

GENERACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE BIOCOMBUSTIBLES EN LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Adrián Vidal^a, Raúl Yépez^a, Eduardo G. Canudas^b, Estela Fernández^a, Alexandro Castellanos^a

^a Facultad de Ingeniería Región Veracruz, Universidad Veracruzana, Blvd. Adolfo Ruíz Cortines No. 455,
Frac. Costa Verde, Boca del Río, Ver. C.P. 94294, MÉXICO. Email: avidal@uv.mx

^b Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Región Veracruz, Universidad Veracruzana, Circunvalación
Esq. Yáñez s/n, Col. Unidad Veracruzana, Veracruz, Ver. C.P. 91710, MÉXICO.mx

Resumen

En este trabajo se exponen los avances logrados a la fecha, en materia de generación y aprovechamiento de biocombustibles en la Facultad de Ingeniería Región Veracruz, de la Universidad Veracruzana (FIUV), como son la generación de Biogás con excretas de bovinos para la generación de energía eléctrica, la producción de biodiesel para la operación de maquinaria agrícola y para la autogeneración de energía eléctrica y la generación de gas de síntesis (syngas) para la producción de energía eléctrica y aplicaciones a fuego directo. Se presentan los resultados de estos proyectos que incluyen los diseños y construcción de los dispositivos para la producción de los biocombustibles, así como los resultados obtenidos en las pruebas experimentales de operación (para el caso del biogás y el syngas); caracterización química y análisis de las emisiones, para el caso del biodiesel.

Introducción

En las tres últimas décadas se ha comentado que los hidrocarburos se están agotando y que se deben comenzar a usar las energías renovables. Sin embargo, el promover el uso de las energías alternativas ha sido, en muchos de los casos, solamente un discurso político o una bandera de alguna organización. Se requiere analizar, diseñar y poner en marcha dispositivos que puedan transformar esa energía en beneficio de las comunidades.

La energía eléctrica y térmica en las zonas rurales es una necesidad que muchas familias no pueden pagar. En este sentido, las investigaciones giran en torno al diseño de dispositivos de bajo costo, que puedan aprovechar la energía contenida en la biomasa para producir biogás, biodiesel o syngas. Los autores de este trabajo contribuyen con investigaciones en el área de los biocombustibles, quienes iniciaron desde hace cuatro años la producción de biogás con excretas de ganado, para aplicaciones de fuego directo como la cocción de alimentos, para operar un sistema de refrigeración por absorción y recientemente se investiga y se experimenta con la producción de energía eléctrica con motores de pequeña escala rediseñados para operar con biogás [1-2].

Otra de las líneas de investigación es dirigida a la producción de biodiesel, producida principalmente de aceite vegetal reciclado. Cuando se inició esta investigación en la FIUV, se pretendió, desde un inicio, que el biodiesel producido tuviera las características necesarias para operar maquinaria agrícola, principalmente tractores. La calidad del biodiesel producido fue aceptable para iniciar las pruebas mecánicas [3]. Sin embargo, la medida del desempeño se realizó de manera heurística, por lo que hubo que buscar un equipo que nos permitiera medir el par del motor y las emisiones usando diesel y biodiesel. Recientemente el grupo de investigación ha incursionado en la transformación de la biomasa en gas de síntesis. Veracruz por sus características geográficas, ofrece condiciones muy favorables para la obtención de biomasa, a lo largo de todo el estado. La investigación se inició con el diseño y construcción de un prototipo gasificador de tiro invertido, que

utiliza como materia prima desechos de jardines, hojas, pastos, aserrín, madera y almendras secas. El proyecto plantea el uso de múltiples desechos de biomasa que son abundantes en el estado de Veracruz. [4].

Se busca con ésta y otras investigaciones en las que se está trabajando, demostrar que la demanda de energía en zonas rurales puede ser parcial o totalmente suministrada mediante el aprovechamiento de las energías renovables, en este caso mediante la producción y transformación de los biocombustibles en energía térmica y eléctrica.

