

Energía de fuentes vegetales de desecho: Biogás y Gasificación

Miguel Villicaña Aguilera (1), Alberto Florentino Aguilera Alvarado (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería química, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico:
[m.villicanaaguilera@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [alaguile@ugto.mx]

Resumen

Para un gasificador de tipo downdraft, el cual se opera con múltiples tipos de biomasa, es importante conocer las condiciones óptimas de su operación con el objetivo de tener un control del gas de síntesis producido, su calidad, cantidad y flujo del agente gasificante requerido. Dentro de la presente investigación se analizó para varios tipos de materia: como residuos agrícolas y biomasa alternativa, las pruebas realizadas arrojaron buenos resultados para un flujo de agente gasificante aproximado de 90 a 100 ml/min para toda la materia, sin importar el tamaño de partícula. El tamaño de partícula resulta un factor importante al momento de la operación del equipo, así como de la cantidad de syngas producido, ya que por ejemplo las pequeñas fibras de coco al ser demasiado volátiles ocasionan su rápida descomposición en la zona de pirolisis, causando la generación de una menor calidad de syngas y una alimentación continua. Otro factor importante es la humedad, ya que al ser excesiva conlleva a limitantes en la etapa de combustión, requiriendo mayor proporción de energía (reacción endotérmica) para su preparación a las siguientes etapas y con ello un mayor gasto energético que ocasionaría un elevado costo de operación.

Abstract

Gasification of biomass is becoming common technology now days; the equipment name Downdraft gasifier need so understand the performance, because the yield to produce syngas, the quality and amount are related with the gasifier agent and his properties. In this paper were used different kind of biomass like coconut, agricultural waste, and wood sawdust, the measurement provide an optimum conditions so especially 90 to 100 ml/ min for anyone materials. We are mentioned the importance to the material's size and the advantages in the reactions into the gasifier and the near relation with the quality of syngas, because when the material is very small, we can have problems with the next steps, especially in the pyrolysis zone, when the material has been fastest cracking we need feed more frequently. The moisture is other important factor related with the pyrolysis and reduction zones, when the material still humidity is more difficult begin and become the materials to fuel gas, the process are government to endothermic reactions, however we must take a control and take over a dry material for give more energy power (IC) there are related to exothermic reactions. If we take the control to previous mentioned conditions, the produce as a result were more enough syngas with the best quality, because the turbines and other equipment used syngas to produce electricity need a purity syngas.

Palabras Clave

Gasificador Downdraft ; Modelo de Equilibrio; Biomasa; Syngas; Pirolisis

INTRODUCCIÓN

Las tendencias actuales contrastan a las antiguas, que estaban basadas en el uso de combustibles fósiles, tales como el carbón y el petróleo, actualmente se ha buscado emplear otras alternativas para producir energía, haciendo uso además de los materiales de desecho principalmente de cultivos y hortalizas.

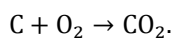
La gasificación es un proceso químico mediante el cual agentes sólidos con estructura de carbono e hidrogeno (biomasa) se transforman en otros de mayor volatilidad y en estado gaseoso, dicho producto se conoce como gas de síntesis ó syngas, mismo que se puede emplear en motores de combustión interna, calderas y turbinas en etapas posteriores para la cogeneración de energía alternativa, más limpia y aprovechando los desechos orgánicos, que en su mayoría proceden de fuentes vegetales, el rendimiento alcanzado es alrededor de 30-32% .

El poder calorífico (PCI) que proporciona el gas de síntesis presenta una sexta parte de lo aportado por el gas natural, siempre y cuando el agente gasificante sea el aire.

El equipo en el cual se llevan a cabo el proceso de gasificación se denomina en la literatura: gasificador, debido a su diseño principalmente de tipo lecho móvil, donde la biomasa tiende a alimentarse desde la parte superior y el agente gasificante en la parte inferior propiciando un mejor contacto, se puede sub clasificar en dos tipos: downdraft, cuando las corrientes de agente gasificante y alimentación de biomasa tienen una configuración paralela, por el contrario updraft cuando es en sentido opuesto[1].

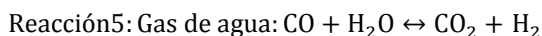
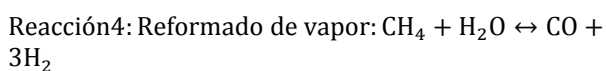
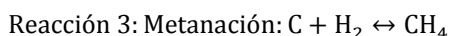
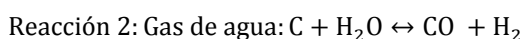
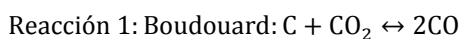
El proceso de gasificación presenta 3 tipos de zonas: Combustión, Pirolisis y Reducción, dentro de las cuales se llevan las reacciones basadas en un modelo de equilibrio termodinámico.

