



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORES:

Olazabal Mondragón, Kimberly Alisson (ORCID: 0000-0002-6398-1075)

Talavera Hallasi, Angela Carla (ORCID: 0000-0003-0571-9498)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres Elena y Fernando que, con todo su esfuerzo, su amor incondicional, sus consejos, por apoyarme con los recursos necesarios y motivarme a seguir para que pueda culminar esta meta, a mis hermanos que son mi ejemplo a seguir, me guían con sus triunfos y me motivan a seguir luchando por los míos, a mis sobrinos que crearon en mi un amor inexplicable.

Kimberly Alisson Olazabal Mondragón.

A mis padres Juan y María que siempre creyeron en mi persona y me apoyaron en toda circunstancia, a mis hermanos Brian y Lucero por darme ese ánimo para seguir adelante, y a mi enamorado Joseph que siempre me apoyo y me hace mejor persona.

Angela Carla Talavera Hallasi.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por darnos fuerza y vida para lograr todas las metas que nos trazamos y seguir adelante

Y agradecer a la Universidad César Vallejo por darnos esta oportunidad de lograr este objetivo.

Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos	20
3.6. Métodos de análisis de datos.....	24
3.7. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS	26
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS.....	53
ANEXOS.....	57

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros organolépticos de la biomasa a analizar	27
Tabla 2. Determinación de la humedad de Eucalipto (eucalyptus).	27
Tabla 3. Determinación de la densidad aparente de Eucalipto (eucalyptus).	28
Tabla 4. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de la humedad y densidad aparente.	28
Tabla 5. Densidad de la briqueta 1.	31
Tabla 6. Densidad de la briqueta 2.	31
Tabla 7. Densidad de la briqueta 3.	32
Tabla 8. Promedio de las densidades de las briquetas.....	32
Tabla 9. Comportamiento de la temperatura de combustión con respecto al tiempo (Briqueta 1).....	35
Tabla 10. Comportamiento de la temperatura de combustión con respecto al tiempo (Briqueta 2).....	37
Tabla 11. Comportamiento de la temperatura de combustión con respecto al tiempo (Briqueta 3).....	39
Tabla 12. Temperatura inicial y temperatura máxima de combustión de las briquetas.....	41
Tabla 13. Calor de combustión de las briquetas.	42
Tabla 14. Calor de combustión de la leña seca y briqueta.	43
Tabla 15. ANOVA para Calor de Combustión por Densidad.....	44
Tabla 16. ANOVA para la Temperatura máxima de combustión por Densidad. ...	45
Tabla 17. Variable independiente: Residuos orgánicos	59
Tabla 18. Variable dependiente: Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas.....	60

Índice de Figuras

Figura 1. Zona de recolección de muestras en Puquina- Moquegua.	19
Figura 2. Muestras para la medición de características organolépticas y físicas de los residuos de eucalipto.	26
Figura 3. Equipo extractor de aceites.	29
Figura 4. Moldes para la elaboración de las briquetas.	30
Figura 5. Diseño de briquetas.	30
Figura 6. Residuos orgánicos para la elaboración de las briquetas.	31
Figura 7. Densidad de las briquetas.	33
Figura 8. Análisis del tiempo y temperatura de combustión de las briquetas.	34
Figura 9. Representación gráfica de la Temperatura de combustión de la briqueta 1.	36
Figura 10. Representación gráfica de la Temperatura de combustión de la briqueta 2.	38
Figura 11. Representación gráfica de la Temperatura de combustión de la briqueta 3.	40
Figura 12. Tiempo de encendido (horas) de las briquetas.	41
Figura 13. Temperatura máxima de combustión (°C) alcanzada por las briquetas.	42
Figura 14. Calor de combustión de las briquetas.	43
Figura 15. Calor de combustión de la briqueta y combustible sólido comercial (madera).	44
Figura 16. ANOVA para Calor de Combustión por Densidad.	45
Figura 17. ANOVA para la Temperatura máxima de combustión por Densidad. .	46

Resumen

El objetivo de esta investigación es elaborar briquetas a partir de los residuos orgánicos generados en el proceso de extracción de aceites esenciales y analizar su aprovechamiento energético. Los residuos fueron recolectados en el distrito de Puquina-Moquegua. Se evaluó la densidad, tiempo de encendido total, temperatura máxima de combustión y calor de combustión generado para las briquetas elaboradas. La briqueta que presentó mejores propiedades físicas y mejor aprovechamiento energético fue la briqueta 3. Presentó una densidad 0.137 ± 0.008 g/cm³ debido a la mayor presión ejercida para su compactación, el tiempo total de encendido fue de 170 minutos, la temperatura inicial máxima de combustión fue de 286.000 ± 2.610 °C alcanzada a los 85 minutos y generó un calor de combustión de 971.401 KJ. El calor de combustión entregado por la briqueta 3 es de 452.346 KJ, en comparación con el combustible sólido comercial (leña seca), se obtuvo menor tiempo de encendido con un total de 93.6 minutos. Las briquetas obtenidas entregan mayor capacidad calorífica por unidad de masa con relación a la leña seca. Se concluye que se podrían producir briquetas a partir de residuos de eucalipto generado en los procesos de extracción de aceites con una calidad aceptable.

Palabras clave: Briquetas, residuos, aceites, esenciales, combustión.

Abstract

The objective of this research is to make briquettes from the organic waste generated in the process of extracting essential oils and to analyze their energy use. The residues were collected in the district of Puquina-Moquegua. The density, total ignition time, maximum combustion temperature and heat of combustion generated for the briquettes produced were evaluated. The briquette that presented the best physical properties and best energy use was briquette 3. It presented a density of $0.137 \pm 0.008 \text{ g/cm}^3$ due to the greater pressure exerted for its compaction, the total ignition time was 170 minutes, the maximum initial temperature of combustion was $286,000 \pm 2,610 \text{ }^\circ\text{C}$ reached at 85 minutes and generated a heat of combustion of 971,401 KJ. The combustion heat delivered by briquette 3 is 452,346 KJ, compared to commercial solid fuel (dry wood), shorter ignition time was obtained with a total of 93.6 minutes. The briquettes obtained deliver a higher heat capacity per mass unit in relation to dry wood. It is concluded that briquettes could be produced from eucalyptus residues generated in the oil extraction processes with an acceptable quality.

Keywords: Briquettes, waste, oils, essential, combustion.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se explica la forma en la cual el problema identificado se manifiesta en diferentes contextos: global, nacional y local, en donde se desenvuelve la empresa de estudio, así mismo, se realizó una descripción de la formulación del problema, las justificaciones, Objetivos e hipótesis.

A nivel mundial, Cunurana, (2018), la elaboración de briquetas ha sido una constante en países desarrollados, si bien el uso del carbón fue muy importante en el siglo XII, a pesar de que hayan pasado los años, este recurso se sigue utilizando, representando un total del 40% de la energía en el mundo. Sus residuos impactan en la atmósfera en un 40% más de lo habitual teniendo efectos negativos a nivel visual, contaminación del aire, suelo y agua, ya que sus partículas se dispersan en el ambiente; afectando la salud pues generando enfermedades pulmonares. Por ello se viene desarrollando una serie de proyectos que utilicen desechos para la elaboración de briquetas con menos efectos ambientales (p. 12)

A nivel internacional, a la actualidad la utilización de biocombustibles se ha transformado en un requisito para el ser humano, Julcamoro & Romero, (2018), elaboraron a partir de biomásas consideradas como una fuente energética renovable, empleando como materia prima recursos vegetales o animales provenientes de diferentes industrias como residuos de tipo materia orgánica o inorgánica, entre ellos residuos forestales, agrícolas, biodegradables, industria agroalimentaria, entre otros, los cuales pueden ser utilizados para generar energía limpia (p. 8).

En los últimos años Foundation, Tuesta, (2016), ha realizado múltiples estudios para desarrollar la producción de briquetas en países de Asia, América y África, entre los que se considera a Perú, Nicaragua y Haití, para ser utilizados en zonas rurales y suburbanas. La finalidad de estos estudios es poder obtener un reemplazo natural a la leña que es muy utilizada en los países mencionados, ya que la depredación de este recurso puede impactar de forma profunda el ecosistema natural (p. 15).

A nivel nacional, los residuos sólidos orgánicos, se utilizan como componentes para la fabricación de briquetas, los cuales son utilizados para obtener energía calorífica necesaria para las actividades cotidianas de las personas: calefacción, alimentación, producción, etc. Valderrama & Gallo, (2019) elaboraron briquetas utilizando como insumo principal desechos caseros, los cuales se mezclan con ligantes como: aserrín, cal, arcilla; obteniendo briquetas altamente resistentes a las temperaturas medias superficiales entre 250 y 400 °C.

Puquina, es una zona dedicada a la agricultura específicamente a la producción de orégano, muña, eucalipto, entre otros, estos son vendidos en fardos y enviados a los distintos lugares de la región para su consumo; pero no siempre todo lo producido es distribuido o llega a su venta correspondiente, por lo que para recuperar antes de su deterioro, se realiza la extracción de aceite esencial de cada orgánico mencionado, posteriormente se genera un residuo luego de la extracción de aceite esencial.

Para la extracción de aceite esencial el porcentaje de rendimiento es de aproximadamente 1%, lo que equivale a decir que por cada 100 kg del vegetal ya sea orégano, muña o eucalipto se extrae cerca de 1 litro. Este dato es importante conocer debido a que los residuos que se generan son bastantes, dichos residuos son ubicados a los cantos de los cultivos, y pasan por un proceso inadecuado de compostaje ya que la zona tiene alta humedad y genera focos de contaminación pues llama a insectos o el desarrollo de bacterias.

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, la presente investigación se basa en trazar la metodología apropiada para trabajar los residuos obtenidos y transformarlos en unidades compactas de combustible denominadas briquetas, y calcular su rendimiento energético que puede ser aprovechado para la generación de vapor que se utiliza en los procedimientos de extracción de aceites esenciales.

La justificación social: Esta investigación permitirá que las poblaciones más vulnerables puedan utilizar de manera accesible briquetas para la realización de sus actividades cotidianas diarias como cocinar, darse calefacción y utilizar la energía calorífica para sus actividades productivas y a la vez promueva una cultura de reaprovechamiento de recursos naturales renovables. Se menciona que será

de fácil acceso debido a que, para la elaboración de las briquetas se podrá utilizar materia prima disponible en sus poblaciones como componente principal en la composición de briquetas.

Justificación teórica: Esta investigación va a desarrollar un método y va hacer uso de la tecnología (equipamiento que se requerirá) para trabajar los residuos orgánicos que generan y convertirlos en una fuente de combustible., eso será aprovechable para la extracción de aceites esenciales

Justificación Práctica: Esta investigación otorgará una solución práctica en la elaboración de briquetas con técnicas, insumos y equipos accesibles que permitirán a cualquier otro investigador o persona interesada poder replicar la metodología utilizada para corroborar o elaborar la propuesta de briquetas de este estudio. Esto permitirá que la presente investigación no se convierta en un documento meramente teórico poco replicable.

Y como Justificación Económica: Este estudio permitirá que se elaboren briquetas a través de insumos poco valorados tanto cualitativamente como económicamente, debido a que se utilizarán residuos orgánicos, insumos que prácticamente son desechados, aplicando la economía circular. Su accesibilidad económica se fundamenta en el abaratamiento de su costo final por utilizar como componente final residuos orgánicos, lo que permitirá que su acceso sea muy accesible económicamente hablando.

En base a lo encontrado se plantea la problemática general y los problemas específicos.

Problema general: ¿De qué manera se podrá elaborar las briquetas a partir de residuos orgánicos generados de la extracción de aceites esenciales y como se dará su aprovechamiento energético en la empresa FAGSOL S.A.C., distrito de Puquina?

Los problemas específicos son los siguientes:

- **PE1:** ¿Cómo se realizará la caracterización de los residuos?
- **PE2:** ¿Cómo se confeccionará las briquetas a partir de los residuos orgánicos generados y su adaptación al equipo de extracción de aceites esenciales?

- **PE3:** ¿Cómo se determinará el aprovechamiento energético de las briquetas?
- **PE4:** ¿Cuál será su rendimiento de la briqueta elaborada a partir de residuos orgánicos comparada al método convencional?

Objetivo general: Elaborar briquetas a partir de los residuos orgánicos generados de la extracción de aceites esenciales y su aprovechamiento energético.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- **OE1:** Caracterizar los residuos orgánicos para la elaboración de briquetas.
- **OE2:** Confeccionar la briqueta a partir de los residuos orgánicos obtenidos de la extracción de aceites esenciales y su adaptación al equipo de extracción de aceites esenciales.
- **OE3:** Determinar el aprovechamiento energético de las briquetas.
- **OE4:** Comparar el rendimiento de la briqueta con el método convencional.

Hipótesis general: Se puede elaborar briquetas ecológicas a partir de residuos de eucalipto generados en el proceso de extracción de aceites esenciales con excelentes propiedades físicas y con un aprovechamiento energético semejante al método convencional.

Hipótesis específica 1: La caracterización de los residuos orgánicos de eucalipto permite la elaboración apropiada de las briquetas ecológicas.

Hipótesis específica 2: Los residuos de eucalipto se pueden utilizar para la confección de briquetas ecológicas y simultáneamente, como fuente de energía calorífica en el proceso de extracción de aceites esenciales.

Hipótesis específica 3: Las briquetas ecológicas elaboradas a partir de residuos de eucalipto poseen un mejor aprovechamiento energético mientras mayor sea la cantidad de materia orgánica en un determinado volumen.

Hipótesis específica 4: El rendimiento de la briqueta elaborada a partir de residuos de eucalipto comparada con un combustible sólido convencional es semejante.

II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se mencionaron antecedentes importantes para la investigación, entre estos se tienen.

Como antecedentes internacionales se tiene:

Valiente, (2017), en la investigación elaborada para el Municipio de El Progreso en Jutiapa, en donde el objetivo fue conocer cuál es la ventaja, frente a otros productos similares, de fabricar briquetas tomando como insumo principal los residuos de arroz. Para ello se tuvieron que complementar los componentes de este insumo a través de la aplicación de almidón de yuca, lo que permitió que el material adquiriera mayor consistencia, la dosificación final utilizado fue de 70 % de residuo de arroz y 30% de almidón de yuca. Se obtuvo como resultado que el material final tiene un tiempo de combustión de 70 minutos, no genera muchas cenizas y es resistente frente a la humedad relativa. Se pudo concluir que la inversión inicial para poder producir este tipo de materiales puede ser un poco costosa al inicio, pero se obtendrá la recuperación económica total en un aproximado de 3 años (p. 7).

Vera, (2015), en esta investigación el objetivo fue diseñar un prototipo de briqueta ecológica hecha de biomasa vegetal deshidratada para que sea un reemplazo natural a la leña y de esta forma mejorar las áreas naturales del municipio. Este estudio se constituyó a través de un primer trabajo en el lugar de estudio, luego se analizó lo obtenido en laboratorios para finalmente aplicarlo de forma experimental. Se obtuvo como resultado que la dosificación más adecuada para elaborar este tipo de briquetas consiste en cascara de café, residuos de arroz y desechos de caña en las siguientes dosificaciones (60%, 20%, 20% respectivamente). Se puede concluir que la utilización de esta dosificación es la más adecuada ya que permite que la consistencia del material es el más adecuado y la capacidad calorífica cumpla con los estándares solicitados (p.11).

Hernández, (2011), En la investigación realizada para la empresa TYSAI S.A. el objetivo fue mejorar el carbón vegetal en briquetas Pakemar a través de la utilización de aditivos naturales. Para ello, se fabricaron briquetas a nivel experimental siguiendo todos los procedimientos que usualmente utiliza la empresa para que de esta forma se obtenga un resultado comparativo con el producto original. Para poder realizar esta comparativa de manera objetiva, ambas muestras se midieron a través de los estándares de la norma UNE EN1860-2. Los resultados mostraron que esta nueva briqueta fabricada tiene un tiempo de combustión más largo (30 minutos más), los residuos de cenizas son menores y el impacto ambiental se reduce en un 50% (p. 5-6).

En la investigación de Setter et al. (2020) mencionan que es importante estudiar las variables relacionadas con el proceso de fabricación de briquetas y la materia prima porque estos parámetros pueden afectar la calidad del producto final. Es por ello que investigaron la influencia del tamaño de partícula en las propiedades físico-mecánicas y energéticas de briquetas producidas con cascarilla de café. Sus resultados mostraron que el tamaño de partícula influye directamente en la densidad aparente, la resistencia a la compresión y la densidad de energía de las briquetas. En general, las briquetas obtenidas con partículas menores de 1,2 mm presentaron mejores características físico-mecánicas y energéticas, pero no hubo diferencia significativa en la expansión volumétrica o resistencia a la abrasión de los productos densificados entre los tratamientos.

Gonzalez y Rosales, (2016), En esta tesis el objetivo fue elaborar briquetas de Aserrín y material ruminal impregnados con biodiesel. Para su elaboración se llevó a cabo un procedimiento de 3 factores (humedad, mezcla, biodiesel) en dos niveles diferentes, los resultados obtenidos determinaron características de una briqueta con mejor rendimiento. Se determinó que la humedad del insumo alcanza valores inferiores al 8%, mientras que el porcentaje de cenizas es bajo (menos del 0.10%), por lo tanto, se puede decir que este producto tiene mejores propiedades en

cuanto a combustión. La densidad de este producto también se puede considerar como alta en donde el poder calorífico alcanzó un valor de 18.42 con una dosificación de 75/25 (aserrín y material ruminal). Respecto a los costos de producción por probeta fueron de C\$ 1.78, en donde se tiene que señalar que el aserrín y el estiércol son insumos prácticamente gratuitos en la zona de estudio (p. 1).