Metodología

Biogás

Para la producción del biogás se instalaron cinco biodigestores de flujo continuo y fueron construidos a partir de tinacos de plástico, con capacidad de 5,000 L c/u. Se diseñaron para que el 75% del volumen del tinaco fuera para la fase líquida y el 25% para almacenamiento del biogás, como se muestra en la Fig. 1a. Los biodigestores fueron enterrados en una fosa de 2 m de ancho por 11 m de largo, quedando la parte superior del biodigestor al nivel del suelo, ubicados en paralelo. Adicionalmente se instaló una bolsa triple de tubo de polietileno calibre 600 con capacidad de 3,000 L para almacenamiento de biogás, como se muestra en la Fig. 1b. Para la generación de energía eléctrica se rediseñó un motogenerador de 3000 W de 160 cc. Al motogenerador se le adaptó en el carburador un Venturi y un regulador de flujo del biogás. El biogás se suministró al generador con un soplador eléctrico sellado herméticamente en un tubo de PVC para evitar que el biogás se mezclara con aire. Para conocer el porcentaje de CH_4 en el biogás se tomaron muestras de dos de los biodigestores que estaban en producción y se analizaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) usando un cromatógrafo de gases modelo Varian 3600.



Fig. 1a) se muestran los biodigestores de 5,000 L cada uno utilizados en este proyecto. En la Fig. 1b se muestran los filtros de viruta de hierro, los medidores de gas y la bolsa de polietileno que almacena el biogás.

Biodiesel

Para el caso del biodiesel, éste se fabricaba en lotes de 20 L en los laboratorios de química de la FIUV, Fig. 2a), posteriormente se diseñó, construyó y operó una planta, Fig. 2b), para tener una mayor producción del mismo, el cual fue analizado químicamente en la Unidad SARA de la UV, en Xalapa, Ver. Los métodos utilizados para el análisis fueron Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS) para cuantificar en qué porcentaje se estaba logrando la transesterificación, es

decir en qué porcentaje se estaba produciendo biodiesel y glicerina. Las pruebas heurísticas de desempeño mecánico se realizaron en tractor agrícola Massye Ferguson 547. Las pruebas experimentales de desempeño mecánico se desarrollaron en un motor General Motor Detroit Diesel Engine modelo 2150, en el laboratorio de máquinas térmicas en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.



Fig. 2a) se muestran el proceso de fabricación inicial del biodiesel cuando este se hacía en los laboratorios de Química de la Facultad de Ingeniería. En la Fig. 2b) se muestra la construcción de la planta de biodiesel.

En las Figuras 3a) y 3b) se muestran la composición en porcentaje de los ésteres metílicos de ácidos grasos que conforman el biodiesel obtenido, observándose la presencia mayoritaria del éster metílico del ácido oleico (C18:1) en un 34.5%, éster metílico del ácido linoleico (C18:2) en un 28.31% y éster metílico del ácido palmítico (C16:0) en un 23.4%, Este resultado confirma que la reacción se llevó a cabo de manera adecuada y que los aceites de donde se obtuvo el biodiesel son 100% de origen vegetal.

