

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR DE VAPOR SOLAR PARA EL PRETRATAMIENTO HIDROTÉRMICO DE RESIDUOS DE MAÍZ DEL SECTOR AGRÍCOLA MEXICANO

Rentería Peláez, Jorge Luis (1), Serafín Muñoz, Alma Hortensia (2), Serrano Cabarcas, Gianmarco (3), González Cervantes, Magdalena Yurixhi (4)

1 [Ingeniería electromecánica, ITM] | [jorgerenteria137111@correo.itm.edu.com]

2 [Ingeniería civil, ingeniería ambiental, División de ingenierías, Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [sermuah@ugto.mx]

3 [Ingeniero en energía, Universidad Autónoma de Bucaramanga] | [gserrano47@unab.edu.com]

4 [Ingeniería civil, ingeniería ambiental, División de ingenierías, Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [my.gonzalezcervantes@ugto.mx]

Resumen

En el presente estudio se desarrolló el diseño y la construcción de un prototipo de generador de vapor solar, el cual realizó el pretratamiento hidrotérmico de biomasa de maíz, este prototipo sirve como una alternativa sustentable dentro del proceso de deslignificación bajo el esquema de una biorrefinería. El prototipo es versátil, sencillo y de bajo costo, pensado para su implementación en lugares rurales del sector agrícola mexicano. Para el desarrollo de esta investigación, se adecuó la materia prima, también se diseñó y construyó un prototipo funcional, en el cual se realizó el pretratamiento hidrotérmico de la paja de maíz. Las muestras obtenidas del tratamiento se analizaron por medio de microscopía óptica, se compararon con muestras control y provenientes de deslignificación oxidativa, esto con el fin de conocer la disociación del revestimiento de lignina y la hemicelulosa forman alrededor de la celulosa. En paralelo, se determinó que es posible aprovechar 231.4 Wh de la energía térmica generada por el sol en Guanajuato capital, esta energía logra realizar el pretratamiento de la paja de maíz en aproximadamente 4 horas.

Abstract

In the present study the design and construction of a prototype of a solar steam generator, which performed the hydrothermal pretreatment of maize biomass, was developed, this prototype serves as a sustainable alternative to the process of delignification under the scheme of a biorefinery. The prototype is versatile, simple and low cost, designed for implementation in rural areas of the Mexican agricultural sector. For the development of this research, the raw material was adapted, a functional prototype was also designed and built, in which the hydrothermal pretreatment of the corn straw was carried out. The samples obtained from the treatment were analyzed by optical microscopy, compared to control samples and from oxidative delignification, in order to know the dissociation of the lignin coating and the hemicellulose formed around the cellulose. In parallel, it was determined that it is possible to take advantage of 231.4 Wh of the thermal energy generated by the sun in Guanajuato capital, this energy accomplishes the pretreatment of the corn straw in approximately 4 hours.

Palabras Clave

Biorrefinería; deslignificación; biomasa; Transferencia de calor; energía solar.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y el desarrollo industrial continuo de los países han llevado a incrementar el uso de energía fósil, sin garantizar la sostenibilidad de éstos a largo plazo. La importancia de la energía alternativa aumentó, no reduciendo las fuentes de energía disponibles, sino siendo una nueva alternativa sostenible, la cual no contribuyen a la degradación ambiental que actualmente se está enfrentando. [1]

Los residuos de maíz son recursos biomásicos los cuales podrían ser utilizados para producir biocombustibles, biomateriales o productos químicos biológicos. Para poder aprovechar la energía proveniente de los residuos biológicos provenientes del maíz, se utilizan las biorrefinerías. Las biorrefinerías en similitud a las refinerías convencionales, son instalaciones de transformación de materia prima, pero en el caso de las biorrefinerías, en lugar de utilizar el petróleo como materia prima utilizan biomasa, como lo es por ejemplo los residuos de la producción del maíz [2]. A partir de estos residuos, se pueden producir biocombustibles como lo es el bioetanol.

El pretratamiento de la biomasa de residuos de la producción del maíz es de suma importancia ya que este es el encargado de disociar el revestimiento de que la lignina y la hemicelulosa forman alrededor de la celulosa, esto con la finalidad de poder aumentar la accesibilidad de ésta a las enzimas. Lo que busca el pretratamiento es modificar las características estructurales de la celulosa, como lo son la cristalinidad o el grado de polimerización, además de provocar la solubilización y redistribución de la lignina [3].