Como antecedentes nacionales en la presente, Aguirre y Costilla, (2017), tuvo como finalidad realizar la elaboración de briquetas eco amigables a través del uso de residuos de arroz, por lo cual fue necesario hacer un análisis de sus propiedades mecánicas y estructurales. Para ello se desarrolló experimentalmente el insumo en un laboratorio. Se obtuvo como resultado que este producto propuesto tiene una resistencia importante frente a cargas de compresión, lo que lo vuelve un material consistente para su uso. Se puede afirmar que la dosificación más adecuada es una relación 40/60 entre ligante y residuo de arroz respectivamente (p. 6).

Cunirama, (2018), En esta tesis el objetivo fue darles un segundo uso a los desperdicios originados en los procesos para cosechar aceitunas, para ello se buscó elaborar briquetas en base a residuos de olivo y orujo de aceituna, el material que permitió unir estos desperdicios fue un ligante natural. La propuesta se validó a través de la creación de un prototipo analizado en laboratorio, la dosificación se caracterizó de la siguiente manera: 20:30:60, correspondiendo a orujo de aceituna, olivo y ligante respectivamente. Como resultados se obtuvo que las propiedades caloríficas de este nuevo material fueron significativas dando como valor final 5 709,46 Kcal/kg, llegando a la conclusión que su implementación en la industria tendrá efectos favorables (p. 9).

Diaz, (2018), nos relata que el objetivo del estudio realizado fue fabricar briquetas a través de la utilización de residuos naturales para utilizarlos como fuentes de calor en la industria, este material se compone de cascaras de cacao, café y arroz, en donde para poder unir estos

materiales se utilizaron cascaras de melaza como ligante natural. Además, para reforzar la compactación de este material se utilizó una prensa hidráulica con una capacidad de compactación de 3 toneladas. La dosificación ideal de acuerdo a lo obtenido, demostraron que con un 53% de cascarilla de cacao se obtiene un valor calórico de un aproximado de 9910 Kcal/Kg; las probetas elaboradas de café tuvieron una proporción de 71% de cascarilla de este fruto con un valor calorífico de 9920 Kcal/Kg. Se puede concluir que el uso de residuos naturales con ligantes también naturales permiten la creación de briquetas con calidades adecuadas para su implementación en la industria (p. 21).

Valderrama et al. (2007) realizaron briquetas a partir de los residuos domiciliarios obtenidos de un sector del distrito de San Martín de Porres. La investigación determina como factores esenciales en la elaboración de las briquetas: composición, humedad, densidad y granulometría. Elaboraron 3 tipos de briquetas cilíndricas con un volumen de 446cm³ con 70% en masa. Como resultados obtuvieron una humedad relativa es de 89-91 %, determinaron que a mayor cantidad de aserrín en su composición mayor es la densidad de las briquetas y el poder calorífico disminuye a medida que aumenta la cantidad de aserrín así también esta variación se debe a que la cal y la arcilla logran disminuir el poder calorífico de las briquetas y lo hacen gradualmente de acuerdo al porcentaje en peso en su composición. Durante la combustión de las briquetas las temperaturas medias superficiales alcanzaron elevadas temperaturas hasta de 400 °C.

En este capítulo, también se mencionan las bases teóricas en donde se describirán los aspectos más representativos para esta investigación considerando sus variables y dimensiones:

Residuos orgánicos: “El aumento de los residuos orgánicos en las ciudades se ha convertido en un peligro sanitario, que impacta negativamente sobre la economía, la salubridad y el medio ambiente en todas las naciones. Los orígenes de estos desechos pueden tener

diversas fuentes, sin embargo, de forma general se relacionan con el poco manejo en el consumo de alimentos y el deficiente tratamiento de ellos, así como el desmedido sobre consumo de productos. Los residuos pueden catalogarse de diversas formas en función en donde y cuando se generan, por ejemplo, el concepto de pérdida hace referencia a la poca eficiencia en una cadena de valor de productos, los desperdicios se refieren a la eliminación deliberada de los insumos de consumo humano y el concepto de despilfarro se refiere a los alimentos que se pierden por falta de consumo o sobre guardado” (Peñuela y Pérez, p. 107-124).

Por lo ya expuesto es de necesidad conocer los conceptos relacionados al tema de investigación.

Diseño de la briqueta: Para el diseño de briquetas en base a residuos orgánicos se debe implementar tres fases disciplinarias las cuales constan en: trabajo de campo, en laboratorio e implementación de tecnología

- Tuesta, (2016), Elaboración del aglomerante: Los aglomerantes naturales pueden elaborarse de cualquier materia orgánica que posea almidón debido al componente glucósido. El proceso de elaboración de este tipo de insumos consiste básicamente en el rayado o descascado del producto, luego debe de sumergirse o añadir agua, luego se tiene que dejar secar, ya sea en el sol o en la sombra por un tiempo prolongado para finalmente obtener una sustancia polvosa, la cual es el almidón. A esta sustancia final se le debe de agregar agua para que se forme un nuevo producto, el cual será pegajoso con alta capacidad de adherencia, este producto final es el aglomerante (p. 2-22).

Fabricación de las briquetas: Para poder escoger los materiales que conformaran las briquetas deben de considerarse aspectos como el alto contenido de humedad, el tipo de fibra y la disponibilidad de obtención del producto, así como el impacto positivo que generará la reutilización de este insumo. Luego de que se seleccionan los productos estos deben de molerse para que su granulometría sea uniforme, luego deben de

mezclarse en función a proporciones y porcentajes para finalmente agregar el aglomerante natural en donde se obtendrá una masa pastosa (Tuesta, 2016, p. 2-22).

Rendimiento energético: Para medir el rendimiento energético de una probeta se debe de realizar la prueba de encendido, este método depende mucho del tipo de ventilación o el nivel de aire en el espacio, el autor considera que es mejor que los flujos de aire estén controlados para que no alteren las propiedades de las pruebas. El procedimiento de la prueba de encendido básicamente consiste en conocer con cuando de facilidad las briquetas logran el encendido (Tuesta, 2016, p. 7-14).

Pueden obtenerse dos resultados diferenciados al realizar este procedimiento:

Existe un encendido: Cuando se inicia el encendido de las probetas de madera estas se prenden hasta consumirse o por lo menos en un tiempo prolongado (entre 20 a 40 minutos). Para realizar este procedimiento se pueden encender dos a más briquetas (Tuesta, 2016, p. 7-14).

Tuesta, (2016), relata que no se produce el encendido: Esto se produce cuando al momento de realizar el encendido, la briqueeta no se prende o si lo hace esta se apaga a los pocos minutos sin consumirse completamente. Para que una briqueeta sea aprobada en esta prueba, debe de pasar esta etapa de evaluación de manera fácil con un encendido óptimo (p. 7-14).

Tuesta, (2016), Comparación con suministro convencional: Una de las razones fundamentales de la fabricar briquetas tomando como insumos desechos naturales es poder realizar la reutilización de los desechos, dándoles una segunda etapa productiva, sin embargo, también se deben de evaluar las propiedades físicas y de impacto ambiental del nuevo producto (p. 2-22).

Debido a ello, se pueden emplear diversos métodos para hacer la comparativa (análisis de varianza, ley de promedios, prueba de Tukey, softwares estadísticos

etc.). El autor considera los siguientes criterios como los principales para realizar una comparación:

Tuesta, (2016), Composición de las briquetas: Debe de evaluarse cuál es el tipo de composición que deben de tener las briquetas considerando las siguientes características: Tipo de briqueta, especie (frutal, arbórea), porcentaje de aserrín, porcentaje de residuos sólidos orgánicos, porcentaje de cascarillas, porcentaje de almidón y los litros totales de agua (p. 8-11).

Poder calorífico superior: Este término hace referencia a la capacidad de encendido de una briqueta, lo que repercutirá en la empleabilidad del producto. Para ello deben determinarse los valores promedios, máximos, mínimos y estándar en el encendido del producto. (Tuesta, 2016, p. 8-11).

Emisiones de gases de combustión: Las emisiones de gases son una condicionante importante para poder determinar si un producto es contaminante o no. Los estándares internacionales exigen que las emisiones de gases en briquetas no deben de superar el 10%. Los valores de gases que deben de determinarse son los siguientes: Porcentaje de dióxido de carbono, porcentaje de dióxido de azufre y el porcentaje de dióxido de nitrógeno (Tuesta, 2016, p. 8-11).

Tuesta, (2016), Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas: El aprovechamiento energético hace referencia a las energías renovables en un producto basado en biomasa para su utilización como biocombustible. Este tipo de procedimientos se realizan para aprovechar los residuos en contextos donde existe mucha presión para consumir recursos medioambientales sensibles como la madera de los bosques, por lo tanto, es necesario aprovechar los residuos de las actividades productivas de la zona para contribuir a la reutilización (p. 2-22).

Rodríguez, (2016), Caracterización de residuos orgánicos: Es necesario realizar las caracterizaciones de los residuos orgánicos para poder

fundamentar una propuesta de nuevos materiales. Los indicadores que sustentan estas caracterizaciones son: las propiedades físicas, químicas y biológicas del material. Conocer estas características permita que se utilice de manera adecuada el agua, así como una incorporación equilibrada de residuos al nuevo producto (p. 9-15).

Rodríguez, (2016), En los últimos años está en auge la implementación de nuevos materiales a través de la reutilización de residuos orgánicos, en donde es importante señalar que las propiedades físicas como la estructura, porosidad y retención de humedad son indicadores fundamentales para que el nuevo producto sea exitoso en el mercado (p. 9-15).

Posada y Pulido, (2018), Generación de residuos orgánicos: Para poder estimar la generación y los componentes de los residuos orgánicos se pueden emplear dos técnicas básicas: el muestreo y el flujo de materiales. También existen métodos ya corroborados por instituciones gubernamentales locales que permiten estimar la generación de residuos orgánicos como las propuestas por OMS, las cuales consisten en el análisis sectorial de los residuos (p. 28-37).

Posada y Pulido, (2018), Existen otras técnicas para estimar la generación de residuos orgánicos como la aplicación del modelo de extrapolación hiperbólica en donde para ello se utilizan los datos de los Censos Nacionales en donde se identifican las principales actividades económicas que pueden clasificarse en tres grandes grupos importantes: agrícola e industrial, comercial y servicios turísticos. Todos estos datos se analizan en cada municipalidad y de esta forma se obtiene el total generado en una ciudad (p. 28-37).

Rodríguez - Fernández, (2017), Impacto de los residuos orgánicos: Los residuos orgánicos pueden considerarse como un potencial agente favorable en la composición de los suelos que requieren aumentar su fertilidad o rendimiento, muchas economías en crecimiento utilizan los

desechos de residuos orgánicos para fertilizar sus áreas de cultivo (p. 59-68).

Rodríguez - Fernández, (2017), Los residuos orgánicos son por excelencia un gran reservorio de nutrientes para los cultivos ya que les proporciona adecuadas propiedades físicas e hidrofísicas a los sustratos y suelos, estos productos posibilitan la ventilación de las raíces y retienen de mejor forma la humedad, mejorando notablemente el rendimiento de los huertos. Otro aspecto positivo de este tipo de productos es que su presencia se sustenta de manera persistente en la tierra durante muchas cosechas (p. 59-68).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El alcance y tipo de investigación es descriptiva, debido a que esta investigación busca describir los hechos tal cual se producen, midiendo de forma científica cada variable identificada. (Hernandez, Fernández y Baptista, 2014, p. 58-67). En el caso de la presente investigación, se evaluarán de forma metódica la relación entre los residuos orgánicos y el proceso de elaboración de las briquetas.

Hernández, Fernández & Baptista, (2014), esta investigación tiene un diseño no experimental, debido a que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, se trata de investigación donde no se hace variar intencionalmente las variables independientes. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. “La investigación no experimental es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o las condiciones”. De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio, sino que son observados en su ambiente natural, en su realidad (p. 184).

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Residuos orgánicos

Definición conceptual

Los residuos orgánicos son aquellos generados en viviendas, comercios, o cualquier otra actividad humana, las cuales no sean catalogadas como peligrosas y en función a sus propiedades, tendrían la posibilidad de volver a reutilizarse (Valiente, 2017, p. 4-22).

Definición operacional

Las propiedades físicas de los residuos orgánicos deben ser caracterizados experimentalmente, buscando conocer las siguientes propiedades: Contenido de humedad, tamaño de residuos y densidad de la materia orgánica (Valiente, 2017, p. 4-22).

Dimensiones 1: Caracterización de residuos orgánicos

La caracterización de los residuos se realizó para poder determinar características específicas del residuo sea la humedad, tamaño y densidad aparente de la materia orgánica (Valiente, 2017, p.4-6).

Indicadores

- Humedad

El Indicador de humedad es de vital importancia, ya que depende del tipo de biomasa con el cual se trabaje. Pero es importante resaltar que mientras más baja sea la humedad en la biomasa, mejor será el poder calorífico que posea. Existen diversos métodos de secado; sin embargo, dentro de las materias primas e biomasa forestal, la humedad debe estar por debajo del 50 % (Hernández, 2018, p. 10).

- Tamaño de residuos

El indicador de tamaño de partícula es uno de los parámetros más importantes debido a que la unión entre las partículas del material lignocelulósico es un buen indicador de la calidad de la briqueta (Setter et al., 2020, p. 2).

- Densidad aparente de la materia orgánica

Una de las principales limitaciones del uso de biomasa como materia prima para productos bioenergéticos es el indicador de baja densidad aparente (base húmeda), que normalmente oscila entre 80 y 100 kg /m³ para paja y pastos agrícolas y 150–200 kg/m³ para recursos leñosos como astillas de madera y aserrín. Las bajas densidades de la biomasa a menudo hacen que el material sea difícil de almacenar y transportar (Tumuluru et al., 2011, p. 684).

Dimensión 2: Generación de residuos orgánicos

Es generada por distintas actividades que realiza el ser humano sean agrícolas, ganadera o de otro tipo las cuales al ser eliminados pueden causar problemas. (Valiente, 2017, p. 4).

Indicadores

- Residuos que se generan

Después del carbón y el petróleo, la biomasa se erige como el tercer recurso energético más grande del mundo (Tumuluru et al., 2011).

Algunos de los recursos de biomasa disponibles para la producción de briquetas de biocarbón incluyen paja, bagazo de azúcar (residuo fibroso de la caña de azúcar procesada), tallo de maíz, cáscara de maní, paja de trigo, cáscara de palma, desechos forestales, cáscara de arroz, tallo de arroz y varias malas hierbas limpiadas de las tierras de cultivo. Se han llevado a cabo varias investigaciones sobre briquetas de biocarbón utilizando algunas de estas biomásas (Onuegbu et al., 2011, p. 153).

- Espacio ocupado

Las características indeseables inherentes a la biomasa, como baja densidad y alta humedad, afectan los costos de transporte y almacenamiento. Una solución sencilla y directa para superar estas desventajas es la compactación mecánica de la biomasa, convirtiendo la biomasa en briquetas (Setter et al., 2020, p. 2).

-Frecuencia de generación

Dimensión 3: Impacto de los residuos orgánicos

Es aquella situación que se da al aglomerarse los residuos orgánicos en un punto el cual altera el suelo, lo vuelve vulnerable y se presencia impactos en los cultivos aledaños. (Valiente, 2017, p. 4-22).

Indicadores

-Alteración de suelos

-Espacio vulnerable por la acumulación de los residuos orgánicos

-Impacto en los cultivos

La matriz de operacionalización se encuentra en la Tabla 1

Variables Dependientes: Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas

Definición conceptual

Las briquetas son productos de fácil elaboración en su mayoría renovables, puesto que se utilizan componentes orgánicos naturales sin toxicidad, en donde se puede reducir los contaminantes atmosféricos de forma considerable en relación con el uso de leña (Valiente, 2017, p. 4-22).

Definición operacional

Las propiedades físicas y caloríficas de las briquetas fueron caracterizados experimentalmente, buscando conocer las siguientes propiedades: Dimensiones (longitudes), porcentaje de la composición, masa de la briketa, energía (en Joules) y grados centígrados (Valiente, 2017, p. 4-22).

Dimensión 1: Diseño de la briketa

La briketa puede estar fabricada según las necesidades y opciones que se tenga incluyendo en ello, la cantidad a proporcionar, el tamaño y forma. (Samamé, 2017, p. 20).

Indicadores

- Tamaño y forma

Las briquetas en su forma y tamaño pueden variar dependiendo de la máquina de producción, sea de procesos de extracción de tornillo, de extracción a pistón o artesanales con briketadoras a presión (Hernández, 2018, p. 8).

- Humedad

El contenido de humedad óptimo de las briquetas se encuentra por debajo del 10% para que la efectividad dentro de la estufa sea la más óptima (Chungcharoen & Srisang, 2020, p. 5; Hernández, 2018, p. 11).

- Densidad

La densidad aparente se encuentra entre los parámetros más importantes de las briquetas como combustible. La densidad de las briquetas depende del tamaño de las partículas de biomasa, la presión

de compactación, la temperatura y el tiempo de formación de briquetas (Setter et al., 2020, p. 2). El proceso de densificación de la biomasa, como el briqueteado, consiste en la aplicación de presión sobre una masa de partículas dispersas, con el objetivo de producir un material sólido, compacto y geométrico de alta densidad (Avelar et al., 2016, p. 417)

- Cantidad de materia orgánica para una briqueta

Dimensión 2: Aprovechamiento energético

Se puede reaprovechar estos residuos mediante la elaboración de la briqueta, ya que una vez elaborada pueda ser utilizada como una fuente energética (Samamé, 2017, p. 17).

Indicadores

- Calor generado
- Temperatura alcanzada
- Tiempo de duración encendido

El tiempo de encendido se toma como el tiempo medio necesario para lograr un fuego incandescente constante de las briquetas (Onuegbu et al., 2011).

