo donde por contacto directo del sulfhídrico con el agua reacciona y se convierte en ácido sulfúrico, la segunda y tercera etapa consisten en hacer pasar el biogás a través de compostaje (tierra, cáscara de coco y canastillas poliméricas) que atrapa el ácido sulfúrico, y finalmente en la cuarta etapa el biogás es lavado nuevamente por medio de aspersion de agua. Al salir de los biofiltros el biogás es transportado hacia una tea en donde es quemado.

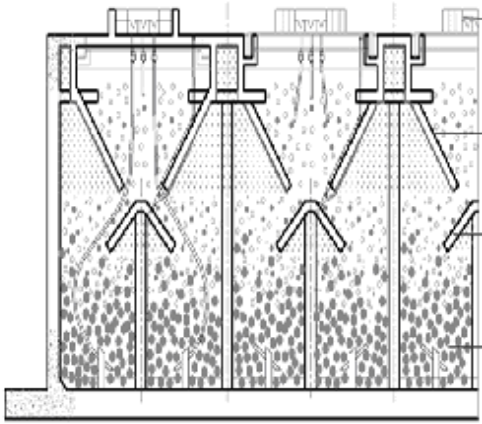


Figura.1. Reactor UASB

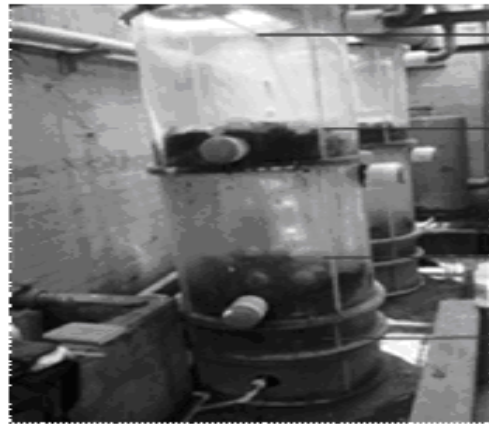


Figura. 2. Biofiltros de lavado de sulfhídrico

2.1. Adecuación de línea de transporte de biogás

Para ejecutar las pruebas pertinentes con el prototipo fue necesario realizar algunas adecuaciones a la línea de transporte de biogás de la PTARD el Tejar a saber:

- Se instauro una derivación a la línea que transporta el biogás a la tea, dicha derivación se realizo utilizando una te en PVC de 4", respetando el diámetro de la línea principal de biogás.
- Se instalo una válvula de flujo tipo globo de acero al carbono, con el fin de controlar el flujo de gas de ingreso al tanque utilizado en el prototipo.
- Se conecto la derivación a un scrubber presente en la planta, esto para realizarle un tratamiento final de lavado al biogás generado.
- A la salida del scrubber se instalo un contador, para determinar la cantidad volumétrica de biogás que entra al grupo electrógeno.
- Se conecto un tanque pulmón con el fin de almacenar el biogás, dicho tanque cuenta con un manómetro, una entrada y tres salidas, de las cuales una es para expulsar posibles condensados, otra es para retornar el biogás a la línea principal que va a la tea, y la última es para transportar el biogás hacia el grupo electrógeno.

En la figura 6, se muestra la adecuación inicial de la línea de transporte de biogás.



Figura 6. Adecuación de la línea de transporte de biogás.

3. Condiciones experimentales

3.1. Caracterización del biogás

Se succiono de la tubería principal dos muestras de biogás para conocer su composición, estas muestras fueron almacenadas en 2 bolsas tedlar, la técnica utilizada fue cromatografía en fase gaseosa con reporte de la composición en base seca los resultados se muestran en la Tabla 1. El contenido de CH₄ encontrado en el biogás producido por la planta es alto (80%), esto facilita que pueda ser aprovechado como combustible [6].

Tabla 1. Resultados del análisis del biogás

ELEMENTO	COMPOSICION (%)
CO ₂	10
H ₂ S	0,13
CH ₄	80
N	9,87

3.2. Generación de energía eléctrica utilizando el biogás de la PTAR.

Para la evaluación de esta alternativa de aprovechamiento se utilizo un grupo electrógeno marca Hi-Force a gasolina, 4 tiempos de 2 KW, Figura 3. Para el funcionamiento del grupo electrógeno con biogás fue necesario realizarle algunas modificaciones de acuerdo a las condiciones particulares de la PTARD y del prototipo al que se le adicionó una válvula reguladora de flujo figura 3, una manguera de presión, figura 4 y un mezclador aire biogás, figura 5.



