

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE GASIFICACIÓN EN UN GASIFICADOR DOWNDRAFT PROTOTIPO

P. Vicente¹, F. Albesa¹, M. Condori¹.

¹Laboratorio de Termometría e Higrometría – Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO) Universidad Nacional de Salta (UNSa) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Av. Bolivia 5150 – A4408FVY Salta, República Argentina

Tel. 0387-4255325 - e-mail: pmv286@gmail.com

Recibido 13/08/16, aceptado 11/10/16

RESUMEN: La provincia de Salta posee potencial para aprovechamiento energético de biomasa residual. Consecuentemente, se inició un proyecto I+D con el fin de abastecer energéticamente al sector agroindustrial a partir de biomasa residual. En este marco, se realizaron una serie de ensayos de gasificación utilizando un modelo downdraft prototipo desarrollado localmente. Se apunta principalmente a evaluar la incidencia de ciertos factores: tipo y tamaño de biomasa (briquetas de aserrín prensado de 6 cm de diámetro por 3 cm de alto y pino en cubos de 27 cm³), contenido de humedad (4,9% y 10,5% respectivamente) y caudal de aire insuflado. Se midió temperatura interna y externa, tasa de consumo de biomasa, tiempo hasta generación de syngas y tiempo neto de generación. Se detectaron aspectos mejorables en el diseño, aislación y sistema de inyección de aire. Las briquetas presentaron menor tasa de consumo, menor temperatura de syngas y menor tiempo neto de generación, pero también menor tiempo hasta generación de syngas.

Palabras clave: Gasificación, downdraft, biomasa, industria agro-forestal.

INTRODUCCION

Se estima que el 80% del consumo energético mundial está basado en fuentes fósiles (Thirugnanasambandam, et al., 2010). El suministro limitado de dichos recursos restringe el desarrollo sostenible y acarrea serios problemas ambientales. Con el fin de superar estos desafíos, existen numerosas fuentes renovables de energías ambientalmente amigables y económicamente viables, como la energía solar y la de biomasa, que han venido despertando un interés creciente (Bai, et al., 2015). A nivel internacional, en el marco del paradigma del desarrollo sustentable, resulta vital la incorporación de fuentes energéticas renovables. En el documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (RIO+20) realizada en Julio de 2012, en su inciso 128 se enfatiza la necesidad de aumentar la participación de fuentes de energía renovable en la matriz energética, junto con la adopción de medidas de planificación regional.

Este hecho constituye una oportunidad notable para las regiones que poseen el potencial para el aprovechamiento de fuentes energéticas renovables, como es el caso de la provincia de Salta, donde existe un gran desarrollo de las actividades agrícolas-forestales, las que generan un gran volumen de residuos biomásicos. En este sentido, y acompañando la tendencia mundial de aumento de participación de las energías renovables, se ha iniciado recientemente un proyecto de investigación con el objetivo principal de diseñar y construir un sistema de aprovechamiento energético de dicha biomasa residual a través del proceso de gasificación. Las actividades de investigación se realizan actualmente en el Instituto de Investigación en Energías No Convencionales (INENCO), dependiente de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

El término biomasa se refiere a todo material orgánico derivado de las plantas verdes como resultado de la fotosíntesis. Es una reserva de energía solar almacenada bajo la forma de energía química, la cual puede ser liberada mediante la ruptura de los enlaces químicos existentes entre los compuestos de oxígeno, carbono e hidrógeno. Esta ruptura puede darse por la acción de procesos biológicos y termoquímicos (Zhang, et al., 2010). A nivel mundial, este recurso se ubica como la cuarta fuente de

energía, participando en un 14% del consumo de energía primaria. Además, puede llegar a representar el 35% de dicho consumo en los países en vías de desarrollo (Veringa & Alderliesten, 2004).

El aprovechamiento energético de la biomasa puede realizarse mediante distintos métodos, por ejemplo: combustión, pirolisis, fermentación biológica y gasificación. Este último es uno de los más importantes y consiste en la conversión termoquímica de la biomasa, dando como resultado un combustible gaseoso llamado syngas o gas producido. Este producto presenta la versatilidad de poder ser utilizado para la generación de energía térmica, energía eléctrica, combustibles líquidos (biodiesel) y una variedad de compuestos químicos (Bai, et al., 2015).

Como antecedente directo de gasificación de biomasa, se puede mencionar el trabajo realizado por Díaz Russo (2013) en el mismo instituto mencionado. Para la ejecución del mismo, se construyó un gasificador prototipo del tipo “downdraft” basado en el diseño del manual de la FEMA (Federal Emergency Management Agency - 1989). Sobre este prototipo se realizaron una serie de ensayos, a partir de los cuales se identificaron unas series de limitaciones técnicas y fallas de diseño para las cuales se formularon propuestas de mejora.

