

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Evaluación de propiedades físicas y energéticas de briquetas
elaboradas con residuos orgánicos como alternativa de
valorización energética, Lima Este**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Angela Winny Huaranga Bautista

Asesor:

Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, julio de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Yo (Joel Hugo Fernandez Rojas), docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y ENERGÉTICAS DE BRIQUETAS ELABORADAS CON RESIDUOS ORGÁNICOS COMO ALTERNATIVA DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA, LIMA ESTE”** del (los) autor (autores) (Angela Winny Huaranga Bautista) tiene un índice de similitud de 14 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 11 días del mes de julio del año 2023.



Joel Hugo Fernandez Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **11 días** día(s) del mes de **julio** del año 2023 siendo **las 08:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodríguez**, y los demás miembros: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio** e **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y el asesor **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: ""Evaluación de propiedades físicas y energéticas de briquetas elaboradas con residuos orgánicos como alternativa de valorización energética, Lima Este" de el(los)/la(las) bachiller/es:

a)**ANGELA WINNY HUARANGA BAUTISTA**

.....b)

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **ANGELA WINNY HUARANGA BAUTISTA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente


Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga



Secretario
Mg. Iliana Del Carmen
Gutierrez Rodríguez

Asesor
Mg. Joel Hugo
Fernández Rojas

Miembro
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio

Miembro
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Candidato/a (a)
Angela Winny
Huaranga Bautista

Candidato/a (b)

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios porque me ha permitido llegar a este punto importante, me ha dado conocimiento, sabiduría y valentía para avanzar, pese a ciertas dificultades que se presentan en el camino. Tengo la certeza que siempre me ha acompañado y me acompañará en todo lo que haga.

Agradezco a mis padres (Jorge Huaranga y Eloisa Bautista) y a mis hermanos (Kevin y Eva) por su apoyo incondicional en todo el proceso de mi vida profesional.

Agradezco al mg. Hugo Fernandez por el compromiso mostrado y por la orientación que me brindó para lograr la tan ansiada titulación.

DEDICATORIA:

Este trabajo lo dedico a mis padres quienes me enseñaron con sus acciones que cuando uno anhela obtener algo que es verdaderamente importante; esto implica sacrificios, esfuerzo y tenacidad. El camino fue sinuoso, pero lo logramos juntos. Y como dice Eclesiastés 3:1 "Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora".

ÍNDICE

1. Introducción	8
2. Materiales y métodos.....	9
3. Resultados	13
4. Discusión.....	23
5. Conclusión	24
6. Referencias	25
7. ANEXOS	28
7.1. Evidencia de sumisión del artículo	28
7.2. Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis	30

Evaluación de propiedades físicas y energéticas de briquetas elaboradas con residuos orgánicos como alternativa de valorización energética, Lima Este

Evaluation of physical and energetic properties of briquettes made with organic waste as an energy recovery alternative, Lima East

Angela Winny Huaranga Bautista^{a,*}, Hugo Fernández^a

^a Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

* Autor de correspondencia. angelahb2022@gmail.com

Resumen

En la generación de residuos sólidos, los residuos orgánicos representan más del 50%. La presente investigación evaluó las propiedades físicas y energéticas de briquetas elaboradas con poda de césped y cáscara de naranja en diferentes proporciones T1(100:0), T2(25:75), T3(50:50), T4(75:25) y T5(0:100) como alternativa de valorización energética. El poder calorífico se determinó empleando una fórmula basada en el análisis proximal de las muestras de briquetas, mientras que la eficiencia energética de las briquetas en comparación con la leña se obtuvo hallando el tiempo total que emplea en encenderse y hacer hervir 1 L de agua. El poder calorífico resultante de los tratamientos osciló entre 4080.653 Kcal/Kg - 4352.330 Kcal/Kg siendo los tratamientos T3, T2, T4 y T1 semejantes estadísticamente, no obstante, el tratamiento que obtuvo mayor poder calorífico fue el T3 (4352.330 Kcal/Kg). Asimismo, la densidad aparente de las briquetas osciló entre 0.42 g/cm³ - 0.74 g/cm³. Los resultados hallados indicaron que la combinación de estos restos orgánicos al fabricar briquetas es óptima, por lo cual la elaboración de briquetas se muestra como una alternativa para valorizar residuos orgánicos que pueden ser usados como combustibles sólidos, reduciendo a su vez la contaminación ambiental que genera su inadecuada disposición. La comparación de la eficiencia energética entre las briquetas y la leña determinó que la briqueta del T3 presentó un menor tiempo total (14 minutos, 27 segundos) para encender y hacer hervir 1 litro de agua, seguida por el tiempo total empleado por la leña (15 minutos, 09 segundos).

Palabras claves: biomasa, poda de césped, cáscara de naranja, poder calorífico, contaminación por residuos orgánicos, eficiencia energética.

Abstract

In the generation of solid waste, organic waste represents more than 50%. The present investigation evaluated the physical and energetic properties of briquettes made with grass pruning and orange peel in different proportions T1(100:0), T2(25:75), T3(50:50), T4(75:25) and T5(0:100) as an energy recovery alternative. The calorific value was determined using a formula based on the proximal analysis of the briquette samples, while the energy efficiency of the briquettes in comparison with firewood was obtained by finding the total time it takes to ignite and boil 1 L of water. The calorific power resulting from the treatments ranged from 4080.653 Kcal/Kg - 4352.330 Kcal/Kg, with the treatments T3, T2, T4 and T1 being statistically similar, however, the treatment that obtained the highest calorific value was T3 (4352.330 Kcal/Kg). Likewise, the apparent density of the briquettes ranged between 0.42 g/cm³ - 0.74 g/cm³. The results found indicated that the combination of these organic remains when making briquettes is optimal, for which the elaboration of briquettes is shown as an alternative to valorize

organic waste that can be used as solid fuels, reducing in turn the environmental pollution that it generates. its improper arrangement. The comparison of the energy efficiency between the briquettes and the firewood determined that the briquette of T3 presented a shorter total time (14 minutes, 27 seconds) to ignite and boil 1 liter of water, followed by the total time used by the firewood (15 minutes, 09 seconds).

Keywords: biomass, lawn pruning, orange peel, calorific value, contamination by organic waste, energy efficiency.

1. Introducción

Los residuos municipales están compuestos por residuos que se generan en los domicilios, limpieza, barrido público y otros residuos asimilables a los residuos domésticos que se originan en comercios y actividades dentro de la jurisdicción municipal (MINAM, 2017a). A nivel mundial, estos residuos sólidos municipales (RSM) se han incrementado de manera exorbitante, el año 2018 se reportó la generación de 2010 millones de toneladas (Tn) y se estima que esta cifra ascienda a 3400 millones de Tn para el año 2050 (Kaza et al., 2018).

La inadecuada gestión de residuos sólidos ocasiona impactos negativos hacia el ambiente y la salud de la población (Li et al., 2020). Por ejemplo; el agua subterránea es contaminada al filtrarse el líquido producido por la descomposición de residuos en especial orgánicos, asimismo, la quema de residuos contamina el aire y permite la proliferación de enfermedades propagadas por roedores e insectos (Chadar & Keerti, 2017).

