

CARACTERIZACION ENERGÉTICA DE BRIQUETAS FABRICADAS CON DIFERENTES MEZCLAS DE BIOMASA RESIDUAL

**Pablo E. Martina, María R. Aeberhard, Sergio Borchichi, Santiago Arias, Juan J. Corace,
Agridina L. Azuaga**

Depto. de Termodinámica – Facultad de Ingeniería- Universidad Nacional del Nordeste
Av. Las Heras 727 – Resistencia – Chaco

correo-e: pablo@ing.unne.edu.ar ; raquelaeberhard@gmail.com

Recibido 10/08/18, aceptado 21/09/18

RESUMEN: La biomasa residual, por sus propiedades físicas, químicas y energéticas, es considerada una fuente primaria para la obtención de energía en forma de electricidad o calor. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del comportamiento energético de briquetas, destinadas a la cocción y calefacción, fabricadas con diferentes combinaciones de residuos biomásicos. Se construyó una prensa para armar las briquetas y, una vez secadas al ambiente, se procedió al ensayo de diversas características (aspecto, poder calorífico, análisis inmediato). Se armó un horno de quemado y se implementó un método de medición del calor entregado a una masa de agua determinada, obteniéndose la eficiencia de la combustión y los gases producidos durante la misma. Se exponen las conclusiones obtenidas de las diferentes combinaciones, con el propósito final de proporcionar a la población rural y suburbana una forma práctica y económica de aprovechar los recursos naturales que de otra manera se desearían.

Palabras clave: biomasa residual, briquetas, aprovechamiento de recursos naturales

1. INTRODUCCION

El interés por las fuentes energéticas renovables, a nivel mundial, comenzó especialmente en la década de los setenta debido a la crisis del petróleo que indujo a un aumento excesivo en el precio del crudo y sus derivados. Esta nueva realidad produjo que muchas naciones, dependientes forzosamente de la importación de estos productos, desarrollaran fuentes alternativas de energía.

Posteriormente a la inquietud por el suministro energético se añadió la preocupación tanto por lograr un desarrollo sostenible como por atenuar el cambio climático. Ésto condujo a la comunidad internacional a fundamentar la inclusión de las fuentes de energías alternativas a través de acciones regionales e internacionales.

La presencia de nuevas legislaciones, que favorecen el desarrollo de las energías renovables, tal el caso de la Ley 26.190, “*Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica*” y la Ley 26093, “*Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles*”, promueven e impulsan el aprovechamiento energético de la biomasa, un recurso que posee diversos orígenes, tales como: forestal, industrial, agrícola y cultivos energéticos.

Según la Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, se define la biomasa a toda aquella fracción biodegradable de los productos, los desechos y los residuos procedentes de la agricultura, de la silvicultura y de las industrias conexas (incluidas las sustancias de origen animal), así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.

La biomasa residual, por sus propiedades físicas, químicas y energéticas, puede ser considerada una fuente primaria para la obtención de energía en forma de electricidad o calor, y también como materia prima de biocombustibles alternativos a los procedentes de recursos como el petróleo, el gas y el carbón. El uso de la biomasa, y en especial la utilización de los residuos sólidos urbanos, como fuente de energía, establece un impacto ambiental muy bajo, dado que se convierte en un producto no contaminante capaz de transformarse en una fuente de energía y de empleo, debido a que este recurso requiere de una preparación, modificación y proceso, para que pueda ser aplicado por el ser humano.

Ante la búsqueda de utilizar los residuos biomásicos y obtener, a partir de ellos, una fuente de energía no contaminante, barata, fácil de aprovechar y que esté al alcance de todos, el grupo GIDER (Grupo de Investigación y desarrollo en Energías Renovables), perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la UNNE, desarrolla un proyecto denominado *Biomasa de la Región NEA: cuantificación, evaluación, caracterización. Procesamiento ecológicamente sustentable: pirólisis, biodigestores, briquetas*, con el fin de estimar energéticamente estos desechos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de las briquetas se utilizó yerba, hojas secas, aserrín, papel, cáscara de nuez y grasa vacuna. Luego de triturar los componentes, se depositaron las diferentes combinaciones en agua durante aproximadamente dos horas, Figura 1.