Dentro de la zona de combustión la biomasa en presencia de oxígeno, se transforma en ceniza, considerando una combustión completa:



En la zona de pirolisis la biomasa virgen nuevamente alimentada interacciona con el bióxido de carbono previamente producido para dar lugar a materiales volátiles así como gases de combustión y cenizas.

Finalmente en la zona de reducción es donde se combinan los gases formados en la etapa anterior, como el CO, que en conjunto con una serie de reacciones heterogéneas [3], las especies (CH₄, H₂, CO, CO₂, N₂, H₂O) generan el gas de síntesis o syngas.



La temperatura de operación de un gasificador de cualquier tipo no puede ascender por encima de los 1500 °C porque ocasionaría problemas técnicos en la operación del equipo, así como la estabilidad de la materia volátil, la presión oscila entre 1 y 30 atmósferas [1].

Existen una gran variedad de combustibles que pueden ser empleados para gasificación, citando a la madera y a los restos agrícolas principalmente como los más reportados en la literatura.

Dependiendo del combustible así como sus propiedades fisicoquímicas que presente, existe el diseño de un reactor acorde al proceso.

Al momento de diseñar un gasificador se debe de considerar las siguientes variables como: agente gasificante utilizado (aire, oxígeno, vapor de agua), presión de operación, forma y tipo de alimentación, control del calor producido; por todo lo anterior así como la versatilidad para aceptar cualquier biomasa en su operación, el tipo Downdraft resulta ser el más conveniente [5].

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de nuestra metodología de trabajo, se procedió a realizar múltiples pruebas primeramente en equipo de laboratorio, como fueron dos columnas de vidrio operadas con un compresor de aire tipo semi industrial, así como el uso de diversos tipos de biomasa, para lograr un efecto de fluidización, simulando la operatividad de un gasificador de tipo downdraft, en base a ello se logró establecer las condiciones óptimas de operación, en función de: flujo de aire, tipo de biomasa y la caída de presión que se genera.

Una vez conocidos los parámetros antes mencionados se llevó a cabo su posterior aplicación a un equipo de gasificación en concreto, ver en (Imagen 1), para comprobar que efectivamente dichas condiciones permiten obtener mejores resultados en el gas de síntesis que se producirá.

En todo momento las variables de nuestra experimentación fueron; tipo de biomasa y tamaño, flujo de aire de alimentación, caída de presión, calidad y cantidad de gas de síntesis, así como humedad relativa.



IMAGEN 1. Gasificador tipo downdraft utilizado dentro de la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo encontrar en base a la simulación en columnas de vidrio y haciendo uso de diversos

tipos de biomasa que el tamaño de cada una de ellas tiene un efecto primordial en la operación del gasificador tipo Downdraft ya que a medida que aumenta el tamaño de la partícula es necesario un mayor flujo de agente gasificante (aire) que le permita la interacción para la producción de un tipo de syngas específico o con una calidad especial, para ello fue importante realizar un secado de cada uno de los materiales ya que la humedad tiende a aumentar considerablemente su peso, que a su vez genera una desventaja directa en la etapa de combustión [4].

Se pudo comprobar que dentro de la materia orgánica empleada, la muestra de 15 mm (véase tabla 1) contiene un menor porcentaje de humedad, y tiene un tamaño considerablemente pequeño, por lo que es más factible utilizarlo en la producción de syngas con una calidad óptima.

Por el contrario podemos notar que no ocurre lo mismo con la fibra de coco (véase tabla 2) puesto que aunque tiene un bajo porcentaje de humedad su tamaño es muy pequeño y esto hace que se agote antes de pasar a las diferentes zonas del equipo (primordialmente la pirolisis). Anexo a esta problemática se tendría que mantener una alimentación de manera constante ya que de no ser así, el equipo corre el riesgo de parar, para lo cual, nuevamente se procedería a desmontar la cubierta de alimentación y reiniciar su operación, esto generaría un excesivo consumo energético.

| Tabla 1. Porcentaje de humedad, Residuos agrícolas | | | |
|--|-----------------------|----------------|--------------|
| Residuos agrícolas, diferente espesor (mm) | Parámetros de control | | |
| | Peso inicial (g) | Peso final (g) | % de humedad |
| 10 | 22.19 | 20.63 | 6.99 |
| 15 | 74.67 | 72.34 | 3.12 |
| 20 | 20.22 | 18.45 | 8.74 |
| 30 | 74.67 | 69.85 | 6.45 |
| 40 | 67.19 | 62.11 | 7.56 |

Visualizando este panorama, se prefiere que el material óptimo sea aquel que conserve la menor

humedad posible y sobre todo que no sea muy pequeño. El impedimento de la humedad se puede erradicar calentando cada muestra en una mufla, en cambio el tamaño de las partículas no se puede aumentar sin emplear recursos factibles.