La gestión de los RSM presenta grandes retos que no tienen una única solución, cada país debe hacer un análisis de los diferentes factores que intervienen en la gestión de residuos y tomar las decisiones que mejor se ajusten a su realidad (World Bank, 2021). El Ministerio del Ambiente (MINAM) reportó que Perú el 2021 generó 8 214 355. 90 Tn de RSM, siendo un mayor porcentaje representado por los residuos orgánicos (56.9%), seguido de los residuos inorgánicos (20.9%) y otros residuos (22.2%) (MINAM, 2022). Los residuos orgánicos (RO) son aquella fracción de residuos capaces de biodegradarse o que se pueden descomponer rápidamente (MINAM, 2017b). Sin embargo, cuando los RO se descomponen en medios anaerobios generan olores desagradables y a su vez liberan gases de efecto invernadero que perjudican el ambiente y el bienestar humano (El-Fadel & Massoud, 2000, citado por Kharola et al., 2022). Basado en ese problema, debe buscarse alternativas eficientes y amigables que valoricen de alguna manera estos residuos orgánicos.

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L. 1278) tiene como principal finalidad la generación mínima de residuos y si estos se generan, se opten por su

recuperación y valorización, evitando así la disposición final de aquellos que tienen potencial de aprovechamiento (MINAM, 2017a). Valorizar los residuos permite reducir contaminantes en el agua, aire y suelo y a su vez prolonga el periodo de vida de los rellenos sanitarios por la disminución de residuos dispuestos en estas infraestructuras (Kharola et al., 2022). Una manera de valorizar los RO es elaborando briquetas (volumen de biomasa compactada en bloques), para su posterior uso como fuente de energía (combustible, leña, carbón) (Li & Liu, 2000, citados por Smith et al., 2019). Estas briquetas son preferidas por su bajo costo, fácil manejabilidad y porque mantienen una temperatura constante durante mayor tiempo (Borowski et al., 2017, citado por Jelonek et al., 2020). En 2020 se elaboraron briquetas a base de cáscara de cítricos y cascarilla de arroz obteniendo un poder calorífico alto de 14.6 y 17.32 MJ/kg (3489.484 y 4139.579 Kcal/kg) pudiendo reemplazar al valor obtenido por la madera 7.12 y 10.47 MJ/kg (1701.721 y 2502.3901 Kcal/kg) asimismo se determinó que todas las briquetas analizadas en la investigación demostraron tener resistencia para su almacenamiento y manejo (Magnago et al., 2020). Otras biomásas que han sido usadas en la elaboración de briquetas son las hojas secas y cascarilla de arroz solas y combinadas con aserrín, obteniendo como resultado que la briqueta elaborada con solo hojas obtuvo el mayor poder calorífico (4789 kcal/kg) y la mayor densidad (1,193 g/cm³) demostrando que las briquetas presentan características que la hacen manejable que no ocupa grandes espacios de almacenamiento y tienen un alto poder calorífico (Kumar et al., 2022). Asimismo, se evaluaron briquetas elaboradas con cascarilla de arroz y diferentes aglutinantes, obteniendo un poder calorífico superior de 16.08 MJ/kg (3843.2122 Kcal/kg) considerándose como una alternativa interesante en reemplazo de la leña (Yank et al., 2016). Las investigaciones también han demostrado la importancia del uso de un aglutinante para obtener una briqueta de buena calidad, que sea más compacta y más resistente (Aransiola et al., 2019; Narzary & Das, 2022). Asimismo, una revisión bibliográfica actual muestra que la tendencia de las investigaciones relacionadas con la elaboración de briquetas está orientada a la generación o recuperación energética mostrando resultados positivos en estas investigaciones (Feronato et al., 2022).

Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades físicas y energéticas de las briquetas elaboradas a partir de restos de poda de césped y cáscara de naranja a diferentes combinaciones con tres repeticiones usando como aglutinante el almidón de yuca, y determinar la mejor combinación como alternativa de valorización energética de residuos orgánicos.

2. Materiales y métodos

2.1. Lugar de estudio

El estudio de investigación se desarrolló en la Asociación de viviendas El Portillo – Carapongo (Norte 8672852, Este 296987 y Altitud 460 m.s.n.m.) perteneciente al distrito de Lurigáncho Chosica, provincia de Lima, departamento de Lima.

2.2. Obtención de la muestra y preparación del aglutinante

Los restos de poda de césped se obtuvieron de un campo deportivo de la asociación campo sol, la cáscara de naranja se recolectó de un puesto de jugo del mercado de Carapongo. La cáscara de naranja fue expuesta al sol por un periodo de cuatro días para reducir el contenido de humedad. Por otra parte, los restos de poda de césped fueron expuestos al sol por un mes. Para reducir el tamaño de la cáscara de naranja y poda de césped se hizo uso de un molino manual (Molino para granos - CORONA). Posteriormente se procedió a tamizar las partículas obtenidas de la materia orgánica empleada en un colador metálico para obtener partículas menores a 2mm.



a. Secado de poda de césped y cáscara de naranja



b. Molienda de poda césped y cáscara de naranja

Figura 1. Secado y molienda de biomasa (poda de césped y cáscara de naranja)

El almidón de yuca empleado en la investigación se compró del mercado de las especias y fue usado como aglutinante de la mezcla. Para la obtención del aglutinante se empleó una concentración de 15% (p/p) de almidón de yuca para cada una de las mezclas (Kumar et al., 2022). Para activar su capacidad aglutinante se disolvió 30g de almidón de yuca en 40 ml de agua fría hasta obtener una mezcla homogénea, a la par se puso a hervir en una olla 130ml de agua para luego añadir el almidón disuelto y agitarlo constantemente hasta obtener el gel de almidón de yuca (Osei Bonsu et al., 2020).

2.3. Elaboración de briquetas

Para cada uno de los tratamientos se empleó 30 g de aglutinante. Para el T1 y sus tres repeticiones se usaron 100g de poda de césped; para el T2 se usaron 25 g de poda de césped y 75g de cáscara de naranja; para el T3 se usó 50g de poda de césped y 50 g de cáscara de naranja; para el T4 se empleó 75g de poda de césped y 25 g de cáscara de naranja y para el T5 se usó 100g de cáscara de naranja. Todos los tratamientos se trabajaron en un molde cilíndrico de 38.7 cm de largo, 4.4 cm de diámetro interno y 4.8 cm diámetro externo. Luego de elaborar la briqueta se dejó secar al sol por siete días para darle mayor consistencia y reducir la humedad (Kumar et al., 2022; Osei Bonsu et al., 2020).

2.4. Análisis de las propiedades físicas

2.4.1. Densidad aparente de las briquetas

Para determinar la densidad aparente se empleó una balanza y un calibrador vernier. Con ellas se obtuvo el peso de las briquetas y el volumen de las mismas, datos que fueron empleados para calcular la densidad aparente por la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de la muestra (g)}}{\text{Volumen de la muestra (cm}^3\text{)}}$$

2.4.2. Análisis proximal de las briquetas

2.4.2.1. Humedad

La humedad presente en las briquetas se determinó usando el método de secado al horno mencionado en la norma ASTM D3173-17 (ASTM D3173/D3173M-17, 2017). El contenido de humedad se halló usando la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{p_2 - p_3}{p_2 - p_1} * 100$$

Donde, p_1 = peso de la cápsula (g), p_2 = peso de la cápsula + muestra (g), p_3 = peso de la cápsula + muestra luego del secado (g).