Dimensión 3: Comparación con suministro convencional

Indicadores

- Calor generado durante la extracción para ambos métodos
- Temperatura alcanzada en ambos combustibles
- Consumo económico

La matriz de operacionalización se encuentra en la Tabla 2.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población lo conformarán los agricultores que pertenecen a la Asociación de Agricultores de Puquina que son los que generan los residuos orgánicos.

La muestra será confiable en la cantidad de probetas, es necesario utilizar un aproximado de 1 kilogramo, el cual estará conformado por la recolección de diferentes puntos de la pila del orgánico que genera. (Díaz, 2018, p. 25-30).

Para el muestreo deberán de considerarse criterios de codificación (por tipo de biomasa o material), parámetros organolépticos (olor, color, sabor, textura) y propiedades físicas inmediatas: humedad, peso, poder calorífico (Díaz, 2018, p. 25-30).

El muestreo serán las 4 probetas las cuales serán tomadas como muestreo cada 2 metros.

Las muestras se recolectaron en el distrito de Puquina, provincia General Sánchez Cerro, región Moquegua, Perú (Figura 1).

- Ubicación: El acceso se hace por la carretera 34D que va de Arequipa a Puquina, en el Km 63.8.
- Coordenadas Geográficas: -16.62, -71.1822
- Elevación: 3084 m.s.n.m.

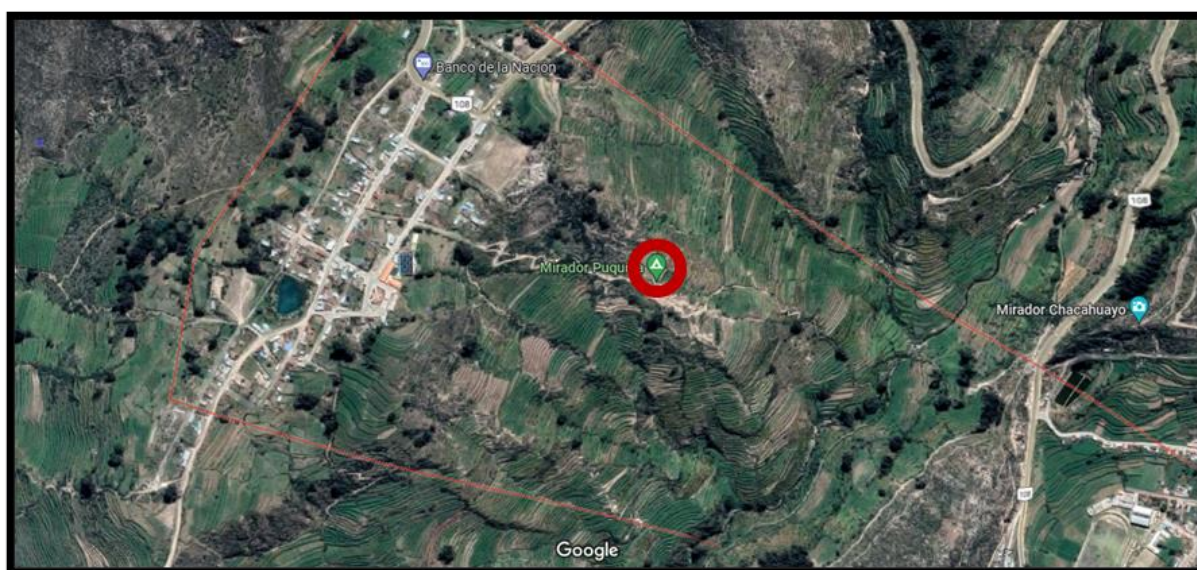


Figura 1. Zona de recolección de muestras en Puquina- Moquegua.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la etapa de caracterización de residuos orgánicos se utilizarán como técnicas referenciales:

- Técnica de observación.
Está definida como una técnica de recolección de información consistente en la inspección y estudio de las cosas o hechos tal como acontecen en la realidad mediante el empleo de los sentidos (Yuni y Urbano, 2006, p. 40)
- ASTM D4442 – Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement.
Con este método se determina el contenido de humedad de una muestra de madera. Implica el peso de la muestra antes y después de secarla en el horno a una temperatura mayor a 100 °C.
- NTP 251.011: Método para determinar la densidad.
El objetivo de este ensayo es la determinación de la densidad de madera sólida (aplica a muestras orgánicas sólidas) con una masa y volumen conocidos.

Como instrumentos se utilizará:

- Fichas de recolección de datos para la caracterización de los residuos orgánicos (medidas de densidad aparente y humedad), para caracterización de las briquetas (densidad y humedad) y determinación de aprovechamiento energético (temperatura máxima de combustión, tiempo de encendido y calor de combustión entregado).
- Plantillas estandarizadas en Excel para la determinación de los cálculos y gráficos correspondiente a cada análisis.
- Programa Statgraphics Centurión 19[®] para determinar las diferencias estadísticamente significativas mediante un análisis de varianza (ANOVA).
- Matrices de consistencia

3.5. Procedimientos

-Caracterizar los residuos orgánicos para la elaboración de briquetas

Caracterización de los residuos orgánicos

Se debe tener en cuenta las características físicas de la materia, para ello se debe observar el tamaño de partícula, el porcentaje de humedad, la densidad del orgánico.

Determinación de la densidad principio de Arquímedes:

De acuerdo con la teoría de Newton, si se sumerge una materia en un material líquido, este ejercerá una fuerza contraria de acuerdo a la presión del líquido en donde se sumerge. Este método se conoce como Arquímedes, una técnica muy empleada para determinar la densidad de un objeto (Falco, Franceschelli, & Maro, 2010).

Determinación del porcentaje de humedad

Después de triturar y tamizar la muestra se busca alcanzar una cantidad de 100g de residuos homogenizados, después se realiza el siguiente procedimiento:

- Se rotulan tres recipientes de 50 ml para pesarlos
- Se anota el peso obtenido
- Se aforan las muestras con el peso + la muestra húmeda
- Se introducen los recipientes en el horno
- Deben de secarse a 105 °C durante 24 horas
- Se retira las muestras y se realiza el pesado de los recipientes
- Se aplica la fórmula de humedad y se halla el resultado.
- Para calcular el contenido de humedad:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{A - B}{A - C} * 100$$

Dónde:

A = Peso del crisol + muestra húmeda (g).

B = Peso del crisol + muestra seca (g).

C = Peso del crisol (g).

Determinación del tamaño de partícula de la muestra

Se desarrollará un análisis visual de los residuos orgánico para poder describirlo en función de su forma y tamaño.

-Diseño de la briqueta

Dimensiones

Las dimensiones de la briqueta van de acuerdo con la base de la columna de destilación, por lo que se anotara las dimensiones y espacio que debe poseer el equipo de extracción en la parte inferior para que resulte cómodo insertar la briqueta y encenderla. En el diseño se debe considerar:

- Dimensiones de la briqueta.
- Forma de la briqueta.
- Diseño de la mezcla de briqueta.
- Numero de orificios que posee la briqueta.
- Grado de compactación (el cual será medido de acuerdo con la densidad de la misma).

-Confección de la briqueta

Recolección de materia prima

La recolección comprende en adquirir los componentes necesarios para armar la briqueta, y como materia indispensable y fundamental son los residuos orgánicos, posteriormente se requerirá de un aglutinante.

Porcentaje de mezcla de componentes

Luego, se distribuye la cantidad de materia prima a cada tratamiento, se prosiguió a elaborar 3 briquetas.

Moldeado y Prensado

La mezcla es llevada a una moldura y posteriormente prensada para eliminar agua que se encuentre en abundancia y brindar a la briqueta el grado de compactación.

Secado

-Determinación del aprovechamiento energético de las briquetas

Durante la elaboración y combustión de las briquetas, se consideró la medición de parámetros físicos y químicos como porcentaje de humedad,

densidad aparente y real, temperatura, tiempo de combustión y calor de combustión, estos influyen el comportamiento energético de la briqueta. Además, que garantizan la calidad de la briqueta.

Cálculo de la masa y densidad de la briqueta

- Se emplea una balanza para determinar la masa de la probeta.
- Con las dimensiones de la briqueta se calcula su volumen.
- Se determina la densidad de la briqueta.

De las características más importantes de las briquetas es su alta densidad, esto porque facilita el transporte, almacenaje y manipulación del producto. La obtención de briquetas de alta densidad tiene como objetivo que al transportar el producto final este ocupe menor volumen a igual peso. Para la densidad se tiene dos tipos la real y aparente, la densidad real es la propia de la materia y densidad aparente tiene relación al modo cómo cada tipo de biocombustible sólido tiende a llenar un determinado volumen, y el grado de compactación que se haya realizado.

$$\rho = \frac{\textit{masa de materia}}{\textit{volumen de materia}}$$

Encendido de la briqueta

- La briqueta es encendida con ayuda de ventilación y papel, es en este momento que se inicia el tiempo de encendido de la briqueta.

Cálculo del tiempo de encendido de la briqueta

- Una vez encendida la briqueta se cuantifica el tiempo de encendido de la briqueta, hasta que ya se haya consumido por completo, analizando los tiempos en el que proporcione fuego constante.

Determinación de la temperatura que alcanza la briqueta

- Se controla la temperatura con ayuda de un termómetro infrarrojo.

- Se anota en la tabla cada 10 min para mantener el promedio de temperatura alcanzada por la briqueta.

Cálculo del calor que entrega la briqueta

Se calcula el calor que entrega la briqueta a partir de la temperatura alcanzada y el tiempo que dura la briqueta encendida.

$$Q = m * c * (Tf - Ti)$$

Dónde:

Tf = Temperatura final (°C)

Ti = Temperatura inicial (°C)

m = Masa (g)

c= capacidad calorífica

- Comparar el rendimiento de la briqueta con el método convencional.
 - Se pesa un trozo de madera de igual masa que la briqueta
 - Se enciende la madera igual que la briqueta
 - Se toma tiempo de duración de encendida de la madera
 - Se toma lectura de la temperatura alcanzada por la madera
 - Se procede al cálculo de la energía calorífica alcanzada
 - Se efectúa la comparación de ambas fuentes de combustible

3.6. Métodos de análisis de datos

Los datos recolectados serán analizados e interpretados en el programa EXCEL.

Programa Statgraphics Centurión 19[®] para determinar las diferencias estadísticamente significativas mediante un análisis de varianza (ANOVA).

3.7. Aspectos éticos

Para este estudio se tendrá especial cuidado de respetar criterios de beneficencia, autonomía, justicia y no maleficencia, respetando la autoría de los contenidos utilizados y buscando que durante la ejecución no se genere ningún daño.

En primer lugar, el principio de autonomía menciona que el investigador tiene la capacidad para poder realizar la investigación de forma libre, el principio de beneficencia refiere que se deben minimizar los daños y maximizar los beneficios. Los involucrados en una investigación deben conocer los beneficios que se lograrán con el desarrollo de esta investigación. El principio de intencionalidad está presente por la motivación orientada a contribuir con el bien común. Por último, el principio de justicia tiene como objetivo que todos salgan beneficiados, lo cual se buscará una vez que se obtengan resultados y que estos sean compartidos con las autoridades. (Acevedo, 2002, p. 25).

IV. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos de Eucalipto extraídos del proceso de extracción de aceites, el dimensionamiento y caracterización de las briquetas, el aprovechamiento energético y la comparación con un combustible sólido comercial (leña seca).

Se evaluó las características organolépticas iniciales de la biomasa (parte usada: hojas) en estudio: color, sabor, forma, olor, textura, longitud y espesor con la finalidad de obtener información importante a considerar en la etapa de combustión de las briquetas (Figura 2).



Figura 2. Muestras para la medición de características organolépticas y físicas de los residuos de eucalipto.

Tabla 1. *Parámetros organolépticos de la biomasa a analizar*

Parámetros organolépticos	Biomasa
	Eucalipto (<i>eucalyptus</i>)
Olor	Balsámico (limón)
Color	Grisáceo y verde azulado brillante
Sabor	Parecido a la menta
Textura	Homogénea y dura
Forma	Hojas: Pecioldadas, lanceoladas, oblongas
Longitud	Hojas adultas: 30.8 - 19.3 cm Hojas jóvenes: 7.1 - 1.8 cm
Espesor	Hojas adultas: 0.19 – 0.36 mm Hojas jóvenes: 0.11 – 0.24 mm

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1, se puede observar que la muestra de eucalipto (*eucalyptus*) presenta una coloración diversa, las hojas jóvenes son grisáceas y las adultas son de color verde azulado con brillo medio. Tiene olor balsámico característico con una leve fragancia a limón. La forma de las hojas es peciolada, lanceolada y oblonga y su longitud varía según el tipo de hoja: hojas adultas de 30.8 a 19.3 cm (espesor: 0.19 – 0.36 mm) y hojas jóvenes de 7.1 a 1.8 cm (espesor: 0.11 – 0.24 mm) aproximadamente.

Tabla 2. *Determinación de la humedad de Eucalipto (*eucalyptus*).*

N°	Peso de crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos – peso crisol)	% de Humedad
1	81.35	91.35	10.00	86.81	5.46	45.40
2	78.67	88.71	10.04	86.73	5.98	40.43
3	80.33	90.77	10.44	86.24	5.91	43.39
4	81.01	91.06	10.05	87.17	5.89	41.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Determinación de la densidad aparente de Eucalipto (*eucalyptus*).

N°	Peso de envase (g)	Peso envase + muestra (g)	Peso de muestra (g)	Volumen (cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)
1	87.20	153.54	66.34	1000	0.087
2	87.08	158.72	71.54	1000	0.087
3	86.94	152.65	65.71	1000	0.086
4	86.91	152.53	65.62	1000	0.087

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de humedad y densidad aparente se seleccionaron las hojas de eucalipto (*eucalyptus*), de las cuales se tuvo como muestra estándar 1 kg aproximadamente. Los resultados se muestran en las Tablas 2 y 3.

Tabla 4. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de la humedad y densidad aparente.

	Promedio	D.S	CV (%)
Humedad (%)	42.653	2.208	0.052
Densidad (g/cm³)	0.087	0.001	0.006

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4, indica que la muestra orgánica de eucalipto (*eucalyptus*) alcanza un peso constante al 42.653 ± 2.208 % de contenido de humedad y tiene una densidad aparente inicial de 0.087 ± 0.001 g/cm³.

Las dimensiones de la briqueta van de acuerdo con las medidas de la entrada de combustible sólido al extractor de aceites, por lo que en la Figura 3 se muestra el diseño del equipo utilizado para la extracción de aceites considerando el espacio que posee el equipo en la parte inferior para el diseño de las briquetas.



Figura 3. Equipo extractor de aceites.

El molde que se utilizó para la elaboración de la briqueta es de forma cilíndrica con las siguientes medidas: 15 cm de radio, 50 cm de altura (Figura 4). Para la elaboración de las briquetas se consideró 5 orificios con un diámetro de 2.67 cm cada uno, ubicados axialmente para permitir su secado (ingresando aireación) y combustión con un diámetro y altura de 30 cm y 20 cm respectivamente (Figura 5).



Figura 4. Moldes para la elaboración de las briquetas.

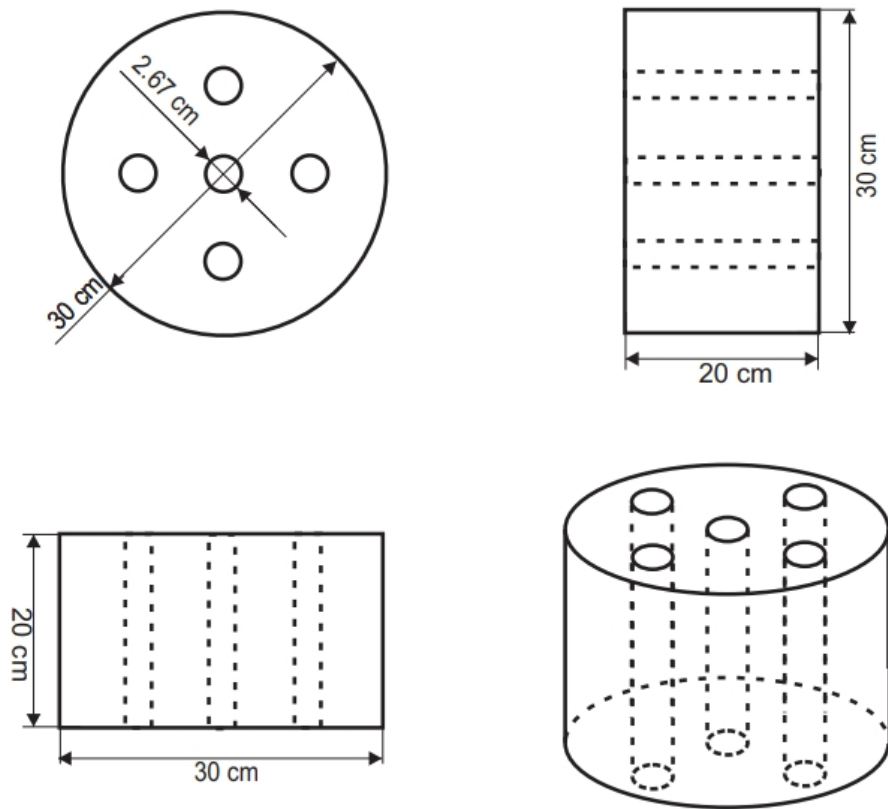


Figura 5. Diseño de briquetas.

