

# ENERGÍA DE FUENTES VEGETALES DE DESECHO: GASIFICACIÓN Y FLUIDIZACIÓN

Arévalo Arredondo Valentina <sup>(1)</sup>, Aguilera Alvarado Alberto Florentino <sup>(2)</sup>, Rubio Campos Beatriz Eugenia <sup>(3)</sup>

1 Bachillerato General, Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato. | Dirección de correo electrónico: varevalo7@hotmail.com

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

3 Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato. | Dirección de correo electrónico: be.rubiocampos@ugto.mx

## Resumen

La gasificación y la fluidización son procesos que sirven para generar un tipo de energía alterna. La principal fuente de material para ambos son los desechos vegetales, como el aserrín, pedazos de madera y los residuos de frutas y verduras. Estos dos procesos son amigables con el medio ambiente, debido a que la combustión parcial controlada de los residuos vegetales no libera residuos tóxicos a la atmósfera, como el azufre. Estos procesos se llevan a cabo en un gasificador y en una columna de fluidización, respectivamente. Los equipos se utilizaron en este proyecto. Durante la operación, se registraron los perfiles de temperatura (externa e interna) en el gasificador, así como la presión y diferencia de alturas en el flujo de la columna de fluidización rellena con *pellets* de madera. Estas dos tecnologías, son fáciles de operar, ya que la fluidización ayuda a que la gasificación se ejecute de manera más eficiente, en donde la primera da como producto el gas de síntesis que se utiliza como un combustible "más limpio".

## Abstract

Gasification and fluidization are processes utilized to generate a kind of alternative energy. The main source-material for these operations are vegetable waste, like wood chips, sawdust and fruit and vegetable waste. These two processes are friendly to the environment, because the controlled partial combustion of vegetables waste does not release toxic residuals to the atmosphere, like sulfur. These processes are carried out into a gasifier and into a fluidization column, respectively. These two pieces of equipment were used in this project. During operation, were recorded the temperature profiles (both external and internal) in the gasifier and the pressure and height difference in the flow in the fluidization column filled with wood pellets. These two technologies are simple to operate, fluidization assists gasification to run more efficiently as new technology, and the former one give as product the syngas which serves as a "cleaner" fuel.

### Palabras Clave

Energía alterna; Temperatura; Presión; Combustible

## INTRODUCCIÓN

### Gasificación

La gasificación, también llamada pirólisis, es un proceso termoquímico que, mediante la descomposición de las grandes moléculas de los hidrocarburos en moléculas más pequeñas, convierte el material carbonoso, (carbón, biomasa, etc.) en un combustible gaseoso llamado gas de síntesis, el cual es una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono, entre otras moléculas. [1] La diferencia con la combustión es que el gas de esta no tiene ningún poder calorífico, pero el producto de la gasificación sí. Este proceso se lleva a cabo en un gasificador, hay varios tipos de gasificadores y en este caso se trabajó con un gasificador tipo “*downdraft*”.

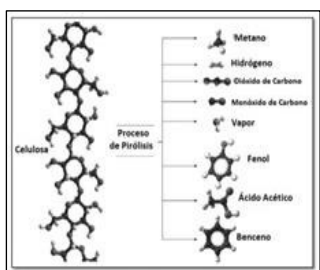


Imagen 1. Proceso de descomposición de las moléculas grandes de hidrocarburos en más pequeñas durante la gasificación.

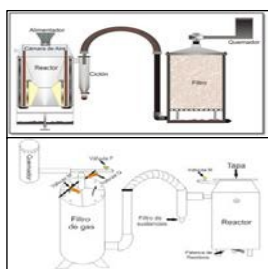


Imagen 2. Esquema general del Gasificador tipo downdraft.

### Fluidización

La fluidización es un proceso que ocurre cuando pequeñas partículas sólidas son suspendidas por una corriente de un fluido que se dirige de abajo

hacia arriba venciendo el peso de las mismas. Las partículas sólidas rotan en el lecho rápidamente, creándose un excelente mezclado. El material que se fluidiza es casi siempre un sólido y el medio que fluidiza puede ser tanto líquido como gas. Las características y comportamiento de los lechos fluidizados dependen fuertemente de las propiedades del sólido y del fluido. [2] Este proceso se lleva a cabo en una columna de fluidización

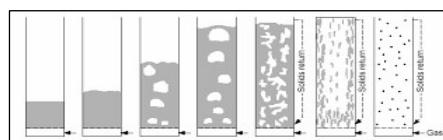


Imagen 3. Columna de fluidización.