El propósito del presente trabajo fue el de realizar dichas mejoras al diseño original para luego avanzar con los ensayos de gasificación agregando un mayor monitoreo y ajuste de ciertas variables que tienen influencia sobre la eficiencia de gasificación, a saber: tipo, granulometría y contenido de humedad de la biomasa, temperaturas de reacción y caudal de aire. A partir de la información generada, se elaboraron nuevas propuestas con vistas a una mejora continua y una mayor comprensión y dominio del proceso de gasificación de biomasa en el ámbito local.

GASIFICADOR DOWNDRAFT PROTOTIPO: DISEÑO ORIGINAL.

El diseño original consta principalmente de un reactor interno (tubo central) de chapa de hierro de 2,5 mm de espesor, 56 cm de alto por 15 cm de diámetro; una cubierta exterior del mismo material de 2 mm de espesor, 83 cm de altura y 41 cm de diámetro y una abertura superior que funciona simultáneamente como alimentador de biomasa e ingreso del agente gasificante. Una plancha de hierro perforada de 3 mm de espesor y 25 cm de diámetro conforma la parrilla que permite el paso de las cenizas. La misma pende del cuerpo exterior mediante cadenas, lo que posibilita su movimiento mediante un agitador para hacer descender las cenizas hasta el cenicero y evitar atascos que afecten la combustión. El cenicero cuenta con compuerta para su limpieza.

Por otro lado, cuenta con un caño de $\frac{3}{4}$ pulgadas que conecta el punto de ignición con el exterior para facilitar el encendido; uno de $\frac{1}{2}$ pulgada por donde pasa el agitador conectado a la parrilla y un caño de 1 pulgada en la parte superior por donde sale el gas. Por último, se aplicó una capa externa de pintura sintética negra (Figura 1).

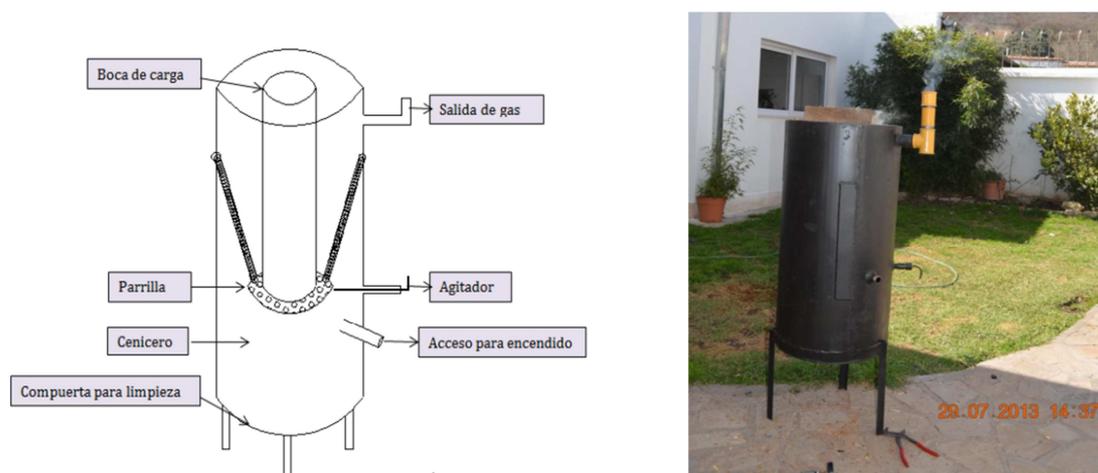


Figura 1: Esquema (izq.) y fotografía (der.) del diseño original del gasificador “downdraft” prototipo. Fuente:(Díaz Russo 2013)

A continuación se mencionan los principales limitaciones técnicas y de diseño que impidieron el óptimo funcionamiento del prototipo inconvenientes encontrados y las respectivas recomendaciones propuestas para su solución (Díaz Russo 2013):

- **Aislación y hermeticidad:** Durante los ensayos se percibió una elevada temperatura sobre la superficie exterior del gasificador. Si bien no se tomaron medidas de temperatura sobre dicha superficie, se hizo evidente que se trataba de una gran pérdida de temperatura, lo que provoca una gasificación menos eficiente. Otras fugas de calor se dan en la parte superior del reactor por donde ingresa la biomasa, y la tapa del cenicero en la parte inferior. Ante esta situación se recomendó la incorporación de aislación en el cilindro interno, burletes en la tapa del cenicero y una tapa con burletes en la parte superior de alimentación.
- **Tamaño de las partículas:** Al combinar partículas de distinto tamaño (viruta y trozos de madera), se constató que las virutas se combustionaron casi totalmente mientras que los trozos de madera quedaron en su mayoría intactos. Ante esto, se ratifica que es de suma importancia la homogeneidad en el tamaño de partícula del combustible. En este sentido, se propuso utilizar biomasa densificada (pellets y briquetas), lo que además contribuiría a la solución de los problemas de atascamiento al utilizar material de menor granulometría.
- **Circulación del agente gasificante:** Como consecuencia del atascamiento antes mencionado, se dificulta la circulación del agente gasificante hacia la zona de oxidación. Para esto, se recomienda mejorar el diseño para permitir que el aire pueda llegar en forma directa a la zona de oxidación, y no a través del flujo de biomasa. Además, se propone el uso de un forzador del aire con el cual el caudal pueda ser regulado para evitar que se produzcan excesos de oxidación.