Como no se cuenta con el equipo necesario para el análisis de cada muestra, hemos basado la parte de investigación y caracterización de los elementos presentes de nuestras muestras, en artículo [2], comparando los residuos agrícolas con el bagazo y la fibra de coco con la cáscara de arroz, por la similitud que comparten en estructura química.

También se logró comprobar experimentalmente que el flujo óptimo de agente gasificante (aire) para todas las muestras utilizadas se ubicó en un rango de entre 90 y 100 ml/min, obteniéndose como resultado syngas en buenas proporciones. (Véase Imagen 4).

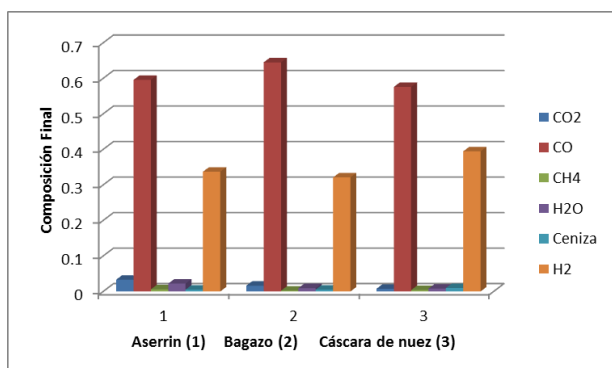


IMAGEN 2: Productos obtenidos de la gasificación de diversas biomazas, tomado de Kinetic modeling of reduction zone in biomass gasification. [2]

Tabla 2. Porcentaje de humedad, biomasa alternativa.

| Biomasa alternativa | Parámetros de control | | |
|---------------------|-----------------------|----------------|--------------|
| | Peso inicial (g) | Peso final (g) | % de humedad |
| Fibra de coco | 148.57 | 145.89 | 3.98 |
| Aserrín de pino | 148.57 | 143.89 | 6.95 |

Gracias a esto podemos obtener resultados confiables sobre la relación que guarda el carbono contenido en su estructura de cada muestra con la ceniza producida después de la reducción (véase imagen 3). Este último compuesto si se produce en exceso tenderá a acumularse en la zona de reducción y de pirolisis, afectando directamente la cantidad de syngas producido.

De los compuestos antes mencionados, el que mayor cantidad de syngas produce es el aserrín y quien más ceniza produce es la fibra de coco.

El bagazo (imagen 2), en nuestro caso, residuos agrícolas, produce una cantidad considerable de syngas, al poseer el menor % de humedad y a su vez una moderada cantidad de ceniza [2], quedando como la opción preferente de las biomazas mencionadas anteriormente para uso y operación del equipo, ya que a su vez no requiere ser alimentado constantemente.

Tabla 3. Flujo de aire en función de la diferencia de presión para residuos agrícolas de diverso espesor.

| Muestra de Residuos agrícolas diferente espesor (mm) | Parámetros de control | | |
|--|-----------------------|------------------------|---|
| | Relación de flujo | Flujo de aire (ml/min) | Diferencia de presión (cm de etilén glicol) |
| 10 | 25 | 30 | 1.1 |
| 10 | 45 | 95 | 4.1 |
| 10 | 65 | 170 | 16 |
| 15 | 25 | 30 | 1.9 |
| 15 | 45 | 95 | 3.2 |
| 15 | 65 | 170 | 13.4 |
| 20 | 25 | 30 | 1.1 |
| 20 | 45 | 95 | 3.2 |
| 20 | 65 | 170 | 11.2 |
| 30 | 25 | 30 | 1.1 |
| 30 | 45 | 95 | 2.4 |
| 30 | 65 | 170 | 9.2 |
| 40 | 25 | 30 | 1.1 |
| 40 | 45 | 95 | 4.6 |
| 40 | 65 | 170 | 19.8 |