2.4.2.2. Materia Volátil

La materia volátil se obtuvo empleando la norma ASTM D3175-18 (ASTM D3175-18, 2018). Se usó 1g de muestra pulverizada y se introdujo en la mufla durante 7 minutos a una temperatura de $950 \pm 20^\circ\text{C}$. Luego el crisol se enfrió en el desecador para luego ser pesado.

$$\text{Pérdida de masa (\%)} = 100 * \frac{p_2 - p_3}{p_2 - p_1}$$

$$\text{Materia Volátil (\%)} = \text{Pérdida de masa} - \text{Humedad}$$

Donde, p_1 = peso del crisol + tapa (g), p_2 = peso del crisol + tapa + muestra (g), p_3 = peso del crisol + tapa + muestra luego del calentamiento.

2.4.2.3. Cenizas

La ceniza se halló por medio de la norma ASTM D3174-12 (ASTM D3174-12, 2012). Se usó 1g de muestra pulverizada y se introdujo en una mufla a $750\pm 15^{\circ}\text{C}$ por una hora y media. Posteriormente se dejó enfriar en un desecador para luego ser pesada.

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{p_3 - p_1}{p_2 - p_1} * 100$$

Donde, p_1 = peso del crisol + tapa (g), p_2 = peso del crisol + tapa + muestra (g), p_3 = peso del crisol + tapa + muestra luego del calentamiento.

2.4.2.4. Carbono Fijo

El carbono fijo presente en las briquetas se calculó usando la siguiente formula:

$$\text{Carbono Fijo (\%)} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Materia Volátil} + \text{Cenizas})$$

El cálculo del carbono fijo fue de acuerdo a la norma ASTM D7582-10 (ASTM D7582-10, 2010).

2.5. Poder calorífico de las briquetas

El poder calorífico de las briquetas se calculó utilizando la presente fórmula (Deshannavar et al., 2018):

$$\text{Poder Calorífico (MJ/kg)} = \alpha_1 + (\alpha_2 * CF) - (\alpha_3 * MV) - (\alpha_4 * H)$$

Donde, CF= carbono fijo (%), MV= materia volátil (%), H= humedad (%)

$$\alpha_1 = 20.0585, \alpha_2 = 0.0036, \alpha_3 = 0.0121, \alpha_4 = 0.1519$$

2.6. Prueba de eficiencia energética

La eficiencia energética de la briketa respecto al uso de la leña, como combustible, se midió comparando el tiempo total que se emplea para encender y para hervir 1 litro de agua usando aproximadamente 200 g de combustible (briketa/leña) en una cocina de arcilla (Kpalo et al., 2021; Lubwama et al., 2020; Lubwama & Yiga, 2018).

2.7. Análisis de datos

El diseño estadístico se ha fijado en un diseño completamente al azar DCA con cinco tratamientos y tres repeticiones el cual se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Diseño estadístico

Tratamiento	Aglutinante (g)	Poda de césped (g)	Cáscara de naranja (g)	R1	R2	R3
T1	30	100	0	T1.1	T1.2	T1.3
T2	30	25	75	T2.1	T2.2	T2.3
T3	30	50	50	T3.1	T3.2	T3.3
T4	30	75	25	T4.1	T4.2	T4.3
T5	30	0	100	T5.1	T5.2	T5.3

3. Resultados

Los datos obtenidos para las propiedades de las diferentes briquetas y sus repeticiones analizadas se muestran a continuación:

3.1. Densidad aparente

El análisis de varianza (anova) nos indicó que los tratamientos dados a las briquetas tienen un efecto significativo sobre la densidad aparente debido a que el $p\text{-value} = 0.000000218$ es menor a 0.05 lo que demuestra una diferencia significativa entre las densidades aparentes de las briquetas con diferentes tratamientos.

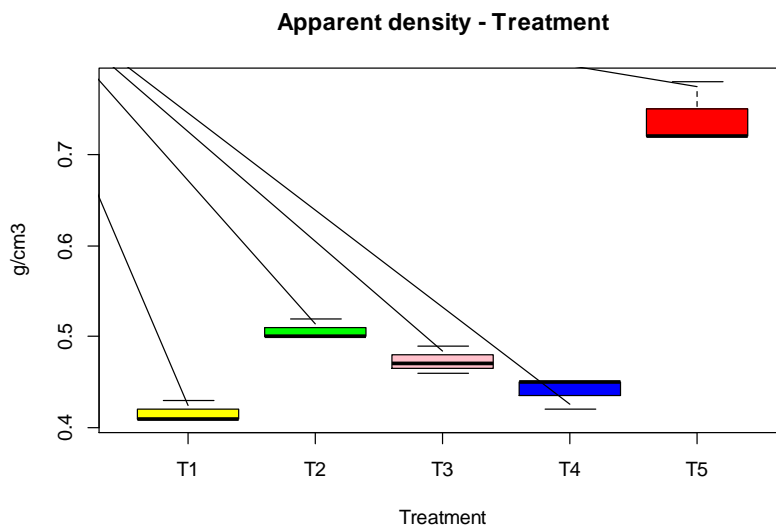


Figura 2. Densidad aparente de las briquetas

Además, la prueba de Shapiro-Wilk da un $p\text{-value} = 0.4687$ que es mayor a 0.05 lo que nos dice que los datos usados obedecen a una distribución normal, asimismo, el test de Breusch-Pagan nos da un $p\text{-value} = 0.076317$ que es mayor a 0.05 e indicó que los datos analizados tienen homogeneidad de varianza, con lo cual cumplen los requisitos para aplicar comparaciones múltiples basado en sus medias.

Luego al hacer la comparación múltiple con la prueba LSD de Fisher se obtiene un error cuadrático medio = 0.0003733333 y muestra que la densidad aparente de las briquetas con T5 son mayores que los otros y que las densidades aparentes que comparten el T2 y el T3 son semejantes y el T3 y T4 son también son semejantes, asimismo, el T4 con T1 son semejantes. Ver tabla 2 y figura 3.

Tabla 2. Comparación múltiple de las densidades aparentes

Treatment	Apparent density	Groups
T5	0.7400000	a
T2	0.5066667	b
T3	0.4733333	bc
T4	0.4400000	cd
T1	0.4166667	d

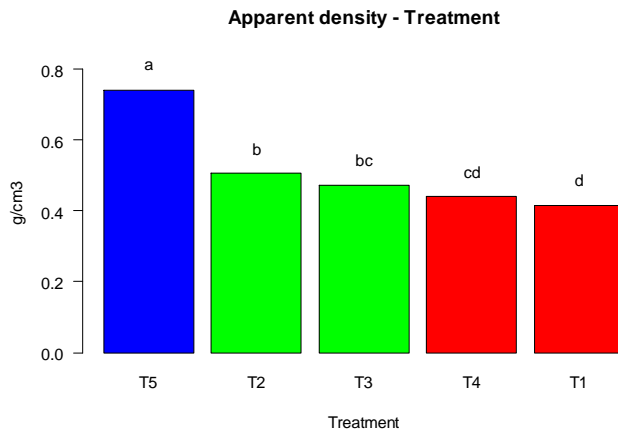


Figura 3. Comparación múltiple de las densidades aparentes

3.2. Humedad

El análisis de varianza (anova) indicó que los tratamientos dados a las briquetas no tienen un efecto significativo sobre la humedad debido a que el p-value = 0.058 y es mayor a 0.05 lo que muestra que no hay una diferencia significativa entre las humedades de las briquetas con diferentes tratamientos.