Figura 3. Grupo electrógeno utilizado como prototipo

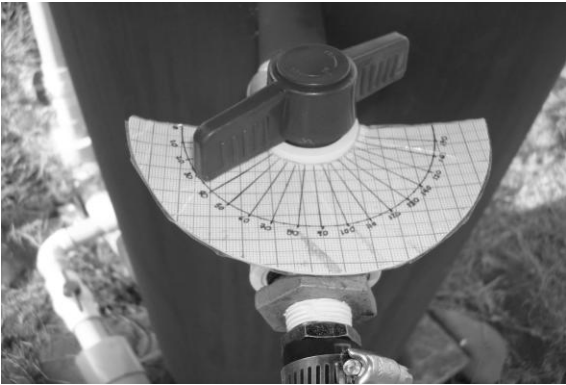


Figura 4. Válvula reguladora de flujo de biogás Figura 5. Mezclador adaptado al sistema

Se realizó un diseño experimental tipo factorial de cinco factores a dos niveles con tres repeticiones, donde se manejaron como variables de entrada el flujo másico de biogás, el cual fue controlado por la apertura de una válvula y el flujo másico de aire. Las variables de salida obtenidas son la potencia, registrada a través de un banco de bombillas de 3 Kw, figura 6, y la concentración de dióxido de carbono.



Figura 6. Banco de bombillos

6. Resultados

6.1 Evaluación de la concentración de CO2

En la figura 7, podemos observar, que al evaluar la concentración de CO2, frente a la potencia de salida, utilizando como combustible gasolina y biogas, esta tiene un incremento progresivo hasta adquirir la potencia de 1500 wattios y para potencias superiores presenta una ligera disminución. Al comparar los resultados obtenidos para los dos combustibles, se encuentra una disminución en la concentración de CO2 del 2% para el biogas.

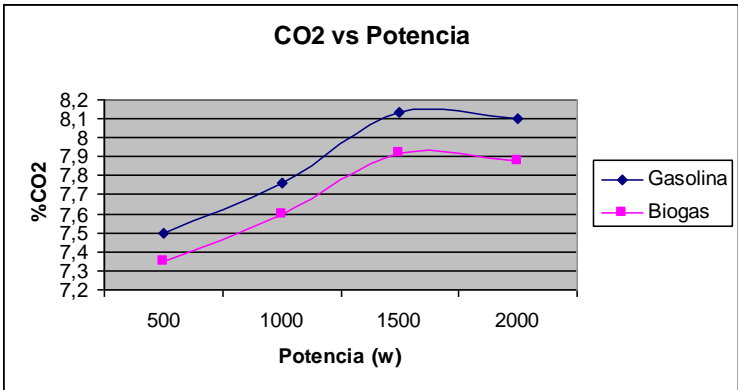


Figura 7. Concentración de CO2 VS Potencia de salida

6.2 prueba de flujo de biogás

Para determinar la cantidad real de biogás que se está produciendo en la planta se realizaron varias pruebas utilizando un contador marca instromet y se tuvo en cuenta variables como: el estado de la tea, la configuración de los biofiltros y el porcentaje de apertura de las válvulas tanto de la línea de mayor porcentaje de CH4 como la de H2S. Obteniéndose un caudal máximo de 632,1 m³/día, cuando las dos válvulas están 100% abiertas con la tea apagada y los biofiltros conectados en serie.

6.3 determinación de la máxima potencia utilizando biogás

En la figura 8, se compara la potencia máxima suministrada por el grupo electrógeno al utilizar tanto biogás como gasolina, determinándose así que al utilizar biogás el equipo produce el 79,54% de lo que produciría utilizando gasolina.

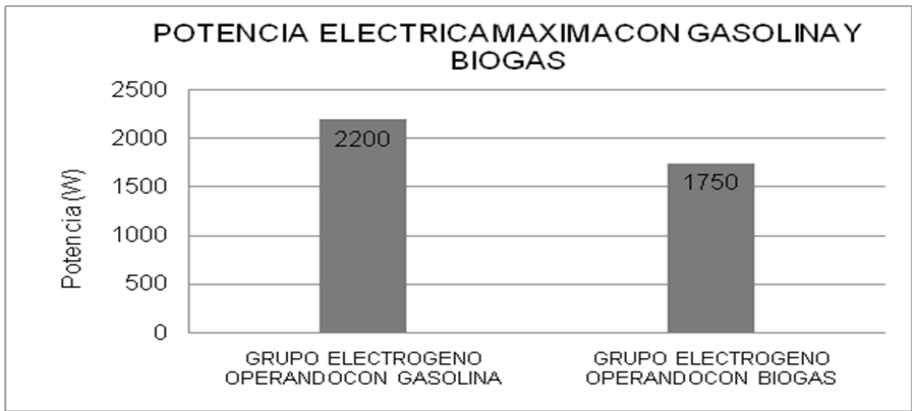


Figura 8. Potencia eléctrica máxima con gasolina y con biogás

6.4 inspección del grupo electrógeno después de su trabajo con biogás

Para determinar el comportamiento del grupo electrógeno después de haber trabajado 3000 horas continuas con biogás, fue necesario desmontarlo y revisar el estado de sus componentes, En la figura 9, se puede observar que dichos componentes se encuentran en perfecta condiciones, lo que refleja que la concentración de ácido sulfúrico se encuentra por debajo de los niveles permitidos.



Figura 9. Componentes del motor después de operar con biogás.