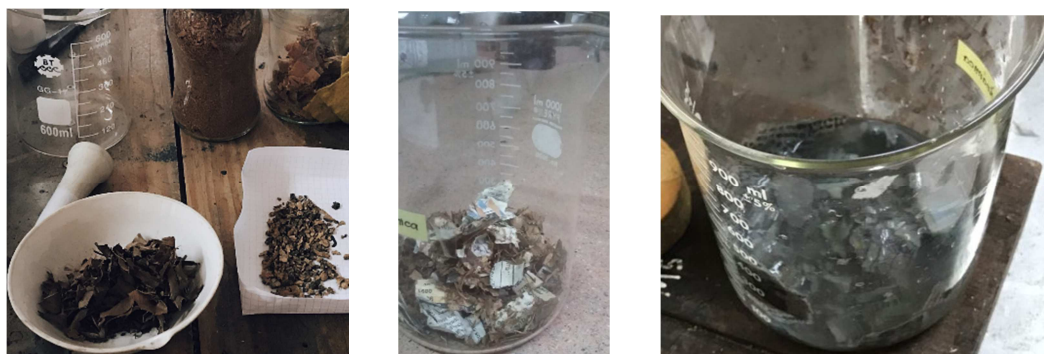


Figura 1: Elementos de fabricación y preparación de las mezclas.

Finalmente se depositaron las mezclas en una prensa, de mano simple y económica fabricada por el grupo, con el fin de compactar las muestras dentro de un tubo de PVC. La compresión del material se consiguió mediante el golpeteo, producido sobre la mezcla, por un pistón accionado manualmente, escurriéndose el resto del agua y dando lugar a cilindros de 5 cm de diámetro por 2,5 cm de alto, como se observan en la figura 2:



Figura 2: Prensa manual para compactación de mezclas y briquetas terminadas

El secado de las briquetas se realizó al aire libre, dejándolos reposar durante 10 días para que adquieran cierta dureza y disminuya su contenido de humedad. La idea de este proceder es fabricar las briquetas en la forma más elemental posible, como lo podría hacer una familia en el campo. Finalmente, una vez secas las muestras, se procedió a la determinación de diferentes parámetros como: poder calorífico, análisis inmediato, y calor entregado en la combustión.

Poder calorífico

Basándose en el Protocolo de Norma IRAM 17016 y Norma DIN 51900-1-2000 se determinó el poder calorífico. Para ello se molió y tamizó (tamiz N° 60 según Norma) cada una de las briquetas, colocando el polvillo obtenido en un crisol ubicado dentro del obús de la bomba calorimétrica. Este

obús se llenó con oxígeno puro a una presión de 25 kg/cm². Una vez que se introduce la muestra a analizar y la cantidad de oxígeno necesario para la combustión, el proceso se inicia mediante ignición por medio de un conductor eléctrico en cortocircuito. Se registraron los aumentos de temperatura del agua mediante un termómetro de precisión. La energía liberada se determina teniendo en cuenta la diferencia de temperaturas del agua del calorímetro, la masa del combustible, la masa de la bomba calorimétrica, y aplicando factores de corrección. Con todas las lecturas realizadas se calculó el poder calorífico a través de la siguiente ecuación:

$$PCS = \frac{E \cdot \Delta t - C_3}{m_c} \quad (1)$$

Donde: m_c = masa seca de combustible (briquetas) utilizado [gr]; Δt = variación de temperatura lograda en el ensayo [°C]; C_3 = corrección por el alambre de Nicrome utilizado [cal]; E = equivalente en agua del calorímetro [cal / °C]; PCS = Poder calorífico superior [cal/gr].

Análisis Próximo o Inmediato

El análisis próximo o inmediato es un estudio rápido, sencillo y económico que permite conocer el comportamiento de un combustible. Se trata de la separación de los compuestos del combustible en función de sus diferentes volatilidades, proporcionando los contenidos en peso de las fracciones de contenido de humedad, cenizas, materias volátiles y carbono fijo. Depende de una serie de ensayos con horno, mufla y balanza para obtener sus valores.

Para obtener el contenido de humedad (**CH**) se pesa la muestra en las condiciones iniciales (Pverde), luego se coloca la muestra en una estufa a 105°C hasta que su peso permanece constante, es decir, libre de agua. Finalmente se calcula mediante la siguiente fórmula: $CH = (Pverde - Pseco) / Pseco$. Para obtener las materias volátiles (**MV**), compuestas por la combinación de hidrógeno, carbono, y otros gases, se colocaron las muestras secas (Pseco) en la mufla eléctrica hasta llevarlas a 550°C. Allí se pesa nuevamente y se obtiene el P_{550} . Finalmente se calculan las materias volátiles con la siguiente fórmula: $MV = (Pseco - P_{550}) / Pseco$. Para obtener las cenizas (**CEN**), residuo incombustible, se continuó la quema hasta una temperatura de 850°C hasta que los pesos permanecieron invariables. Allí se obtiene P_{850} . Con estos datos, se calcula el contenido de cenizas: $CEN = (Pseco - P_{850}) / Pseco$

Finalmente el porcentaje de carbono fijo (**CF**) se determinó restando a 100 la suma de los porcentajes de materias volátiles y cenizas según la ecuación (2):

$$CF = 100\% - (MV + CEN) \quad (2)$$

Para la realización de los ensayos se pesaron las muestras finamente disgregadas obteniéndose el peso verde o inicial (Pverde). Luego se las secó en horno eléctrico a 105°C para alcanzar su peso libre de agua o peso seco (Pseco). Una vez obtenido los pesos secos se llevaron las muestras a 550°C, temperatura en la que empieza a quemarse el carbono y se evaporan todos los volátiles. Finalmente al llegar al peso P_{550} se calcinaron las muestras a 850°C y se pesaron nuevamente obteniéndose el peso P_{850} para cada una. En función de esos cuatro valores se obtuvo el contenido de humedad en base seca (CH), los sólidos secos o solidos totales (SS), las materias volátiles (MV), el carbono fijo (CF) y las cenizas (CEN).

Calor entregado en la combustión

Para evaluar la eficiencia de la combustión, se procedió a quemar una briqueta y medir el aumento de temperatura que experimentaba una masa de 300 ml de agua colocada en un vaso de precipitados justo arriba de un horno pequeño. Este método, también llamado la prueba del agua hirviendo (The Water Boiling Test WBT), es un procedimiento desarrollado para simular el proceso de cocción y ayuda a comprender la transferencia de energía, como así también a predecir cuánto combustible se empleará en la cocción, Bailis (2007).

Para la realización de los ensayos se fabricó un horno formado por 2 cilindros concéntricos de hojalata de 13 cm de diámetro externo y 10 cm de diámetro interno, mientras que la altura total de ambos era de 15 cm. Entre ambas latas se colocó aserrín de pino a modo de aislante térmico. A una altura de 6 cm desde el piso se colocó, en forma perpendicular a ambas latas y paralelo al piso, un tercer cuerpo

de hojalata de 7,5 cm de diámetro a modo de boca de entrada de briquetas y de aire primario para la combustión. Esta abertura de entrada sobresale 9 cm del cuerpo principal.

En el interior del horno se colocó una parrilla porta-briquetas de 9 cm de altura armada con alambre para que la misma no se apoye en el piso del horno, ya que no permitiría el encendido, sino que se encuentre a la altura de la entrada de aire. El volumen interno del horno o cámara de combustión quedó en aproximadamente un litro. El horno descrito se observa en la Figura 3:



Figura 3: Armado y construcción del horno para la combustión de las briquetas

Todos los ensayos se realizaron con 300 ml de agua a una temperatura inicial de 22°C. Este recipiente se depositó, en un principio, sobre la cara superior del horno, pero se observó que no había lugar para la salida de los gases de escape por lo que el quemado de la briqueta no prosperaba. Por ello se elevó el vaso de precipitados colocándolo sobre 3 soportes. De esta manera quedó un espacio libre de 2 cm aproximadamente de altura, pudiendo, con esta modificación, llevarse a cabo la combustión. Una vez ubicada la briqueta dentro del horno en el porta-briquetas, se procedió al encendido, registrándose el tiempo para un salto de temperatura del agua de 20 °C, Fig. 4.

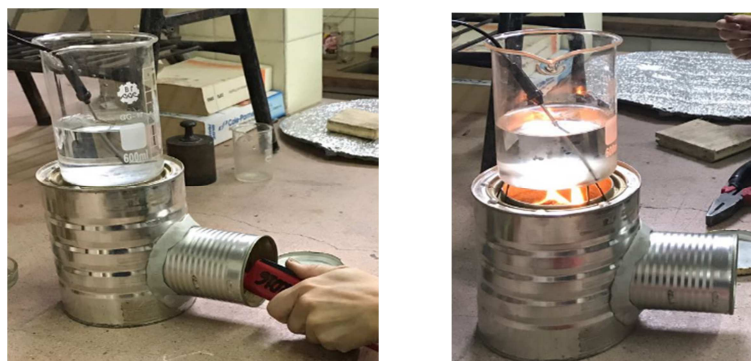


Figura 4: Encendido y ensayo de eficiencia de las briquetas.

Análisis de los gases de la combustión de briquetas

El análisis de los gases de la combustión se llevó a cabo con todas las briquetas pero sólo dos (N° 3 y N° 5) se presentan en este trabajo. Las muestras seleccionadas fueron llevadas primeramente a una estufa para su secado. Esta acción se realizó con el fin de eliminar la mayor cantidad de humedad contenida en las mismas antes de ser colocadas en el horno quemador. Una vez en el horno, se procedió al inicio del quemado de la briqueta por medio de un hisopo de madera hasta que la misma mantuvo una llama continua y uniforme. Se ubicó el vaso de precipitado sobre el soporte y se cerró el horno con el ducto guiador de gases. Situados los termómetros y el analizador de gases, marca BACHARACH modelo PCA2, se procedió a la captura de datos a intervalos regulares de tiempo (1 min). Fig. 5:



Figura 5: ubicación del vaso de precipitado sobre el soporte y horno con ducto guiador de gases

Los ensayos se repitieron bajo diferentes condiciones de entrada de aire primario: válvula de entrada abierta totalmente (9 cm²) y parcialmente cerrada al 50% (4,5 cm²). Con esta regulación de aire se buscó variar el tiraje y la eficiencia de la combustión. Fig. 6:

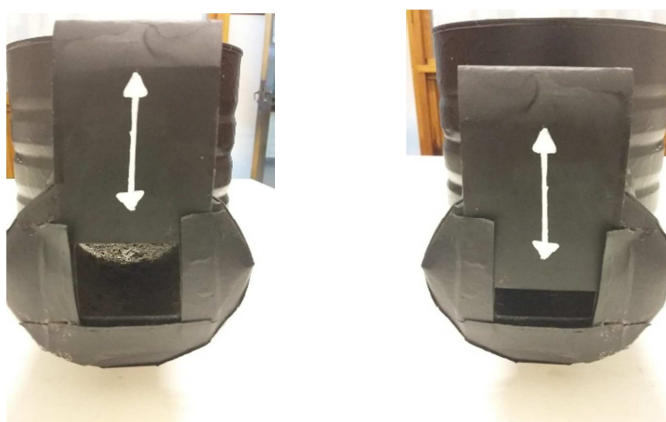


Figura 6: condiciones de entrada de aire primario
a) abertura total, b) abertura parcial

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las briquetas, fabricadas con las mezclas, permite tener una perspectiva sobre la utilización de residuos biomásicos de la región chaqueña. A continuación se presentan los resultados obtenidos de los diferentes estudios utilizando los ocho modelos de briquetas construidas con diferentes mezclas. Los valores que se muestran resultan del promedio obtenido de cada muestra fabricada. En la Tabla 1 se detalla la composición y pesos inicial (antes del secado) y final (luego del secado natural) de cada briketa.

Briketa N°	Componentes de la mezcla (%)	Peso inicial [g] Antes del secado	Peso Final [g] Secado natural
1	Yerba (12), Hojas secas (5,8), Aserrín (2,7), Papel (79,5)	22.46	9.85
2	Hojas secas (7,23), Aserrín (9,23), Papel (83,54)	23.87	10.09
3	Corteza (2,48), Hojas secas (3,46), Papel (94,06)	24.70	8.24
4	Corteza (5,37), Yerba (10,0), Papel (84,63)	32.24	12.70
5	Yerba (22,09), Aserrín fino (4,00), Papel (73,91)	43.06	18.23
6	Aserrín fino (26,7), Papel (73,3)	41.67	17.13

7	Hojas secas (15,4), Papel (84,6)	28.53	10.69
8	Cáscara de nuez (10,15), Grasa vacuna (65,81), yerba (24,04)	35.27	32.21

Tabla 1: Composición de las briquetas

Dado que el propósito final de este trabajo es proporcionar a la población rural y suburbana una forma práctica y económica de aprovechar los recursos naturales, se procedió a realizar, previo a los ensayos, una primera evaluación para considerar su aspecto físico (desgranamiento o facilidad de compactación) y su facilidad de encendido.

Dichos resultados se exponen en la tabla 2:

Briqueta N°	Aspecto físico luego de la compactación	Facilidad de encendido		
		Regular	Bueno	Excelente
1	Bueno (su aspecto mejora aumentando la compactación).	X		
2	Bueno (presenta menor desgranamiento al ser secada).		X	
3	Regular (su aspecto mejora al aumentar la trituration)		X	
4	Bueno (poco desgranamiento pero se recomienda mejorar la trituration)		X	
5	Bueno (su aspecto mejora aumentando la compactación).		X	
6	Muy Bueno (poco desgranamiento al manipular las muestras)		X	
7	Regular (su aspecto mejora al aumentar la trituration y compactación)	X		
8	Muy Bueno (poco desgranamiento pero mejoraría con el aumento de trituration)			X

Tabla 2: Aspecto físico y facilidad de encendido de las briquetas

Poder calorífico

El poder calorífico se obtuvo según las Normas IRAM 17016 y DIN 51900-1-2000. Los valores adquiridos se exponen en la Tabla 3:

Briqueta N°	Componentes de la mezcla (%)	PCS [kcal/kg]
1	Yerba (12), Hojas secas (5,8), Aserrín (2,7), Papel (79,5)	3442
2	Hojas secas (7,23), Aserrín (9,23), Papel (83,54)	3480
3	Corteza (2,48), Hojas secas (3,46), Papel (94,06)	3492
4	Corteza (5,37), Yerba (10,0), Papel (84,63)	3477
5	Yerba (22,09), Aserrín fino (4,00), Papel (73,91)	3466
6	Aserrín fino (26,7), Papel (73,3)	3506
7	Hojas secas (15,4), Papel (84,6)	3491
8	Cáscara de nuez (10,15), Grasa vacuna (65,81), yerba (24,04)	5107

Tabla 3: Poder Calorífico Superior

El poder calorífico obtenido es el Poder Calorífico Superior PCS, ya que al final de la combustión quedaron pequeñas cantidades de agua líquida (microgotas, rocío) en las paredes, fondo y tapa del obús. Para cada briqueta se obtuvo el poder calorífico como promedio de los resultados de tres muestras construidas bajo las mismas características. En la Tabla 3, se observa que las primeras 7 briquetas tienen un poder calorífico similar, ya que están formadas aproximadamente por los mismos elementos cambiando, en algunos casos, sólo las proporciones.

Es importante tener en cuenta que en todos los casos el principal contenido es el papel, mezclado y amasado con agua y utilizado como aglomerante, cuyo poder calorífico ronda las 3950 kcal/kg. El valor promedio de estas 7 briquetas es de 3479 kcal/kg, y es un valor compatible con los materiales con que están formadas las briquetas (yerba, aserrín, hojarasca, corteza, papel).

La briqueta N° 8 se destaca por tener un poder calorífico notablemente superior e igual a 5107 kcal/kg, este valor se debe, probablemente, a que está formada principalmente por grasa vacuna, cuyo poder calorífico es elevado, siendo de 9500 kcal/kg aproximadamente.

Análisis Próximo o Inmediato

Los resultados del análisis próximo o inmediato se exponen en la Tabla 4:

Briqueta N°	Contenido de Humedad en base seca [%]	Sólidos Secos o Sólidos Totales		
		MV [%]	CF [%]	CEN [%]
1	9.2	72.1	24.4	3.5
2	13.8	70.0	27.4	2.6
3	12.0	67.9	28.6	3.5
4	9.8	65.6	30.5	3.9
5	14.3	71.7	24.0	4.3
6	13.2	66.0	30.0	4.0
7	13.9	66.8	30.1	3.1
8	9.2	73.7	22.2	4.1

Tabla 4: Análisis próximo o elemental

La realización de este estudio permitió deducir el porcentaje de biomasa en la que se encuentra almacenada su energía química, como la materia volátil y el carbono fijo, y la fracción inactiva en el caso de las cenizas [3].

Calor entregado en la combustión

Los resultados del calor entregado en la combustión se presentan en las Tablas 5 y 6:

Briqueta N°	Tiempo [min]
1	4.16
2	2.59
3	6.16
4	2.43
5	2.34
6	2.19
7	7.00
8	6.33

Tabla 5: Aporte de calor en función del tiempo para un salto de temperatura de 20 °C

A continuación se presentan los resultados del cálculo del calor total entregado por las briquetas, si éstas fueran consumidas totalmente. Estos valores se obtuvieron multiplicando la masa de cada briqueta por su poder calorífico.

Briqueta N°	Peso [g]	Calor entregado [Kcal]
1	9.85	33.90
2	10.09	35.11
3	8.24	28.77
4	12.70	44.16
5	18.23	63.18
6	17.13	60.58
7	10.69	37.32
8	32.21	164.50

Tabla 6: Calor total entregado

Finalmente se determinó la relación entre el calor entregado al agua y el calor cedido por la briqueta en la combustión al quemarse totalmente las briquetas. Este cálculo se efectuó teniendo en cuenta el calor entregado al agua para un salto de temperatura correspondiente al quemado total de la briqueta. En la tabla 7 se observan los resultados de seis briquetas que fueron las de mejor comportamiento.

Briqueta N°	ΔT [°C]	Calor entregado al agua [Kcal]	Relación entre el calor entregado al agua y el calor cedido por la briqueta [%]
2	28	8.4	23.92
3	24	7.2	25.03
4	36	10.8	24.46
5	54	16.2	25.64
6	40	12	19.81
8	71	22.8	13.86

Tabla 7: Relación entre el calor entregado al agua y el calor cedido por la briqueta

Análisis de los gases de la combustión de briquetas

Si bien el análisis de los gases de la combustión se realizó con todas las briquetas se exponen en las tablas 8 y 9 los resultados de las muestras N° 3 y N° 5, respectivamente, por ser las más significativas:

Tiempo \ Análisis	Apertura Parcial			Apertura Total		
	1 min	5 min	10 min	1 min	5 min	10 min
O%	11,7	14,8	15,3	14	14,9	15,1
CO ppm	18,5	15,85	15,65	3	8,75	11,69
EF %	77,6	77,7	71,3	79,8	81,5	80,6
CO ₂	7,8	5,9	5,4	6,5	5,2	5,6
Tstack °C	185	152	202	157	117	141
tair	26,8	26,6	26,6	26,7	26,7	26,8
EA %	165	238	240	245	250	250
SO ₂ ppm	4	1	6	2	5	7

Tabla 8: Análisis de los gases de la combustión según la apertura – briqueta N° 3

Se puede observar que la eficiencia de la combustión (Ef %) mejoró con la válvula cortina totalmente abierta. Este comportamiento también se advierte en los porcentajes de CO que son menores, lo cual es totalmente deseable debido a la naturaleza tóxica y venenosa del CO.

Con respecto a la salida de gases (Tstack) se percibe que la temperatura disminuye, lo cual significa que se reducen las pérdidas de calor.

En cuanto a la medición de SO₂ y al exceso de aire (EA %), los valores no difieren esencialmente en relación a la válvula cortina parcialmente abierta y totalmente abierta.

En definitiva, para este diseño del horno quemador y para esta briqueta N° 3, la configuración de válvula totalmente abierta (con mayor cantidad de aire primario) funciona mejor.

Tiempo Análisis	Apertura Parcial			Apertura Total		
	1 min	5 min	10 min	1 min	5 min	10 min
O%	13,2	13,8	15,4	16,6	14,8	15
CO ppm	16,7	18,5	15,8	1,72	3,1	9,06
EF %	77,1	79,1	78,7	78,3	80,5	81,1
CO ₂	3,1	5,3	8,4	2,8	3,4	3,3
Tstack °C	112	131	153	112	135	150
tair	26,3	26,5	26,5	26,3	26,3	26,4
EA %	121	137	132	211	217	224
SO ₂ ppm	9	3	4	7	2	2

Tabla 9: Análisis de los gases de la combustión según la apertura – briqueta N° 5

En el caso de la briqueta N°5 se advierte un comportamiento similar a la N°3 respecto a la eficiencia de la combustión (Ef %), siendo mejor con abertura totalmente abierta. Se observa una mejor combustión ya que descienden los valores de temperatura de los gases de salida. Igualmente ocurre para los valores de SO₂ medidos en ppm, para las 2 configuraciones de válvula cortina los resultados son similares.

En consecuencia, para este horno y la muestra N°5 la configuración de válvula totalmente abierta (con mayor entrada de aire primario), produce una mejor combustión de la briqueta.

4. CONCLUSIÓN

Este estudio posibilitó obtener un mayor conocimiento sobre la elaboración de briquetas. El análisis de diferentes tipos de residuos biomásicos permitió, teniendo en cuenta que son los primeros ensayos, estimar si son o no adecuados para la fabricación de bloques así como evaluar cuáles son las mezclas de mayor posibilidad práctica, económica, fácil de acceder y de mejor aspecto.

Durante los pruebas se apreció que las briquetas ardían mejor si se las fragmentaba en 3 o 4 partes, ya que se obtenía un mayor contacto con el oxígeno, por lo que se estima, en trabajos futuros, ensayar 2 briquetas con la misma composición y peso, pero una entera y otra dividida en secciones.

El analizador de gases BACHARACH mide la eficiencia de la combustión (EF %) mediante una ecuación empírica que no es mostrada en el *manual de instrucciones* del equipo. Para próximas pruebas se tratará de solicitar a la empresa dicha fórmula para ajustar los valores y adaptar las constantes. Los parámetros estudiados tienden a variar hasta llegar al régimen permanente, por lo que en sucesivos ensayos se evaluarán los mismos datos descartándose los valores medidos durante el régimen transitorio (los primeros 6-8 minutos aproximadamente).

En ensayos posteriores se prevé mejorar la calidad de las briquetas y estudiar, en forma más rigurosa, el calor entregado en la combustión de las mismas. Para ello se optimizará el horno de quemado con el fin de obtener mejores resultados, ya que el dispositivo presentó considerables pérdidas de calor. Esto permitirá, también, analizar los humos de los gases de la combustión para proponer un quemado más eficiente y menos contaminante, tratando de evitar el monóxido de carbono, aprovechar al máximo el poder calorífico y disminuir los olores desagradables y el hollín.

Generalmente los residuos biomásicos no son manipulados en forma adecuada y su amontonamiento ocupa espacios físicos importantes llegando incluso a transformarse en peligrosos. La utilización de

los productos presentados en este trabajo, como alternativa para la producción de energía, mejoraría no sólo las condiciones ambientales y de seguridad sino también aportaría una solución a la problemática energética actual.

BIBLIOGRAFÍA

- Bailis, R; Ogle, D; Maccarty, N; Still, D., 2007. The Water Boiling Test (WBT). Household Energy and Health Programme, Shell Foundation.
- Christensen, T. H., 1998 ed., Affaldsteknologi (in Danish), 2nd edition, Ingeniøren bøger, ISBN 87-571-2148-6.
- Díaz R., 2008. Caracterización energética del Bagazo de Caña de Azúcar del Ingenio Valdez. Ecuador. Curso Internacional "Producción y Aprovechamiento Energético de Biomasa". Septiembre de 2008. Riobamba – Ecuador.
- Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de setiembre, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. L283/33 (2001).
- Ernitz A. 1961. Manual de Maderas. Editorial Alsina. Buenos Aires. ISBN: 9789505530038. p.58.
- Márquez F. Cordero T., Rodríguez J., Rodríguez J. 2001 Estudio Del Potencial Energético De Biomasa Pinus Caribaea Morelet Var. Caribaea (Pc) Y Pinus Tropicalis Morelet (Pt); Eucaliptus Saligna Smith (Es), Eucalyptus Citriodora Hook (Ec) Y Eucalytus Pellita F. Muell (Ep); De La Provincia De Pinar Del Río. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7(1):pp: 83-89.
- NORMA IRAM 17016, Método de Determinación del Poder Calorífico.
- Ogara, M.R., Berset, A., Gronhut, E. 1987. La biomasa forestal como fuente de energía. Sistemas y posibilidades. 11 Jornadas Mes Forestal de Entre Ríos. Concordia. 4.1 - 4.34.
- Rabou L., Van Der Drift A., Van Doorn J., 2002. Analysis of biomass data in ECN database Phyllis, ECNRX- 02-014. June, Amsterdam, the Netherlands.
- Rasmussen A., 2004. Final report Waste Incineration. Thesis to obtain the Master of Science. Department of Chemical Engineering of University of Denmark, 2004.
- Raveendran, K Y Ganesh A. 1996, Fuel, 75(15), 1715 citado por Márquez Montesino, F. et al 2001 en "Estudio del potencial energético de biomasa Pinus Caribaea Moretet Caribaea (PC) y Pinus tropical Morelet (PT), Eucaliptus Saligna Smith (ES), Eucalyptus Citriodora Hook (EC) Y Eucapiptus" Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, año/vol. 7, número 001-Universidad Autónoma de Chapingo, México pp. 83-89.

ABSTRACT

Residual biomass, because of its physical, chemical and energetic properties, is considered a primary source for obtaining energy in the form of electricity or heat. This paper presents the results obtained from the energetic behavior of briquettes, devoted to cooking and heating, produced with different combinations of biomass waste. A press was built to assemble the briquettes and, once dried at ambient air, we proceeded to the test some characteristics of them (appearance, calorific power, immediate analysis). A combustion furnace was built and a method of measuring the heat delivered from a given mass of water was implemented, measuring to the efficiency of the combustion and the gases produced during combustion. Conclusions obtained from different combinations of briquettes are exposed, with the final purpose of providing rural and suburban population with a practical and economical way to take advantage of natural resources that otherwise would be discarded.

Keywords: residual biomass, briquettes, exploitation of natural resources