

CARACTERIZACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS FORESTALES

Marcos Martín, F., Del Brío Marcos, T., Corrales Santiago, R., Izquierdo Osado I., Ramírez Olivencia A., Ruiz Castellano, J.

Dpto. de Ingeniería Forestal. ETSI Montes. Madrid. Cdad. Universitaria s.n. 28040 Madrid.
Tfno: 913367120, 913366396. Fax: 915439557.
Correo electrónico: fmarcos@montes.upm.es

RESUMEN.

Tras una presentación introductoria se estudian las principales características físicas, químicas y físico-químicas empleadas en la caracterización de los biocombustibles sólidos forestales utilizados en España. Estos son agrupados en leñas, astillas, pelets, briquetas y carbón vegetal.

SUMMARY

After an introductory presentation the main characteristics physical, chemical and physical-chemical employees are studied in the characterization of the forest solid biocombustibles used in Spain. These are contained in firewoods, chips, pellets, briquettes and charcoal.

Palabras clave: Biocombustibles, sólidos, forestales.

Keywords: Biofuels, solids, forestry.

Clasificación UNESCO: 3322.05

Mesa temática: Industria y desarrollo tecnológico.

PRESENTACIÓN

El Plan de Fomento de las Energías Renovables en España (MINER - IDAE, 2000) tiene como objetivo que la biomasa ocupe un lugar preponderante en el balance energético español, suponiendo, por ejemplo, que en el año 2010 la potencia instalada en centrales de biomasa sea de 1800 MWe (MegaWattios eléctricos). Para conseguir este objetivo será preciso caracterizar energéticamente los biocombustibles sólidos forestales, facilitando así su comercialización dentro del territorio español.

CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS FORESTALES

Las principales características físicas, químicas y físico-químicas que influyen en el comportamiento energético de los diferentes biocombustibles sólidos forestales son las recogidas en la tabla siguiente:

Características físicas, químicas y físico-químicas de los biocombustibles sólidos forestales	
Físicas	<ol style="list-style-type: none">1. Forma y tamaño.2. Superficie específica.3. Aspecto (color, brillo).4. Densidades.5. Humedades.6. Friabilidad

	<ol style="list-style-type: none"> 7. Resistencia a la compresión 8. Absorción de gases
Químicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Composición química elemental. 2. Composición química por compuestos. 3. Poderes caloríficos.
Físico-químicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coeficiente de conductividad térmica. 2. Combustibilidad e inflamabilidad: Temperaturas y tiempos de combustión e inflamación. Temperatura máxima de llama. 3. Potencia calorífica. 4. Densidad energética 5. Índices de calidad energética

CALIDAD ENERGÉTICA DE ASTILLAS

Según Marcos (2001) la calidad energética de una astilla (que puede extrapolarse a las leñas) se puede medir según un índice, denominado **índice de calidad de la astilla**, sólo válido cuando la humedad de la astilla es mayor del 0% (en la práctica totalidad de todos los casos). Su valor es adimensional.

$$ICA = (K_1 \cdot PCv + K_2 \cdot PCA - K_3 \cdot TM - K_4 \cdot CQ) / Hh$$

donde:

K_1 = Constante. Vale 0,002 dm³/kJ.

PCv = Poder calorífico volumétrico, o densidad energética, medido en kJ/dm³.

K_2 = Constante. Medida en kg/W. Su valor se está investigando actualmente.

PCA = Potencia calorífica, medida en kW/kg.

K_3 = Constante, vale 0,7 cm⁻¹.

TM = Tamaño medio de la astilla, como media entre el valor medio de la longitud, anchura y espesor, medidos en cm.

K_4 = Constante, vale 2.

CQ = Suma de los porcentajes, en tanto por ciento, de cloro, azufre y nitrógeno.

Hh = Humedad de la astilla, medida en base húmeda. Adimensional.

CALIDAD ENERGÉTICA DE LOS PELETS Y BRIQUETAS

La combinación de varias variables físicas, químicas y físico-químicas puede dar lugar a un índice de calidad del pelet. Señalaremos dos métodos para definir la calidad energética de los pelets. El primero se basa en un índice de calidad y el segundo se basa en una clasificación.

Se define el índice de calidad energética de los pelets según la fórmula:

$$ICP = (K_1 \cdot PCS0 + K_2 \cdot D + K_3 \cdot (1-M)) / (Hh \cdot FR)$$

donde: ICP = Índice de calidad energética del pelet.

K_1 = Constante, en kg/kcal = 1/4500 kg/kcal = 1/18810 kg/kJ.

PCS0 = Poder calorífico superior anhidro, en kcal/kg o en kJ/kg.

K_2 = Constante, en dm³/kg = 1/1,1 dm³/kg

D = Densidad, en kg/dm³

K_3 = Constante, adimensional = 0,5

M = Tanto por uno en material mineral

Hh = Humedad en base húmeda.