### Justificación

Cada día se vuelve más importante el poder encontrar fuentes de energía alternas con el propósito de emplearlas en nuestra vida cotidiana y con ello lograr el menor daño posible a nuestro ambiente, por ello se busca demostrar que mediante el adecuado tratamiento y correcto diseño de un gasificador, se tenga la posibilidad de transformar la biomasa en gas (como fuente de energía renovable), el cual se pretende pueda ser aprovechado para la producción de energía eléctrica a pequeña escala. [3]

Por su parte, la fluidización puede ser empleada en la gasificación de lecho fluidizado, en la cual existe una mezcla entre el sólido inerte y el agente gasificante que favorece la transferencia de materia y energía entre el combustible y el gas. [4] Por tanto, la fluidización puede servir como un proceso para facilitar el proceso de gasificación de lecho fluidizado, ya que la biomasa al gasificarse se vuelve mucho más versátil y fácil de operar. [5]

En este trabajo se planteó como objetivo general, operar un gasificador tipo “*downdraft*” y una columna de fluidización; con el fin de aprender sobre la constitución, manejo y uso seguro y correcto de estos equipos, así como aplicaciones y beneficios de los productos que da cada uno de ellos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

- Gasificador tipo “*downdraft*”
- Pedacera de madera o *pellet*
- Aserrín
- Cartón
- La llama de un cerillo o un encendedor
- Compresor de aire
- Columna de fluidización
- Rotámetro
- Residuos de madera en distintas presentaciones
- Guante aislador térmico
- Cubre bocas
- Lentes de protección

La primera actividad que se llevó a cabo, antes de trabajar con el gasificador y la columna de fluidización, fue limpiar el área donde se encuentran, así como cada uno de los equipos. Esta tarea de limpieza requirió de investigación, ya que era necesario saber cómo es que están armados estos equipos tanto, cómo es que funcionan e investigar cómo se les da mantenimiento. Durante el desarmado de los equipos, algunas partes fueron reemplazadas por nuevas piezas ya que se encontraban deterioradas. Los nuevos materiales que se emplearon fueron:

- Caja de herramientas completa
- Manguera corrugada utilizada en el motor de los automóviles
- Manguera transparente
- Tubo delgado de acero
- Codos de acero
- Tuercas y tornillos de varios tamaños
- Cinchos de varios tamaños
- Cinta de teflón, cinta aislante

El armar y desarmar los equipos, así como el buscar partes nuevas para que encajaran en los lugares correspondientes, fue todo un reto. Algo importante a resaltar, es que antes de desarmar algo o antes de volverlo armar, se debe de pensar muy bien si el tamaño de la nueva pieza es el correcto, si va a funcionar perfectamente con la nueva parte que se le agregó o con su repuesto, pensar si no le falta alguna otra pieza; ya que si lo armas a la primera,

creyendo que ya todo es correcto, a la mitad del armado o después de acabar, puede suceder que las piezas que pusiste están mal porque pueden ocasionar alguna fuga.



Imagen 4. Desarmado del gasificador.



Imagen 5. Columna de fluidización del Laboratorio de Silicio del Depto. De Ingeniería Química, DCNE, UG.

Después de que los equipos estuvieron en condiciones operables, se realizaron las pruebas que a continuación se mencionan en la sección de métodos.

### Métodos

- *Gasificación*

Se realizó una investigación previa del funcionamiento y las medidas de seguridad, las cuales son [6]:

- Usar el guante aislador térmico, el cubre bocas y los lentes de protección.
- El gasificador se debe colocar en un área de seguridad, marcada con una línea de color amarillo.
- El área de seguridad para la colocación del gasificador debe contar con ventilación.
- Se debe verificar que las válvulas se encuentran cerradas.

Se llenó el compresor de aire, después se abrió la tapa del reactor y se colocó en el interior de este un poco de cartón y aserrín para prender la fogata. Ya que estuvo prendido, se transfirieron poco a poco más partículas de aserrín y pequeños pedazos de

madera para que la flama creciera. Mientras esto sucedía se abrió la válvula R para que la flama fuera mayor. Se continuó vaciando madera (en cantidades cada vez mayores) y aserrín (en cantidades cada vez menores). Este paso se llama precalentamiento, y tiene una duración aproximada de 30 minutos. Después del precalentado, se cerró la tapa del reactor con los tornillos, dejando el tapón de la tapa abierto para seguir agregando pedazos de madera y poder así llenar el gasificador, para lo cual fue necesario mantener cerrada la válvula R. Ya que el gasificador estuvo lleno, se cerró el tapón y nuevamente se abrió la válvula R. El calentamiento permaneció durante otros 5 minutos aproximadamente y después se abrieron paulatinamente las demás válvulas. Observamos que del quemador empezaba a salir un gas grisáceo, este era el gas de síntesis. En este equipo se realizó el registro de las temperaturas interna y externa.

- *Fluidización*

Respecto de la columna de fluidización, la única medida de seguridad que se requiere para usarla, es tener mucho cuidado con la presión a la que se va a someter, pues la velocidad del fluido debe ser lo suficientemente alta como para suspender las partículas, pero a la vez no tan elevada como para expulsarlas fuera del recipiente.

