

Caracterización de aserrín de diferentes maderas

Characterization of Sawdust of different Woods

*MSc. Nurian Serret-Guasch, nserret@uo.edu.cu, MSc. Giselle Giralt-Ortega,
Ing. Mairet Quintero-Ríos*

Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Oriente, Santiagode Cuba, Cuba

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización física a varios tipos de aserrín con el objetivo de valorar la posibilidad de usarlos con fines energéticos. De la caracterización se obtuvo bajo porcentaje de humedad promedio para las tres biomásas (8,544 2 % algarrobo, 7,832 1 % majagua y 9,732 8 % cedro); los compuestos volátiles y carbono fijo presentan altos valores: volátiles (83,656 3 % algarrobo, 81,841 9 % majagua y 83,437 8 % cedro) y carbono fijo (15,389 9 % algarrobo, 17,272 7 % majagua y 15,683 0 % cedro) y bajos porcentos de cenizas (0,797 7 % algarrobo, 0,885 4 % majagua y 0,879 2 % cedro). Se realizó el análisis granulométrico de las biomásas estudiadas obteniéndose las mayores acumulaciones para partículas menores de 2,5 mm en el caso del algarrobo, para el caso de la majagua y el cedro las mayores acumulaciones son para partículas menores de 8,0 mm. Se determina el diámetro promedio de las tres muestras obteniéndose por el método acumulativo valores de 1,59 mm para el algarrobo, 3,2 mm para la majagua y 4,8 mm para el cedro. Con el análisis estadístico se corrobora que los resultados experimentales obtenidos están correctos debido a que no hay desviaciones significativas de la normalidad.

Palabras clave: aserrín, caracterización de aserrín, biomasa, residuos forestales.

Abstract

In this paper the results from the physical characterization of several types of sawdust are presented, with the objective of valuing the possibility to use them with energy purposes. From the characterization low percent of humidity average was obtained for the three biomasses (8,544 2 % carob, 7,832 1 % majagua and 9,732 8 % cedar); the volatile compounds and fixed carbon present high values: volatile (83,656 3 % carob, 81,841 9 % majagua and 83,437 8 % cedar) and fixed carbon (15,389 9 % carob, 17,272 7 % majagua and 15,683 0 % cedar) and low percents of ashes (0,797 7 % carob, 0,885 4 % majagua and 0,879 2 % cedar). It was carried out the granulometric analysis of the studied biomasses being obtained the biggest accumulations for particles smaller than 2,5 mm in the case of the carob, for the case of the majagua and the cedar the biggest accumulations are for particles smaller than 8,0 mm. The main diameter of the three samples it is determined being obtained by the method accumulative values of 1,59 mm for the carob, 3,2 mm for the majagua and 4,8 mm for the cedar. With the statistical analysis it is corroborated that the obtained experimental results are correct because there are not significant deviations of the normality.

Keywords: sawdust, characterization of sawdust, biomass, forest residues.

Introducción

Los recursos naturales han constituido siempre las principales fuentes para el desarrollo de la economía de un país. En los últimos años, se ha logrado un importante crecimiento y desarrollo en la tecnología, que ha traído como consecuencia una explotación cada vez más acelerada de estos recursos. Entre los recursos naturales se encuentran los residuos forestales constituidos por restos de aserríos, de ebanisterías y de plantaciones. El aserrín es uno de los principales residuos forestales y su acumulación puede tener efectos ambientales negativos.

El municipio de Palma Soriano en la provincia Santiago de Cuba cuenta con carpinterías y aserríos que generan cantidades considerables de residuos forestales. Parte de este residuo lo usan los pobladores como combustible para cocinar y para camas de corral; no obstante se acumula una gran cantidad por lo que se hace necesario aprovecharlos para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

Este trabajo tiene como objetivo caracterizar, en cuanto a propiedades físicas, muestras de aserrín de algarrobo, majagua y cedro como parte del estudio para el aprovechamiento energético de estas biomásas. Estos residuales constituyen biomásas a las que puede dárseles un posterior tratamiento con el propósito de obtener a partir de ellas productos de valor social y económico.

Fundamentación teórica

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizadas como recurso energético: biomasa natural, residual seca y húmeda y los cultivos energéticos. La biomasa residual (seca y húmeda) son los residuos que se generan en las actividades de agricultura y ganadería, en las forestales, en la industria maderera y agroalimentaria, entre otras y que todavía pueden ser utilizados.

