

Estudio de aglomeración con carbón activado nacional para su aplicación en procesos de hemofiltración



Study of agglomeration with national activated carbon for its application in hemofiltration processes

<https://cu-id.com/2144/v17e08>

¹Lidia Rosa Calzada González*, Aramis Fernández Rodríguez, ²Rubén Aja Muñiz

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema de aglomeración que le aporte al carbón activado una elevada resistencia mecánica para su aplicación en procesos de hemofiltración, una alta selectividad específica y pureza química; destinado a la eliminación de compuestos tóxicos de la sangre por intoxicaciones agudas. Esta obtención consta de diferentes etapas como son la pirolisis, síntesis de carbón activado, purificación química, desarrollo de capas bio-compatibles, diseño del paquete receptor y aglomeración. Se realizó un proceso de aglomeración, utilizando como aglutinantes fuel oil, almidón, y melaza, a partir de carbón primario de casuarina y cáscara de coco nacionales, los cuales se encontraban disponibles en nuestro centro (CIPIMM). Estas pruebas se realizaron mediante el estudio de procesos de peletización, briquetización y extrusión. Se realiza un proceso de activación, considerando como criterio general, que los aglutinantes utilizados tuvieran una resistencia por encima del 91% Norma ASTM D 3802. En el proceso de briquetización se obtuvieron como resultado resistencias entre el 91.96 - 92.33 % para la casuarina y coco respectivamente. Los tres aglutinantes briqueteados califican para ser sometidos al proceso de activación. El sistema de aglomeración por peletización a partir de los carbones activados de casuarina y coco pueden considerarse como satisfactorios. Se obtiene una formación de pellets muy resistentes a la caída en verde, para una resistencia mecánica con valores entre 93 - 97 % y valores puntuales de 98 y 99 % para el fuel oil y de 96- 97 para la melaza, lo que hace que esta tecnología pueda ser aplicada en procesos de hemofiltración.

Palabras clave: Carbón primario, peletización, briquetización, hemofiltración.

ABSTRACT: The objective of this work is to develop on agglomeration system that provides activated coal with high mechanical resistance for its application in hemofiltration processes, high specific selectivity and chemical purity, intended for the elimination of toxic compounds from the blood due to acute poisoning. This production consists of different stages such as pyrolysis, activated coal synthesis, chemical purification, development of bio-compatible layers, design of the recipient package and agglomeration, a fuel oil, starch, and molasses as binders, from primary caesarian coal and national coconut shell, which were available in on center (CIPIMM), these tests were carried out by studying pelletization, briquetting and extrusion processes. An activation process is carried out, considering as a general criterion that the binders used had a resistance above 91% ASTM D 3802 Standard. In the briquetting process, resistances between 91.96-92.33% were obtained for caesarian and coconut respectively. All three briquetted binders qualify to undergo the activation process. The agglomeration system by pelleting from caesarian and coconut activated carbons can be considered satisfactory. A formulation of pellets that are very resistant to green fall is obtained, for a mechanical resistance with valves between 93-97% for fuel oil and 96-97 % for molasses, which makes this technology can be applied in hemofiltration processes.

Key words: primary coal, pelletization, briquetting, hemofiltration.

INTRODUCCIÓN

El estudio va encaminado a la obtención de un carbón activado de una alta selectividad específica y pureza química destinado a la eliminación de compuestos tóxicos de la sangre por intoxicaciones agudas.

Esta obtención consta de diferentes etapas como son síntesis de carbón activado, purificación química, desarrollo de capas bio-compatibles, diseño

del paquete receptor y aglomeración. Esta última etapa constituye el objetivo de la investigación, donde se estudiarán diferentes sistemas de aglomeración relacionados con la peletización, briquetización (en forma de pastillas) y extrusión, cuestión esta de una alta relevancia ya que estos carbones precisan de una alta resistencia mecánica al paso de la sangre por el filtro.

Recibido: 17/06/2025

Aprobado en su forma original: 10/12/2025

¹Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) Carretera Varona No. 12028, km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. E mail: aja@cipimm.minem.cu

*Autor para correspondencia: lcalzada@cipimm.minem.cu

Conflicto de Intereses: Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores: **Investigación:** Lidia Rosa Calzada González, Aramis Fernández Rodríguez, Rubén Aja Muñiz. **Metodología:** Aramis Fernández Rodríguez, **Análisis formal:** Rubén Aja Muñiz. **Redacción - primera redacción:** Lidia Rosa Calzada González. **Redacción - revisión y edición:** Lidia Rosa Calzada González.

Artículo bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La peletización tiene gran aplicación en el caso de materiales en forma de partículas muy finas. Es frecuente exigir que la granulometría de la materia prima sea inferior a 0.200 mm y que el 70 % sea inferior a 0.075mm ya que con partículas de mayores tamaños se obtienen pellets defectuosos (Bello Álvarez, 2007).