Para realizar el pretratamiento de la biomasa lignocelulosa existen diversas técnicas, estas difieren según proceso, ya sean químicos, físicos, biológicos o físico-químicos. Una de las técnicas utilizadas es el pretratamiento por explosión por vapor es un pretratamiento hidrotérmico, en el que la biomasa es sometida a la acción de vapor saturado a relativamente alta presión durante un periodo determinado de tiempo [3].

En este estudio se desarrolló el diseño y construcción de un prototipo generador de vapor solar, bajo un esquema y I+D+i, el cual tuvo como objetivo ser una alternativa sustentable para la deslignificación de los residuos lignocelulósicos por pretratamiento hidrotérmico. Este prototipo obtuvo como resultado un diseño de bajo costo, factible y versátil ya que se propone para ser empleado en lugares rurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

- *Preparación de la materia prima:*

Se usó como materia prima residuos de paja de maíz provenientes de municipio de Abasolo, Gto. Se determinó el porcentaje de humedad de la paja, para ello se pesó la paja fresca y luego se procedió a secarla, se utilizó la ecuación (1) para determinarla.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100\% \quad (1)$$

Con el fin de reducir el tamaño de la paja de maíz, se realizó una molienda, el tamaño de partícula para el pretratamiento fue seleccionado con la ayuda de un tamiz número 20.

- *Diseño y construcción del sistema de generación de vapor:*

El sistema se diseñó mediante el software SOLIDWORKS SP4 2016, a la par se realizó el prototipo experimental que fue empleado para llevar a cabo el pretratamiento hidrotérmico de la paja de maíz.

Para la construcción física del prototipo, se utilizaron un Tubo de $\frac{3}{4}$ in y 200mm de longitud de acrílico, Acople de 2 in de PVC, Válvula de $\frac{3}{4}$ in tipo PVC, Trípode con base para el tubo de acrílico, Concentradores solares planos, Malla, Tapón de $\frac{3}{4}$ in. Se utilizaron 5 concentradores solares de placa plana de unas dimensiones de 310 x 365 mm, estos fueron empleados para canalizar la radiación solar en el sistema de pretratamiento.

Fuente de energía:

Se utilizó la energía proveniente de la radiación solar, para calcular la magnitud energética se determinó: Posición del sol en Guanajuato capital, hora de mayor irradiancia solar, ángulo de incidencia solar, transferencia de calor empleando colectores solares, temperatura final del agua utilizada, para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Irradiancia solar

$$G_s = G_D \cos \theta + G_d \quad (2)$$

G_s : Irradiancia solar

G_D : Radiación directa

G_d : Radiación difusa

θ : Angulo de incidencia

Flujo de calor neto

$$\dot{q}_{neto} = \alpha_s G_s + \varepsilon \sigma (T_{cielo}^4 - T_s^4) \quad [W/m^2] \quad (3)$$

α_s : Absortividad

ε : emisividad

σ : constante de Stefan-Boltzmann

Para determinar la irradiancia solar en Guanajuato capital, el ángulo de incidencia solar y la hora de mayor irradiancia se utilizó el software RETScreen Expert.

- *Caracterización de la paja de maíz*

La paja de maíz utilizada se caracterizó antes y después del pretratamiento hidrotérmico, para ello se empleó un microscopio óptico. La metodología implementada para el desarrollo de este estudio se describe en el la figura 1.

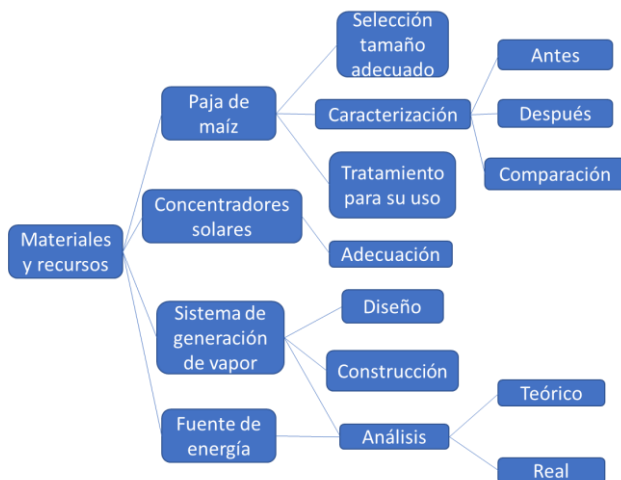


Figura 1. Esquema general de la metodología

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- *Preparación de la materia prima:*