7. Evaluación económica

Para la evaluación económica de esta alternativa, Figura 10 se tuvo en cuenta el costo inicial del proyecto, el cual fue determinado realizándose cotizaciones en empresas productoras de los equipos, incentivos tributarios otorgados por el gobierno nacional, como son: impuesto sobre las ventas (16%), y la reducción en el impuesto de renta (30%), además de lo anterior se calcularon las toneladas de reducción de biogás (1455,2 Ton/año) y se cuantificaron a un costo de 7 dólares americanos la tonelada de CO₂ el cual

corresponde al costo del año 2007. Se tuvo en cuenta los ingresos y ahorros de la empresa al vender la energía eléctrica generada.

En la figura 10, se observa que la inversión inicial después de contemplar los respectivos incentivos, es de \$ 77'471.030 y se recupera a los 3 años, siendo muy rentable para la empresa.

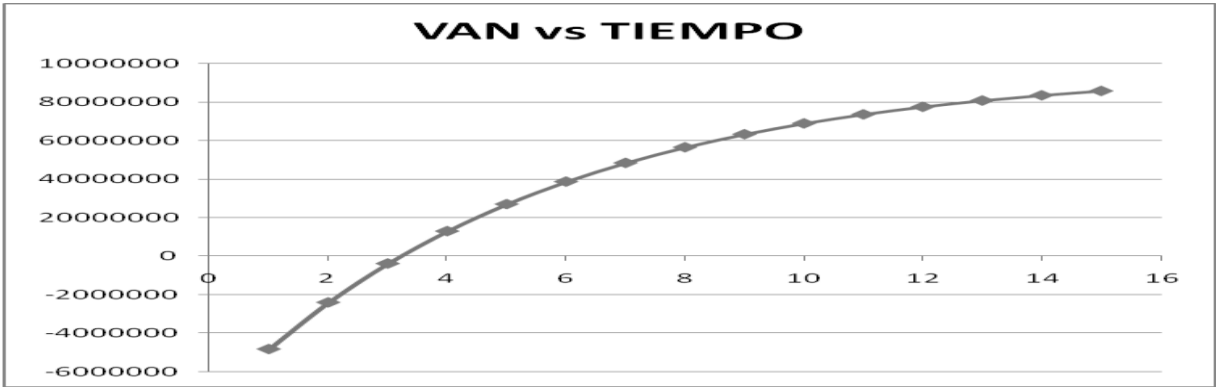


Figura 10. VAN vs. Tiempo –Generación de Energía eléctrica con biogás.

8. Conclusiones

Se verifico la alta calidad del biogás que produce la PTARD, ya que por presentar un contenido de metano del 80%, presenta un alto poder calórico, y con la adecuación de los biofiltros una baja concentración de ácido sulfúrico.

Se comprobó que las plantas eléctricas comerciales Diesel o gasolina de baja potencia, se pueden convertir a biogás, con una alta eficiencia de transformación del biogás en energía eléctrica.

Se verifico experimentalmente que el biogás tiene un alto poder calórico lo que permitió que el prototipo generara una eficiencia de 79,54% frente a su uso con gasolina.

El prototipo permite establecer que se puede instalar un sistema electrógeno que produzca 46.06 KW trabajando con el biogás registrado directamente en la línea y 53 KW si se trabajara con el biogás que teóricamente se debe producir.

Debido a la gran cantidad de contenido de ácido sulfhídrico que presenta el biogás, se recomienda intensificar el proceso de limpieza con el fin de reducir su porcentaje, para mejorar la eficiencia del grupo electrógeno y disminuir la acción de deterioro de los equipos.

El índice de consumo obtenido con el prototipo utilizando gasolina fue de 0,71 lt³/KW h. y con biogás de 0.027m³ /kwh.

Para la alternativa de generación de energía con el biogás de la planta, el costo inicial es de \$169.806.847, sin tener en cuenta los incentivos tributarios y la negociación de las toneladas de CO₂ y de \$77'0000.000 teniendo en cuenta lo anterior, y se recupera en tres años.

9. Agradecimientos

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a Empresa Ibaguereña de acueducto y alcantarillado IBAL S.A. E.S.P Oficial, por el apoyo con los recursos y la infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto.

10. Referencias

- [1] **CARDENAS, Humberto.** Utilización del Biogás como combustible para motores de combustión interna. Ed. UIS. 1994.
- [2] **Hohlfeld J, Sasse L** Production and utilization of biogas in rural areas of industrialized and developing countries. GTZ. Eschborn, Alemania. 1986.
- [3] **Mitzlaff, Klaus von** Engines for biogas. GATE – GTZ. Lengericher Handelsdruckerei, Lengerich, Alemania.1988.
- [4] **Pedraza Gloria, Becerra Maricel, Conde Natalia, Chará J.** Descontaminación productiva de aguas utilizadas en labores domésticas y en sistemas de producción en zonas de montaña. En: Sistemas Pecuarios Sostenibles para las Montañas Tropicales. CIPAV – CENDI. Cali, Colombia.1995
- [5] **Muche H, Zimmermann H** La purificación del biogás. GATE – GTZ. Lengericher Handelsdruckerei, Lengerich, Alemania.1985
- [6] **Philippe Steyer Jean** Production d'énergie par des microorganismes La bioproduction de méthane