El procesamiento de la madera genera cantidades considerables de desechos en forma de aserrín y pequeños pedazos de madera, que causan problemas ambientales por su quema o el vertido en ríos. En Cuba se generan grandes cantidades de aserrín de diferentes maderas. El aserrín de algarrobo cubano constituye uno de los residuos forestales más abundantes en zonas urbanas y montañosas, que puede ser convertido en diferentes tipos de combustibles y materias primas orgánicas para la industria. Según estudios realizados, para el

2009 se generarían solo en la provincia Santiago de Cuba alrededor de 112 t de aserrín de algarrobo /3/ por lo que se hace necesario aprovechar estos residuos y así minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente.

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral /6/.

La composición química y física determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar, específicamente las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar. Por esto se necesita caracterizar estas biomásas en cuanto a contenido de humedad, volátiles, carbono fijo, cenizas y granulometría.

En los residuos industriales, el contenido de humedad depende en gran medida de la fase del proceso en que se extraiga y del secado del producto antes de esa fase /5/. Para el caso del aserrín y de otros residuos madereros se reportan valores de humedad superiores al 10 % y contenido de cenizas superiores a 0,5 %, como se indica en la tabla 1.

Tabla1
Características de residuos madereros corrientes

Residuos	Tamaño (mm)	Contenido de humedad (%)	Contenido de cenizas (%)
Lijaduras	<1	2-10	0,1-0,5
Virutas	1-12	10-20	0,1-1,0
Aserrín	1-10	25-40	0,5-2,0
Corteza desmenuzada	1-100	25-75	1,0-2,0
Residuos forestales		30-60	3,0-20

En estudio realizado /2/ sobre pirolisis de aserrín de pino, se determinó previamente el contenido de humedad, el diámetro de partícula y el análisis elemental obteniéndose los resultados que se muestran en tabla 2.

Tabla 2
Propiedades del aserrín de pino

Característica	Valor	Característica	Valor
Contenido de humedad (%)	15,5	Análisis de tamaños	
		Tamaño (mm)	(% peso)
Densidad aparente (kg/m ³)	167	>4,0	2,29
Valor calórico bajo (MJ/kg)	17,86	4,0-3,35	2,32
Análisis elemental (% peso total, lhc ^a)		3,35-1,98	6,60
C	50,65	1,98-1,60	9,62
H	6,03	1,60-1,25	17,87
N	0,14	1,25-0,84	23,13
O (por diferencia)	43,18	<0,84	18,24

^alhc: libre de humedad y ceniza

Para el aserrín de algarrobo, estudios realizados /3/, arrojan similares resultados en cuanto a contenido de humedad y tamaño de partículas, ver (tabla 3).

Para el aserrín de pino y para el de algarrobo, las mayores acumulaciones de partículas se alcanzaron para tamaños menores de 2 mm (Pino 86 % y algarrobo 97 %). Otro trabajo con aserrín de diferentes maderas y proveedores /1/, muestra similar comportamiento en cuanto a la granulometría (tabla 4).

Tabla 4
Composición porcentual del aserrín por rango de tamaño y proveedor

Rango de tamaño	< 0,25	> 0,25 < 0,425	> 0,425 < 1,00	> 1,00 < 1,40	> 1,40 < 2,00	> 2,00 < 2,80	> 2,80 < 3,35	> 3,35 < 4,75	> 4,75	
Proveedor	AGRIFOR	3,6	8,6	38,2	21,1	13,4	7,7	2,8	3,2	1,2
	APSA	1,0	3,3	18,8	24,0	28,0	16,7	3,8	3,2	1,3
	ARAUCO	1,3	2,6	12,8	13,2	19,6	16,0	5,8	9,7	18,9
	CENTEC	3,3	9,7	37,4	18,4	12,8	9,3	2,7	3,4	3,1
	MADEXPOO	5,8	11,3	36,9	19,0	13,2	7,1	1,8	3,6	1,4

El tamaño y la forma de las partículas de madera también tienen una importancia decisiva tanto para la manipulación como para la eficiencia de la quema de residuos, y desempeñan un papel importante en su combustibilidad.