La operación del equipo comenzó con la carga del compresor, enseguida se colocaron pedazos triturados de madera o *pellets*, abriendo poco a poco la válvula del compresor, mientras se medía el porcentaje que aumentaba la presión en el rotámetro conforme se medía cada centímetro que pasaba en la diferencia de altura del aceite (originalmente, el aceite está colocado en una manguera transparente que se encuentra doblada, y el nivel de aceite se encuentra en equilibrio). El proceso se repitió nuevamente empleando pedazos triturados de madera de un tamaño más grande.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- *Gasificación*

En el gasificador, se midió la temperatura interna con termopares tipo K, los cuáles fueron conectados

a la computadora y en ésta, se observó el gráfico que mostraba cómo se elevaba la temperatura respecto a cada segundo que transcurría. Los termopares estuvieron localizados en cuatro distintas zonas del gasificador. Cuando la flama alcanzó la temperatura más alta, se registraron estas las siguientes temperaturas: 350°C, 500°C, 600°C y 850°C. La temperatura externa se midió con un termómetro electrónico, esta temperatura también se midió en cuatro puntos distintos del gasificador cada cinco minutos. Los resultados de esta prueba, se encuentran reportados en la tabla 1.

	Primera medición	Segunda medición	Tercera medición
Parte alta	76°C	73°C	70°C
Parte media alta	200°C	140°C	150°C
Parte media baja	100°C	96°C	83°C
Parte baja	71°C	70°C	72°C

Tabla 1. Registro de la temperatura externa del gasificador en cuatro puntos distintos.

Para comprobar que el gas de síntesis que se estaba produciendo en la salida fuera el deseado, se acercó la flama de un encendedor, lo cual generó la llama con el gas.



Imagen 6. Gas de síntesis producido en el gasificador.

- *Fluidización*

En la columna de fluidización se observó que el porcentaje más alto que registró el rotámetro fue de 18% (fue el mismo para ambos tipos de madera). Lo único que variaba entre los dos tipos de madera, fue el tamaño de partícula, ya que esto afectaba en la

abertura de la válvula del compresor. Con los pedazos de madera más pequeños, se produjeron más burbujas que con los pedazos más grandes.



Imagen 7. Burbujas que se generan en la fluidización.

## CONCLUSIONES

La gasificación y la fluidización son procesos que pueden ser utilizados como fuentes de energía alterna. La gasificación da como producto un gas de síntesis que puede ser utilizado como combustible de cualquier tipo ya sea con fines energéticos o caloríficos, además este gas es más amigable con la atmósfera, ya que está libre de ciertos contaminantes, cuya fuente principal es la biomasa y no productos pétreos. La fluidización puede servir como una ayuda para una gasificación más eficiente y se encuentra directamente afectado por el tamaño de partícula de desecho que se emplee.

Es importante mencionar que en este trabajo se adquirió la habilidad para el manejo de los equipos de gasificación y fluidización, así como del conocimiento de las medidas de seguridad que deben tenerse para operarlos.

## AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a la Universidad de Guanajuato por darme la oportunidad de tener un verano lleno de aprendizajes, de descubrimiento y de diversión. Quiero agradecer al Dr. Alberto F. Aguilera por su apoyo, por guiarnos, pero sobre todo por todas las veces que nos hizo reflexionar sobre cómo es que el mundo ha cambiado (en cuestión tecnológica) con el paso de los años, sobre cómo es que a través del tiempo, a las personas se les ha ocurrido el hacer cada uno de los aparatos y herramientas que hoy son tan comunes en nuestra vida cotidiana, y que si nosotros queremos, podemos lograr cualquiera que sea nuestra meta.

Quiero agradecer también a la Dra. Beatriz Rubio Campos por todo su apoyo tanto académico como personal, y por todas sus enseñanzas. También quiero agradecerles a los Ingenieros David Aaron Rodríguez Alejandro y Jesús Alberto Crespo Quintanilla por apoyarnos en la parte de gasificación, ellos nos enseñaron a manejar este reactor.

## REFERENCIAS

- [1] Rodríguez, A., David Aaron. Tesis sobre Gasificación. Universidad de Guanajuato. Capítulo 1. Teoría de la Gasificación de Biomasa (pp. 1-5)
- [2] Universidad Nacional del Sur, Departamento de Ingeniería Química. 2013. Procesamiento de Sólidos y Alimentos II, pp. 1-3.
- [3] Yépez Serna, Raúl. La Gasificación de Biomasa para producción de Energía Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana. 2012. Energías Renovables y Biocombustibles, pp. 1-2.
- [4] Campo y Naranjo, M., Memoria presentada para optar al título de Doctor por la Universidad de Sevilla. 2009., pp. 35-40.
- [5] Acosta Soto, Jesús Israel. Protocolo de Proyecto de Tesis. "Diseño, Construcción y Evaluación de un lecho fluidizado aireado líquido-gas-sólido". Instituto Tecnológico de Durango. Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica. Capítulo 3. pp. 70-72.
- [6] Rodríguez Alejandro, David Aaron. Zaleta Aguilar, Alejandro. "Manual de Procedimientos de Gasificador". Universidad de Guanajuato. División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca. 2012, pp. 1.6
- [7] Rodríguez Alejandro, David Aaron. Tesis sobre Gasificación. Universidad de Guanajuato. Capítulo 2. Caracterización termodinámica para el Gasificador de Biomasa.