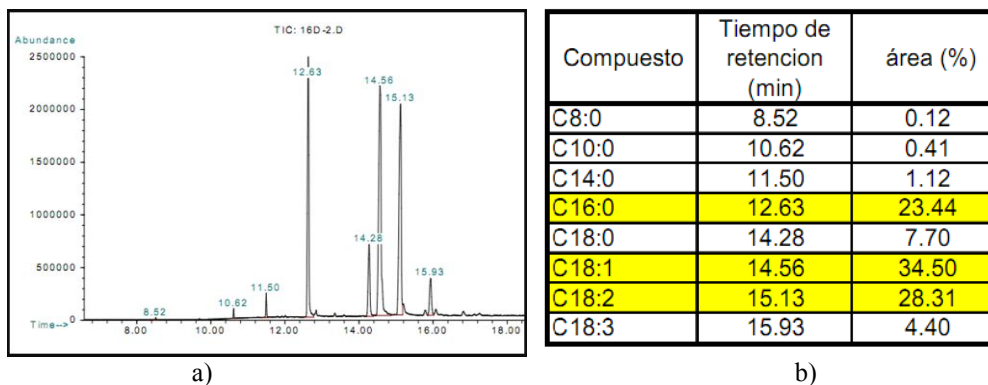


Fig. 3a) se muestra el análisis del biodiesel realizado mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS). En la Fig. 3b) se muestra la composición del biodiesel.

Syngas

Para la producción del syngas se diseñó, construyó y operó un gasificador que aprovecha varios tipos de biomasa, es compacto para ser fácilmente transportable. Se seleccionó el modelo de tiro invertido, por ser el diseño que menos impurezas presenta el gas, tomando en cuenta los tipos de biomasa que se utilizan en el estado de Veracruz.

El modelo del gasificador, básicamente consta de seis elementos, Fig. 4, los cuales se describen a continuación.

1.-Tanque de recepción de material (biomasa): en esta sección se almacena la biomasa antes de pasar a la zona donde se lleva a cabo la pirolisis, oxidación y reducción, está

constituido por dos entradas, una para aplicar fuego y una segunda sección por la cual entra aire que conecta a cinco mangueras que rodean el tanque para calentar el aire antes de que llegue a los tubos de inyección en la garganta de combustión.

2.- Filtro de Gas: se diseñó un filtro para limpiar el gas de impurezas. Es un tambor de metal de 100 lts, relleno de carbón y glicerina, para atrapar principalmente el hollín y retener los alquitranes, éste se conecta al gasificador por medio de un tubo que se une al ciclón.

3.- Ciclón: es un elemento necesario para capturar todas las partículas suspendidas de mayor tamaño que son recolectadas en la parte inferior por medio de un recipiente que se puede desacoplar para retirar las impurezas. El ciclón a su vez está conectado al gasificador por medio de una placa y un ducto por donde entra el gas y en la parte superior se encuentra la salida que se conecta mediante una brida y un tubo al filtro.

4.- Parrilla removedora de cenizas: esta parrilla está constituida por una malla la cual es soportada por una estructura en forma de cruz, el cual a su vez tiene un volante formado por una varilla cuadrada.

5.- Garganta de pirolisis: diseñada para llevar a cabo una mejor combustión; alrededor de ésta se encuentran cinco niples y codos que llevan el aire caliente para la combustión lenta. La garganta funciona como el reloj de arena, debido que al quemarse la biomasa se divide en partículas más pequeñas y caen ala parrilla debido a la forma cónica de esta.

6.- Quemador de Copa: está acoplado al extremo de un cilindro de metal que ayuda a crear el efecto tornado de la flama. Situado justo a la salida del Venturi acoplado a éste mediante un tubo que tiene, tanto a la entrada como a la salida, una campana.