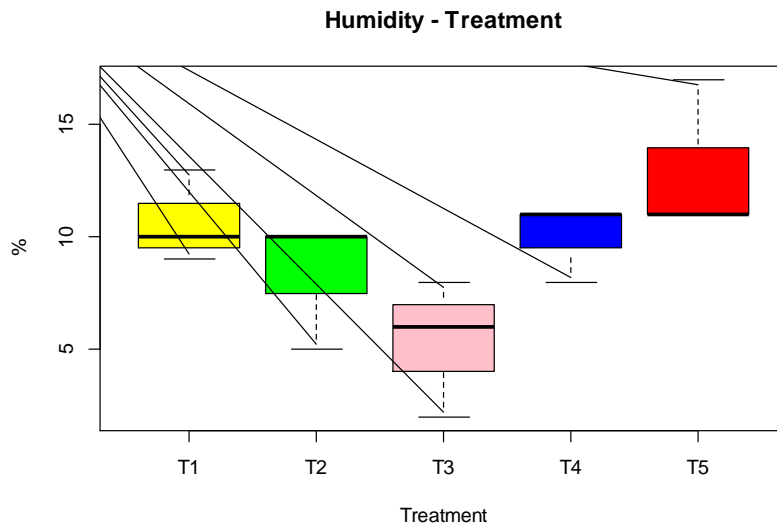


Figura 4. Contenido de humedad de las diferentes briquetas

Además, la prueba de Shapiro-Wilk da un p-value = 0.7087 que es mayor a 0.05 por lo cual los datos usados obedecen a una distribución normal, asimismo, la prueba de Breusch-Pagan nos da un p-value = 0.90596 que es mayor a 0.05 e indicó que los datos analizados tienen homogeneidad de varianza, con lo cual cumplen los requisitos para aplicar comparaciones múltiples por medias.

Al hacer la comparación múltiple con la prueba LSD de Fisher se obtiene un error cuadrático medio = 6.783333 y muestra que la humedad de las briquetas con T5, T1, T4 y T2 son mayores e iguales estadísticamente que las humedades de los T4, T2 y T3 que son menores y son semejantes entre sí. Ver tabla 3 y figura 5.

Tabla 3. Comparación múltiple de las humedades

Treatment	Humidity	Groups
T5	13.000000	a
T1	10.666667	a
T4	10.000000	ab
T2	8.333333	ab
T3	5.333333	b

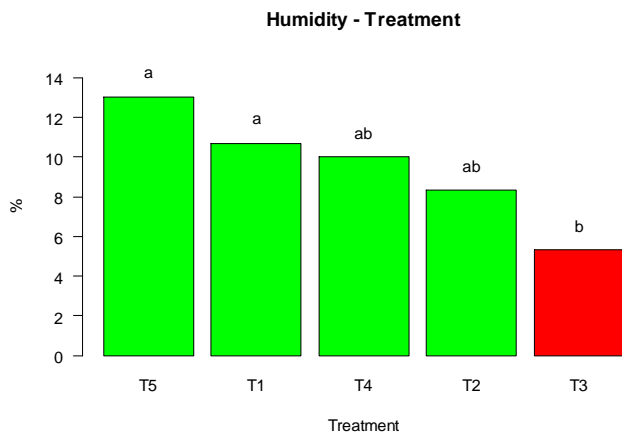


Figura 5. Comparación múltiple de las humedades

3.3. Materia volátil

El análisis de varianza (anova) nos indica que los tratamientos dados a las briquetas tienen un efecto significativo sobre la materia volátil de las briquetas ya que el $p\text{-value} = 0.00288$ es menor a 0.05 lo que demuestra una diferencia significativa entre la materia volátil de las briquetas con diferentes tratamientos.

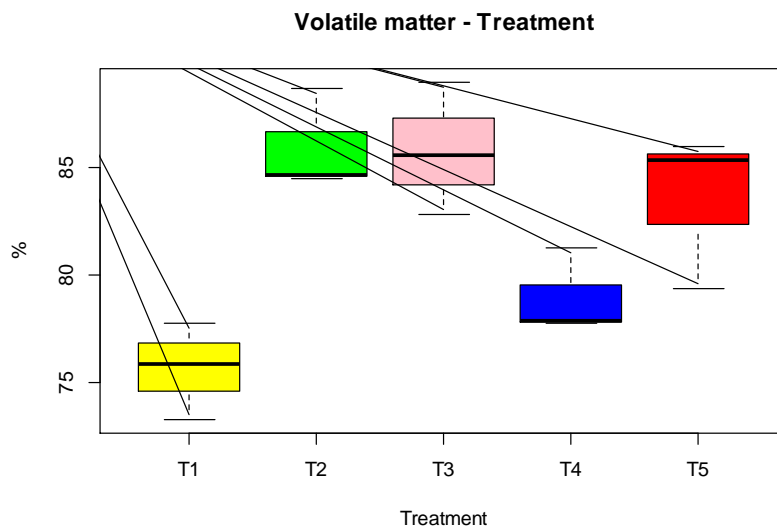


Figura 6. Materia volátil de las briquetas

Además, la prueba de Shapiro-Wilk da un $p\text{-value} = 0.6239$ que es mayor a 0.05 lo que nos dice que los datos usados obedecen a una distribución normal, asimismo, la prueba de Breusch-Pagan dió un $p\text{-value} = 0.11782$ que es mayor a 0.05 y dice que los datos analizados tienen homogeneidad de varianza, con lo cual cumplen los requisitos para aplicar diferencias múltiples.

Luego al hacer la comparación múltiple con la prueba LSD de Fisher se obtiene un error cuadrático medio = 5.927865 y que la materia volátil de las briquetas con T2, T3 y T5 son mayores y semejantes entre sí, y que la materia volátil de los T4 y T1 son semejantes entre ellos. Ver tabla 4 y figura 7.

Tabla 4. Comparación múltiple de la materia volátil de las briquetas

Treatment	Volatile matter	Groups
T2	85.97333	a
T3	85.81333	a
T5	83.56667	a
T4	78.94667	b
T1	75.62333	b

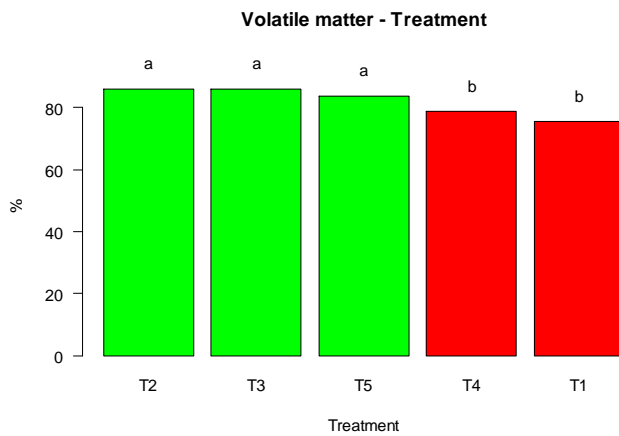


Figura 7. Comparación múltiple de la materia volátil de las briquetas

3.4. Cenizas

El análisis de varianza (anova) indica que los tratamientos dados a las briquetas tienen un efecto significativo sobre la ceniza de las briquetas debido a que el p-value = 0.00000000219 es menor a 0.05 lo que demuestra una diferencia significativa entre la ceniza de las briquetas con diferentes tratamientos.