FR = Friabilidad como media entre la friabilidad y la media de las friabilidades en hogar cerrado y en hogar abierto.

El segundo método, similar al presentado con otros biocombustibles, se basaría en la construcción de unas tablas que clasifiquen los pelets y, a partir de esas clases, construir una clasificación final. Las variables empleadas son la densidad energética, la humedad y la friabilidad.

Clase	Densidad energética mínima, MJ/dm ³	Clase	Contenido máximo de humedad, % (*)	Clase	Friabilidad (**)
E1	1,8	K1	25	P1	3
E2	1,7	K2	35	P2	8
E3	1,6	K3	45	P3	15
E4	1,5	K4	50	P4	20

(*) Humedad en base húmeda.

(**) % máximo de pelets rotos en el ensayo.

Utilizando las clases anteriores (E, K y P) obtenemos las clases de calidad finales (C). Los pelets de calidad C1 son los mejores y los de C4 son los de peor calidad.

Calidad: Clase	Tipología
C1	E1 y K1 y P1
C2	No es de la clase C1 Ninguno de ellos es E3, ni E4, ni K3, ni K4, ni P3, ni P4
C3	No es de la clase C1 No es de la clase C2 Ninguno de ellos es E4, ni K4, ni P4.
C4	Ninguna de las anteriores

Índice de calidad de las briquetas.

Señalaremos tres métodos para definir la calidad energética de las briquetas: uno basado en la confección de un índice de calidad y otros dos basados en una clasificación por clases. Pensamos que los tres son igual de válidos. Para evaluar la calidad de las briquetas ha de recurrirse a sus principales características físicas, químicas y físico-químicas antes estudiadas. Así, podremos definir el índice de calidad de la briketa (ICB).

$$ICB = (K_1 \cdot PCS_0 + K_2 \cdot D + K_3 \cdot TT + K_4 \cdot (1-M)) / (Hs \cdot FR)$$

donde:

- K_1 se mide en kg/kJ. Un valor útil puede ser $1/18810 \text{ kg/kJ} = 1/4500 \text{ kg/kcal}$.
- PCS_0 es el poder calorífico superior, medido en kg/kJ o en kg/kcal.
- K_2 se mide en dm^3/kg . Un valor útil puede ser $1/1,1 \text{ dm}^3/\text{kg}$.
- D es la densidad, medida en kg/dm^3 . Es la densidad de la briketa sin envolver.
- K_3 se mide en s^{-1} . Un valor útil puede ser $1/3600 \text{ s}^{-1}$.
- TT es una variable que mide el tiempo total de combustión, para una briketa de un peso estandarizado. Se mide en s.
- K_4 es adimensional = 0,5.
- M = Tanto por uno en material mineral
- Hs = Humedad en base seca.
- FR = Friabilidad como media entre la friabilidad en hogar cerrado y la friabilidad en hogar abierto.

Según el Centre de Reserches Agronomiques de Gembloux (Bélgica) las briquetas se clasifican en malas, aceptables y buenas en función de su porcentaje de materia mineral, densidad, humedad, friabilidad en hogar cerrado, friabilidad en hogar abierto, incandescencia en hogar cerrado e incandescencia en hogar abierto.

Calidad de las briquetas según el Centre de Reserches Agronomiques de Gembloux			
Característica (unidad)	Buena	Aceptable	Mala
% de materia mineral	< 10	10-20	> 20
Densidad (kg/m ³)	> 1200	800-1200	< 800
Humedad (%)	< 20	20-30	> 30
Friabilidad en hogar cerrado	> 65	50-65	< 50
Friabilidad en hogar abierto	> 75	50-75	< 50
Incandescencia en hogar cerrado (min)	> 20	10-20	< 10
Incandescencia en hogar abierto (min)	> 30	20-30	< 20

Esta clasificación, para ser adaptada al mercado español podría ser ligeramente modificada haciendo que las briquetas de 1150 kg/m³ formen parte de las briquetas consideradas "buenas" y que las briquetas de 850 kg/m³ formen parte de las briquetas consideradas "malas".

Otro método para evaluar la calidad de una briqueta estaría basado en clases de calidad. Se proponen cuatro tipos con sus criterios para determinar posteriormente las clases de calidad.

Clase	Densidad Kg/litro	Clase	PCI kcal/kg	Clase	Humedad en base húmeda %
D1	> 1,1	P1	> 4000	H1	< 18
D2	0,9 - 1,1	P2	3600 - 4000	H2	18 - 25
D3	0,80 - 0,9	P3	3300 - 3600	H3	25 - 35
D4	< 0,8	P4	< 330	H4	> 35

Clase	Friabilidad. Valor medio (hogar abierto + hogar cerrado) % Adimensional
F1	> 70
F2	60 - 70
F3	50 - 60
F4	< 50

Desde este punto de vista se citarían 4 calidades de astilla o biomasa sólida forestal triturada.