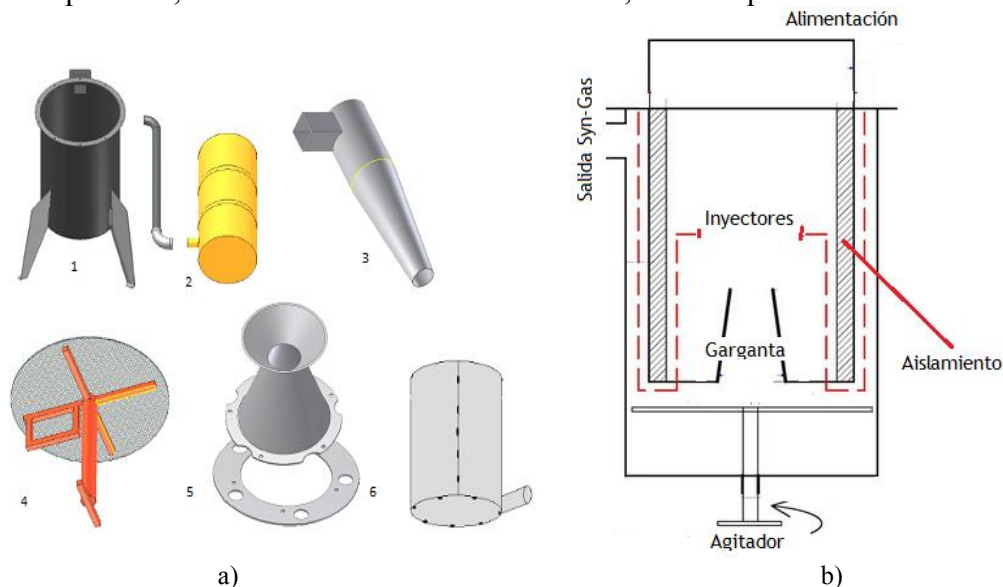


Fig. 4. En la Fig. 4a) se muestra los seis elementos principales del gasificador. En la Fig. 4b) se muestra un corte transversal del gasificador.

Resultados

Biogás

La producción promedio diaria de biogás por cada biodigestor fue de 1,581 L con una desviación estándar de 268 L, y la producción de biogás por kg de MOS fue de 324 L con una desviación estándar de 55 L. El uso del biogás para cocinar fue de 8.3 L/min por

hornilla en la estufa, lo que da un tiempo para cocinar de 3.1 horas/día tomando en cuenta una sola hornilla y un solo biodigestor. La potencia alcanzada del generador con biogás puro fue de 0.724 kW. Se estima que con un biodigestor de 5,000 L se producirían 1.28 kWh diarios. Para producir esta energía de manera convencional se hubiera utilizado 0.55 L de gasolina.

Las pruebas de generación eléctrica usando biogás con 55% de CH₄ fueron óptimas durante 10 minutos de cada prueba, porque después se combinaban diferentes factores que provocaban el paro del generador eléctrico. Por tal razón en una segunda etapa de pruebas se le adaptó un kit de combustión al generador eléctrico, se diseñó y adaptó un soplador que mantenía constante el flujo de alimentación de biogás y se enriqueció éste agregando 7% de gas LP al volumen total del contenedor, mejorando con esto el poder calorífico inferior (PCI) del biogás en un 35% al pasar de 16,613 kJ/kg a 22,428 kJ/kg. Con estos arreglos se tuvo una mejor producción que superaron los 20 minutos. Durante la prueba experimental de producción eléctrica con biogás se produjeron 0.226 kWh de electricidad y se consumieron 222 L de biogás, con una calidad de la energía en un rango aceptable de voltaje (~120 V) y frecuencia (~60 HZ). De esta manera se estima que se podrían producir 1.6 kWh diarios por cada biodigestor de 5,000 L. Esta producción de energía eléctrica le serviría a el productor operar el motor de una ordeña durante 2.14 horas a partir de los desechos de sus vacas, Fig. 5.



Fig. 5. En la Fig. 5a) se muestra el inicio de la experimentación con el generador eléctrico. En la Fig. 5b) se muestra el Voltaje y la frecuencia de la energía eléctrica producida con el motogenerador.

Biodiesel

Los resultados de desempeño mecánico del biodiesel fueron como se esperaba y como se había comprobado heurísticamente con anterioridad [3], la potencia efectiva fue muy parecida obtenida por la combustión de las muestras del biodiesel vs diésel. En la Figura 6, se muestran los resultados de las pruebas realizadas, se aprecia un comportamiento un poco errático; sin embargo, al principio y al final los valores de la eficiencia se ajustan y se mantiene el mismo orden de magnitud, por lo que es importante tomar estos resultados con reserva. Los valores de la eficiencia se incrementan con la carga, es decir, se alcanzaría una máxima eficiencia cuando el motor trabaje a su máxima carga, ya que al operarlo a carga parcial la eficiencia tiende a disminuir a valores tan bajos que provocarían un incremento en los costos de operación.