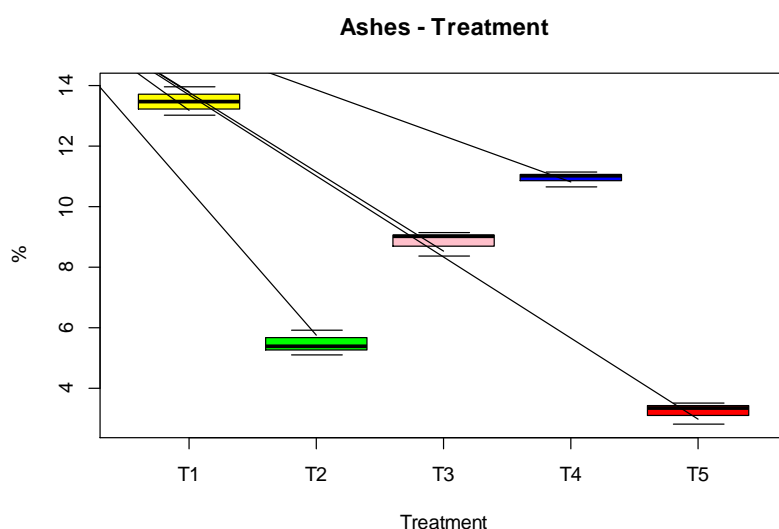


Figura 8. Ceniza de las diferentes briquetas

Además, la prueba de Shapiro-Wilk da un $p\text{-value} = 0.6302$ que es mayor a 0.05 por lo cual los datos usados obedecen a una distribución normal, asimismo, la prueba de Breusch-Pagan nos da un $p\text{-value} = 0.45502$ que es mayor a 0.05 y dice que los datos analizados tienen una homogeneidad de varianza, con lo cual cumplen los requisitos para aplicar comparaciones múltiples basado en medias.

Después al hacer la comparación múltiple con la prueba LSD de Fisher se obtiene un error cuadrático medio = 0.1166283 y muestra que las cenizas de las briquetas con T1, T4, T3, T2 y T5 son diferentes siendo el T1 con mayores cenizas que los otros. Ver tabla 5 y figura 9.

Tabla 5. Comparación múltiple de las cenizas de las briquetas

Treatment	Ashes	Groups
T1	13.456667	a
T4	10.920000	b
T3	8.823333	c
T2	5.463333	d
T5	3.216667	e

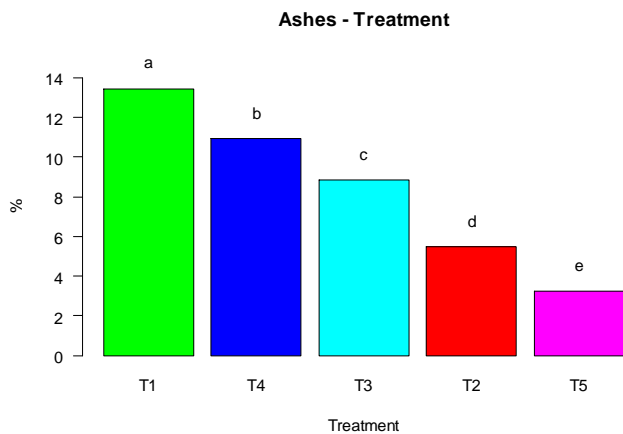


Figura 9. Comparación múltiple de las cenizas de las briquetas

3.5. Carbono fijo

El análisis de varianza (anova) nos indica que los tratamientos dados a las briquetas tienen un efecto significativo sobre el carbono fijo de las briquetas debido a que el $p\text{-value} = 0.0057$ es menor a 0.05 lo que demuestra una diferencia significativa entre el carbono fijo de las briquetas con diferentes tratamientos.

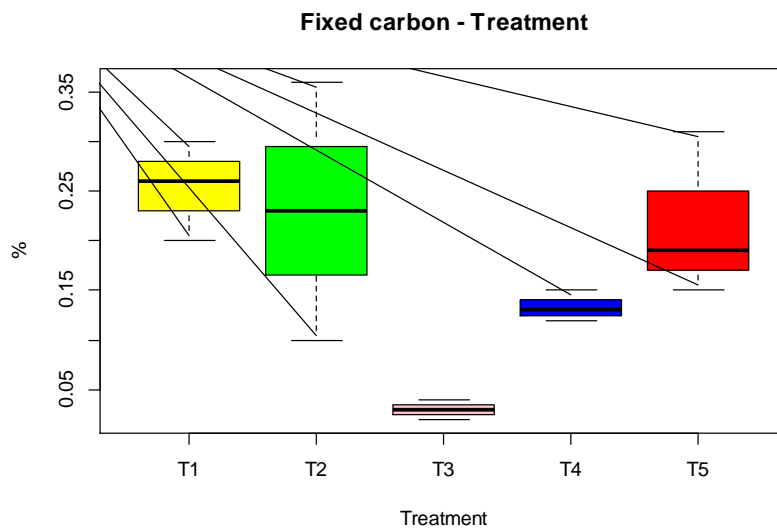


Figura 10. Carbono fijo de las briquetas

Además, la prueba de Shapiro-Wilk da un $p\text{-value} = 0.9688$ que es mayor a 0.05 lo que nos indica que los datos usados obedecen a una distribución normal, asimismo, la prueba de Breusch-Pagan nos da un $p\text{-value} = 0.74327$ que es mayor a 0.05 y dice que los datos analizados tienen homogeneidad de varianza, con lo cual cumplen los requisitos para aplicar diferencias múltiples por medias.

Luego al hacer la comparación múltiple con la prueba LSD de Fisher se obtiene un error cuadrático medio = 0.002988333 y muestra que el carbono fijo de las briquetas con T1, T2 y T5 son mayores que los otros y su vez son semejantes entre sí y que el carbono fijo de los T2, T5 y T4 son semejantes estadísticamente además el T3 es diferente a los otros tratamientos. Ver tabla 6 y figura 10.

Tabla 6. Comparación múltiple de carbono fijo de las briquetas

Treatment	Fixed carbon	Groups
T1	0.2533333	a
T2	0.2300000	ab
T5	0.2166667	ab
T4	0.1333333	b
T3	0.0300000	c

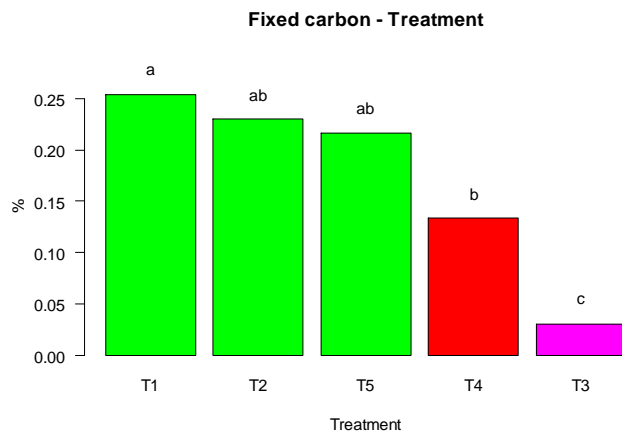


Figura 11. Comparación múltiple de carbono fijo de las briquetas

3.6. Poder calorífico

En el análisis de varianza (anova) se indica que los tratamientos dados a las briquetas no tienen un efecto significativo sobre el poder calorífico de las briquetas debido a que el p-value = 0.0522 y es mayor a 0.05 lo que muestra que no hay una diferencia significativa entre el poder calorífico de las briquetas con diferentes tratamientos.