Materiales, equipos y metodologías experimentales para la determinación de propiedades físicas

Se utilizan como biomásas tres tipos de aserrín que fueron recolectados en el aserrío 337 “Carlos Montalván” del municipio Palma Soriano en Santiago de Cuba.

- Aserrín de algarrobo
- Aserrín de cedro

- Aserrín de majagua
- Materiales y Equipos
- Crisoles con tapas
- Guantes
- Espátulas
- Pinzas

Balanza Analítica marca SARTORIUS. Modelo BP124S, con un valor máximo de 120g y un mínimo de 0,1mg, voltaje de 115-230V, 50-60Hz, de procedencia alemana, utilizada para medir masa.

Balanza Técnica marca SARTORIUS. Modelo BS2202S, con un valor máximo de 2200g, de procedencia alemana, utilizada para medir masa.

Estufa modelo DHG-9146A, electrotérmica, temperatura máxima 200°C, Marca China (Shanghai Pudong Rongfing Scientific Instrument).

Desecadora con cama desecante de sílica gel.

Mufla: Nabertherm. Modelo L9/S, con un valor máximo de 1100°C, voltaje 230V, 50-60Hz, 13ª y 3kW, de fabricación Alemana.

Tamizadora marca VEBMLM LABORTECHNIK ILMENAU, voltaje 220V y 60Hz.

Determinación del contenido de humedad, compuestos volátiles, carbono fijo y cenizas

La determinación de las propiedades físicas a las biomásas seleccionadas se realizan según normas internacionales ASTM 3172-89.

Contenido de humedad: La humedad base seca se determina por la expresión:

$$\% \text{Humedad} = \frac{m_h - m_s}{m_s} * 100 \dots\dots\dots(1)$$

donde

m_h, m_s : masa de sólido húmedo y seco respectivamente, g.

Contenido de materia volátil: El porcentaje de materia volátil se determina mediante la expresión:

$$\% \text{Volátiles} = \frac{m_s - m_{nv}}{m_s} * 100 \dots\dots\dots(2)$$

donde

m_{nv} : masa de no volátiles, que es lo que queda en el crisol al realizar la prueba de volátiles, g.

Contenido de carbono fijo y de cenizas: El contenido de carbono fijo se estima normalmente como una "diferencia", o sea, todos los otros componentes se restan de cien (como porcentajes) y se supone que lo que queda es el porcentaje de carbono "puro" o "fijo".

$$\%Cenizas = \frac{m_{cen}}{m_s} * 100 \dots\dots\dots(3)$$

$$\%Carbonofijo = \frac{m_{nv} - m_{cen}}{m_s} * 100 \dots\dots\dots(4)$$

donde

m_{cen} : masa de cenizas, g

Determinación granulométrica

Preparación y selección de la muestra para tamizado

La preparación de la muestra para tamizado se realiza por el método de cuarteo /4/. La figura 1 representa la aplicación del método.



Fig.1 Representación del método de cuarteo

Análisis granulométrico /7/

Para la realización del análisis granulométrico a las biomásas se utilizan un conjunto de tamices que son sometidos a un proceso de vibración mecánica durante un tiempo, obteniéndose diferentes fracciones en peso del material que queda retenido en los diferentes tamices. Para hacer la representación del análisis se usan dos métodos diferentes:

1. Diferencial
2. Acumulativo

Método acumulativo: Este método relaciona la suma de las fracciones que pasan por cada tamiz con la dimensión de la abertura del mismo. Esta relación se representa en forma de gráfico (x_i) (fracción cernida) y (Y_i) (fracción retenida) vs D_{pi} (diámetro promedio de dos tamices consecutivos), esta curva

acumulativa se obtiene independientemente del juego de tamices usado. Una vez que se grafique, el diámetro promedio de la muestra se obtiene en el intercepto de la fracción retenida (Y_i) y la fracción cernida (X_i). Las fracciones cernida y retenida se determinan por las expresiones:

$$X_i = 1 - \sum \Delta X_{\text{clases superiores}} \dots\dots\dots (5)$$

$$Y_i = \sum \Delta X_{\text{clases superiores}} \dots\dots\dots (6)$$

donde

ΔX_i : fracción en peso retenida en cada clase

X_i : fracción acumulativa cernida

Y_i : fracción acumulativa retenida

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se deben tener en cuenta los parámetros de sesgo y curtosis estandarizada, los cuales indican si la muestra presenta una distribución normal o no. Se emplea el programa STATGRAPHICS Centurion XV, en el que se comparan además varias muestras de biomasa en cuanto a humedad, carbono fijo, volátil y ceniza.