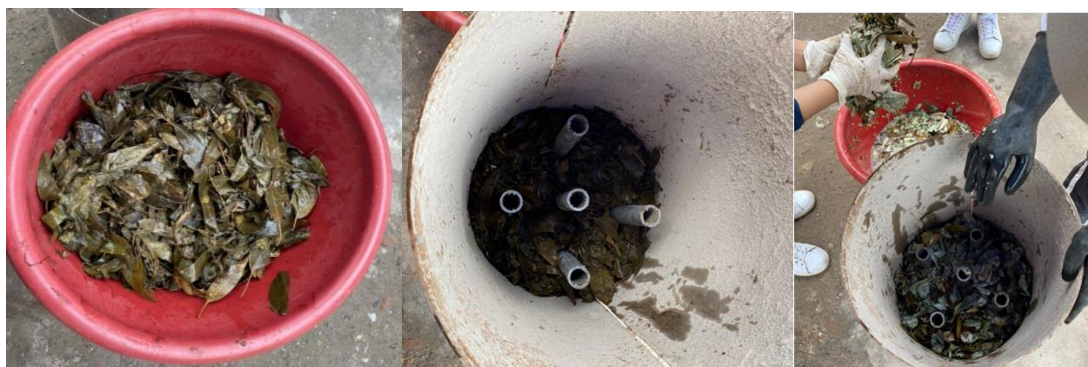


Figura 6. Residuos orgánicos para la elaboración de las briquetas.

La forma cilíndrica de las briquetas y los residuos orgánicos utilizados facilitan el proceso de prensado y compactación sin el uso de componentes químicos como aglutinantes (Figura 6), por lo tanto, se tuvo en cuenta el tamaño de las briquetas elegido, debido a que la entrada del combustible al extractor de aceite tiene una medida de 30 cm de largo y 20 cm de altura.

Una vez secada la briqueta se realizó los análisis: porcentaje de humedad, densidad, tiempo de encendido, calor de combustión y comparación con una briqueta comercial, para así concluir si la briqueta es de buena calidad.

Tabla 5. Densidad de la briqueta 1.

N°	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	705	30	21	14844.025	0.047
2	710	30	22	15550.884	0.046
3	698	30	21	14844.025	0.047

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Densidad de la briqueta 2.

N°	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	1452	30	23	16257.742	0.089
2	1500	30	20	14137.167	0.106
3	1383	30	21	14844.025	0.093

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Densidad de la briqueta 3.

N°	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm³)	Densidad (g/cm³)
1	2175	30	22	15550.884	0.140
2	2224	30	22	15550.884	0.143
3	2085	30	23	16257.742	0.128

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Promedio de las densidades de las briquetas.

Densidad (g/cm³)	Promedio (g/cm³)	D.S.	C.V. (%)
Briqueta 1	0.047	0.001	0.020
Briqueta 2	0.096	0.009	0.091
Briqueta 3	0.137	0.008	0.057

Fuente: Elaboración propia

La densidad se considera como una medida directa del almacenamiento y la manejabilidad de las 3 briquetas preparadas (Tabla 5, 6 y 7). Cuanto mayor sea la densidad, mayor será el espacio de almacenamiento disponible. La Tabla 8 muestra que la densidad de la briqueta 1 es 0.047 ± 0.001 g/cm³, de la briqueta 2 es 0.096 ± 0.009 g/cm³ y de la briqueta 3 es 0.137 ± 0.008 g/cm³ con un coeficiente de variación de 0.020 %, 0.091 % y 0.057 %, respectivamente.

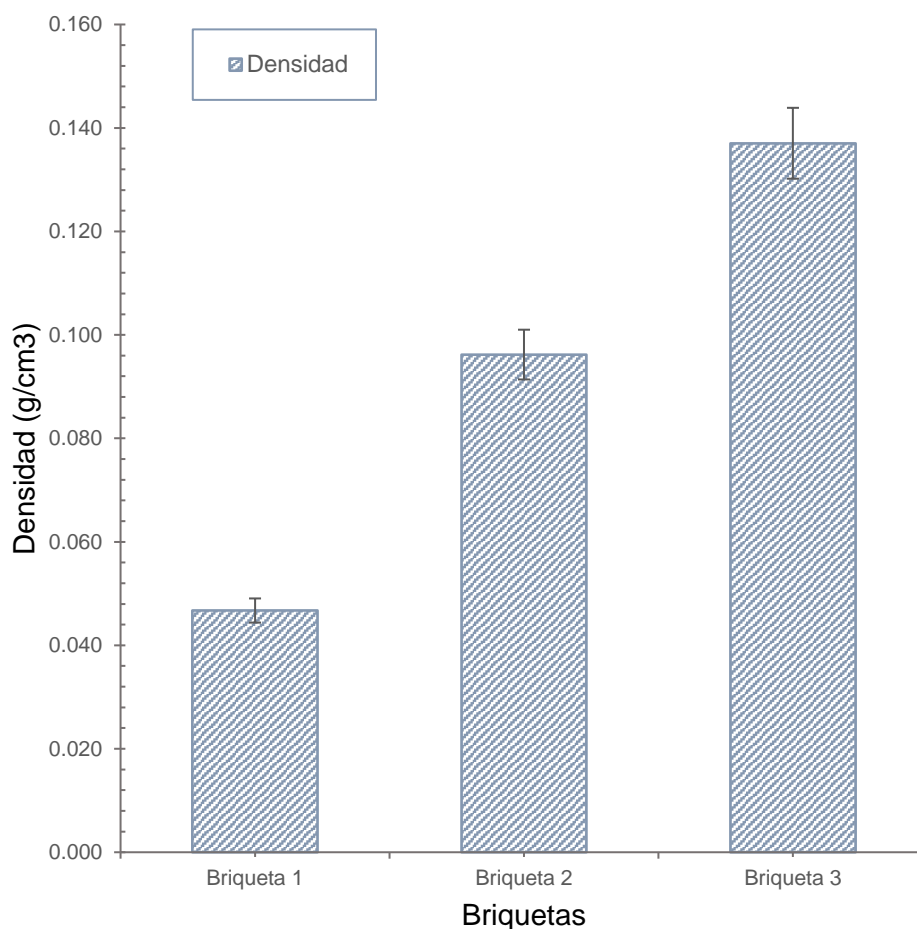


Figura 7. Densidad de las briquetas.

A partir de la Tabla 8 y la Figura 7, se identificó que la densidad de las briquetas varió entre 0,047 g/cm³ y 0,137 g/cm³.

Para la prueba térmica se utilizaron briquetas de 0.704 ± 0.006 Kg, 1.445 ± 0.059 Kg y 2.161 ± 0.071 Kg. Para analizar el comportamiento del tiempo de encendido y la temperatura de combustión de cada briqueta con respecto al tiempo, se midió la temperatura alcanzada por las briquetas en intervalos de 5 minutos como se muestra en la Figura 8. De la misma forma, se analizó el tiempo total de encendido

y temperatura de combustión máxima alcanzada para un combustible sólido comercial (leña seca) como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Análisis del tiempo y temperatura de combustión de las briquetas.

Tabla 9. Comportamiento de la temperatura de combustión con respecto al tiempo (Briqueta 1).

N°	Tiempo (min)	T 1 (°C)	T 2 (°C)	T 3 (°C)	Prom	D.S.	C.V. (%)
1	0	18	18	19	18	0.751	0.041
2	5	33	35	35	34	1.250	0.036
3	10	55	50	54	53	2.610	0.049
4	15	70	74	73	72	2.136	0.029
5	20	100	103	103	102	1.677	0.016
6	25	125	117	122	121	4.070	0.034
7	30	152	142	148	147	5.056	0.034
8	35	183	178	182	181	2.610	0.014
9	40	209	208	210	209	0.902	0.004
10	45	180	174	178	177	3.092	0.017
11	50	148	153	152	151	2.610	0.017
12	55	123	131	128	127	4.070	0.032
13	60	97	102	101	100	2.610	0.026
14	65	72	79	77	76	3.580	0.047
15	70	65	64	66	65	0.902	0.014
16	75	60	58	60	59	1.250	0.021
17	80	57	55	57	56	1.250	0.022
18	85	54	52	54	53	1.250	0.023
19	90	50	48	50	49	1.250	0.025
20	95	49	48	50	49	0.902	0.018

Fuente: Elaboración propia

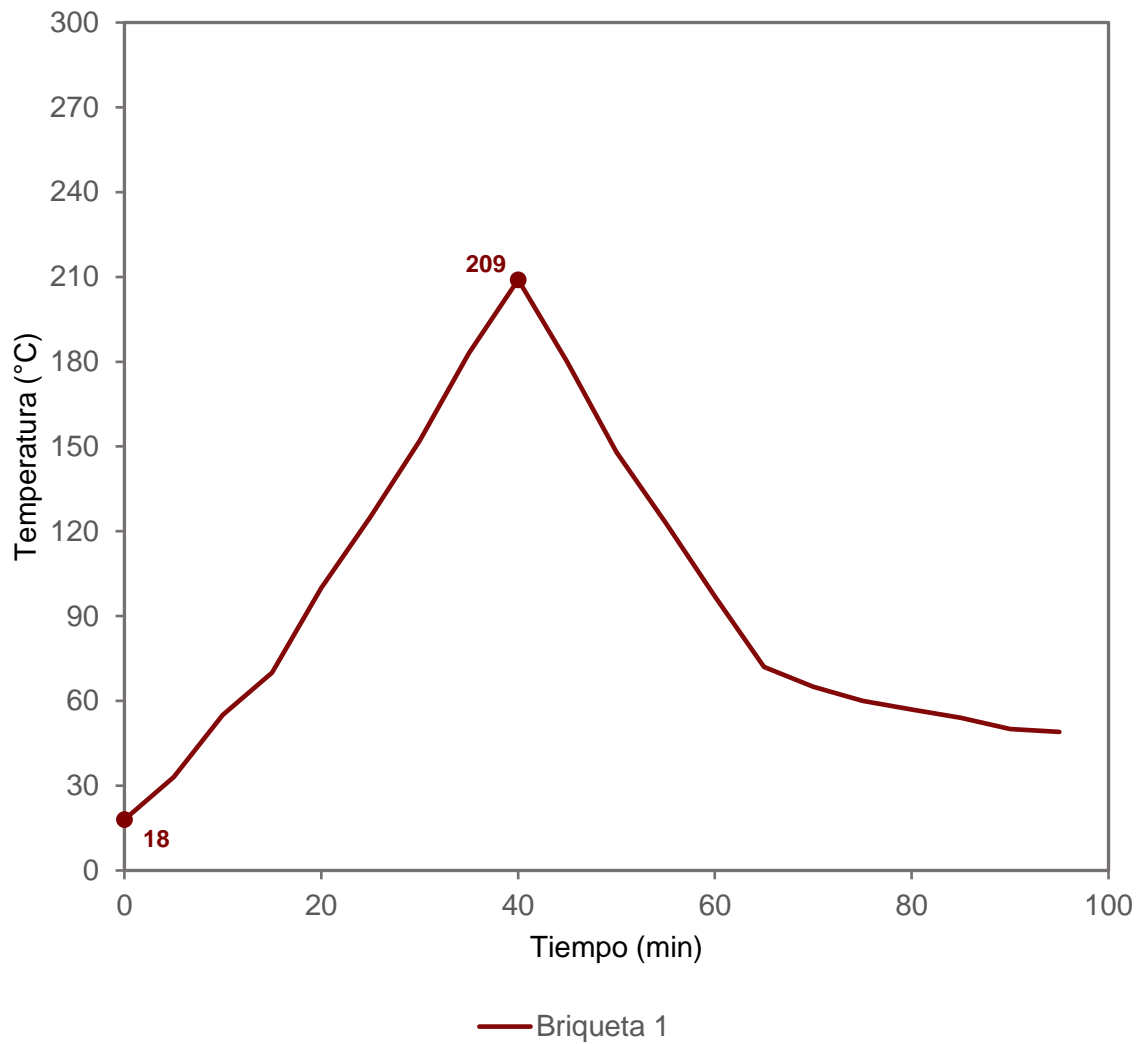


Figura 9. Representación gráfica de la Temperatura de combustión de la briqueta 1.

Se realizó el perfil de temperatura de combustión con respecto al tiempo de encendido para la briqueta 1 como se observa en la Tabla 9 y la Figura 9. La temperatura inicial alcanzada fue de 18.000 ± 0.751 °C (C.V. = 0.041 %) y la temperatura máxima de combustión fue 209.000 ± 0.902 °C (C.V. = 0.004 %) a los 40 minutos. El tiempo total de encendido es de 95 minutos.

Tabla 10. Comportamiento de la temperatura de combustión con respecto al tiempo (Briqueta 2).

N°	Tiempo (min)	T 1 (°C)	T 2 (°C)	T 3 (°C)	Prom	D.S.	C.V. (%)
1	0	17	19	19	18	1.286	0.070
2	5	31	35	34	33	2.157	0.064
3	10	60	74	68	67	7.047	0.104
4	15	78	81	81	80	1.704	0.021
5	20	99	104	103	102	2.627	0.026
6	25	127	132	131	130	2.627	0.020
7	30	144	150	148	147	3.107	0.021
8	35	173	173	174	173	0.808	0.005
9	40	201	195	199	198	3.107	0.016
10	45	224	234	230	229	5.065	0.022
11	50	237	240	240	239	1.704	0.007
12	55	245	252	250	249	3.592	0.014
13	60	258	263	262	261	2.627	0.010
14	65	260	271	267	266	5.559	0.021
15	70	260	267	265	264	3.592	0.014
16	75	264	269	268	267	2.627	0.010
17	80	271	267	278	272	5.568	0.020
18	85	220	226	224	223	3.107	0.014
19	90	190	184	188	187	3.107	0.017
20	95	163	161	163	162	1.286	0.008
21	100	160	149	156	155	5.559	0.036
22	105	151	135	144	143	8.041	0.056
23	110	135	129	133	132	3.107	0.023
24	115	121	114	119	118	3.592	0.030
25	120	103	106	106	105	1.704	0.016
26	125	85	92	90	89	3.592	0.040
27	130	80	84	83	82	2.157	0.026
28	135	72	79	77	76	3.592	0.047
29	140	60	68	65	64	4.081	0.063
30	145	58	60	60	59	1.286	0.022
31	150	53	54	55	54	0.950	0.018
32	160	47	53	51	50	3.107	0.062

Fuente: Elaboración propia.

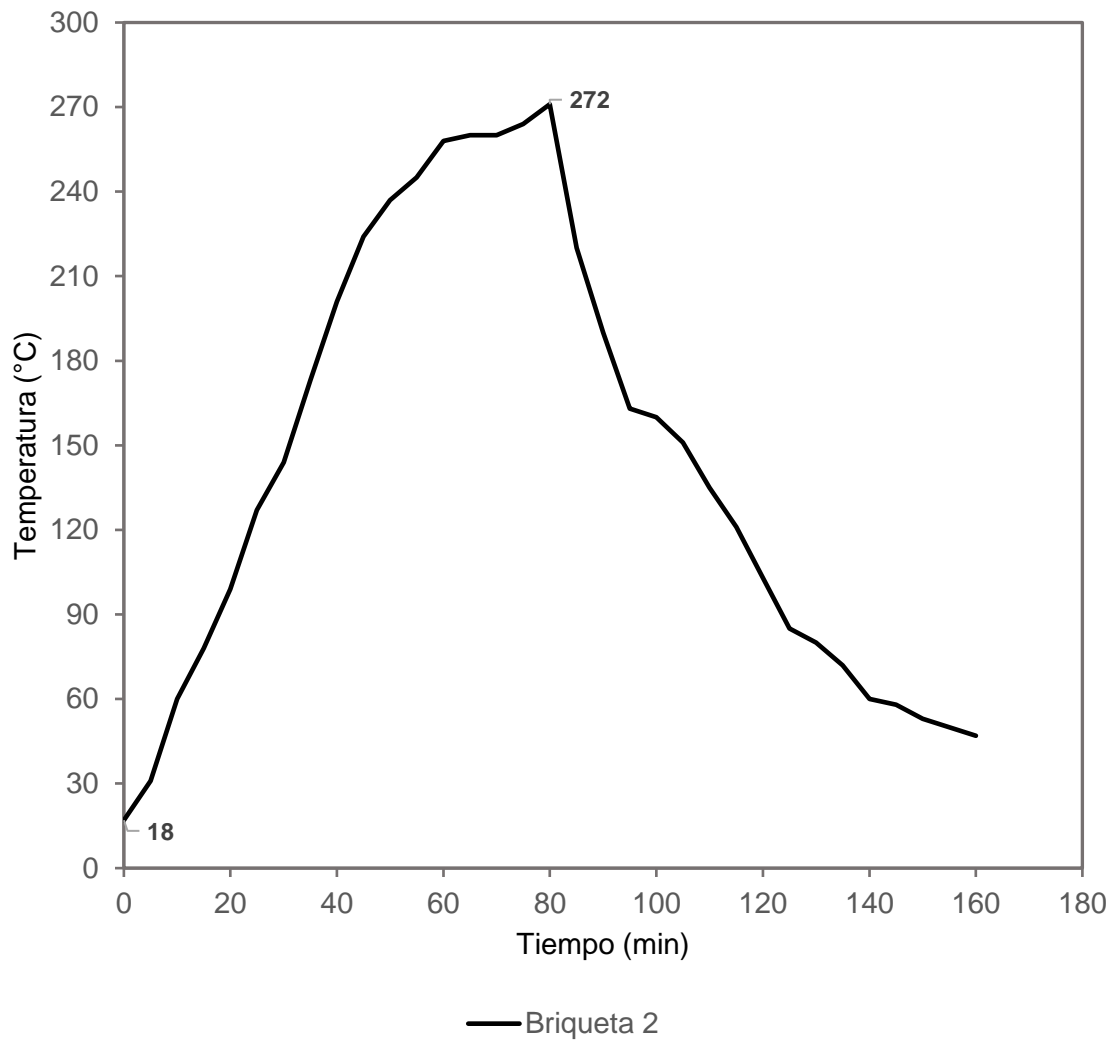


Figura 10. Representación gráfica de la Temperatura de combustión de la briqueta 2.