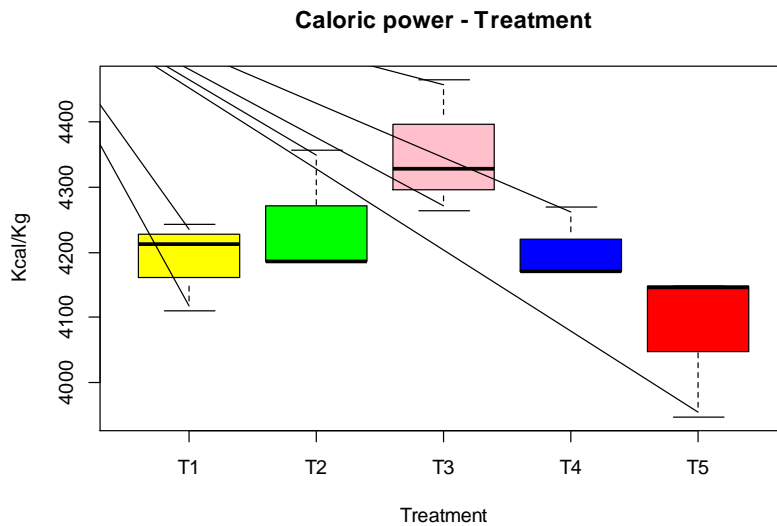


Figura 12. Poder calorífico de las briquetas

La prueba de Shapiro-Wilk da un p-value = 0.7139 que es mayor a 0.05 lo que nos dice que los datos usados obedecen a una distribución normal, asimismo, la prueba de Breusch-Pagan nos da un p-value = 0.75344 que es mayor a 0.05 y dice que los datos analizados tienen una homogeneidad de varianza, con lo cual cumplen los requisitos para aplicar diferencias múltiples.

Después de hacer la comparación múltiple con la prueba LSD de Fisher se obtiene un error cuadrático medio = 7670.047 y muestra que el poder calorífico de las briquetas con T3, T2, T4 y T1 son semejantes y mayores que el T5 y a la vez el poder calorífico de los T2, T4, T1 y T5 son semejantes estadísticamente. Ver tabla 7 y figura 13.

Tabla 7. Comparación múltiple del poder calorífico de las briquetas

Treatment	Caloric power	Groups
T3	4352.330	a
T2	4243.127	ab
T4	4202.853	ab
T1	4188.367	ab
T5	4080.653	b

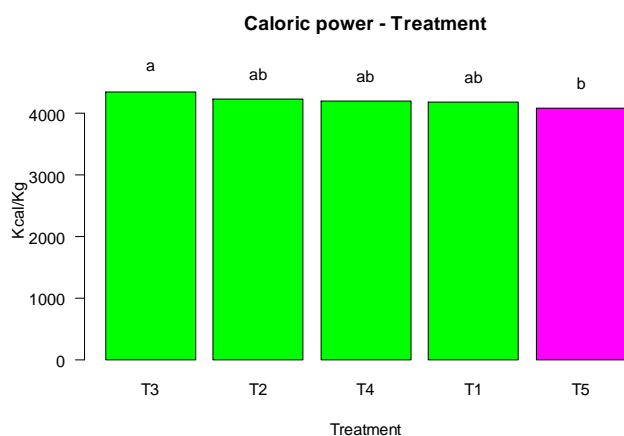


Figura 13. Comparación múltiple del poder calorífico de las briquetas

3.7. Prueba de eficiencia energética

La tabla 8 muestra el tiempo empleado para encender el combustible (briquetas/leña) y para hervir 1 litro de agua. Para esta prueba se usó cada briqueta de los 5 tratamientos en comparación con la leña, obteniendo que el tiempo total empleado por la briqueta del tratamiento T3 fue el menor tiempo total (14 minutos con 27 segundos) seguida del T2 con un tiempo total de 16 minutos con 28 segundos, no obstante, la leña de sauce empleó un tiempo total de 15 minutos con 09 segundos para encender y hervir 1 litro de agua. Este último tiempo requerido por la leña no está tan alejado de los tiempos empleados por las briquetas de tratamiento T2 y T3 lo cual nos indicó que estas briquetas fueron las de mayor eficiencia energética.

Tabla 8. Comparación de eficiencia energética entre la briqueta y la leña

Treatment	Tiempo de Encendido (minutos)	Tiempo de Ebullición (minutos)	Tiempo Total (minutos)
T1	0:04:13	0:18:15	0:22:28
T2	0:01:09	0:15:19	0:16:28
T3	0:01:51	0:12:36	0:14:27
T4	0:02:28	0:16:18	0:18:46
T5	0:06:27	0:27:02	0:33:29
Leña	0:03:25	0:11:44	0:15:09