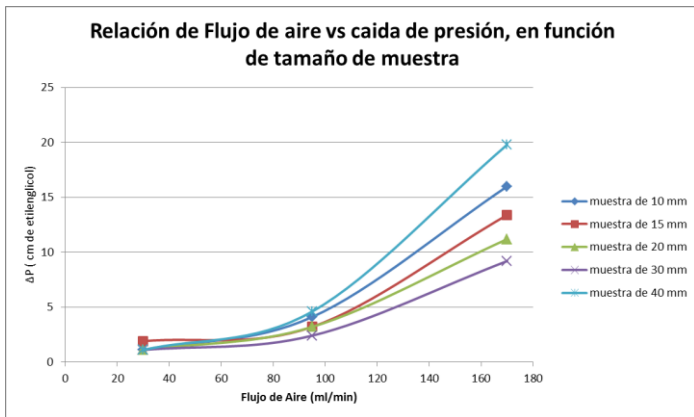


IMAGEN 3: Análisis Elemental para diversas biomazas tomado de Kinetic modeling of reduction zone in biomass gasification. [2]

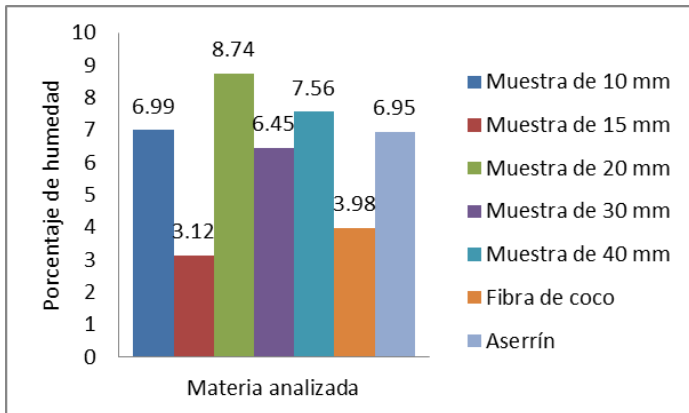


IMAGEN 4: Relación de flujo de aire en función de la caída de presión para desechos agrícolas de diversas dimensiones.

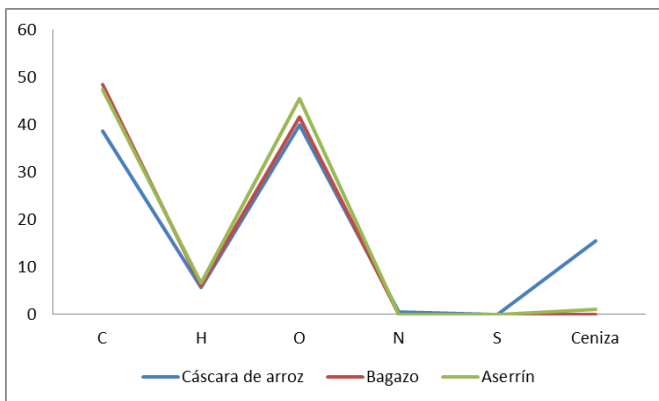


IMAGEN 5: Porcentaje de humedad para diferentes biomazas utilizadas (Desechos Agrícolas).

CONCLUSIONES

Mediante el proceso de gasificación llevado a cabo en el equipo del mismo nombre, se comprobó la formación de syngas con ayuda de un análisis de flama. De la misma manera se establecieron las condiciones óptimas de operación en función del tipo de biomasa, características físicas, químicas y el flujo de agente gasificante suministrado, quedando el aserrín como la mejor biomasa utilizada para la operación de gasificación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero extender mi más sentido agradecimiento primeramente al Dr. Alberto Florentino Aguilera, por brindarme el apoyo necesario así como las instalaciones requeridas para el desarrollo del proyecto, en la DCNyE específicamente en el Departamento de Ingeniería química, de la misma forma al Dr. Alejandro Zaleta Aguilar por facilitarme el equipo gasificador, tanto la materia prima para los respectivos análisis y pruebas llevadas a cabo.

REFERENCIAS

- BESEL, S.A. (Departamento de Energía), (2007), "Biomasa: Gasificación", IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), Ministerio de Industria, comercio y Turismo, Madrid España. (pp 7-11). [1]
- Samreen Hameed, Naveed Ramzan, Zaka-ur Rahman, Muhammad Zafar, Sheema Riaz . (2014). Kinetic modeling of reduction zone in Biomass gasification. Energy Conversion and Management, 78 (2014) 367–373°C. [2]
- Ningbo Gao, Aimin Li,(2008), Modeling and simulation of combined pyrolysis and reduction zone for a downdraft biomass gasifier, Energy Conversion and Management, 49 (2008) 3483–3490. [3]
- K. S. Shanmukharadhya,(2007), Simulation and Thermal Analysis of the Effect of Fuel Size on Combustion in an Industrial Biomass Furnace Energy & Fuels, 2007, 21, 1895-1900. [4]
- Forest Products Division. (1993). El gas de madera como combustible para motores, 1014-2886. Recuperado de: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/c4f710c7-db30-5f85-87c4-3bd618b8c60d/> [5]