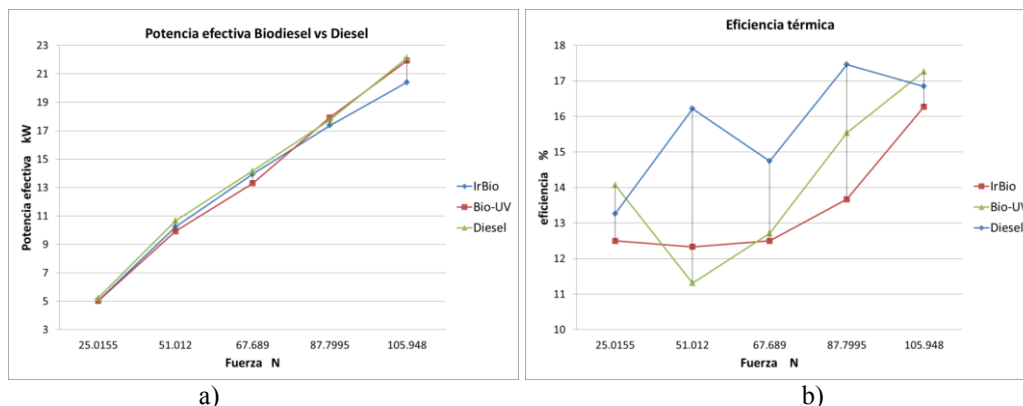


Fig. 6a) se muestra el comportamiento de la potencia producida por el motor Diesel con cada una de las muestras del combustible. En la Fig. 6b) se muestra la eficiencia térmica del motor..

Syngas

Hasta el momento el syngas producido sólo es usado en aplicaciones de fuego directo, pero en la segunda etapa del proyecto se buscará acoplarlo a un generador para la producción de energía eléctrica. En las pruebas experimentales se logró una producción del syngas de manera. La antorcha se mantuvo encendida por más de 35 minutos.

Conclusiones

El grupo de trabajo de los cuerpos académicos de Termofluidos y energía en conjunto con el de Ingeniería de procesos y desarrollo sustentable están involucrados en el proyecto de producción y aprovechamiento de biocombustibles que se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana. En este trabajo se mostraron los avances que se tienen en la producción y aprovechamiento del biogás, biodiesel y Syngas. En los dos primeros el grado de consolidación es adecuado, porque se ha llegado a producir energía eléctrica como producto final. Para el caso del Syngas, éste se encuentra en la etapa de rediseño del gasificador para obtener un producto de calidad que pueda ser usado en el generador eléctrico, se continúa trabajando al respecto para alcanzar el objetivo deseado que es la producción de energía eléctrica con este dispositivo.

Referencias

1. Vidal, A., Vega, A., Aguirre, M., Cruz, M.A. y Sánchez, C.A. "Utilización del biogás producido con estiércol de vacas para la operación de un sistema de refrigeración por absorción" En: Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com. Vol. I, II parte, pp.55-60. Veracruz, Mex. 2009.
2. Lansinga, S., J. Viquez, H. Martínez, R. Botero, J. Martínez. 2008. "Quantifying electricity generation and waste transformations in a low-cost, plug-flow anaerobic digestion system". Ecological Engineering 34 332-348.
3. Vidal, A. Yépez, R., Mendoza-López, M.R. y García-Barradas, O. "Fabricación de Biodiesel para uso en Maquinaria Agrícola" En: Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com. Vol. 3, No.1, pp.571-576. Cd. Juárez, Chihuahua, Mex. 2011.
4. Milnes, T and Megowan. Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine System, Golden Colorado, March 1988.