



CENTRO DE INNOVACIÓN E SERVIZOS
TECNOLÓXICOS DA MADEIRA DE GALICIA

CIS-MADEIRA	
Entrada nº:	
Salida/Sazon nº:	963
Data/Fecha:	30/10/2009

Parque Tecnolóxico de Galicia
Avda. de Galicia n.º 5
San Cibrao das Viñas
E - 32901 OURENSE
Tel.: + 34 988 36 81 52
Fax: + 34 988 36 81 53
E-mail: info@cismadeira.com

INFORME DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE PELLET DE MADERA, SOLICITADO POR LA EMPRESA SARMAN, S.A.

1. OBJETO DEL INFORME

A petición de la empresa Sarman, S.A., a través de D. Raúl Puelles, se solicita un informe destinado a caracterizar un pellet de madera, contemplando los siguientes aspectos:

- Densidad en bruto o aparente del producto.
- Contenido de humedad.
- Contenido de cenizas.
- Poder calorífico.
- Contenido en nitrógeno.

A tal efecto, el día 13 de octubre de 2009 un técnico del CIS-Madeira se desplaza a la planta de producción de pellet de madera que la empresa tiene en el Polígono Industrial del Espíritu Santo en el ayuntamiento de Cambre (A Coruña), procediendo a la recogida de 1 saco de pellet de 15 kg. El saco, de material transparente, aparecía identificado con la marca comercial PELLCAM[®].

Los pellets de madera tenían formato cilíndrico con un diámetro de 6 mm, lo que se corresponde con una categoría HP5 según la clasificación recogida en la norma DIN 51731:1996 "Testing of solid fuels. Compressed untreated wood. Requirements and testing".

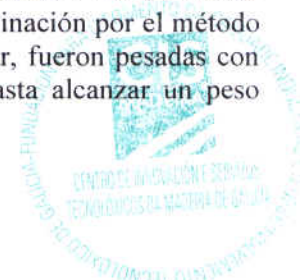
2. PROCEDIMIENTO OPERATORIO

2.1 Determinación de la densidad aparente.

La determinación de la densidad aparente del material se determinó utilizando recipientes de volumen conocido y pesando el material con balanza analítica (precisión: 0,01 g).

2.2 Determinación del contenido de humedad.

El contenido de humedad se determinó de acuerdo con la norma UNE-EN 13183-1:2002 "Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: determinación por el método de secado en estufa". Las muestras obtenidas de los elementos a analizar, fueron pesadas con una aproximación de 0,01 g e introducidas en estufa a 103 ± 2 °C hasta alcanzar un peso constante que coincide con el peso anhidro.



2.3 Determinación del poder calorífico.

La determinación del poder calorífico del material se realizó según la norma española UNE 164001 EX:2005 “Biocombustibles sólidos. Método para la determinación del poder calorífico”, mediante el empleo de una bomba calorimétrica calibrada por combustión de ácido benzoico.

Para determinar el poder calorífico superior (PCS) a volumen constante, se utilizó directamente el material recogido en fábrica, sin secar previamente la muestra. Simultáneamente, se realizó la medición del contenido de humedad para realizar las correcciones posteriores.

2.4. Determinación del contenido de cenizas.

La determinación del contenido en cenizas se realizó expresando, como porcentaje, la cantidad residual existente al someter a oxidación seca una muestra anhidra, hasta lograr la eliminación total de materia carbonosa. Este ensayo fue realizado conforme a la norma UNE-CEN/TS 14775:2007 EX.

Las muestras fueron desecadas en estufa a $103 \pm 2^\circ \text{C}$ hasta alcanzar el peso anhidro, a continuación, se obtuvieron submuestras que alojadas en crisoles de porcelana limpios y secos, fueron introducidas en un horno mufla ajustado a una temperatura de $550 \pm 25^\circ \text{C}$, durante al menos 6 horas, con el fin de lograr la eliminación total de materia carbonosa.

Tras realizar la retirada de los crisoles del horno, éstos fueron enfriados a temperatura ambiente en un desecador cerrado, con el fin de evitar alteraciones de peso debidas a la captación de humedad.

El peso de las submuestras, registrado antes y después del proceso, fue obtenido mediante balanza analítica (precisión: 0,1 mg).

2.5. Determinación del contenido de nitrógeno.

La determinación del contenido de nitrógeno se realizó por el método Kjeldahl.



3. RESULTADOS

3.1 Determinación de la densidad aparente del producto.

La densidad aparente del producto se obtiene aplicando la ecuación:

$$D_b = \frac{P}{V}$$

Donde:

Db: densidad aparente del material en g/dm³ o kg/m³.

P: Peso del material en gramos.

V: Volumen del depósito contenedor en dm³.

La densidad aparente media del material fue de 598 kg/m³.

La densidad media sobre materia seca del material fue de 550 kg/m³.

3.2 Determinación del contenido de humedad.

La humedad en base húmeda se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$H(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Donde P₁ es el peso inicial de la muestra (peso húmedo) y P₂ el peso de la muestra después de la desecación (peso anhidro).

En la siguiente tabla se muestran los resultados de humedad de cada una de los ensayos:

Ensayo	Contenido de humedad en Base Húmeda (%)
1	8,05
2	8,02
Promedio	8,04



3.3 Determinación del poder calorífico.

En la siguiente tabla se recogen los datos, correspondientes a los ensayos de determinación del poder calorífico superior (PCS) a volumen constante.

Ensayo	Poder calorífico superior (PCSh)	
	kcal/kg	kJ/kg
1	4.316,84	18.060,15
2	4.310,24	18.034,04
Promedio	4.313,36	18.047,10

La determinación del contenido de humedad del material dio un resultado de 8,04 %, coincidente con la humedad media comercial del producto. Con estos datos, y considerando una concentración de hidrógeno media en la madera del 6%, se calcula el Poder Calorífico Inferior (PCI) del material.

Ensayo	Poder calorífico inferior (PCIh)	
	kcal/kg	kJ/kg
1	4.021,07	16.824,15
2	3.994,29	16.712,09
Promedio	4.007,68	16.768,12

En la norma ÖNORM M 7135 se recoge el poder calorífico neto referido a la materia seca. En el caso de este material el **Poder Calorífico Neto** (sobre masa seca) es de **18.233,84 kJ/kg** (4.357,99 kcal/kg).

En la norma DIN 51731 se recoge el poder calorífico neto referido a la materia seca y libre de cenizas. En el caso de este material el **Poder Calorífico Neto** (sobre masa seca y sin cenizas) es de **18.314,43 kJ/kg** (4.377,25 kcal/kg).

3.4 Determinación del contenido de cenizas.

El contenido en cenizas (C) se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$C(\%) = \frac{P_r - P_c}{P_{m+c} - P_c} \times 100$$

Donde:

P_r : Peso del crisol con la muestra anhidra tras la acenización.

P_c : Peso del crisol.

P_{m+c} : Peso del crisol con la muestra anhidra antes de la acenización.



La siguiente tabla muestra los resultados de cada uno de los ensayos realizados a 550°C.

Ensayo	Contenido de Cenizas (%) 550°C
1	0,40
2	0,57
3	0,54
4	0,26
Promedio	0,44

3.5 Determinación del contenido de nitrógeno.

El contenido de nitrógeno total de la muestra fue de 0,06 %, con respecto a su masa seca.



4. RESUMEN

A continuación se recoge un resumen de los resultados obtenidos, así como los requerimientos establecidos para este tipo de biocombustible en la norma alemana DIN 51731:1996 “Testing of solid fuels. Compressed untreated wood. Requirements and testing” y la norma austriaca ÖNORM M7135.

Los pellets de madera ensayados tienen formato cilíndrico con un diámetro de 6 mm, lo que se corresponde con una categoría HP5 según la clasificación recogida en la norma DIN 51731:1996.

Ensayo	Resultado	Requerimiento DIN 51731	Requerimiento ÖNORM 7315
Densidad aparente	598 kg/m ³		
Densidad aparente (anhidro)	550 kg/m ³		
Contenido de humedad (<i>water content</i>)	8,04 %	< 12 %	≤ 10 %
Contenido de cenizas 550° C (<i>ash content wf</i>)	0,44 %	≤ 1,5 %	
Contenido de Nitrógeno (% sobre masa seca)	0,06 %	< 0,3 %	≤ 0,3 %
Poder calorífico inferior (PCIh)	16.768,12 kJ/kg 4.007,68 kcal/kg		
Poder calorífico inferior neto (sobre masa seca) (<i>net calorific value wf</i>)	18,233,84 kJ/kg 4.357,99 kcal/kg		≥ 18.000 kJ/kg
Poder calorífico inferior neto (sobre masa seca y libre de cenizas) (<i>net calorific value waf</i>)	18.314,43 kJ/kg 4.377,25 kcal/kg	17.500-19.500 kJ/kg	

Este informe consta de 6 páginas.



Fdo.: Gonzalo Piñeiro Veiras
Responsable de Unidad de Tecnología

Ourense, 30 de octubre de 2009