El perfil de temperatura de combustión con respecto al tiempo para la briqueta 2 se muestra en la Tabla 10 y la Figura 10. La temperatura inicial alcanzada fue de 18.000 ± 1.286 °C (C.V. = 0.070 %) y la temperatura máxima de combustión fue 272.000 ± 5.568 °C (C.V. = 0.020 %) a los 80 minutos. El tiempo total de encendido es de 160 minutos.

Tabla 11. Comportamiento de la temperatura de combustión con respecto al tiempo (Briqueta 3).

N°	Tiempo (min)	T 1 (°C)	T 2 (°C)	T 3 (°C)	Prom	D.S.	CV (%)
1	0	20	19	21	20	0.902	0.045
2	5	39	34	38	37	2.610	0.071
3	10	71	62	68	67	4.562	0.068
4	15	84	93	90	89	4.562	0.051
5	20	105	109	108	107	2.136	0.020
6	25	127	133	131	130	3.092	0.024
7	30	137	145	142	141	4.070	0.029
8	35	182	198	191	190	8.035	0.042
9	40	210	200	206	205	5.056	0.025
10	45	231	220	227	226	5.551	0.025
11	50	239	236	239	238	1.677	0.007
12	55	246	245	247	246	0.902	0.004
13	60	262	268	266	265	3.092	0.012
14	65	264	270	268	267	3.092	0.012
15	70	267	273	271	270	3.092	0.011
16	75	271	280	277	276	4.562	0.017
17	80	275	283	280	279	4.070	0.015
18	85	280	285	284	283	2.610	0.009
19	90	282	284	284	283	1.250	0.004
20	95	275	280	279	278	2.610	0.009
21	100	272	271	273	272	0.902	0.003
22	105	254	246	251	250	4.070	0.016
23	110	241	238	241	240	1.677	0.007
24	115	204	201	204	203	1.677	0.008
25	120	173	184	180	179	5.551	0.031
26	125	142	136	140	139	3.092	0.022
27	130	120	118	120	119	1.250	0.010
28	135	104	102	104	103	1.250	0.012
29	140	91	93	93	92	1.250	0.014
30	145	85	81	84	83	2.136	0.026
31	150	73	68	72	71	2.610	0.037
32	155	65	60	64	63	2.610	0.041
33	160	58	54	57	56	2.136	0.038
34	165	52	49	52	51	1.677	0.033
35	170	49	48	50	49	0.902	0.018

Fuente: Elaboración propia.

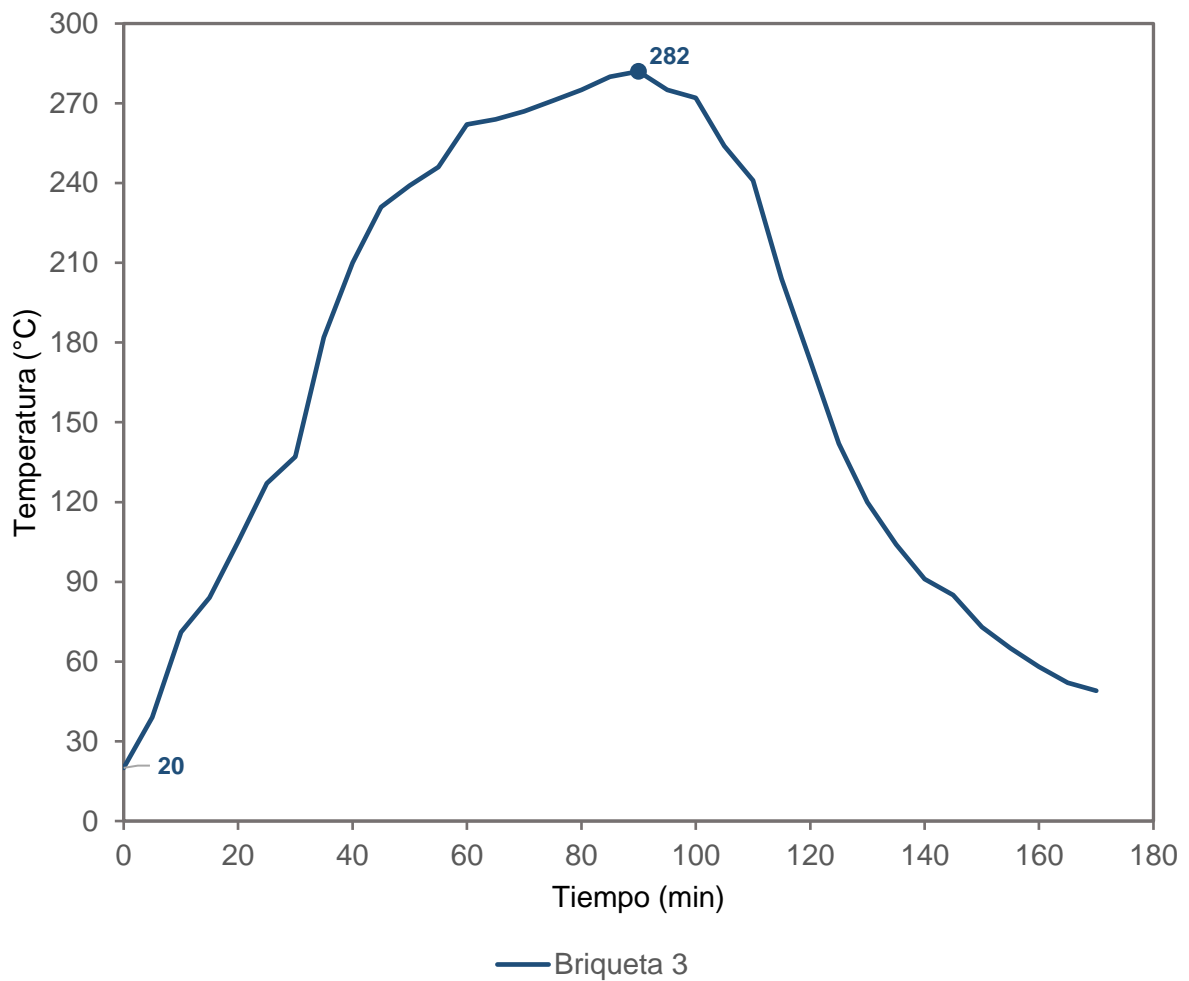


Figura 11. Representación gráfica de la Temperatura de combustión de la briqueta 3.

El perfil de temperatura de combustión con respecto al tiempo para la briqueta 3 se muestra en la Tabla 11 y la Figura 11. La temperatura inicial alcanzada fue de 20.000 ± 0.902 °C (C.V. = 0.045 %) y la temperatura inicial máxima de combustión fue 286.000 ± 2.610 °C (C.V. = 0.009 %) a los 85 minutos. El tiempo total de encendido es de 170 minutos.

Tabla 12. Temperatura inicial y temperatura máxima de combustión de las briquetas.

N°	Masa (Kg)	Tiempo (H)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura máxima (°C)
Briqueta 1	0.704 ± 0.006	1.35	18.000 ± 0.751	209.000 ± 0.902
Briqueta 2	1.445 ± 0.059	2.4	18.000 ± 1.286	272.000 ± 5.568
Briqueta 3	2.161 ± 0.071	2.5	20.000 ± 0.902	286.000 ± 2.610

Fuente: Elaboración propia

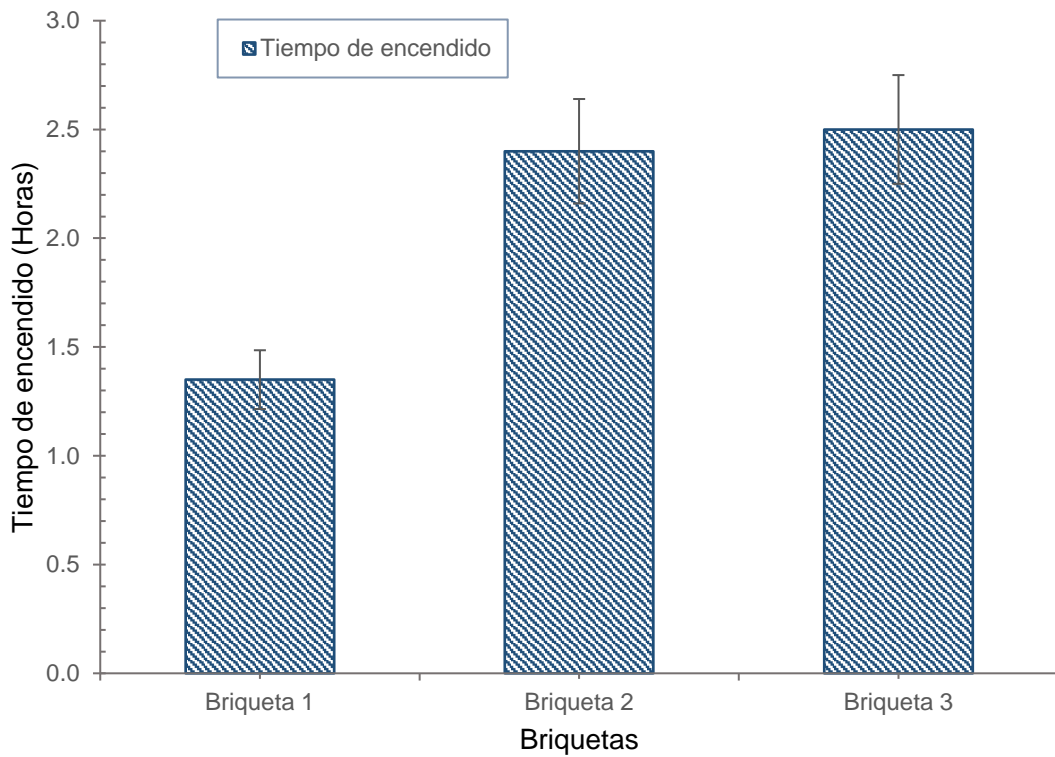


Figura 12. Tiempo de encendido (horas) de las briquetas.

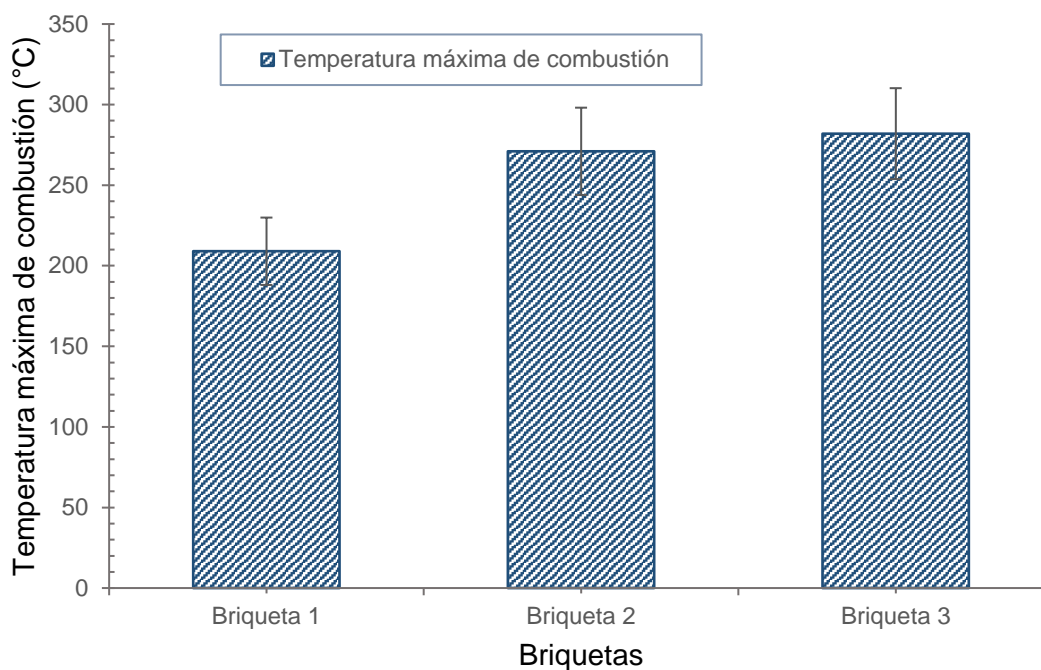


Figura 13. Temperatura máxima de combustión (°C) alcanzada por las briquetas.

La Figura 12 representa el tiempo total de encendido (horas) de la briqueta 1, 2 y 3, siendo 1.35, 2.4 y 2.5 horas. La Figura 13 muestra que temperatura máxima alcanzada por la briqueta 1, 2 y 3 es 209.000 ± 0.902 °C, 272.000 ± 5.568 °C y 286.000 ± 2.610 °C, respectivamente (Tabla 12).

El calor de combustión de las briquetas se calculó a partir de la masa de las briquetas, la temperatura inicial y la temperatura máxima de combustión alcanzada.

Tabla 13. Calor de combustión de las briquetas.

N°	Masa (Kg)	Calor (KJ)
Briqueta 1	0.704 ± 0.006	230.774 ± 1.208
Briqueta 2	1.445 ± 0.059	629.618 ± 9.973
Briqueta 3	2.161 ± 0.071	971.401 ± 5.536

Fuente: Elaboración propia.

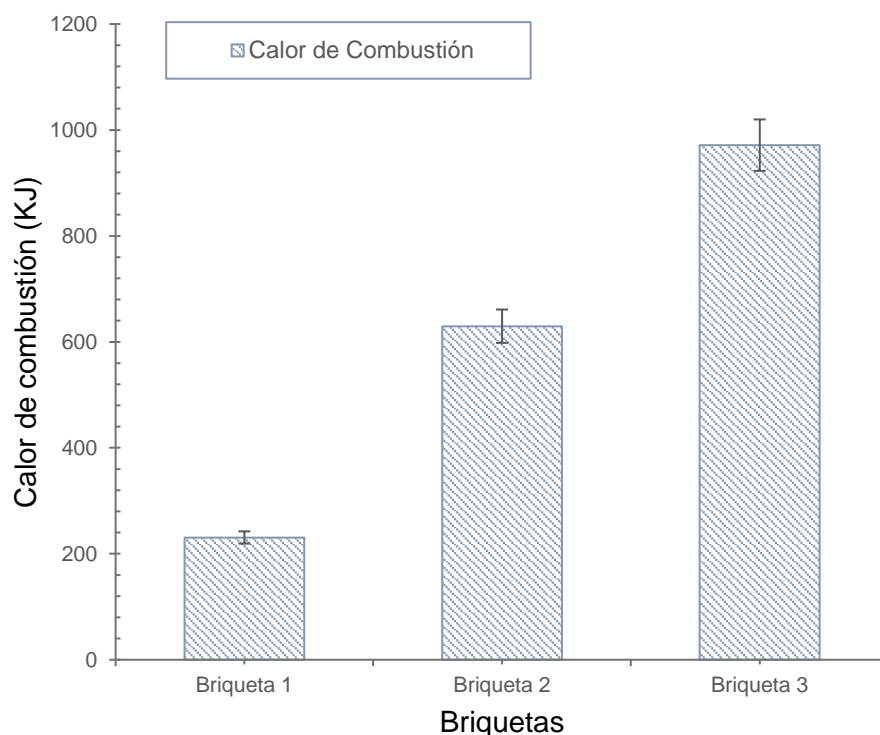


Figura 14. Calor de combustión de las briquetas.

A partir de la Tabla 13 y Figura 14 se identificó que el mayor valor del calor de combustión (971.401 ± 5.536 KJ) es el de la briqueta 3 debido a que tenía el mayor contenido de residuos orgánicos, el de la briqueta 2 es 629.618 ± 9.973 KJ y 230.774 ± 1.208 KJ de la briqueta 1.

Se comparó el calor de combustión entregado por la mejor briqueta y un combustible sólido comercial (leña seca). La comparación se realizó en una estufa artesanal como se muestra en la Figura 8.

Tabla 14. Calor de combustión de la leña seca y briqueta.

N°	Combustible	Masa (Kg)	Tiempo (min)	Calor (KJ)
1	Briqueta 3	1.000	93.6	452.346
2	Leña seca	1.000	101.0	372.250

Fuente: Elaboración propia.

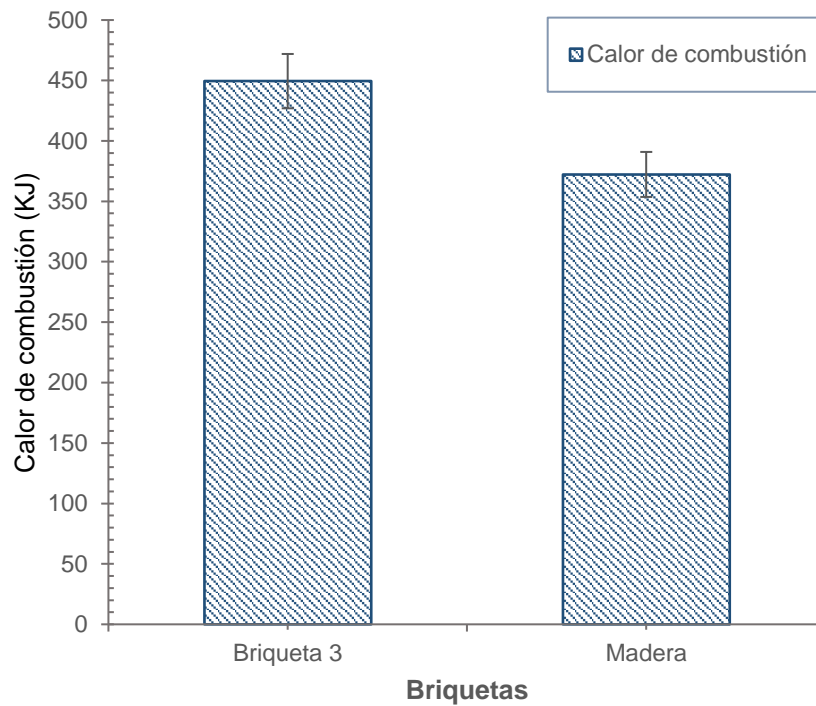


Figura 15. Calor de combustión de la briqueta y combustible sólido comercial (madera).