Las de mayor calidad son de calidad 1 (C1), las de menor calidad son de calidad 4 (C4).

Calidad: Clase	Tipología
C1	D1 y P1 y H1 y F1
C2	No es de la clase C1 Ninguno de ellos es D3, ni D4, ni P3, ni P4, ni F3, ni F4, ni H3, ni H4
C3	No es de la clase C1 No es de la clase C2 Ninguno de ellos es D4, ni P4, ni F4, ni H4.
C4	Ninguna de las anteriores

AGRADECIMIENTOS Y BIBLIOGRAFÍA

Los datos anteriormente obtenidos son los resultados finales de dos trabajos de investigación:

1.- Caracterización de biocombustibles sólidos forestales. Financiado por la convocatoria ATYCA del hoy desaparecido Ministerio de Industria y Energía (MINER).

2.- Standardization of Solid Biofuels. Proyecto CEN/BT/WG 108 Spanish Report. De la convocatoria europea FAIR.

Queremos agradecer a D. Enrique Ocharán de la Cámara (del desaparecido MINER), a D. Julio Artigas Cano de Santayana, D. Luis García Benedicto y D. Carlos Fernández López (los tres pertenecientes al Instituto Para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE) y a Dña. Elisa Setién de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) todo el apoyo que nos dispensaron en la realización de estos trabajos.

Para la realización de estos estudios se ha consultado la bibliografía siguiente:

ASINEL. 1992. La biomasa y sus aplicaciones energéticas, ASINEL, Madrid.

CAMPSA, 1989. Manual de combustibles en la industria. Madrid.

Carre J. et al. 1987. Briquetting Agricultural and Wood Residues, Workshop on Handling and Processing of Biomass for Energy, Hamburgo.

CIEMAT-Junta de Castilla y León. 1989 La biomasa como fuente de energía y productos para la agricultura y la industria, CIEMAT, Madrid.

Grassi G. et al. 1992. Biomass for energy, industry and environment. 6th EC Conference, Elsevier Applied Science, Amsterdam.

IFIE, Características físico-mecánicas de las maderas españolas, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 1992. Manuales de energías renovables: Biomasa. Madrid.

Kollman F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones, Ministerio de Agricultura - Instituto Forestal de Investigaciones y experiencias, Madrid, 1959.

Marcos Martín ,F. & ZAVALA, M.A. 1993. Ecological effects of harvesting biomass for energy in the Spanish Mediterranean. Landscape and Urban Planning 24: 227 - 231.- Ovington, J.D. 1960. The nutrient cycle and its modification through silvicultural practice. Actas V Congr. Forestal Mundial. Seattle (USA): 533-538.

- Marcos Martín, F., 2001. Biocombustibles sólidos de origen forestal. AENOR. Madrid.
- Marcos Martín, F., 1995. Pelets y briquetas. Rev. AITIM: 171: 54-62. Madrid.
- Marcos Martín, F. et all. 1992 La madera como combustibles renovable. VI Jornadas Forestales de Cuenca. 19-21 noviembre 1992.
- Marcos Martín F. 1989. El carbón vegetal, propiedades y obtención. Mundi Prensa, Madrid.
- Marcos Martín, F., 1987. - Impactos causados por los aprovechamientos energéticos forestales. In: La práctica de las estimaciones de impactos ambientales. Cátedra de Planificación, ETSI de Montes de Madrid.
- Marcos Martín F. 1985. Utilización del monte con fines energéticos, Rev. El Campo 98:49-53. Banco de Bilbao. Madrid. 1985.
- Marcos Martín F. 1984. Estudio de la aplicación de un modelo de planificación energética a la región castellano-leonesa, Tesis doctoral en la ETSI de Montes de Madrid,
- Peraza Oramas C., Industrialización de la madera, Rev. El Campo, 98:54-62. Banco de Bilbao, Madrid, 1985.
- Sáiz de Bustamante A. 1981. Opciones energéticas I. Energías tradicionales. Univ. Int. Menéndez Pelayo. Santander.
- Sáiz de Bustamante A. 1981. Opciones energéticas II. Energías renovables. Univ. Int. Menéndez Pelayo. Santander.
- Salvi G. 1975. La combustión, teoría y aplicaciones. Dossat. Madrid.
- San Miguel, A., 1988.- Explotación inadecuada de los bosques. Curso de Bases Ecológicas para el manejo de los Sistemas Naturales. E.T.S.I. de Montes, Madrid.
- Vesterinen R. 1999. Standardisation of solid biofuels in Finland. Comunicación personal del proyecto europeo FAIR titulado Standardisation of solid biofuels