Resultados y discusión

Se caracterizan 13 muestras diferentes de cada biomasa para un total de 39 experimentos por biomasa.

Determinación de humedad

El porcentaje de humedad se determina para cada uno de los experimentos con cada biomasa. Los valores promedio de humedad de las tres biomásas están entre 7,83 21 % y 9,732 8 % con una variación de 1,900 7, siendo el menor porcentaje para la majagua y el mayor para el cedro. Independientemente del tipo de aserrín, los valores promedios de humedad de las tres biomásas estudiadas son similares (8,5442% algarrobo, 7,832 1 % majagua y 9,732 8 % cedro), ver figura 2. Estos valores de humedad resultan inferiores a los reportados (25 – 40 %) para el aserrín en general /5/.

Determinación de volátiles

Los valores promedio de por ciento de volátiles son altos para las tres biomásas (82,430 1 % algarrobo, 80,4202% majagua y 81,827 1 % cedro) siendo el

menor para la majagua y el mayor para el algarrobo, ver figura 3. Estos resultados son favorables en los procesos de combustión de la biomasa ya que permiten iniciar procesos de combustión a menores temperaturas.

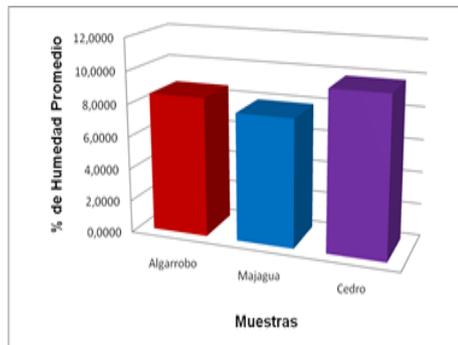


Fig. 2 Porcentaje de Humedad promedio para las tres biomásas

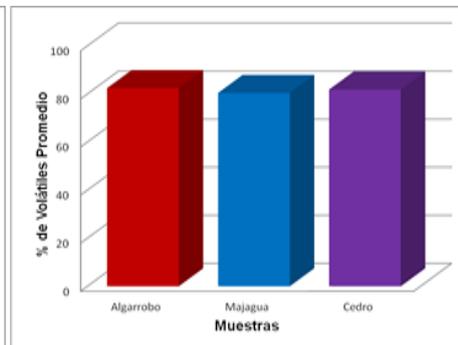


Fig. 3 Porcentaje de Volátiles promedio para las tres biomásas

Determinación de cenizas

Independientemente de las diferentes biomásas estudiadas, los valores promedio del porcentaje de cenizas son similares (0,865 8 % algarrobo, 0,954 8 % majagua y 0,964 9 % cedro). Las tres biomásas presentan bajo contenido de cenizas (figura 4), similar a lo reportado /5/.

Determinación de carbono fijo

Los valores promedio del porcentaje de carbono fijo para las tres biomásas varían desde 16,704 1 % hasta 18,625 0 % con una variación de 1,920 9; siendo el menor para el algarrobo y el mayor para la majagua. Los promedios para cada biomasa son (16,704 1 % algarrobo, 18,625 0 % majagua y 17,208 0 % cedro), ver figura 5. Los valores obtenidos para las tres biomásas son favorables teniendo en cuenta que el contenido de carbono fijo es el que le da el mayor aporte energético al combustible posterior a la reacción de combustión.