GASIFICADOR DOWNDRAFT PROTOTIPO: MODIFICACIONES

A raíz de esta primera experiencia y las recomendaciones que se desprendieron de la misma, se realizaron las siguientes modificaciones:

1. **Aislación térmica:** Se envolvió el tubo interno con una capa de lana mineral (o lana de roca), la cual, a su vez, fue envuelta con chapa de hierro para protegerla y conservar sus propiedades aislantes.
2. **Tobera de alimentación:** La misma fue incorporada en la parte superior del gasificador, lo que permitió una mayor carga de biomasa. Asimismo, dicha tobera cuenta con una tapa de cierre hermético, lo que impide el ingreso descontrolado de aire y la pérdida de temperatura y, a su vez, genera mayores presiones internas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Ambos factores son fundamentales para una eficiente gasificación.
3. **Burletes:** Fueron incorporados en la tapa de la tobera y en la del cenicero (parte inferior del gasificador). Dichos burletes son de goma siliconada, lo que les brinda resistencia a temperaturas elevadas. Con esta modificación se logró darle mayor hermeticidad al prototipo (Figura 2).



Figura 2: Detalle tobera, tapa y burletes en parte superior del gasificador (izq.); detalle tapa y burletes en parte inferior (der.).

- Anillo interno:** Se modificó el tubo interno del reactor con la incorporación de un anillo de hierro con el fin de mejorar la circulación y distribución homogénea del agente gasificante (aire). El mismo, ingresa al interior del anillo a través de una abertura de $\frac{1}{2}$ de diámetro, luego circula por el interior y finalmente llega a la zona de oxidación de biomasa a través de 6 orificios distribuidos uniformemente sobre el perímetro interno del anillo. Los 3 orificios más cercanos al ingreso del aire tienen un diámetro menor que los 3 orificios restantes para ofrecer mayor resistencia a la presión del caudal de aire en su ingreso al anillo y así tender a un caudal uniforme de aire a través de los 6 orificios (Figura 3).

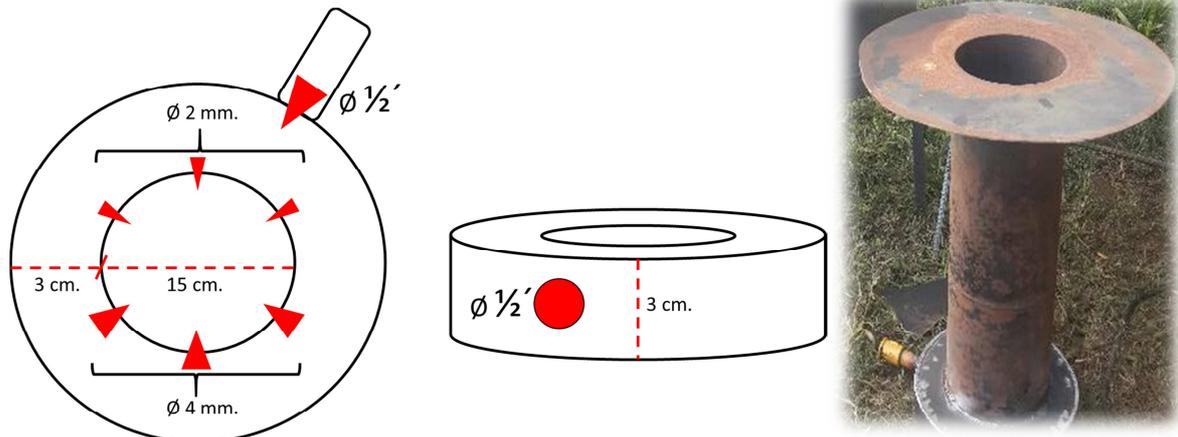


Figura 3: Diseño del anillo interno para una mejor circulación y distribución del aire.

METODOLOGÍA

La experiencia consistió en la realización de 2 ensayos; el primero con briquetas de aserrín prensado, y el segundo con madera de pino. Es importante destacar que el gasificador en cuestión no dispone de ningún sistema automatizado que regule su funcionamiento y tampoco dispone de un sistema de arranque, por lo que el encendido se realizó de forma manual en ambos ensayos y siguiendo una serie de instrucciones. Primeramente, se llenó el tubo interno hasta 1/3 de su capacidad total. Seguidamente se procedió al rociar con combustible diésel la biomasa previamente cargada para luego ser encendida mediante el conducto reservado para tal fin. En ese momento, se insufló aire en el anillo interno mediante el empleo de un compresor (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con el fin de asegurar la existencia del oxígeno necesario para la combustión hasta asegurar el correcto encendido. Luego de verificar que toda la biomasa entró en combustión se procedió al llenado del gasificador hasta su máxima capacidad. Una vez que se constató que estaba correctamente encendido se cerró la tapa de la tobera.

La comprobación de la producción de gas combustible se realizó acercando una pequeña antorcha encendida a la boca del caño de salida de gases. Una vez realizado este proceso de encendido se requirió de un tiempo hasta que el gasificador alcanzó el régimen estacionario de funcionamiento y tuvo un flujo de gas constante.

A continuación se detallan los parámetros medidos y el instrumental correspondiente utilizado:

- Tipo y tamaño de la biomasa:** Diversas publicaciones tratan sobre la influencia del tamaño de la partícula sobre el proceso de gasificación. Como ejemplo, se puede mencionar un estudio experimental en el que se demostró que el contenido de alquitrán en el gas producido disminuye con el tamaño de la partícula (Zou et al. 2013). Otro ejemplo es el experimento realizado con un gasificador "downdraft" y corteza de pino en el que se encontró que un aumento en el tamaño de la partícula llevó a una disminución en la tasa de consumo de la biomasa, temperaturas máximas del proceso y, consecuentemente, a una baja eficiencia de gasificación (Pérez, Melgar, and Benjumea 2012). Para probar el efecto del tamaño de los fragmentos de biomasa con que se alimentó el gasificador, se procedió a cortar el material con una caladora para reducirlo hasta obtener las dimensiones deseadas. Las briquetas de aserrín tenían la forma de un cilindro corto de 6 cm. de diámetro y 3 cm. de alto. La madera de pino fue cortada en pequeños cubos de 3 cm. de cada lado (Figura 4).



Figura 4: Fragmentos de biomasa (izq.); tareas de trozado con caladora (der.).

2. **Peso de la carga:** Se registró el peso del material cargado en el gasificador con una balanza Scout-pro modelo SP2001, con una capacidad máxima de 2000 gr. y resolución de 0,1 gr. Esto se realizó para ambos ensayos con pino y briquetas de aserrín.
3. **Contenido de humedad:** El efecto de este parámetro en el proceso de gasificación se encuentra ampliamente descrito en diversos estudios experimentales. La mayoría de las conclusiones encontradas en la bibliografía consultada, confirman que un aumento en el contenido de humedad, conducen a una reducción de las temperaturas de gasificación y de las tasa de consumo de biomasa, lo que se traduce en última instancia a una menor eficiencia de gasificación. (Pérez, et al., 2012). En el presente estudio, se secaron muestras de pino y briquetas en estufa hasta peso constante para determinar el contenido de humedad en el momento previo a la carga del gasificador.
4. **Perfil de temperatura externa:** Se utilizó una cámara termográfica Fluke modelo Ti55 para tomar imágenes de la distribución de temperatura sobre la superficie exterior del reactor. Esta medida se tomó solo para el ensayo de pino.
5. **Perfil de temperatura interna:** Se utilizaron 3 termocuplas envainadas tipo K, resistentes a altas temperaturas (1.200 °C). Las mismas fueron ubicadas en los puntos de mayor interés para el monitoreo del proceso de gasificación (Figura 5). La termocupla “1” ingresa por el mismo orificio utilizado como acceso para el encendido del reactor, desembocando justo por encima de la parrilla flotante. De esta manera, se pudo tomar registro de las temperaturas generadas en la zona de oxidación. La termocupla “2” ingresa a 23 cm. por encima del nivel de la parrilla flotante, justo en la mitad de la longitud del tubo interno. Esta sonda penetra la pared de ambos cilindros (externo e interno), llegando al centro de la zona donde se produce la pirolisis de la biomasa en su movimiento descendente. Por último, la termocupla “3” fue colocada en la abertura del caño por donde sale el gas producido. Estos datos de temperatura fueron registrados a cada minuto y almacenados en un datalogger para luego ser procesados. Esta metodología de registro de temperaturas se llevó a cabo para ambos ensayos, pino y briquetas.



Figura 5: Ubicación de las 3 termocuplas envainadas tipo K.

6. **Caudal de aire:** Se registró el caudal de ingreso de aire al gasificador mediante un anemómetro de hilo caliente. Para esto, en primer lugar, se conectó un compresor al orificio de entrada de aire mediante una manguera de goma del mismo diámetro que dicho orificio (1/2"). Posteriormente, se realizó una perforación en la manguera para introducir el anemómetro (Figura 6). La señal digital del anemómetro de hilo caliente fue registrada y almacenada a cada minuto en un datalogger para luego ser procesados y convertidos en unidades de metros cúbicos por hora (m³/h). Este parámetro fue monitoreado solo en el ensayo con pino.



Figura 6: Ubicación del anemómetro de hilo caliente (izq.); compresor de aire (der.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. **Peso de la carga:** La siguiente tabla detalla el peso cargado en el gasificador para cada ensayo (Tabla 1).

Ensayo	Briquetas	Pino
Peso cargado (gr)	2372,6	2028,0

Tabla 1: Peso cargado en el gasificador para cada ensayo.

2. **Contenido de humedad:** En la siguiente tabla se puede ver el contenido de humedad determinado en muestras de los materiales empleados para ambos ensayos (Tabla 2).

Ensayo	Briquetas	Pino
Humedad (%)	4,9	10,5

Tabla 2: Contenido de humedad de muestras de cada material ensayado (método de secado hasta peso constante).

Como puede verse, el contenido de humedad de las briquetas al inicio del ensayo era prácticamente la mitad que aquel del pino. En este sentido, las briquetas presentaban mejores condiciones que el pino para la gasificación, cuya eficiencia es inversamente proporcional al contenido de humedad de la biomasa (Ruiz, et al., 2013).

3. **Perfil de temperatura externa:** Como se mencionara anteriormente, las imágenes termográficas se tomaron solo durante el ensayo con madera de pino. Durante el mismo, se tomaron varias imágenes, de las cuales se seleccionaron 3 (Figura 7). Las mismas fueron tomadas en distintos momentos a partir del encendido del reactor y desde dos ángulos distintos.

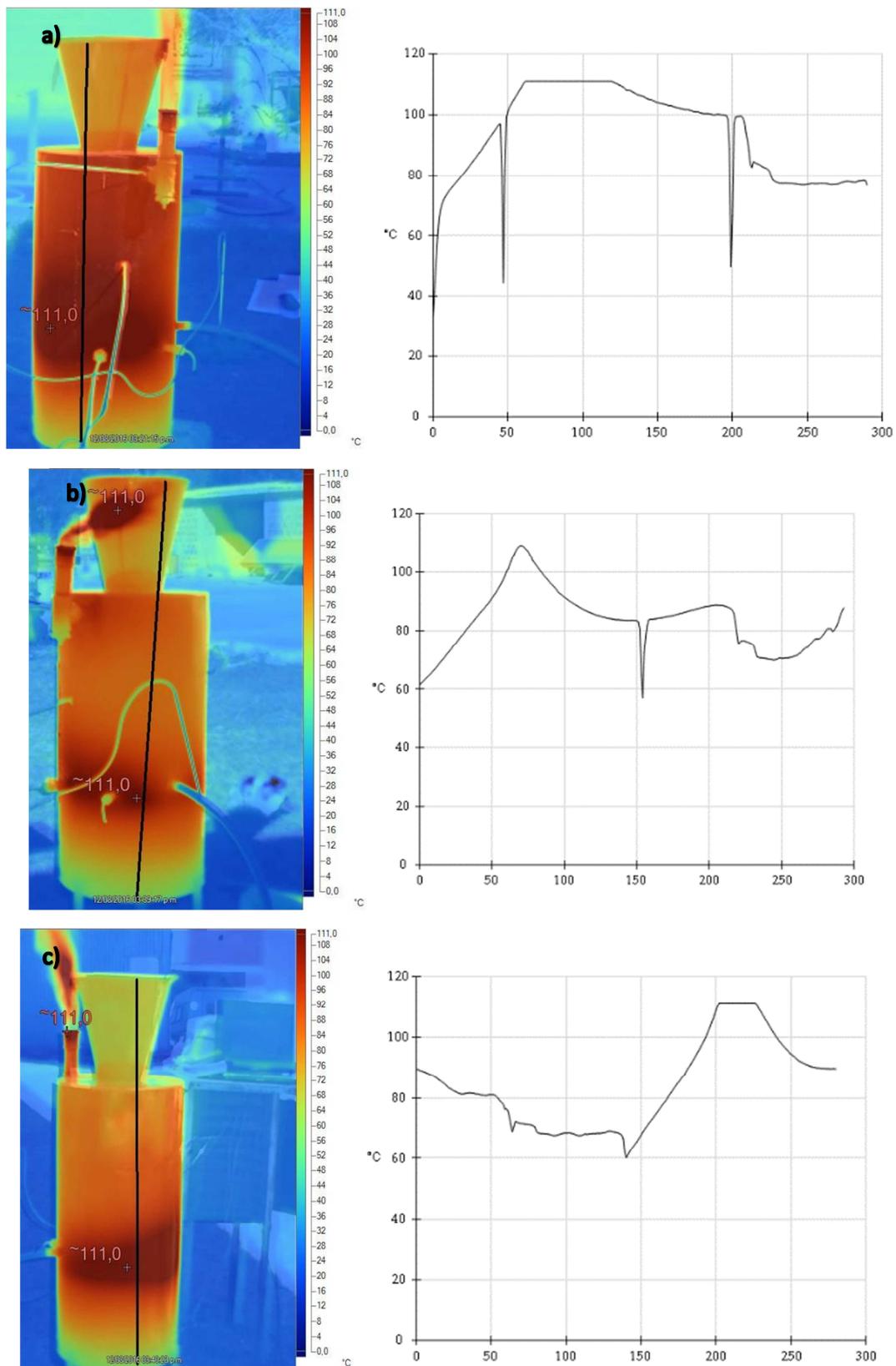


Figura 7: Imágenes termográficas tomadas luego de un tiempo desde el encendido del reactor y desde distintos ángulos: a) A los 38 minutos y ángulo anterior; b) A los 56 minutos y ángulo anterior; c) A los 56 minutos y ángulo posterior.

La primera imagen (a) corresponde al momento en que se pudo lograr una llama encendida de forma continua en el caño de salida de syngas. Las otras dos imágenes (b y c) fueron tomadas 18 minutos después de la primera y desde 2 ángulos distintos. En éstas puede verse como las mayores

temperaturas tienden a concentrarse en un plano a la altura del ingreso de aire, lo cual es lógico ya que corresponde a la zona donde se produce la oxidación parcial de la biomasa.

Un punto a destacar en esta oportunidad es que la cámara termográfica, al momento de tomar las imágenes, estaba configurada con un rango nominal de temperaturas desde -20 °C a 100 °C. Es por este motivo que las máximas temperaturas nunca superan los 111 °C aproximadamente. Esto significa que en realidad las temperaturas en esos puntos fueron mayores. A pesar de este sesgo en la información adquirida, este análisis permitió determinar las zonas donde se producen las mayores fugas de calor y, por lo tanto, las zonas donde es necesario mejorar la aislación en vistas de un proceso más eficiente de gasificación.

4. **Perfil de temperatura interna:** Con los datos registrados mediante el empleo de las termocuplas envainadas tipo K, se graficaron las curvas de las temperaturas registradas en el tubo interno del reactor (*Figura 8* y *Figura 9*).

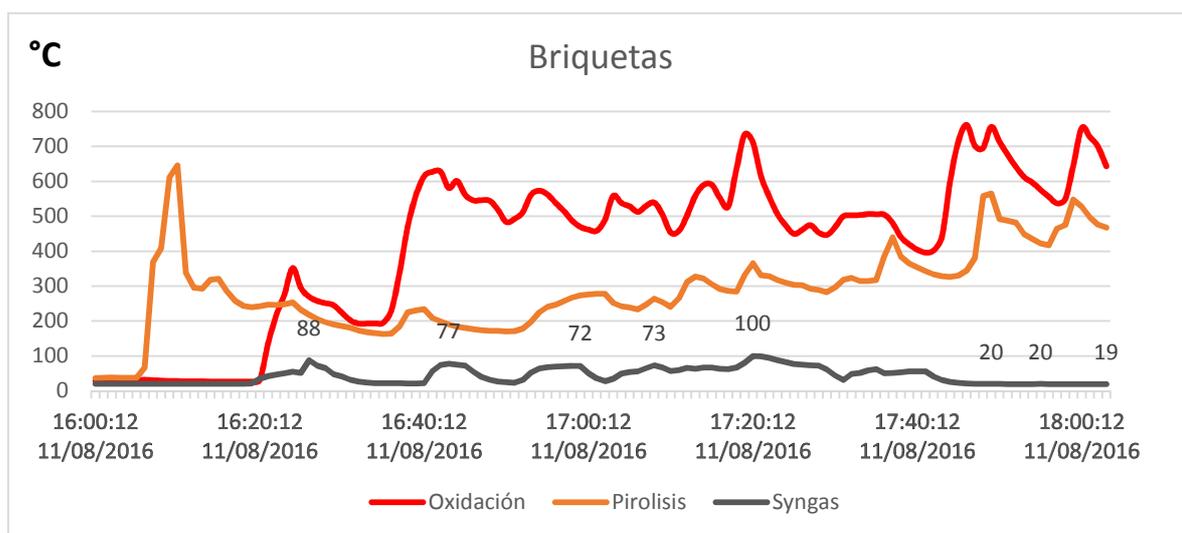


Figura 8: Ensayo con briquetas, curvas de temperaturas internas

En esta figura, se puede apreciar como al inicio del ensayo la temperatura de la zona de pirolisis asciende bruscamente para luego descender y mantenerse por debajo de la curva de oxidación hasta el final del ensayo. Este pico de temperatura se debe al contacto de la sonda con las llamas que se generan por la combustión de la biomasa. Dicho fenómeno se genera intencionalmente sobre una fracción de biomasa (1/3 de la capacidad total del reactor), para desencadenar las primeras reacciones que luego darían lugar a la pirolisis y la gasificación.

Por otro lado, la curva correspondiente a la oxidación presenta un primer pico de temperatura aproximadamente a los 25 minutos de iniciado el ensayo. A partir de este momento, y a lo largo de los siguientes 95 minutos, se pudo constatar la generación de syngas (*Figura 8*). Al final de este tiempo, se interrumpió la generación de syngas, echo atribuido a que ya se había agotado el material combustible. Sin embargo, luego del ensayo, y una vez que el reactor se hubo enfriado, se procedió a retirar los restos de biomasa y se pudo comprobar que aún restaba cierto porcentaje de biomasa sin consumir (*Figura 11*). Cabe mencionar que la llama solo se mantuvo encendida intermitentemente, debido principalmente a ráfagas de viento, echo marcado por los picos de temperatura de la curva de syngas.

La *Figura 9*, correspondiente al ensayo con pino incluye, además de las curvas de temperatura, la curva de caudal de aire insuflado durante la gasificación. Al igual que en el ensayo con briquetas, se puede ver que la curva de pirolisis genera un pico de temperatura para luego mantenerse por debajo de la de oxidación. En este caso, la obtención de syngas se dio aproximadamente a los 41 minutos de iniciado el ensayo, tomando más tiempo que el ensayo con briquetas (25 minutos). Esta demora relativa puede explicarse por el mayor contenido de humedad de la madera de pino (*Tabla 2*). A partir de este momento y durante los siguientes 99 minutos se obtuvo syngas, evidenciado por una llama

intermitente, al igual que el caso anterior (*Figura 8*). El material remanente luego de la gasificación presentó una mayor tasa de consumo que en el caso de las briquetas (*Figura 11*). Otro punto a destacar es que en este caso la temperatura promedio del syngas (78 °C), fue mayor que en el ensayo de briquetas (53 °C).

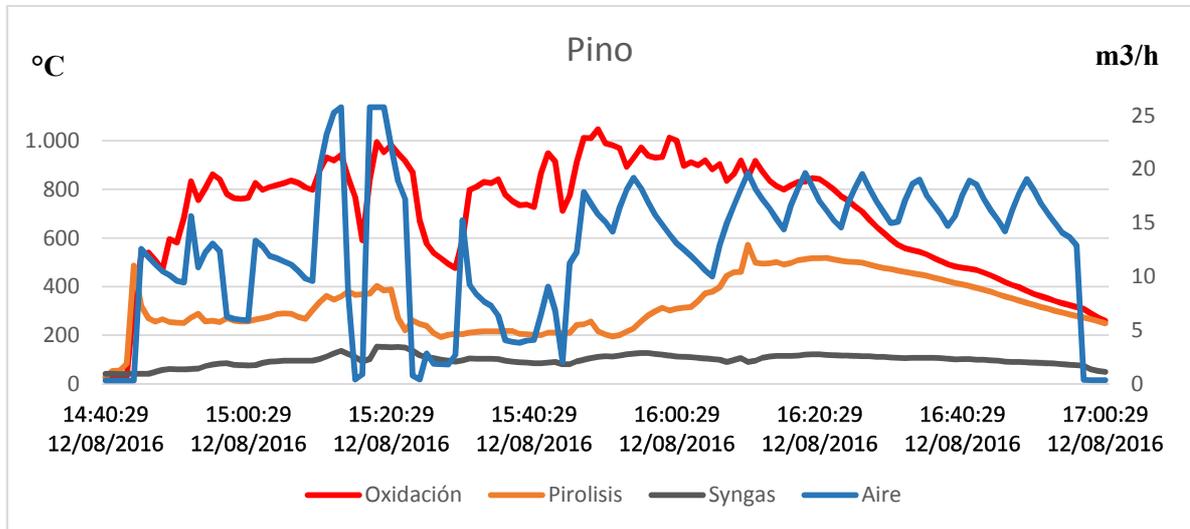


Figura 9: Ensayo con pino, curvas de temperaturas internas y caudal de aire.

Respecto al caudal de aire, se puede ver como su correspondiente curva presenta varios picos a lo largo del ensayo. Esto responde a que se hizo variar continuamente la presión de aire desde el compresor, cuya válvula no es lo suficientemente precisa para mantener el caudal de aire en el nivel deseado de forma continua. De todas formas, se puede observar cierto grado de respuesta de la curva de oxidación ante dichas variaciones del caudal de aire. Lógicamente debido a que ante un mayor caudal de aire, se genera mayor oxidación de la biomasa y, por ende, un aumento de temperatura. Sin embargo, esta correlación se pierde hacia el final del ensayo. Esto se atribuye a que en ese momento (alrededor de las 16:30 h), empezó a agotarse la carga de biomasa fresca susceptible de ser gasificada.



Figura 10: Generación de syngas evidenciada por la llama: Ensayo con briquetas (izq.); y con pino (der.)



Figura 11: Material post gasificación: Briquetas (izq.); y pino (der.)

CONCLUSIONES

- Se detectaron oportunidades de mejora en el diseño del gasificador. Puntualmente se hace necesario mejorar la aislación y el mecanismo de evacuación de cenizas. Este último punto implicaría darle una forma cónica a la parte basal del gasificador de manera que las cenizas se acumulen hacia la sección menor del cono. De esta manera solo haría falta una pequeña abertura que permitiría una mejor evacuación y recolección de las mismas.
- Otro aspecto a mejorar es el sistema de inyección de aire, que permita una regulación precisa de la presión de aire. Esto generaría mejores condiciones para la medición y determinación del caudal óptimo.
- Los fragmentos de briquetas, al ser de mayor que los de pino, presentaron una menor tasa de consumo de biomasa.
- Por otro lado, los cubos de pino, al contener mayor porcentaje de humedad, demandaron más tiempo hasta la producción de syngas.
- Sin embargo, una vez entrado en régimen, el ensayo con pino produjo syngas de mayor temperatura y por más tiempo, aún a pesar de la menor masa cargada en el reactor.
- El perfil de temperatura interna se ajusta a los perfiles teóricos que figuran en la bibliografía consultada.
- A partir del syngas generado, se podrían cubrir las demandas de energía térmica y eléctrica de actividades productivas energéticamente intensivas, como es el cultivo de tabaco, el cual es uno de los principales cultivos en el Valle de Lerma, provincia de Sata.
- Entre la diversidad de diseños de gasificadores, existen ejemplares cuya operación es relativamente sencilla y que podría satisfacer la demanda de energía eléctrica de poblaciones aisladas donde la biomasa es el único recurso energético disponible.

BIBLIOGRAFÍA

Bai, Z. y otros, 2015. A polygeneration system for the methanol production and the power generation with the solar–biomass thermal gasification. *Energy Conversion and Management*, pp. 190-201.

Díaz Russo, L., 2013. *Estudio de un sistema de aprovechamiento energético de biomasa con gasógeno*, Salta Capital: s.n.

Pérez, J. F., Melgar, A. & Benjumea, P. N., 2012. Effect of operating and design parameters on the gasification/combustion process of waste biomass in fixed bed downdraft reactors: An experimental study. *Fuel*, pp. 487-496.

PUIGDEVALL, J. & GALINDO, D., 2007. *Apuntes del Curso De Postgrado de Energía de la Biomasa.*, Zaragoza: s.n.

- Ruiz, J. a. y otros, 2013. Biomass gasification for electricity generation: Review of current technology barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 174-183.
- Thirugnanasambandam, M., Iniyan, S. & Goic, R., 2010. A review of solar thermal technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 312-322.
- Veringa, H. & Alderliesten, P., 2004. Advanced techniques for generation of energy from biomass and waste. *ECN Publication*, pp. 1-24.
- Zanzi, R. & Soria, S., 2006. Gasificación de pellets de madera en un reactor en flujo ascendente. *Revista Ciencias Exatas*, pp. 63-69.
- Zhang, L., Xu, C. & Champagne, P., 2010. Overview of recent advances in thermo-chemical conversion of biomass. *Energy Conversion and Management*, pp. 969-982.
- Zou, W. y otros, 2013. Biomass gasification in an external circulating countercurrent moving bed gasifier. *Fuel*, pp. 635-640.

ABSTRACT: Salta province has potential for the energetic use of residual biomass. In this way, an I+D is being executed in order to supply agroindustrial activities with energy from residual biomass. Under this framework, a number of gasification trials had been performed in a prototype of downdraft gasifier which was locally developed. Main objective is to assess the influence of certain factors: type and size of biomass (discs of pressed sawdust of 6 cm diameter and 3 cm tall and pine dices of 27 cm³), moisture content (4,9% and 10,5% respectively) and injected air flow. Variables monitored were internal and external temperature, biomass consumption rate, time elapsed until syngas generation and net time transurred with syngas generation. Improvement opportunities were detected related to design, insulation and air injection system. Pressed sawdust showed less biomass consumption rate, less syngas temperature and less net time transurred with syngas generation, but also less time elapsed until syngas generation.

Keywords: Gasification, downdraft, biomass, forestry and agro-industry.