El molido de la paja de maíz da como resultado una disminución del tamaño de partícula, pasando de unas dimensiones promedio de 25x40x2 mm a unas dimensiones más contenidas 1x3x0.5 mm aproximadamente. El tamaño de partícula fue seleccionado con la ayuda de un tamiz número 20. En este estudio, se emplearon 36 g de paja de maíz provenientes de Abasolo. En la figura 2, se muestra el proceso de preparación de la materia prima utilizada.



Figura 2. Proceso de preparación física de la paja de maíz

Diseño y construcción del sistema de generación de vapor:

El sistema se diseñó mediante el software SOLIDWORKS SP4 2016 el sistema de pretratamiento hidrotérmico diseñado sirvió como base para la construcción del prototipo experimental. Figuras 3 y 4.

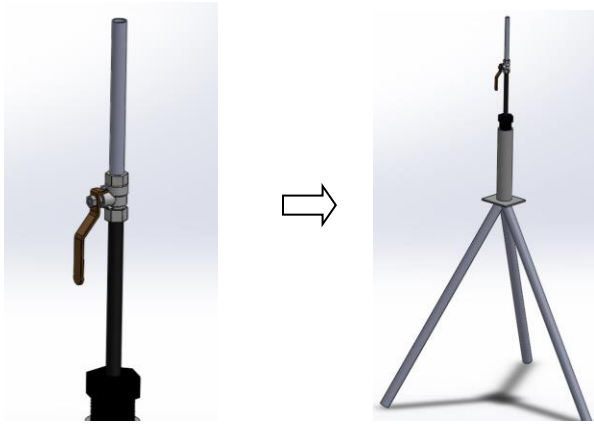


Figura 3. Sistema de pretratamiento hidrotérmico



Figura 4. Disposición del sistema de generación de vapor

Posteriormente, se procedió a realizar la construcción y adecuación de materiales para El sistema de generación de vapor para el pretratamiento hidrotérmico. En las figuras 5 y 6 se

puede observar el sistema construido para el pretratamiento hidrotérmico de la paja de maíz.

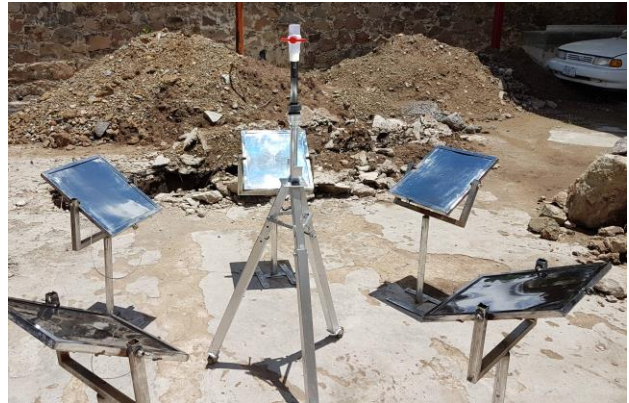


Figura 5. Disposición del sistema de pretratamiento hidrotérmico de la paja de maíz



Figura 5. Vapor generado por la energía solar

Fuente de energía: Los cálculos obtenidos de la magnitud de la energía proveniente de la radiación solar se describen en la tabla 1.

Tabla 1. correlación de datos y valores obtenidos

Dato	Valor
Irradiancia solar (G_s)	331.85 W/m ²
Flujo de calor neto (q_{neto})	40.65 W/m ²
Potencia transferida por los concentradores	229.98 W
Potencia transferida al tubo	1.38 W
Potencia total sistema	231.4 W
Temperatura promedio del agua	57.6 °C

- **Caracterización de la paja de maíz**

En la tabla 2 se muestra la paja de maíz antes y después del pretratamiento hidrotérmico realizado.

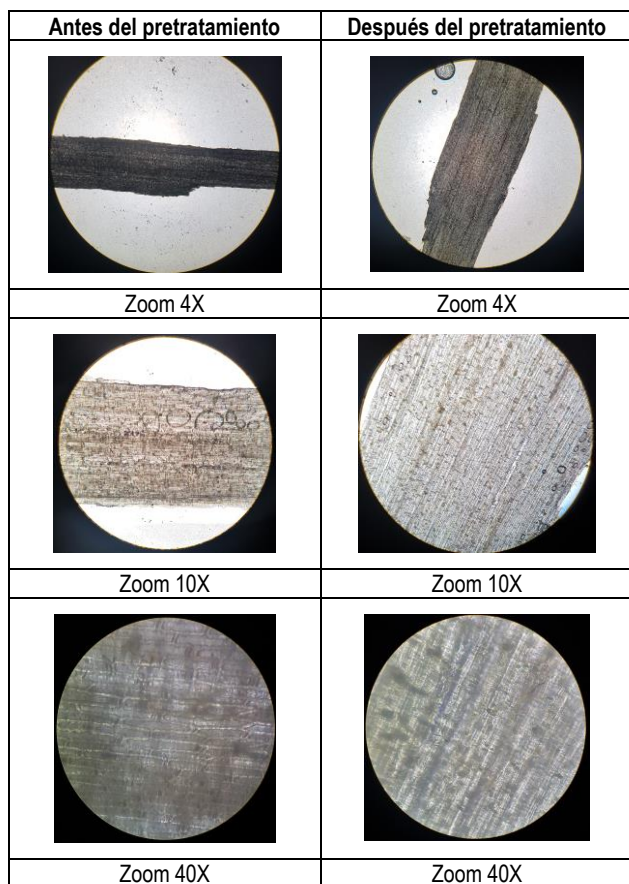


Figura 6. microscopía de la paja de maíz antes y después del pretratamiento

Autores han utilizado el pretratamiento hidrotérmico para diversos tipos de biomasa [5], sin embargo no se ha implementado el uso de energía solar para realizar la deslignificación de la paja de maíz.

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un sistema que aprovecha la energía térmica proveniente del sol para realizar

el pretratamiento hidrotérmico de la paja de maíz en el proceso de biorrefinación.

El uso de energías sustentables sirve como alternativa para el ahorro de energía en los sistemas de biorrefinación, en este estudio se determinó que el sistema construido aprovechó aproximadamente 231,4 Wh de la energía térmica generada por el sol.

Se observó por medio de microscopio el pretratamiento hidrotérmico logra disociar el revestimiento de que la lignina forman alrededor de la celulosa, lo cual puede aumentar la accesibilidad a las enzimas.

El sistema de generación diseñado puede ser escalado también a un entorno industrial de biorrefinación, en el cual se pueda utilizar la energía solar para realizar el proceso de deslignificación.

AGRADECIMIENTOS

A la Dr. Alma Serafín, que nos brindó su apoyo incondicional durante la investigación y la estadía en la ciudad de Guanajuato, a la universidad de Guanajuato y a mi alma mater el ITM quienes promueven la investigación y las habilidades de sus estudiantes.

REFERENCIAS

- [1] Gámez Herrera C. M., Dic (2008) "Efecto de la temperatura y la concentración de ácido sulfúrico en el pretratamiento para la producción de bioetanol a partir de estiércol de ganado lechero".
- [2] J. Sacramento, G. Romero, E. Cortés, E. Pech, and S. Blanco (2010), "DIAGNOSTICO DEL DESARROLLO DE BIORREFINERIAS EN MEXICO A DIAGNOSTIC STUDY ON THE DEVELOPMENT OF BIORREFINERIES in Mexico," Rev. Mex. Ing. Química, vol. 9, no. 3, pp. 261–283.
- [3] H. B. G. R.C. Saxena, D.K. Adhikari (2009), Bioetanol De Paja De Trigo: Estrategias De Integración De Las Etapas Del Proceso.
- [4] Y. Çengel and A. Ghajar, (2011), Transferencia de calor y de masa (4ta Ed). México D. F., McGraw Hill.
- [5] Y. L. Martínez, (2014) "yuca Producción de bioetanol a partir de tallos de yuca Bioethanol production from cassava stems".