A partir de la tabla 14 y Figura 15 se deduce que el mayor calor de combustión entregado fue por la briqueta 3, siendo 452.346 KJ, sin embargo, obtuvo un menor tiempo de encendido. El calor de combustión generado por la leña seca fue de 372.250 KJ.

Tabla 15. ANOVA para Calor de Combustión por Densidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	839576.	2	419788.	9572.90	0.0000
Intra grupos	263.11	6	43.8517		
Total (Corr.)	839839.	8			

Fuente: Statgraphics Centurión 19.

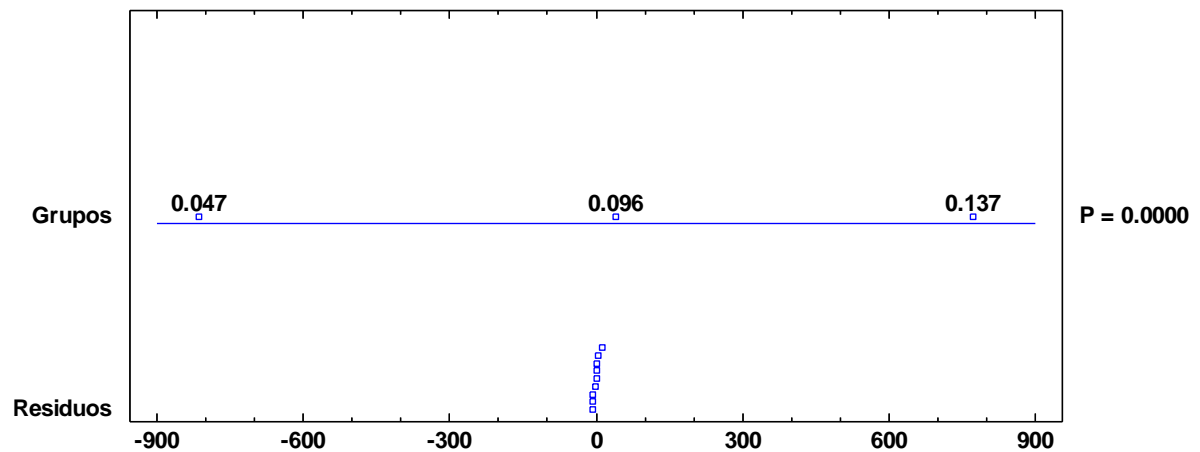


Figura 16. ANOVA para Calor de Combustión por Densidad.

La Tabla 15 y Figura 17 muestran un análisis de varianza de un factor para el Calor de combustión. Se comparó los valores medios del Calor de combustión para los 3 diferentes niveles de Densidad. La razón-F, que en este caso es igual a 9572.9, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del Calor de combustión entre un nivel de Densidad y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 16. ANOVA para la Temperatura máxima de combustión por Densidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9820.67	2	4910.33	749.03	0.0000
Intra grupos	39.3333	6	6.55556		
Total (Corr.)	9860.0	8			

Fuente: Statgraphics Centurión 19.

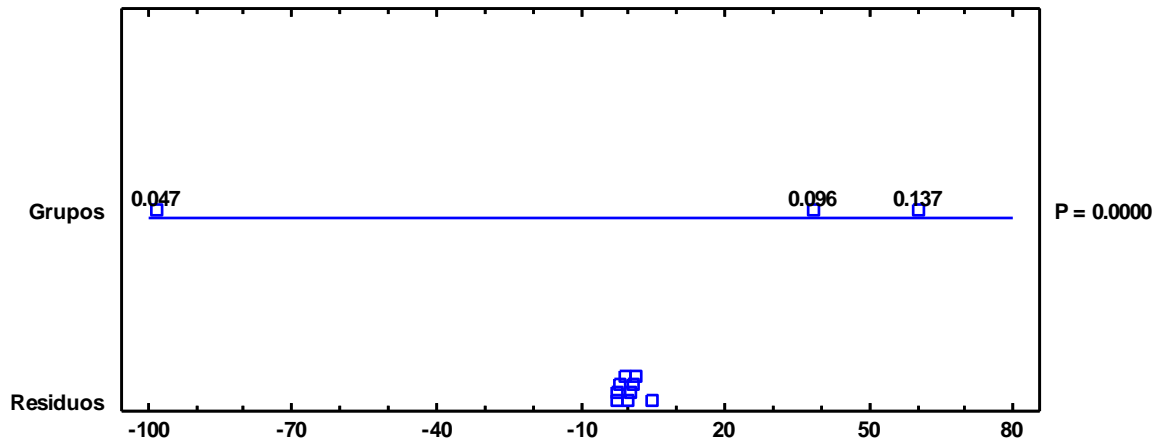


Figura 17. ANOVA para la Temperatura máxima de combustión por Densidad.

La Tabla 16 y Figura 17 muestran un análisis de varianza de un factor para la temperatura máxima de combustión. Se comparó los valores medios de la Temperatura máxima de combustión para los 3 diferentes niveles de Densidad. La razón-F, que en este caso es igual a 749.034, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de T. Max entre un nivel de Densidad y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

V. DISCUSIÓN

La muestra de residuos de hojas de eucalipto (*eucalyptus*) presentó un tamaño entre 1.8 cm a 30.8 (espesor: 0.11 – 0.36 mm). El tamaño de partícula es un factor importante para lograr mayor compactación. Sin embargo, para este trabajo de investigación se utilizó los residuos que se desecharon del proceso de obtención de aceites esenciales.

La humedad depende del tipo de biomasa con el cual se trabaje. Mientras menor sea la humedad en la biomasa, mejor será el poder calorífico que posea. Es importante considerar que, dentro de las materias primas de biomasa, la humedad debe estar por debajo del 50 % (Maldonado, 2015, p. 25). La humedad y densidad aparente de la muestra de residuos recolectada es 42.65 ± 2.208 % y 0.087 ± 0.001 g/cm³ respectivamente. La humedad se encuentra entre el rango recomendado por la bibliografía, sin embargo, es un factor que afectó directamente en la compactación y por lo tanto en el tiempo de encendido, calor de combustión generado y la calidad de las briquetas.

El contenido de humedad es el parámetro más influyente que está directamente relacionado con la propiedad de resistencia de la briketa. Aunque el contenido de humedad inicial de los residuos de eucalipto se mantuvo en una cantidad de 42.65 %, fue la razón detrás de la formación de fuerzas cohesivas entre las partículas. El líquido esparce la resina amarga y otros componentes del eucalipto que actúan como aglutinantes - plastificantes a través del espacio disponible entre los residuos de biomasa.

La densidad de las briquetas está afectada por el contenido de humedad de la materia prima utilizada para su elaboración. La densidad se considera como una medida directa del almacenamiento y la manejabilidad de las briquetas preparadas. Cuanto mayor sea la densidad, mayor será el espacio de almacenamiento disponible. La mayor densidad se encontró para la briketa 3 (100% residuos de Eucalipto derivados de procesos de extracción de aceites) con un valor de 0.137 ± 0.008 g/cm³ (CV= 0.020 %). La mayor densidad de la briketa 3 también se debe al efecto combinado de la homogeneidad y la mayor presión ejercida para su compactación. La densidad más baja de la briketa 1 podría atribuirse a la

inestabilidad de la presión ejercida por el operador. Un aumento en la presión de compresión conduce a una disminución en la densidad. La alta variabilidad de la densidad a la presión de 1.0 a 1.7 kPa, que es la fuerza que puede ejercer una persona en promedio (Valderrama, Herve, & Cesar, 2013, p. 28) también podría ser una indicación de un proceso de compactación inestable. La briqueta 3 con una densidad mayor que la briqueta 1 y 2 confirma el hecho de que la presión ejercida para la compactación fue el parámetro que más influyó en la densidad de la briqueta.

Además, se puede deducir que la unión mejorada de los residuos de Eucalipto de la briqueta 3 podría deberse a la deformación elástica y la deformación plástica de estos residuos de biomasa que dan como resultado la formación de enlaces entrecruzados a mayor presión. Una presión más alta conduce a puntos de contacto más altos que permiten que las fuerzas de corto alcance, como las fuerzas moleculares, electrostáticas y magnéticas, ayuden a que se produzca una unión más fuerte.

Los resultados obtenidos difieren de los valores de densidad de las briquetas de carbón de cascarilla de la Palma Africana (alrededor de 1.00 g/cm^3) que presenta Hernández (2011, p. 78-85-94-101) debido a que los autores usaron una briqueteadora que permite ejecutar mayores presiones de compactación comparados con la presión ejercida manualmente.

Las briquetas de cascarilla de arroz elaboradas por Valiente (2017, p. 49) muestran resultados con una densidad aproximada de 0.300 g/cm^3 , demostrando que el tamaño de partícula es un factor influyente para alcanzar mayores densidades.

Setter et al. (2020) informan que la densidad aparente de las briquetas se puede mejorar con una reducción del tamaño de las partículas. Por lo tanto, a mayor densidad, más concentrada la energía en el combustible (Avelar et al., 2016).

Según Tumuluru et al. (2011), la estructura morfológica, física y química de la materia prima tiene un efecto considerable en las propiedades mecánicas de los productos compactados. La composición química de la materia prima juega un papel crucial en el proceso de compactación porque algunos componentes presentes en la biomasa (por ejemplo:

almidón, lignina y proteínas) pueden funcionar como aglutinantes a temperaturas más altas.

Esto indica que, con los componentes del eucalipto, como aceites y resina amarga al actuar como plastificantes llenan los espacios vacíos entre las partículas de eucalipto. (Tumuluru et al., 2011)

Por otro lado, se puede afirmar que las briquetas están entre 5.67 a 13,71 veces más compactadas que la biomasa que las originó. Esto demuestra las ventajas de compactar residuos desechados del proceso de extracción de aceites para producir briquetas, que es obtener una mayor cantidad de masa y, en consecuencia, energía por unidad de volumen. Con ello se aprovechará mejor el espacio ocupado durante el transporte de material y el espacio interno de los equipos de conversión térmica.

El tiempo de encendido es el tiempo promedio que tarda una masa conocida de combustible en encenderse (Onuegbu et al., 2011). El tiempo de encendido ayuda a la combustibilidad de las briquetas. Durante este proceso, el tiempo de encendido se tomó como el tiempo necesario para lograr un fuego incandescente constante de las briquetas. El tiempo de encendido más corto de 1.35 horas se obtuvo de la briqueta 1. La briqueta 3 es la que tiene un mayor tiempo de encendido (170 minutos) y presenta la mayor temperatura de combustión 286.000 ± 2.610 °C (C.V. = 0.009 %) alcanzada a los 85 minutos, debido a que presenta una mayor densidad y cantidad de material orgánico con respecto a la briqueta 1 y 2.

De acuerdo con estudios previos, la biomasa mayormente comprimida tiende a tener una menor porosidad (bajo volumen de espacios de aire) en su matriz, lo que resulta en un suministro de aire y flujo de oxígeno restringidos, lo que retrasa la combustión (Davies y Abolude, 2013). Estas razones podrían explicar por qué la briqueta 3 tiene el tiempo de encendido más largo.

Los tiempos obtenidos en esta investigación son similares a los presentados por Valiente (2017, p. 50). Las briquetas de cascarilla de arroz tuvieron un tiempo de 70 minutos por kilogramo de briqueta, corroborando de esta manera que es posible utilizar briquetas elaboradas a partir de residuos orgánicos como sustitutos de los convencionales. Sin embargo, al comparar el calor de combustión generado por

kilogramo de masa, los valores obtenidos en este estudio son mucho menores a los obtenidos por el autor.

Díaz (2018, p. 56-57) reporta valores de calor combustión alrededor de 30000 KJ por kilogramo de biomasa para las briquetas fabricadas a partir de cascarilla de café, cacao y arroz con aglutinantes, debido a su alto contenido de material orgánico, alta presión de compactación y tamaño de partícula.

De los estudios anteriormente mencionados, es importante tomar en cuenta que, si se desea obtener briquetas de alta calidad, la biomasa debe estar altamente comprimida, este factor está directamente relacionado con el tiempo de encendido y puede ser el motivo del bajo calor de combustión generado. Sin embargo, al considerar que en la presente investigación se trabajó con la presión generada por la fuerza del brazo humano, se puede concluir que se obtuvieron resultados considerablemente buenos.

Mediante el análisis estadístico (ANOVA) se determinó que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de temperatura máxima de combustión y el calor de combustión entre un nivel de Densidad y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Se analizó el tiempo de encendido y calor de combustión entregado por la briketa en comparación con la leña seca, para esto se utilizó la misma cantidad de masa (1 kg), el tiempo de encendido de la briketa es 93.6 min y de la leña es 101 min.

A partir de los resultados obtenidos se deduce que el mayor calor de combustión entregado por kilogramo de biomasa fue por la briketa 3, siendo 449.445 KJ y de la leña seca fue de 372.250 KJ. Los resultados muestran que las briquetas de residuos de eucalipto pueden ser utilizadas como alternativa de sustitución de leña debido a que cumplen la misma función de generar calor, sin embargo, es importante considerar que se necesita una mayor cantidad de masa para igualar el tiempo de encendido en comparación con los combustibles sólidos convencionales. Por lo tanto, basándose en los factores anteriormente mencionados, las briquetas derivadas de residuos de eucalipto podrían ser fuentes de calor viables para reemplazar el carbón vegetal y las briquetas comunes en el mercado.

VI. CONCLUSIONES

- En los ensayos de caracterización de la biomasa, obtuvo un 42.65 ± 2.208 % de humedad, valor que se encuentra dentro del rango recomendado por la literatura y una densidad aparente de 0.087 ± 0.001 g/cm³.
- Para la elaboración de las briquetas se consideró 5 orificios con un diámetro de 2.67 cm cada uno, ubicados axialmente para permitir su secado y combustión con un diámetro y altura de 30 cm y 20 cm respectivamente. La densidad de la briqueta 1 es 0.047 ± 0.001 g/cm³, de la briqueta 2 es 0.096 ± 0.009 g/cm³ y de la briqueta 3 es 0.137 ± 0.008 g/cm³. La briqueta 3 obtuvo mayor densidad debido a la mayor presión ejercida para su compactación.
- La briqueta con mejor aprovechamiento energético fue la briqueta 3. La temperatura inicial fue de 20.000 ± 0.902 °C (C.V. = 0.045 %), la temperatura inicial máxima de combustión fue 286.000 ± 2.610 °C (C.V. = 0.009 %) alcanzada a los 85 minutos, el tiempo total de encendido es de 170 minutos y generó un calor de combustión de 971.401 KJ.
- El calor de combustión entregado por las briquetas obtenidas a partir de los residuos de eucalipto generado en los procesos de extracción de aceites, es mayor que el de la leña seca comercial siendo 452.346 KJ, sin embargo, obtuvo un menor tiempo de encendido con un total de 93.6 minutos. El calor de combustión generado por la leña seca fue de 372.250 KJ con un tiempo de encendido de 100 minutos. Las briquetas entregan mayor capacidad calorífica por unidad de masa en relación a la leña seca.

VII. RECOMENDACIONES

- Como opción para la producción y compactación de las briquetas, se recomienda utilizar briqueteadoras o algún método de prensado para agilizar el proceso de producción y aumentar la densidad de las briquetas (a mayor densidad más concentrada la energía) debido a que, según los resultados obtenidos en este estudio, la reutilización de desechos generados en el proceso de extracción de aceites esenciales como por ejemplo, los residuos de Eucalipto, son una buena opción como reemplazo de los combustibles sólidos comerciales.
- Se recomienda analizar el tamaño de partícula, el número de orificios para la confección de las briquetas obtenidas a partir de residuos de biomasa.
- Se recomienda utilizar los residuos generados en el proceso de extracción de aceites debido a que son una excelente opción sustentable para la obtención de productos con mayor valor agregado como es el caso de las briquetas y constituyen una alternativa para disminuir los daños ambientales ocasionados por la acumulación de estos residuos.
- La obtención de briquetas a partir de residuos generados en el proceso de extracción de aceites esenciales es economía circular. Se recomienda: obtener los residuos, producir las briquetas, y usarlas en el proceso de extracción de aceites esenciales como fuente de energía calorífica.

REFERENCIAS

- AFRA, E., ABYAZ, A. y SARAHEYAN, A., 2021. The production of bagasse biofuel briquettes and the evaluation of natural binders (LNFC, NFC, and lignin) effects on their technical parameters. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 278, pp. 12354. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.123543. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620335885>.
- AGUIRRE, F. y COSTILLA, N., 2017. Propuesta de una briqueta ecologica utilizando cascarilla y polvillo de arroz [en línea]. S.l.: Trujillo: Uctb. Disponible en: <file:///C:/Users/tecni/Downloads/Tesis>. Disponible en: http://repositorio.uct.edu.pe/bitstream/123456789/346/1/0061220211_0001193711_T_2018.pdf.
- AKOLGO, G.A., AWAFO, E.A., ESSANDOH, E.O., OWUSU, P.A., UBA, F. y ADU-POKU, K.A., 2021. Assessment of the potential of charred briquettes of sawdust, rice and coconut husks: Using water boiling and user acceptability tests. *Scientific African* [en línea], vol. 12, pp. 10. ISSN 24682276. DOI 10.1016/j.sciaf.2021.e00789. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351570452_Assessment_of_the_Potential_of_Charred_Briquettes_of_Sawdust_Rice_and_Coconut_Husks_Using_Water_Boiling_and_User_Acceptability_Tests.
- AVELAR, N. V., REZENDE, A. A. P., CARNEIRO, A. de C. O., & SILVA, C. M. 2016. Evaluation of briquettes made from textile industry solid waste. *Renewable Energy*, 91, 417–424. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2016.01.075>
- CHUNGCHAROEN, T., & SRISANG, N. 2020. Preparation and characterization of fuel briquettes made from dual agricultural waste: Cashew nut shells and areca nuts. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120434. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.120434>
- CUNURANA, 2018. Evaluación de briquetas obtenidas a partir de residuos de Poda del olivo y Orujo de aceituna como fuente de energía alternativa. Tacna: UPN.
- DAVIES, R., ABOLUDE, D., 2013. Ignition and Burning Rate of Water Hyacinth Briquettes *J. Sci. Res. Rep.*, 2, pp. 111-120, 10.9734/jsrr/2013/1964

- DÍAZ MÁRQUEZ, P.T., 2018. "Mezclas de biomásas y aglutinantes orgánicos para la mejora de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Lima 2018" [en línea]. S.l.: Lima: UCV. Disponible en. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17521>.
- FALCO, J., FRANCESCHELLI, I. y MARO, M., 2001. Método de Arquímedes para determinar densidades. Análisis gráfico de resultados experimentales. Universidad de San Andrés [en línea], vol. 4, pp. 1-4. Disponible en: https://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_mecanica/densidades_udesa1.pdf.
- HERNÁNDEZ, K. 2018. Análisis de eficiencia energética a través de la determinación del poder calorífico de la biomasa forestal en forma de briqueta de la especie eucalyptus grandis, para la región del municipio de palencia en el departamento de Guatemala [Universidad De San Carlos De Guatemala]. [http://www.repositorio.usac.edu.gt/10920/1/Kevin Roberto Hernández Tavico.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/10920/1/Kevin_Roberto_Hernández_Tavico.pdf)
- HERNÁNDEZ, R., 2011. Estudio técnico para la obtención de briquetas de fácil encendido a partir de carbón de la cascarilla de palma africana y su producción en la empresa TYSAL. S.A. Ecuador. [en línea]. Ecuador: Espc. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/1484/1/85T00206.pdf>.
- JELONEK, Z., DROBNIAK, A., MASTALERZ, M. y JELONEK, I., 2020. Environmental implications of the quality of charcoal briquettes and lump charcoal used for grilling. *Science of the Total Environment*, vol. 747, no. 14126, pp. 7. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141267.
- JULCAMORO, & ROMERO. 2018. "APROVECHAMIENTO DEL RIPIO DE CARBÓN ANTRACITA GENERADO EN LA CALERA ÍTALO, PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS, EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, 2018". Cajamarca: UPN.
- ONUENGBU, T.U., EKPUNOBI, U.E., OGBU, I.M., EKEOMA, M.O., OBUMSELU, F.O., 2011. Comparative studies of ignition time and water boiling test of coal and biomass briquettes blend *Int. J. Res. Rev. Appl. Sci.*, 7, pp. 153-159

- SETTER, C., ATAÍDE, C. H., MENDES, R. F., & de OLIVEIRA, T. J. P. 2020. Influence of particle size on the physico-mechanical and energy properties of briquettes produced with coffee husks. *Environmental Science and Pollution Research* 2020 28:7, 28(7), 8215–8223. <https://doi.org/10.1007/S11356-020-11124-0>
- TRUBETSKAYA, A., [et.al.]. 2019. Characterization Of Woodstove Briquettes From Torrefied Biomass And Coal. *Energy.*, vol. 171, pp. 10.
- TUESTA, T., 2016. Diseño y eficiencia energetica de briquetas elaboradas a partir de residuos solidos Organicos, aserrin y cascarilla de arroz [en línea]. Ucayali: Unu. Disponible en: http://www.repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4160/UNU_FORESTAL_AC_2016-DANNY_PEREZ_RUBEN_MANTURANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- TUESTA. 2016. Diseño y eficiencia energetica de briquetas elaboradas a partir de residuos solidos organicos, aserrin y cascarilla de arroz. Ucayali: UNU.
- TUMULURU, J. S., WRIGHT, C. T., HESS, J. R., & KENNEY, K. L. 2011. A review of biomass densification systems to develop uniform feedstock commodities for bioenergy application. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 5(6), 683–707. <https://doi.org/10.1002/BBB.324>
- VALDERRAMA, A., CURO, H., QUISPE, C., LLANTOY, V., & GALLO, J. 2007. BRIQUETTES OF ORGANIC SOLID RESIDUES AS SOURCE OF CALORIFIC ENERGY IN NOT CONVENTIONAL KITCHENS. *Centro de Desarrollo e Investigación En Termofluidos*, 26–34.
- VALDERRAMA, A., HERVE, C., & CESAR, Q. 2013. Briquetas de residuos sólidos organicos como fuente de energia calorifica en cocinas no convencionales. Peru: Centro de desarrollo he investigacion en Termofluidos.
- VALDERRAMA, C. Q., & Gallo. 2019. Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía calorífica en cocinas no convencionales. *Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos CEDIT*, 26 - 34.
- VALIENTE. (2017). "Elaboración de briquetas para aprovechamiento del residuo de

arroz en beneficios del Municipio De El Progreso, Jutiapa". Guatemala: URL.

VERA VELASQUEZ, A., 2015. Diseño de briquetas ecológicas para la generación de energía calórica y mejoramiento de ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake, Municipio de pueblo Bello-Cesar [en línea]. Valledupar: Unad. Disponible en: <https://eje.bioscientifica.com/view/journals/eje/171/6/727.xml>.

YUNI, Jose; URBANO, Claudio (2006) Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación. 2. ed. Córdoba: Editorial Brujas, 112pp. ISBN: 987-591-02

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General Debido a que se elaborarán briquetas a partir de residuos orgánicos obtenidos por la extracción de aceites esenciales, entonces es probable que el rendimiento final de la briqueta elaborada sea más eficiente en cuanto a costos, producción y propiedades caloríficas comparando con el método convencional.	Variable 1 / Independiente Residuos Orgánicos	Caracterización de residuos orgánicos	- Humedad -Tamaño de residuos -Densidad de la materia orgánica	-Porcentaje % -Tamaño de partícula de residuo (cm) -Especie vegetal -masa/volumen	Tipo de Investigación: Básica – Descriptiva Diseño de Investigación: No Experimental Población y Muestra Población: La población lo conformarán los agricultores que pertenecen a la Asociación de Agricultores de Puquina que son los que Muestra: La muestra será confiable en la cantidad de probetas. Técnicas: Instrumentos: Técnica de procedimiento de Datos: Los datos recolectados serán revisados, codificados y transcritos en EXCEL. - Los datos serán procesados y analizados usando la
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS			Generación de residuos orgánicos	-Cantidad de residuos que se generan -Espacio ocupado -Frecuencia de generación	-Masa (kg) -Área (m ²) -Tiempo de generación (días)	
¿Cómo se realizará la caracterización de los residuos?	Caracterizar los residuos orgánicos para la elaboración de briquetas.			Impacto de los residuos orgánicos	-Alteración de suelos -Espacio vulnerable por la acumulación de ellos residuos orgánicos -Impacto en los cultivos	-pH -Área (m ²) vulnerable -Color de los cultivos	
¿Cómo se confeccionará las briquetas a partir de los residuos orgánicos generados y su adaptación al equipo de extracción de aceites esenciales?	Confeccionar la briqueta a partir de los residuos orgánicos obtenidos de la extracción de aceites esenciales y su adaptación al equipo de extracción de aceites esenciales.						

¿Cómo se determinará el aprovechamiento energético de las briquetas?	Determinar el aprovechamiento energético de las briquetas.			Diseño de la briqueta	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño -Diseño de mezcla -Cantidad de materia orgánica para una briqueta 	<ul style="list-style-type: none"> -Dimensiones (longitud, alto, alto, ancho) - % de composición - Masa de la briqueta 	estadística descriptiva e Inferencia, Statgraphics Centurion.
¿Cuál será su rendimiento de la briqueta elaborada a partir de residuos orgánicos comparada al método convencional?	Determinar el aprovechamiento energético de las briquetas.		Variable 1 / Dependiente Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas	Aprovechamiento energético	<ul style="list-style-type: none"> -Calor generado -Temperatura alcanzada - Tiempo de duración encendido 	<ul style="list-style-type: none"> -Energía en Joules (J) -Grados centígrados alcanzados (°C) -Horas (h) 	
				Comparación con suministro convencional	<ul style="list-style-type: none"> -Calor generado durante la extracción para ambos métodos -Temperatura alcanzada en ambos combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> -Energía en Joules (J) -Grados centígrados alcanzados (°C) 	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 17. Variable independiente: Residuos orgánicos

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	NIVEL DE MEDICIÓN
Los residuos orgánicos son aquellos generados en viviendas, comercios, o cualquier otra actividad humana, las cuales no sean catalogadas como peligrosas y en función a sus propiedades, tendrían la posibilidad de volver a reutilizarse (Valiente, 2017, p. 4-22).	Las propiedades físicas de los residuos orgánicos deben ser caracterizados experimentalmente, buscando conocer las siguientes propiedades: Contenido de humedad, tamaño de residuos, tipo de residuos y densidad de la materia orgánica (Valiente, 2017, p. 4-22).	Caracterización de residuos orgánicos	- Humedad -Tamaño de residuos -Tipo de residuo -Densidad de la materia orgánica	Cuantitativa/razón Cuantitativa/razón Cuantitativa/razón Cuantitativa/razón	-Porcentaje % -Tamaño de partícula de residuo (cm) -Especie vegetal -masa/volumen
		Generación de residuos orgánicos	-Cantidad de residuos que se generan -Espacio ocupado -Frecuencia de generación	Cuantitativa/razón Cuantitativa/razón Cuantitativa/intervalo	-Masa (kg) -Área (m2) -tiempo de generación(días)
		Impacto de los residuos orgánicos	-Alteración de suelos -Espacio vulnerable por la acumulación de los residuos orgánicos -Impacto en los cultivos	Cuantitativa/razón Cuantitativa/razón Cuantitativa/intervalo	-pH -Área (m2) vulnerable -Color de los cultivos

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 18. Variable dependiente: *Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas*

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	NIVEL DE MEDICIÓN
Las briquetas son productos de fácil elaboración en su mayoría renovables, puesto que se utilizan componentes orgánicos naturales sin toxicidad, en donde se puede reducir los contaminantes atmosféricos de forma considerable en relación al uso de leña (Valiente, 2017, p. 4-22).	Las propiedades físicas y caloríficas de las briquetas deben ser caracterizados experimentalmente, buscando conocer las siguientes propiedades: Dimensiones (longitudes), porcentaje de la composición, masa de la briqueta, energía (en Joules) y grados centígrados (Valiente, 2017, p. 4-22).	Diseño de la briqueta	- Tamaño -Diseño de mezcla -Cantidad de materia orgánica para una briqueta	Cuantitativa/intervalo Cuantitativa/razón Cuantitativa/razón	-Dimensiones (longitud, alto, ancho) - % de composición - Masa de la briqueta
		Aprovechamiento energético	-Calor generado -Temperatura alcanzada - Tiempo de duración encendido	Cuantitativa/intervalo Cuantitativa/intervalo Cuantitativa/intervalo	- Energía en Joules (J) -Grados centígrados alcanzados (°C) -Horas (h)
		Comparación con suministro convencional	-Calor generado durante la extracción para ambos métodos -Temperatura alcanzada en ambos combustibles	Cuantitativa/intervalo Cuantitativa/intervalo	-Energía en Joules (J) -Grados centígrados alcanzados (°C)

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 3. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A TRAVÉS
DE JUICIO DE EXPERTOS
CARTA DE PRESENTACIÓN**

Señor: Ing. Mg, Braulio Armando Valdivia Orihuela

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Este, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniera Ambiental.

El título de mi trabajo de investigación es:

“Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022”

Y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente



KIMBERLY ALISSON OLAZABAL MONDRAGON

DNI: 72893996



ANGELA CARLA TALAVERA HALLASI

DNI: 72798103

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA
VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE**

VARIABLE / DIMENSIÓN	Pertinenci		Relevanci		Clarida		Sugerenci as
	a ¹		a ²		d ³		
VARIABLE INDEPENDIENTE: RESIDUOS ORGÁNICOS	Si	No	Si	No	S i	N o	
Dimensión 1: Caracterización de residuos orgánicos	X						
Indicador 1: Humedad Donde: $\% Humedad = \frac{A - B}{A - C} * 100$ A = Peso del crisol + muestra húmeda (g). B = Peso del crisol + muestra seca (g). C = Peso del crisol (g).	X						
Indicador 2: Tamaño de Residuo Se desarrollará un análisis visual de los residuos orgánico para poder describirlo en función de su forma y tamaño (cm).	X						
Indicador 3: Tipo de Residuos Se trabajará con residuos orgánicos después del proceso de extracción de aceites esenciales. (Orégano, muña y eucalipto)	X						
Indicador 4: Densidad de la materia orgánica $E = mg = pf g V$ Donde: E: Empuje pf: Densidad del fluido v: volumen de fluido m: Masa	X						

g: Gravedad							
Dimensión 2: Generación de Residuos Orgánicos	X						
Indicador 1: Cantidad de Residuos que se Generan (Kg)	X						
Indicador 2: Espacio ocupado (m ²)	X						
Indicador 3: Frecuencia de generación (Días)	X						
Dimensión 3: Impacto de los Residuos Orgánicos	X						
Indicador 1: Alteración de suelos (pH)	X						
Indicador 2: Espacio vulnerable por la acumulación de los Residuos Orgánicos. (m ²) vulnerable	X						
Indicador 3: Impacto en los cultivos (Color de los cultivos)	X						
VARIABLE DEPENDIENTE: Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Diseño de la briqueta	X						
Indicador 1: Tamaño de la briqueta	X						
Indicador 2: Diseño de mezcla (% de composición)	X						
Indicador 3: Cantidad de materia orgánica para una briqueta (masa)	X						

Dimensión 2: Aprovechamiento Energético	X															
Indicador 1: Calor Generado Se calcula el calor que entrega la briqueta a partir de la temperatura alcanzada y el tiempo que dura la briqueta encendida.	X															
Indicador 2: Temperatura alcanzada $Q = m * c * (Tf - Ti)$ Donde: Tf = Temperatura final (°C) Ti = Temperatura inicial (°C) m = Masa (g) c= capacidad calorífica	X															
Indicador 3: Tiempo de duración de encendido de la briqueta. (Horas) Una vez encendida la briqueta se cuantifica el tiempo de encendido de la briqueta, hasta que ya se haya consumido por completo, analizando los tiempos en el que proporciono un fuego constante.	X															
Dimensión 3: Comparación con Suministro convencional	X															
Indicador 1: Calor generado durante la extracción para ambos métodos (Joules J) <table border="1" data-bbox="261 1704 775 1910"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Fuente de combustible</th> <th>Calor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Madera</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Briqueta</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	N°	Fuente de combustible	Calor	1	Madera		2	Briqueta		X						
N°	Fuente de combustible	Calor														
1	Madera															
2	Briqueta															

Indicador 2: Temperatura alcanzada en ambos combustibles	X						
---	----------	--	--	--	--	--	--

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable []
 No aplicable []

Aplicable después de corregir []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. Mg, Braulio Armando Valdivia Orihuela

DNI: 10472093

Especialidad del validador: Ingeniero Geógrafo y Ecólogo /Docente UNFV-FIGAE
 Ordinario AXTC

Fecha: 22/02/2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem,

Ing.Mg.Braulio Armando Valdivia Orihuela
 Reg.CIP N° 160959

--

Firma del Experto Informante

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Ing. Mg. Jose Manuel Valer Silva

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Este, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniera Ambiental.

El título de mi trabajo de investigación es:

“Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022”

Y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente



KIMBERLY ALISSON OLAZABAL MONDRAGON

DNI: 72893996



ANGELA CARLA TALAVERA HALLASI

DNI: 72798103

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA
VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE**

VARIABLE / DIMENSIÓN	Pertinenci		Relevanci		Claridad ³		Sugeren cias
	a ¹		a ²				
VARIABLE INDEPENDIENTE: RESIDUOS ORGÁNICOS	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Caracterización de residuos orgánicos	X						
Indicador 1: Humedad Donde: $\% Humedad = \frac{A - B}{A - C} * 100$ A = Peso del crisol + muestra húmeda (g). B = Peso del crisol + muestra seca (g). C = Peso del crisol (g).	X						
Indicador 2: Tamaño de Residuo Se desarrollará un análisis visual de los residuos orgánico para poder describirlo en función de su forma y tamaño (cm).	X						
Indicador 3: Tipo de Residuos Se trabajará con residuos orgánicos después del proceso de extracción de aceites esenciales. (Orégano, muña y eucalipto)	X						
Indicador 4: Densidad de la materia orgánica $E = mg = \rho f g V$ Donde: E: Empuje ρf : Densidad del fluido v: volumen de fluido m: Masa g: Gravedad	X						

Dimensión 2: Generación de Residuos Orgánicos	X						
Indicador 1: Cantidad de Residuos que se Generan (Kg)	X						
Indicador 2: Espacio ocupado (m ²)	X						
Indicador 3: Frecuencia de generación (Días)	X						
Dimensión 3: Impacto de los Residuos Orgánicos	X						
Indicador 1: Alteración de suelos (pH)	X						
Indicador 2: Espacio vulnerable por la acumulación de los Residuos Orgánicos. (m ²) vulnerable	X						
Indicador 3: Impacto en los cultivos (Color de los cultivos)	X						
VARIABLE DEPENDIENTE: Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Diseño de la briqueta	X						
Indicador 1: Tamaño de la briqueta	X						
Indicador 2: Diseño de mezcla (% de composición)	X						
Indicador 3: Cantidad de materia orgánica para una briqueta (masa)	X						

Dimensión 2: Aprovechamiento Energético	X															
Indicador 1: Calor Generado Se calcula el calor que entrega la briqueta a partir de la temperatura alcanzada y el tiempo que dura la briqueta encendida.	X															
Indicador 2: Temperatura alcanzada $Q = m * c * (Tf - Ti)$ <p>Donde:</p> <p>Tf = Temperatura final (°C)</p> <p>Ti = Temperatura inicial (°C)</p> <p>m = Masa (g)</p> <p>c= capacidad calorífica</p>	X															
Indicador 3: Tiempo de duración de encendido de la briqueta. (Horas) Una vez encendida la briqueta se cuantifica el tiempo de encendido de la briqueta, hasta que ya se haya consumido por completo, analizando los tiempos en el que proporcione un fuego constante.	X															
Dimensión 3: Comparación con Suministro convencional	X															
Indicador 1: Calor generado durante la extracción para ambos métodos (Joules J) <table border="1" data-bbox="268 1675 780 1881"> <thead> <tr> <th data-bbox="272 1675 346 1778">N°</th> <th data-bbox="346 1675 563 1778">Fuente de combustible</th> <th data-bbox="563 1675 780 1778">Calor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="272 1778 346 1830">1</td> <td data-bbox="346 1778 563 1830">Madera</td> <td data-bbox="563 1778 780 1830"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="272 1830 346 1881">2</td> <td data-bbox="346 1830 563 1881">Briqueta</td> <td data-bbox="563 1830 780 1881"></td> </tr> </tbody> </table>	N°	Fuente de combustible	Calor	1	Madera		2	Briqueta		X						
N°	Fuente de combustible	Calor														
1	Madera															
2	Briqueta															

Indicador 2: Temperatura alcanzada en ambos combustibles	X						
---	----------	--	--	--	--	--	--

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [**X**]
No aplicable []

Aplicable después de corregir []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. Mg. Jose Manuel Valer Silva

DNI: 09467852


Especialidad del validador: Ingeniero de Recursos Naturales y Energías Renovables
/Consultor Ambiental

Fecha: 22/02/2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem,


Ing. Mg. Jose Manuel Valer Silva
Reg. CIP N° 142575

Firma del Experto Informante

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Ing. Mgtr. Cesar Francisco Honores Balcázar

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Este, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniera Ambiental.

El título de mi trabajo de investigación es:

“Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022”

Y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente



KIMBERLY ALISSON OLAZABAL MONDRAGON

DNI: 72893996



ANGELA CARLA TALAVERA HALLASI

DNI: 72798103

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA
VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE**

VARIABLE / DIMENSIÓN	Pertinenci		Relevanci		Clarida		Sugerenc ias
	a ¹		a ²		d ³		
VARIABLE INDEPENDIENTE: RESIDUOS ORGÁNICOS	Si	No	Si	No	S i	N o	
Dimensión 1: Caracterización de residuos orgánicos	X						
Indicador 1: Humedad Donde: $\% Humedad = \frac{A - B}{A - C} * 100$ A = Peso del crisol + muestra húmeda (g). B = Peso del crisol + muestra seca (g). C = Peso del crisol (g).	X						
Indicador 2: Tamaño de Residuo Se desarrollará un análisis visual de los residuos orgánico para poder describirlo en función de su forma y tamaño (cm).	X						
Indicador 3: Tipo de Residuos Se trabajará con residuos orgánicos después del proceso de extracción de aceites esenciales. (Orégano, muña y eucalipto)	X						
Indicador 4: Densidad de la materia orgánica $E = mg = pf g V$ Dónde: E: Empuje pf: Densidad del fluido v: volumen de fluido m: Masa g: Gravedad	X						

Dimensión 2: Generación de Residuos Orgánicos	X						
Indicador 1: Cantidad de Residuos que se Generan (Kg)	X						
Indicador 2: Espacio ocupado (m ²)	X						
Indicador 3: Frecuencia de generación (Días)	X						
Dimensión 3: Impacto de los Residuos Orgánicos	X						
Indicador 1: Alteración de suelos (pH)	X						
Indicador 2: Espacio vulnerable por la acumulación de los Residuos Orgánicos. (m ²) vulnerable	X						
Indicador 3: Impacto en los cultivos (Color de los cultivos)	X						
VARIABLE DEPENDIENTE: Elaboración y aprovechamiento energético de las briquetas	Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión 1: Diseño de la briqueta	X						
Indicador 1: Tamaño de la briqueta	X						
Indicador 2: Diseño de mezcla (% de composición)	X						
Indicador 3: Cantidad de materia orgánica para una briqueta (masa)	X						

Dimensión 2: Aprovechamiento Energético	X															
Indicador 1: Calor Generado Se calcula el calor que entrega la briqueta a partir de la temperatura alcanzada y el tiempo que dura la briqueta encendida.	X															
Indicador 2: Temperatura alcanzada $Q = m * c * (Tf - Ti)$ Donde: Tf = Temperatura final (°C) Ti = Temperatura inicial (°C) m = Masa (g) c= capacidad calorífica	X															
Indicador 3: Tiempo de duración de encendido de la briqueta. (Horas) Una vez encendida la briqueta se cuantifica el tiempo de encendido de la briqueta, hasta que ya se haya consumido por completo, analizando los tiempos en el que proporcione un fuego constante.	X															
Dimensión 3: Comparación con Suministro convencional	X															
Indicador 1: Calor generado durante la extracción para ambos métodos (Joules J) <table border="1" data-bbox="269 1677 782 1881"> <thead> <tr> <th data-bbox="272 1682 344 1778">N°</th> <th data-bbox="344 1682 563 1778">Fuente de combustible</th> <th data-bbox="563 1682 778 1778">Calor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="272 1778 344 1832">1</td> <td data-bbox="344 1778 563 1832">Madera</td> <td data-bbox="563 1778 778 1832"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="272 1832 344 1886">2</td> <td data-bbox="344 1832 563 1886">Briqueta</td> <td data-bbox="563 1832 778 1886"></td> </tr> </tbody> </table>	N°	Fuente de combustible	Calor	1	Madera		2	Briqueta		X						
N°	Fuente de combustible	Calor														
1	Madera															
2	Briqueta															

Indicador 2: Temperatura alcanzada en ambos combustibles	X						
---	----------	--	--	--	--	--	--

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]**
No aplicable []

Aplicable después de corregir []

Apellidos y nombres del juez validador. Ing. Mgtr. Cesar Francisco Honores Balcázar

DNI: 41134159

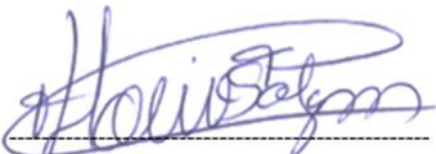
Especialidad del validador: Ingeniero en recursos naturales y energías renovables, maestría en docencia universitaria.

Fecha: 25/02/2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem,



Mgtr. César Francisco Honores Balcázar

Firma del Experto Informante

ANEXO 4. CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

DIMENSIÓN	ÍTEM	JUEZ 1	JUEZ 2	JUEZ 3	AIKEN POR ÍTEM	AIKEN POR DIMENSIÓN	V DE AIKEN PARA EL INSTRUMENTO
Caracterización de los residuos orgánicos	Humedad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Tamaño del residuo	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Tipo de residuo	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Densidad	1,00	1,00	1,00	1,00		
Generación de residuos	Cantidad de residuos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Espacio ocupado	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Frecuencia de generación	1,00	1,00	1,00	1,00		
Impacto de los residuos orgánicos	Alteración de suelos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Espacio vulnerable	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Impacto de cultivos	1,00	1,00	1,00	1,00		
Diseño de la briqueta	Tamaño de la briqueta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Diseño de mezcla	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Cantidad de materia orgánica	1,00	1,00	1,00	1,00		
Aprovechamiento energético	Calor generado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Temperatura alcanzada	1,00	1,00	1,00	1,00		
	Tiempo de duración de encendido	1,00	1,00	1,00	1,00		
Comparación con el suministro convencional	Calor generado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Temperatura alcanzada en ambos combustibles	1,00	1,00	1,00	1,00		

ANEXO 5. CARTA DE AUTORIZACIÓN



FAGSOL SAC
Factibilidad y Gestión de Soluciones en
Minería, construcción y medio ambiente

Permiso de autorización de la Empresa FAGSOL SAC

Arequipa, 23 de febrero de 2022

Yo Rodolfo Roque Pérez Méndez, identificado con DNI N° 44977607, en mi calidad de representante legal de la empresa FAGSOL S.A.C. con RUC 20456001816, autorizo a las Srta. Kimberly Alisson Olazabal Mondragón con DNI N° 72893996 y la Srta. Angela Carla Talavera Hallasi con DNI N° 72798103, a quienes se les brindara la información que solicite para el desarrollo de su tesis, la información proporcionada solo puede ser utilizada para fines académicos vinculados al trabajo.

Declaramos conocer que el trabajo de tesis "Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022", será de público conocimiento a través del repositorio institucional de la universidad.

Atentamente,

Ing. Rodolfo R. Pérez Méndez

DNI N° 44977607

Gerente General

ANEXO 6. FICHA N° 01 DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DE MUESTRA

Nombre del proyecto: Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022.

Objetivo: Determinación de porcentaje de humedad de muestra

Fecha: 08/03/2022

N°	Peso de crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso neto residuos (g)	Peso crisol + residuos secos (g)	Peso neto de residuos sin humedad (g) (residuos – peso crisol)	% de Humedad
1	81.35	91.35	10.00	86.81	5.46	45.40
2	78.67	88.71	10.04	86.73	5.98	40.43
3	80.33	90.77	10.44	86.24	5.91	43.39
4	81.01	91.06	10.05	87.17	5.89	41.39
PORCENTAJE DE HUMEDAD PROMEDIO				42.653		

ANEXO 7. FICHA N° 02 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA BRIQUETA

Nombre del proyecto: Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022.

Objetivo: Determinación de la densidad de la briqueta.

Fecha: 08/03/2022

BRIQUETA 1

N°	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	705.000	30.000	21.000	14844.025	0.047
2	710.000	30.000	22.000	15550.884	0.046
3	698.000	30.000	21.000	14844.025	0.047

BRIQUETA 2

N°	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	1452.000	30.000	23.000	16257.742	0.089
2	1500.000	30.000	20.000	14137.167	0.106
3	1383.000	30.000	21.000	14844.025	0.093

BRIQUETA 3

N°	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	2175.000	30.000	22.000	15550.884	0.140
2	2224.000	30.000	22.000	15550.884	0.143
3	2085.000	30.000	23.000	16257.742	0.128

NOTA: Las pruebas de las mezclas se desarrollarán por triplicado, de tal modo se obtendrá un promedio que dará con mayor certeza los resultados requeridos.

ANEXO 8. FICHA N° 03 DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA ALCANZADA POR LAS BRIQUETA

Nombre del proyecto: Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022.

Objetivo: Determinación de la temperatura alcanzada de las briquetas.

Fecha: 17/03/2022

1. BRIQUETA 1

N°	Tiempo (min)	Temperatura 1 (°C)	Temperatura 2 (°C)	Temperatura 3 (°C)	Promedio	D.S (%)	CV (%)
1	0	18	18	19	18	0.751	0.041
2	5	33	35	35	34	1.250	0.036
3	10	55	50	54	53	2.610	0.049
4	15	70	74	73	72	2.136	0.029
5	20	100	103	103	102	1.677	0.016
6	25	125	117	122	121	4.070	0.034
7	30	152	142	148	147	5.056	0.034
8	35	183	178	182	181	2.610	0.014
9	40	209	208	210	209	0.902	0.004
10	45	180	174	178	177	3.092	0.017
11	50	148	153	152	151	2.610	0.017
12	55	123	131	128	127	4.070	0.032
13	60	97	102	101	100	2.610	0.026
14	65	72	79	77	76	3.580	0.047
15	70	65	64	66	65	0.902	0.014
16	75	60	58	60	59	1.250	0.021
17	80	57	55	57	56	1.250	0.022
18	85	54	52	54	53	1.250	0.023
19	90	50	48	50	49	1.250	0.025
20	95	49	48	50	49	0.902	0.018

**ANEXO 9. FICHA N° 03 DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA ALCANZADA
POR LAS BRIQUETA**

2. BRIQUETA 2

N°	Tiempo (min)	Temperatura 1 (°C)	Temperatura 2 (°C)	Temperatura 3 (°C)	Promedio	D.S (%)	CV (%)
1	0	17	19	19	18	1.286	0.070
2	5	31	35	34	33	2.157	0.064
3	10	60	74	68	67	7.047	0.104
4	15	78	81	81	80	1.704	0.021
5	20	99	104	103	102	2.627	0.026
6	25	127	132	131	130	2.627	0.020
7	30	144	150	148	147	3.107	0.021
8	35	173	173	174	173	0.808	0.005
9	40	201	195	199	198	3.107	0.016
10	45	224	234	230	229	5.065	0.022
11	50	237	240	240	239	1.704	0.007
12	55	245	252	250	249	3.592	0.014
13	60	258	263	262	261	2.627	0.010
14	65	260	271	267	266	5.559	0.021
15	70	260	267	265	264	3.592	0.014
16	75	264	269	268	267	2.627	0.010
17	80	271	267	278	272	5.568	0.020
18	85	220	226	224	223	3.107	0.014
19	90	190	184	188	187	3.107	0.017
20	95	163	161	163	162	1.286	0.008
21	100	160	149	156	155	5.559	0.036
22	105	151	135	144	143	8.041	0.056
23	110	135	129	133	132	3.107	0.023
24	115	121	114	119	118	3.592	0.030
25	120	103	106	106	105	1.704	0.016
26	125	85	92	90	89	3.592	0.040
27	130	80	84	83	82	2.157	0.026
28	135	72	79	77	76	3.592	0.047
29	140	60	68	65	64	4.081	0.063
30	145	58	60	60	59	1.286	0.022
31	150	53	54	55	54	0.950	0.018
32	160	47	53	51	50	3.107	0.062

**ANEXO 10. FICHA N° 03 DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA ALCANZADA
POR LAS BRIQUETA**

3. BRIQUETA 3

N°	Tiempo (min)	Temperatura 1 (°C)	Temperatura 2 (°C)	Temperatura 3 (°C)	Promedio	D.S (%)	CV (%)
1	0	20	19	21	20	0.902	0.045
2	5	39	34	38	37	2.610	0.071
3	10	71	62	68	67	4.562	0.068
4	15	84	93	90	89	4.562	0.051
5	20	105	109	108	107	2.136	0.020
6	25	127	133	131	130	3.092	0.024
7	30	137	145	142	141	4.070	0.029
8	35	182	198	191	190	8.035	0.042
9	40	210	200	206	205	5.056	0.025
10	45	231	220	227	226	5.551	0.025
11	50	239	236	239	238	1.677	0.007
12	55	246	245	247	246	0.902	0.004
13	60	262	268	266	265	3.092	0.012
14	65	264	270	268	267	3.092	0.012
15	70	267	273	271	270	3.092	0.011
16	75	271	280	277	276	4.562	0.017
17	80	275	283	280	279	4.070	0.015
18	85	280	285	284	283	2.610	0.009
19	90	282	284	284	283	1.250	0.004
20	95	275	280	279	278	2.610	0.009
21	100	272	271	273	272	0.902	0.003
22	105	254	246	251	250	4.070	0.016
23	110	241	238	241	240	1.677	0.007
24	115	204	201	204	203	1.677	0.008
25	120	173	184	180	179	5.551	0.031
26	125	142	136	140	139	3.092	0.022
27	130	120	118	120	119	1.250	0.010
28	135	104	102	104	103	1.250	0.012
29	140	91	93	93	92	1.250	0.014
30	145	85	81	84	83	2.136	0.026
31	150	73	68	72	71	2.610	0.037
32	155	65	60	64	63	2.610	0.041
33	160	58	54	57	56	2.136	0.038
34	165	52	49	52	51	1.677	0.033
35	170	49	48	50	49	0.902	0.018

ANEXO 11. FICHA N° 04 CÁLCULO DE CALOR GENERADO POR LAS BRIQUETAS

Nombre del proyecto: Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022.

Objetivo: Calculo de calor generado por las briquetas

Fecha: 17/03/2022

TEMPERATURA INICIAL Y TEMPERATURA MÁXIMA DE COMBUSTIÓN DE LAS BRIQUETAS.

N°	Masa (Kg)	Tiempo (H)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura máxima (°C)
Briqueta 1	0.704 ± 0.006	1.35	18.000 ± 0.751	209.000 ± 0.902
Briqueta 2	1.445 ± 0.059	2.4	18.000 ± 1.286	272.000 ± 5.568
Briqueta 3	2.161 ± 0.071	2.5	20.000 ± 0.902	286.000 ± 2.610

Calor de combustión de las briquetas

N°	Masa (Kg)	Calor (KJ)
Briqueta 1	0.704 ± 0.006	230.774 ± 1.208
Briqueta 2	1.445 ± 0.059	629.618 ± 9.973
Briqueta 3	2.161 ± 0.071	971.401 ± 5.536

ANEXO 12. FICHA N° 05 COMPARACIÓN DE CALOR GENERADO POR AMBAS FUENTES DE COMBUSTIBLE

Nombre del proyecto: Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022.

Objetivo: Comparación de calor generado por ambas fuentes de combustible

Fecha: 17/03/2022

N°	Combustible	Masa	Tiempo	Temperatura inicial	Temperatura máxima Final	Calor (KJ)
1	Briqueta 3	2.161	2.500	19.933	282.000	977.671
2	Madera	4.500	2.230	18.000	235.000	1675.127