En cuanto a los aglomerantes son sustancias orgánicas e inorgánicas formadas por areniscas y arcillas que al ser mezcladas con sólidos en forma de polvo o granular forma aglomerados en forma de briquetas pellets y tabletas. Se deben de establecer las especificaciones del aglomerado ya que la resistencia, los costos de aglomeración y la necesidad de ser resistentes al agua dependen de la selección de los aglomerantes utilizados en la producción de pellets, aunque pueden no ser efectivos para briquetas o viceversa, (García Escalona et al., 2019).

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema de aglomeración que le aporte al carbón activado una elevada resistencia mecánica para su aplicación en procesos de hemofiltración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un proceso de aglomeración, utilizando como aglutinantes fuel oil, almidón, y melaza, a partir de carbón primario de casuarina y cáscara de coco. Estas pruebas se realizaron mediante el estudio de procesos de peletización, briquetización y extrusión, los aglutinantes utilizados deben tener una resistencia por encima del 91% Norma ASTM D 3802, (2016).

Equipamiento utilizado

Las pruebas correspondientes se realizan con el empleo de los siguientes equipos diseñados y otros adquiridos por el CIPIMM:

- Peletizador de disco.
- Briqueteadora.
- Extrusora.
- Mufla marca BT-170 con control automático de temperatura con un rango de calentamiento de 0-1200°C.

Características del carbón primario de casuarina y coco utilizados

En la siguiente tabla se muestra una caracterización química del carbón primario de casuarina y coco.

Tabla 1. Análisis químico del carbón primario de casuarina y coco

Materia prima	Carbono fijo (%)	Material volátil (%)	Cenizas (%)	Melaza (%)	PH
Casuarina	85.12	12.37	2.51	32.0	7.50
Coco	76.10	21.62	2.28	N.D	9.00

N.D: No detecta.

Metodología empleada para el proceso de peletización, briquetización, extrusión, tableado y activación de las muestras

Peletización: Se emplea la metodología de aglomeración de carbón por el método de peletización para lo cual el carbón previamente homogenizado y cuarteado se muele a una granulometría de 80 % bajo 0,074 mm. Este proceso se desarrolla en un peletizador de disco utilizando para ello diferentes aglutinantes (fuel oil, almidón, melaza). A continuación, se presentan los parámetros utilizados (tabla 2).

Tabla 2. Parámetros utilizados en las pruebas de peletización

TIPO DE CARBÓN	AGLUTINANTE	96	ANGULO DE INCLINACION GRADOS
Casuarina	Fuel oil	20	45
Casuarina	Fuel oil	30	45
Casuarina	Fuel oil	40	45
Casuarina	Almidón	15	45
Casuarina	Almidón	20	45
Casuarina	Almidón	15	50
Casuarina	Almidón	20	50
Casuarina	Melaza	15	45
Casuarina	Melaza	20	45
Casuarina	Melaza	15	50
Casuarina	Melaza	20	50
Coco	Fuel oil	20	45
Coco	Fuel oil	30	45
Coco	Fuel oil	40	45
Coco	Almidón	15	45
Coco	Almidón	20	45
Coco	Almidón	15	50
Coco	Almidón	20	50
Coco	Melaza	15	45
Coco	Melaza	20	45
Coco	Melaza	15	50
Coco	Melaza	20	50

Estas muestras se secan a 300 °C durante 2h para después ser sometidas a pruebas de caídas desde 2 m, según las normas internacionalmente vigente, que plantean lo siguiente:

No resistentes: < 3 caídas, poco resistente: 3-6 caídas, resistentes: 6-10 caídas y Muy resistentes: >10 caídas.

A partir de este criterio se seleccionaron los mejores pellets para su evaluación en cuanto a su resistencia mecánica según Norma ASTM D 3802 (2016).

Briquetización: Para este proceso se diseñó y construyó un molde de acero inoxidable y para la conformación de las briquetas se utilizó una prensa.

En el proceso de briquetización se utilizan como aglutinantes el almidón grado reactivo en una proporción de 1.5 mililitros de almidón al 10 para la conformación de una mezcla homogénea para briquetear y obtener pastillas de carbón en el orden de tres réplicas, briqueteadas a una presión de 450 Kgf/cm². De igual forma, se preparó una solución de melaza y fuel oíl al 20 % respectivamente. El presente procedimiento se aplicó de igual forma para el fuel oíl.

Extrusión: Se toma la muestra de carbón activado de coco y casuarina con granulometría de -3+1 mm para realizar el proceso de molienda y clasificación granulométrica hasta obtener el tamaño adecuado de trabajo de 80% bajo 200 mallas.

Tableteado: Con el objetivo de diseñar una formulación para la obtención de tabletas de carbón de coco y casuarina, se comenzaron los estudios de pre-formulación de un granulado para lograr tabletas con la dureza superior a 3.0 kgf a partir de una troqueladora Killian Monopunzón de 5/16 CN. El proceso se aplicó en ambas materias primas y fue desarrollado por la Empresa Medsol.

Activación: Las pruebas se realizaron con empleo del equipamiento que se muestra en la **Figura 1**



Figura 1. Equipamiento utilizado para la activación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la obtención de carbón activado de casuarina y coco

En la **tabla 3** se representan los análisis del carbón activado obtenido de casuarina y coco.

Peletización

Para la aglomeración por peletización utilizando fuel oíl y melaza como aglutinantes se obtuvieron los mejores resultados de caídas en verde para las granulometrías de +5 mm y -5+3.2 mm respectivamente (**Tablas 4, 5**).

Tabla 3. Análisis del carbón activado obtenido de casuarina y coco

No	Materia prima	Peso inicial g	Presión parcial %	Temperatura de activación °C	Tiempo de retención Minutos	Índice de yodo (mg/g)	Decoloración de melaza %
1	Casuarina	200	100	850	120	932.26	100.00
2	Coco	200	100	900	120	903.30	24.05
3	Casuarina	200	100	850	120	1329.97	97.46
4	Coco	200	100	900	120	13877.81	44.30

Relación de vapor para todas las pruebas 1.5 g de vapor / g de carbón hora

Tabla 4. Resultados obtenidos utilizando fue oíl como aglutinante

Materia prima	Fuel %	+5mm %	-5+3.2mm %	-3mm +1mm %	-1mm %	H ₂ O ml	Caída verde + 5mm	Caída verde -5mm +3mm	Caída verde -3mm +1mm
casuarina	40	46.75	34.20	15.05	4.0	48	17	7	6
casuarina	40	35.43	20.40	37.28	6.89	50	15	4	2
coco	40	40.20	20.35	38.12	1.33	48	20	9	8
coco	40	45.26	18.43	35.10	1.21	50	18	6	3

Tabla 5. Resultados obtenidos utilizando melaza como aglutinante

Materia prima	Melaza %	+10mm %	-10+5mm %	-5mm +2mm %	-2mm %	H ₂ O MI	Caída verde + 10mm	Caída verde -10mm +5mm	Caída verde -5mm +2mm
casuarina	15	----	20.14	67.0	12.86	100	----	17	18
casuarina	15	----	40.34	50.30	9.36	100	----	13	16
coco	15	----	15.30	68.40	16.30	100	----	21	19
coco	15	----	40.36	52.37	7.27	100	----	16	14

A continuación, se muestran los resultados de la activación.

Tabla 6. Resultados obtenidos de la peletización con carbón activado

PROCESO DE PELETIZACIÓN RESISTENCIA %					
CASUARINA			COCO		
FUEL OIL	MELAZA	ALMIDÓN	FUEL OIL	MELAZA	ALMIDÓN
97.56	96	-----	98	93	-----

Los resultados obtenidos expresan que para los valores de resistencia que se muestran no son los indicados para el proceso de hemofiltración, los cuales deberán ser superiores al 99% (DATASHEET).

Briquetización

A continuación (tabla 7), se muestran los resultados de la aglomeración por briquetización.

Tabla 7. Resultados obtenidos de la briquetización con carbón activado

PROCESO DE BRIQUETIZACIÓN RESISTENCIA %					
CASUARINA			COCO		
FUEL OIL	MELAZA	ALMIDÓN	FUEL OIL	MELAZA	ALMIDÓN
92.33	90.33	88.66	93.66	91.33	88.33

Los resultados obtenidos expresan que para los valores de resistencia que se muestran, no son los indicados para el proceso de hemofiltración, los cuales deberán ser iguales o superiores al 99% (DATA).

Tableteado

Se cuenta con el aval de haber realizado el tableteado de estos materiales a escala ampliada en equipos industriales (troqueladora Killian Monopunzón de 5/16 CN).

Posteriormente, ambos carbones activados se purificaron y lavaron en las mismas condiciones. El objetivo de este proceso de purificación es el de cumplir con las normas establecidas por la farmacopea para usos farmacéuticos.

Las muestras se envasaron y entregaron a MEDSOL para su aglomeración a través de una troqueladora Killian Monopunzón de 5/16 CN en forma de tabletas aplicando la metodología ya descrita cuyos resultados se presentan a continuación en las siguientes figuras 2 y 3.

La resistencia de las tabletas obtenidas estuvo entre 3 - 4 Kg/cm² con promedios entre 97 y 99 %, lo que sin lugar a dudas constituye un excelente resultado a considerar a esta tecnología como un fuerte candidato de obtener carbones activos de elevada resistencia mecánica y pureza química.



Figura 2. Carbón activado de casuarina purificada en tabletas



Figura 3. Carbón activado de coco purificado en tabletas

CONCLUSIONES

1. El sistema de aglomeración estudiado por peletización utilizando aglutinantes como el fuel oil, melaza y almidón se obtienen pellets para el fuel oil y melaza muy resistentes a la caída en verde para las granulometrías +5 y -5+2 mm que se corresponden con valores elevados de resistencia mecánica, no así para el almidón que no alcanzó valores superiores a las 10 caídas.
2. El sistema de aglomeración por peletización a partir de los carbones activados obtenidos a partir de casuarina y coco pueden considerarse como satisfactorios. Se obtiene una formación de pellets muy resistentes a la caída en verde, para una resistencia mecánica con valores entre 93 - 97 % y valores puntuales de 98 y 99 % para el fuel oil y de 96- 97 para la melaza, lo que hace que esta tecnología pueda ser aplicada en procesos de hemofiltración.
3. Las briquetas conformadas desarrolladas a partir del carbón activado obtenido a partir de la casuarina y coco fueron satisfactorias,

pero no lo suficientemente altos en cuanto a valores de resistencia se refiere, para ser considerados en proceso de hemofiltración. No obstante, pueden ser empleados en procesos de adsorción de gases nocivos contaminantes del medio ambiente.

4. Los valores obtenidos en cuanto a su resistencia de los Extrusados no calificaron para ser considerados para procesos de hemofiltración, ni ningún otro proceso, por sus bajos valores obtenidos con los tres aglutinantes aplicados
5. Los aglomerados con gelatina y tableteados a partir de los carbones activados de casuarina y coco después de ser sometidos al proceso de activación sus resultados fueron exitosos con valores de resistencia muy elevados.

RECOMENDACIONES

1. Considerar un nuevo diseño para el sistema de extrusión a nivel de banco para poder trabajar con un mejor nivel de compactación, vacío y de altas presiones, lo que sin lugar a dudas aportará mejores resultados para un futuro inmediato en la ejecución de nuevos proyectos.
2. Considerar un estudio de factibilidad económica para una presentación del proyecto como de innovación tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Bello Alvarez, Cancio. 2007. Evaluacion de mezclas y aglutinantes en la elaboracion de briquetas de biomasa. Mexico: Octavo Congreso Iberoamericano de Ingenieria Mecanica.
- Dumenigo Rodriguez, Mailene. 1995. Efectos de la Aglomeracion con altos contenidos de arcillas en la lixiviacion en pila de metales preciosos. Informe de Investigacion, La Habana: Centro de Investigaciojes para la Industria Minero Metalurgica.
- HUAMEI activated carbon. 2016. ASTM D3802. Método de ensayo normalizado para Ball - Pan Dureza de Carbón activado. Available: <HYPERLINK " <https://www.huameicatbon.com>, 'Consulted: January 3, 2024'>.
- Ferrera Rodriguez, Serafin. 1992. Fabricacion de nodulos con aditivos aglomerantes de super concentrado magnetico de mineral de hierro. Tesis doctoral, Madrid.
- Flores Marroquin, Edel Estuardo. 2010. Evaluacion del efecto de la temperatura y tiempo de calentamiento en la capacidad aglutinante de dos tipos de almidones para la formulacion de comprimidos orales Editorial Guatemala:USAC.Tesis de Quimica Farmaceutica. Available: < <https://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06-2992.pdf> >, 'Consulted: February 15, 2025'>.
- Garcia Escalona Leixi,V., Benitez Díaz, Pedro R., Will Valero, Styles & Gutierrez Gotera, Ilvannia. 2019. Elaboracion de Briquetas a partir de residuos de aserrin aglutinados con almidon de maiz y su posible aplicacion como aislante termico. Ingenieria 29(1): 21-39, ISSN: 2215-2652. Available: < <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44170542006> >, 'Consulted: January 7, 2025'>.
- Garcia Fernández Idalberto Andres.1998. Informacion sobre la aglomeracion de carbones primarios y activados para la adsorcion de gases. Informe de Investigacion, La Habana: Centro de Investigaciojes para la Industria Minero Metalurgica.
- Palacios Murcia, Diego A. & Gonzalez Vera, A. F. 2020. Desarrollo de briquetas de borra de cafe y un aglomerantes a diferentes composiciones porcentuales para ser utilizadas como combustible solido alternativo. Tesis de Grado. Colombia : Fundacion Universidad de América. Available: < <http://repositorioslatinoamericanos.ucchile.cl/handle/2250/3609616> >, 'Consulted: February 20, 2025'>.