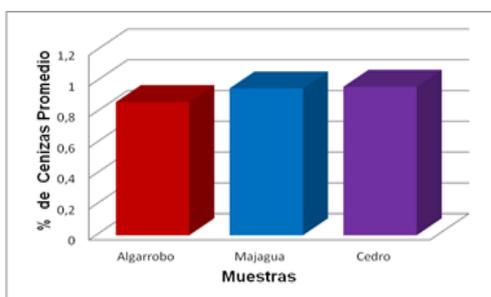


Fig. 4 Porcentaje de Cenizas promedio para las tres biomásas

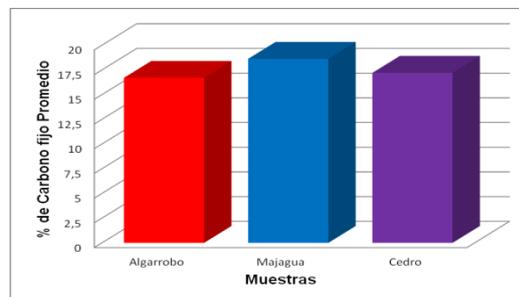


Fig. 5 Porcentaje de Carbono fijo promedio para las tres biomásas

Análisis granulométrico

Se realizaron dos análisis para cada tipo de aserrín. En la tabla 4 se muestran los valores de la cantidad de material a tamizar para cada biomasa.

Tabla 4
Masa a tamizar para cada biomasa

Biomásas	Muestras	
	Masa a tamizar $m_{A,C}(g)$	Masa a tamizar $m_{B,D}(g)$
Algarrobo	43,0	43,0
Majagua	41,0	41,0
Cedro	53,0	52,0

Cada una de estas muestras fue tamizada usando un juego de tamices de la serie Tyler divididos por 13 clases de tamaño (aberturas en mm desde 9,5 hasta 0,149). Los juegos de tamices fueron colocados en la tamizadora por un tiempo aproximado de 20 min.

Como resultado del análisis de tamizado se obtiene que para ambas muestras de algarrobo, más del 50 % del material tiene tamaño menor de 2,5 mm (muestra I 66,02 % y muestra II 67,97 %), aspecto conveniente para lograr mayor conversión de esta biomasa si es sometida a procesos de termoconversión. Para las muestras de majagua y cedro el comportamiento no es similar; para el caso de la majagua, la mayor cantidad de partículas tienen tamaño entre 8 mm y 2,5 mm (muestra I 83,13 % y muestra II 83,42 %) mientras que para tamaño menor de 2,5 mm el porcentaje de material es: muestra I 12,47 % y muestra II 13,23 %. Para el cedro la mayor cantidad de partículas tienen tamaños entre 12,5 mm y 2,5 mm, representando para la muestra I el 87,08 % y para la muestra II el 84,86 % mientras que el tamaño menor de 2,5 mm, para la muestra I representa un 7,73 % y para la muestra II un 7,34 %.

En las figuras 6, 7 y 8 se exponen los gráficos de la distribución acumulativa para determinar el diámetro promedio de la muestra I para cada biomasa.

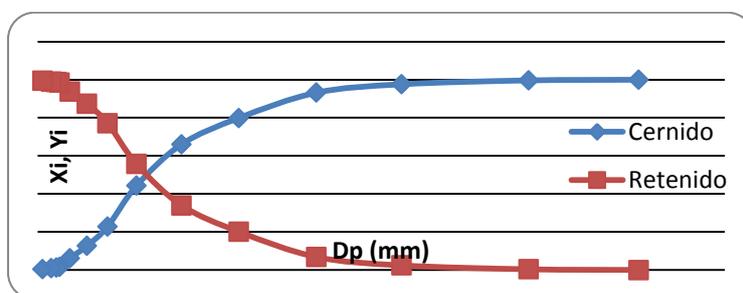


Fig. 6 Método acumulativo para la muestra I de aserrín de algarrobo.

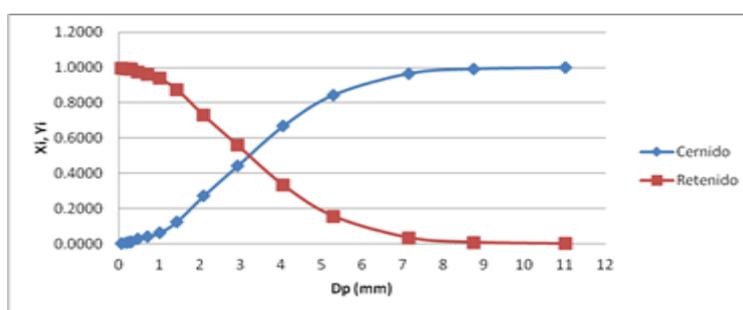


Fig. 7 Método acumulativo para la muestra I de aserrín de majagua.