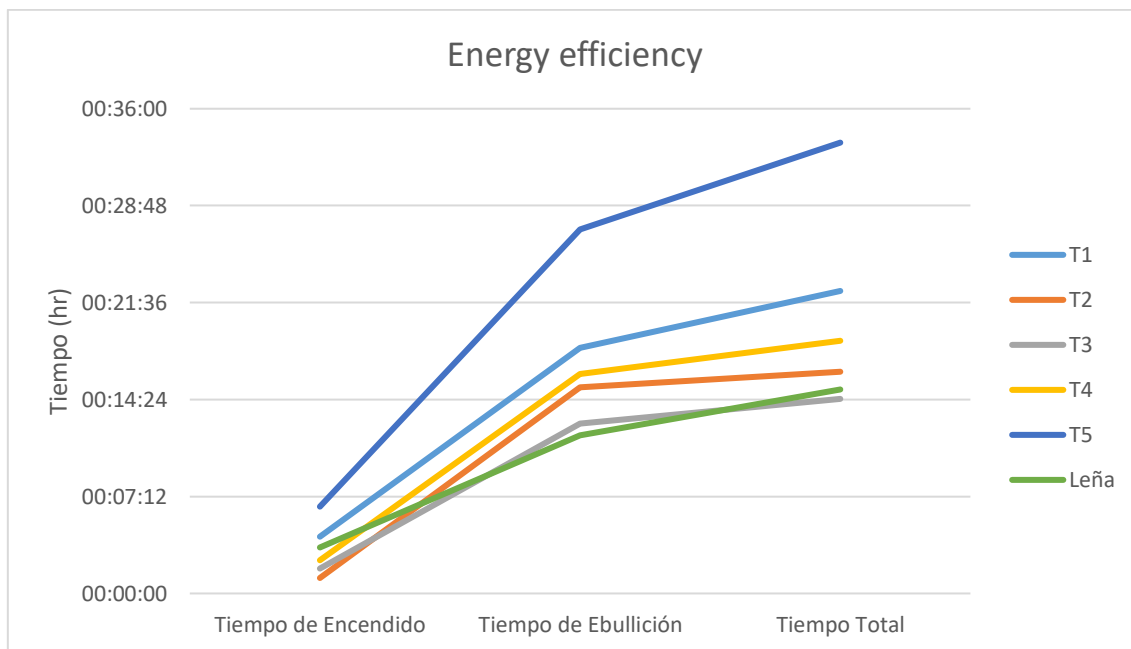


Figura 144. Eficiencia de las briquetas

4. Discusión

La densidad es una propiedad importante ya que de ella depende el espacio de almacenamiento, si la briqueta presenta una densidad mayor ocupará menos espacio de almacenamiento (Kumar et al., 2022). La densidad aparente obtenida fue 0.42 – 0.74 g/cm³, siendo superior a la máxima densidad aparente (0.35- 0.46 g/cm³) de las briquetas elaboradas con cáscara de limón, cáscara de arroz y cáscara de papa (aglutinante) (Magnago et al., 2020). Estos resultados también fueron mayores a los obtenidos por las briquetas de biocarbón de caña de azúcar, mazorca de maíz y cascarilla de arroz con aglutinante (harina de trigo) la cual fue 0.53 - 0.63 g/cm³ (Nagarajan & Prakash, 2021). Teniendo en cuenta que el tamaño de las partículas empleadas en esta investigación fue menor a 2 mm y las briquetas elaboradas por Nagarajan y Prakash emplearon partículas menores a 1 mm se puede decir que la densidad obtenida en esta investigación es óptima. Asimismo, a pesar de obtener una densidad aparente, relativamente menor en comparación a las briquetas elaboradas con hojas secas en combinación con aserrín y cascarilla de arroz (0,49 - 1,19 g/cm³) los resultados obtenidos en la presente investigación son óptimos considerando que tienen una compresión manual en comparación con la investigación mencionada (briqueta de hojas secas, aserrín y cascarilla de arroz), la cual empleó una máquina de compresión de 150MPa (Kumar et al., 2022). Es importante considerar que la densidad de las briquetas se ve afectada por el tamaño de las partículas empleadas, por la cantidad de aglutinante y por la presión de compactación que se emplea al fabricarlas (Kuhe et al., 2021).

El poder calorífico obtenido en la presente investigación osciló entre 4080.653 - 4352.330 Kcal/Kg siendo estadísticamente semejantes los tratamientos T3, T2, T4 y T1 no obstante

el mayor poder calorífico 4352.330 Kcal/Kg lo obtuvo el T3 (50:50) el cual es superior al poder calorífico obtenido para briquetas elaboradas con cítricos y cáscara de arroz (3489.484 - 4139.579 Kcal/Kg) (Magnago et al., 2020). Igualmente es mayor que el poder calorífico de la briqueleta de corteza de tronco de palma aceitera 4246.703 Kcal/Kg (Kpalo et al., 2020). Asimismo, es mayor al poder calorífico de la briqueleta de cáscara de mijo con goma arábica (aglutinante) cuyo valor fue de 3852.605 Kcal/Kg (Kuhe et al., 2021). Por otra parte, el resultado obtenido fue cercano al rango de poder calorífico de las briquetas elaboradas con biocarbón de cáscara de arroz, cáscara de café y cáscara de maní el cual oscila entre 3964.864 – 5254.639 Kcal/Kg (Lubwama et al., 2020). Pero fue inferior al poder calorífico de la briqueleta de biocarbón de cáscara de palmiste (4841.433 Kcal/Kg) (Osei Bonsu et al., 2020). Es preciso mencionar que cuando la biomasa se carboniza (biocarbón) la cantidad de materia volátil y humedad disminuye lo cual favorece al aumento del poder calorífico de la briqueleta (Lubwama et al., 2020). Considerando la ventaja que presentan las briquetas carbonizadas los resultados obtenidos en esta investigación son óptimos.

La prueba de eficiencia energética determinó que el menor tiempo total empleado para encender y hervir 1 litro de agua fue 14 minutos con 27 segundos perteneciente al T3 (50:50) combinación que concuerda con los resultados obtenidos por Kpalo, el cual determinó que una combinación de biomasa híbrida idónea correspondía a 50:50 la cual obtenía mejor resultado (17,54 minutos) al emplear una combinación de biomasa que usar solo una materia orgánica (Kpalo et al., 2021). También se puede decir que el tiempo total empleado en el presente estudio es óptimo respecto a la briqueleta de biocarbón de cáscara de palmiste la cual empleó un tiempo de ebullición de 9 minutos para hacer hervir 100ml de agua usando 199.07 g de briqueleta (Osei Bonsu et al., 2020). No obstante, el tiempo total fue mayor que el tiempo empleado por la briqueleta elaborada con biocarbón de cáscara de café y cáscara de arroz en proporción de 90:10 respectivamente el cual fue 11 minutos (Lubwama et al., 2020). Este resultado es óptimo considerando que la biomasa carbonizada posee una menor humedad, la cual está relacionada con la eficiencia energética ya que se usa menos energía para evaporar el agua presente en la briqueleta.

5. Conclusión

Las briquetas fabricadas con poda de césped y cáscara de naranja obtuvieron resultados favorables, siendo los tratamientos T3 (50:50) y T2 (25:75) los que resaltaron de los cinco tratamientos. El T3 obtuvo los siguientes valores: 0.47 g/cm³ de densidad, 5.33% de humedad, 8.82% de contenido de cenizas, 4352.330 Kcal/Kg de poder calorífico y un tiempo total (encendido y ebullición) de 14 minutos con 27 segundos, tiempo que fue menor al tiempo total empleado por la leña (15 minutos con 9 segundos); mientras que el T2 obtuvo los siguientes valores: 0.51 g/cm³ de densidad, 8.33% de humedad, 5.46% contenido de cenizas, 4243.127 Kcal/Kg de poder calorífico y 16 minutos con 28 segundos de tiempo total para hervir 1 litro de agua con 200g de briquetas. De los resultados obtenidos se puede decir que el uso de residuos orgánicos como la poda de

césped y la cáscara de naranja (residuo orgánico presente en cualquier parte del país) para la elaboración de briquetas se presenta como una opción de valorización de residuos orgánicos ya que los valores obtenidos son óptimos e incluso cercanos a las briquetas carbonizadas (biocarbón) que según la literatura presentan un poder calorífico mayor que las briquetas sin carbonizar, confirmando así que pueden ser usadas como combustibles sólidos en reemplazo a la leña, reduciendo a su vez la contaminación que deriva de la inadecuada disposición de residuos.

6. Referencias

- Aransiola, E. F., Oyewusi, T. F., Osunbitan, J. A., & Ogunjimi, L. A. O. (2019). Effect of binder type, binder concentration and compacting pressure on some physical properties of carbonized corncob briquette. *Energy Reports*, 5, 909–918. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2019.07.011>
- ASTM D3173/D3173M-17. (2017). Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke. *ASTM International*. https://doi.org/10.1520/D3173_D3173M-17
- ASTM D3174-12. (2012). Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal. *ASTM International*, 05.06. <https://doi.org/10.1520/D3174-12>
- ASTM D3175-18. (2018). Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. *ASTM International*, 05.06. <https://doi.org/10.1520/D3175-18>
- ASTM D7582-10. (2010). Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis. *ASTM International*, 05.06. <https://doi.org/10.1520/D7582-10>
- Chadar, S., & Keerti, C. (2017). Solid Waste Pollution: A Hazard to Environment. *Recent Adv Petrochem Sci*, 2(3). <https://doi.org/10.19080/RAPSCI.2017.02.555586>
- Deshannavar, U. B., Hegde, P. G., Dhalayat, Z., Patil, V., & Gavas, S. (2018). Production and characterization of agro-based briquettes and estimation of calorific value by regression analysis: An energy application. *Materials Science for Energy Technologies*, 1(2), 175–181. <https://doi.org/10.1016/J.MSET.2018.07.003>
- Ferronato, N., Calle Mendoza, I. J., Gorritty Portillo, M. A., Conti, F., & Torretta, V. (2022). Are waste-based briquettes alternative fuels in developing countries? A critical review. *Energy for Sustainable Development*, 68, 220–241. <https://doi.org/10.1016/J.ESD.2022.03.013>
- Jelonek, Z., Drobnik, A., Mastalerz, M., & Jelonek, I. (2020). Environmental implications of the quality of charcoal briquettes and lump charcoal used for grilling. *Science of The Total Environment*, 747, 141267. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141267>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Woerden, F. Van. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. In *Urban development series*. Urban Development, Washington DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Kharola, S., Ram, M., Goyal, N., Mangla, S. K., Nautiyal, O. P., Rawat, A., Kazancoglu, Y., & Pant, D. (2022). Barriers to organic waste management in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 362. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.132282>