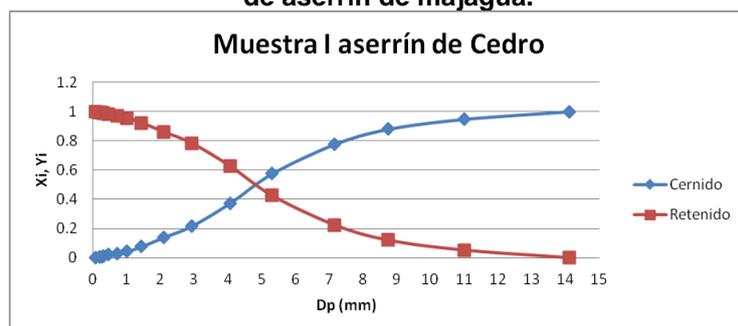


Fig. 8 Método acumulativo para la muestra I de aserrín de cedro.

En la tabla 5 se muestra un resumen de la determinación del diámetro promedio por el método acumulativo para cada biomasa. Se aprecia que los valores de diámetro promedio son iguales en las dos muestras para cada biomasa.

Tabla 5
Resumen de los resultados del análisis granulométrico para las diferentes biomásas

Biomasa		Diámetro promedio (mm)
		Método acumulativo
Algarrobo	Muestra I	1,59
	Muestra II	1,59
Majagua	Muestra I	3,2
	Muestra II	3,2
Cedro	Muestra I	4,8
	Muestra II	4,8

Resultados del análisis estadístico

En todos los análisis realizados a todas las muestras los valores de sesgo y curtosis estandarizados se encuentran dentro del rango de -2 a +2 lo cual indica que no existen desviaciones significativas de la normalidad.

Conclusiones

De la caracterización física se obtuvieron valores promedios similares de porcentaje de humedad, volátiles, carbono fijo y cenizas, independientemente del tipo de aserrín. Los contenidos de volátiles, carbono fijo y cenizas se corresponden con los reportados en otros estudios, no así el porcentaje de humedad que está por debajo de 10 % para las 3 biomásas estudiadas y en otros estudios se reporta entre 25-40 para el aserrín en general.

El análisis granulométrico a las diferentes biomásas mostró que para el algarrobo, las mayores acumulaciones fueron obtenidas para partículas menores de 2,5 mm (muestra I 66,02 % y muestra II 67,97 %). Para las muestras de majagua y cedro el contenido de partículas menores de 2,5 mm no sobrepasa el 15 % (alrededor del 13 % para la majagua y menos de 8 % para el cedro).

Nomenclatura

m_h, m_s : masa de sólido húmedo y seco respectivamente, g.

m_{nv} : masa de no volátiles, que es lo que queda en el crisol al realizar la prueba de volátiles, g

m_{cen} : masa de cenizas, g

ΔX_i : fracción en peso retenida en cada tamiz.

X_i : fracción acumulativa cernida.

Y_i : fracción acumulativa retenida.

Bibliografía

1. CEA, H., "Caracterización de astillas y aserrín para una planta de tableros de partículas en Valdivia". Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero en Maderas. Valdivia, Chile 2003. [fecha de consulta: 16 marzo 2015]. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fifc387c/doc/fifc387c.pdf>
2. DÍAZ M., SUÁREZ J. "Caracterización de líquidos obtenidos por pirólisis de aserrín de pino en cama fluidizada". Tecnología Química, 2005. vol 25, N° 2.
3. ESCALONA R., BEATÓN P. "Pirólisis autotérmica en lecho fluidizado de aserrín de algarrobo". Tecnología Química, 2010. Vol 30, N° 2, p. 95-101.
4. GARCÍA M., "Granulometría por tamizado de un material en polvo". Práctica de laboratorio 1. Departamento de Física Aplicada. Universidad de Almería. [fecha de consulta: 16 marzo 2015]. Disponible en <http://www.ual.es/~mjgarcia/practica1>.
5. LEVELTON B., "Combustion technology for the disposal and utilization of wood residue". Report EPS. 1975, EPS.
6. REYES J., "Reacción asistida por microondas para la obtención de hidrocarburos a partir de aserrín de madera". Carrera de Química, Quito. 2013.
7. ROSABAL J. VALLE M., "Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas", Editorial ENSPES, 1989. Cuba