- Kpalo, S. Y., Zainuddin, M. F., Manaf, L. A., & Roslan, A. M. (2020). A Review of Technical and Economic Aspects of Biomass Briquetting. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 4609, 12(11), 4609. <https://doi.org/10.3390/SU12114609>
- Kpalo, S. Y., Zainuddin, M. F., Manaf, L. A., & Roslan, A. M. (2021). Evaluation of hybrid briquettes from corncob and oil palm trunk bark in a domestic cooking application for rural communities in Nigeria. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124745. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124745>
- Kuhe, A., Terhemba, A. V., & Iortyer, H. (2021). Biomass valorization for energy applications: A preliminary study on millet husk. *Heliyon*, 7(8), e07802. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E07802>
- Kumar, A., Mech, N., Ramesh, S. T., & Gandhimathi, R. (2022). Evaluation of composite briquettes from dry leaves in energy applications for agrarian communities in India. *Journal of Cleaner Production*, 350. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131312>
- Li, H., Guo, H., Huang, N., & Ye, J. (2020). Health risks of exposure to waste pollution: Evidence from Beijing. *China Economic Review*, 63. <https://doi.org/10.1016/J.CHIECO.2020.101540>
- Lubwama, M., & Yiga, V. A. (2018). Characteristics of briquettes developed from rice and coffee husks for domestic cooking applications in Uganda. *Renewable Energy*, 118, 43–55. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2017.11.003>
- Lubwama, M., Yiga, V. A., Muhairwe, F., & Kihedu, J. (2020). Physical and combustion properties of agricultural residue bio-char bio-composite briquettes as sustainable domestic energy sources. *Renewable Energy*, 148, 1002–1016. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.10.085>
- Magnago, R. F., Costa, S. C., Assunção Ezirio, M. J. de, Godoy Saciloto, V. de, Cremona Parma, G. O., Gasparotto, E. S., Gonçalves, A. C., Tutida, A. Y., & Barcelos, R. L. (2020). Briquettes of citrus peel and rice husk. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123820. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.123820>
- MINAM. (2017a). Decreto Legislativo 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *El Peruano*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-Nº-1278.pdf>
- MINAM. (2017b). Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *El Peruano*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf
- MINAM. (2022). Seguimiento e Información Sobre Gestión de Residuos Sólidos Municipales. In *Ministerio del Ambiente*. <https://sites.google.com/minam.gob.pe/dggrs/coordinaciones/seguimiento-e-información-sobre-gestión-de-rrss?pli=1>
- Nagarajan, J., & Prakash, L. (2021). Preparation and characterization of biomass briquettes using sugarcane bagasse, corncob and rice husk. *Materials Today: Proceedings*, 47, 4194–4198. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.04.457>
- Narzary, A., & Das, A. K. (2022). Study of effects of addition of charcoal and binder derived from taro on physiochemical properties of briquettes made from tree leaves. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102119>

- Osei Bonsu, B., Takase, M., & Mantey, J. (2020). Preparation of charcoal briquette from palm kernel shells: case study in Ghana. *Heliyon*, *6*(10), e05266.
<https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E05266>
- Smith, A. K. de G., Alesi, L. S., Varanda, L. D., Silva, D. A. da, Santos, L. R. O., & Yamaji, F. M. (2019). Production and evaluation of briquettes from urban pruning residue and sugarcane bagasse. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *23*(2), 138–143.
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V23N2P138-143>
- World Bank. (2021). *Good Practice Options for Sustainable Solid Waste Management in Mountain Areas of India, Nepal, and Pakistan*. World Bank, Washington, DC.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35502>
- Yank, A., Ngadi, M., & Kok, R. (2016). Physical properties of rice husk and bran briquettes under low pressure densification for rural applications. *Biomass and Bioenergy*, *84*, 22–30.
<https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2015.09.015>

7. ANEXOS

7.1. Evidencia de sumisión del artículo

em Resources, Conservation & Recycling Advances Hugo Fernandez | Logout

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

Article Type Selection Attach Files Review Preferences Additional Information Comments Manuscript Data

When possible these fields will be populated with information collected from your uploaded submission file. Steps requiring review will be marked with a warning icon. Please review these fields to be sure we found the correct information and fill in any missing details.

Insert Special Character

- + Title
- + Abstract
- + Keywords
- + Authors
- + Funding Information

Back Save & Submit Later Build PDF for Approval

em Resources, Conservation & Recycling Advances Hugo Fernandez | Logout

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

Action	Manuscript Number	Title	Date Submission Began	Status Date	Current Status	Accept Ethics in Publishing?
View Submission Edit Submission Approve Submission Remove Submission View Reference Checking Results Send E-mail		Evaluation of physical and energetic properties of briquettes made with organic waste as an energy recovery alternative, Lima East.	Jul 14, 2023	Jul 16, 2023	Needs Approval	<input checked="" type="checkbox"/> I accept

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Results per page 10 Activar Windows

em Resources, Conservation & Recycling Advances Hugo Fernandez | Logout

Home Main Menu Submit a Manuscript About Help

Author's Decision

Thank you for approving "Evaluation of physical and energetic properties of briquettes made with organic waste as an energy recovery alternative, Lima East."

[Publishing Options](#)
[View Reference Checking Results](#)
[Main Menu](#)

Resources, Conservation & Recycling Advances
Para:

Joel Hugo Fernandez Rojas
Lun 17/07/2023 17:31

Dear Enginier Hugo Fernandez,

Thank you for submitting your paper for publication to Resources, Conservation & Recycling Advances as Full Length Article. It has been assigned the following manuscript number: RCRADV-D-23-00195.

Your paper has been received safely.

You may check on the progress of your paper by logging on to the Editorial Manager as an author. The URL is <https://www.editorialmanager.com/rcradv/>.

Your username is: hugof

If you need to retrieve password details, please go to:
<https://www.editorialmanager.com/rcradv/>

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Editorial Manager
Resources, Conservation & Recycling Advances

Please join us on social media:

- * Twitter: @RCRjournal, <https://twitter.com/RCRjournal>
- * LinkedIn: <https://www.linkedin.com/groups/12038300>
- * Facebook: <https://www.facebook.com/groups/333217667089759/>

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EM via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

This journal uses the Elsevier Article Transfer Service. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, then you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated Scientific Managing Editor, a tool assisted recommendation, or a combination. For more details see the journal guide for authors.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Remove my information/details). Please contact the publication office if you have any questions.

7.2. Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis

“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

RESOLUCIÓN N° 1457-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 20 de diciembre de 2022

VISTO:

El expediente de **Angela Winny Huaranga Bautista**, identificado(a) con Código Universitario N° 201320256, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Angela Winny Huaranga Bautista**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Evaluación de briquetas elaboradas con residuos orgánicos como alternativa de valorización energética " y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 20 de diciembre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

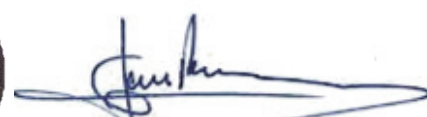
Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Evaluación de briquetas elaboradas con residuos orgánicos como alternativa de valorización energética** " y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio y Ing. Orlando Alan Poma Porras**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo