

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



TIEMPO DE ENCENDIDO Y COMBUSTIÓN DE BRIQUETAS
ELABORADAS CON ASERRÍN DE CAPIRONA
(Calycophyllum spruceanum) AGLUTINADOS CON 2
TIPOS DE ALMIDÓN EN 2 PROPORCIONES, UCAYALI

Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO FORESTAL

EDWIN TAYSON FERNANDEZ RUIZ

Pucallpa - Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 485/2025-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a horas 11:00 am del día 10 de julio de 2025, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple N.º 039-2025-UNU-FCFyA-CGyT conformado por:

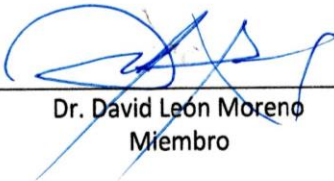
Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera	Presidente
Dr. Desiderio Vásquez Placido	Miembro
Dr. David León Moreno	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de tesis titulado: **"Tiempo de Encendido y Combustión de Briquetas Elaboradas con Aserrín de Capirona (*Calycophyllum Spruceanum*)", Aglutinados con 2 Tipos de Almidón en 2 Proporciones, Ucayali"** presentado por el Bachiller **EDWIN TAYSON FERNANDEZ RUIZ**, asesorado por el Ing. M.Sc. **Moisés Torres Velasco**.

Finalizado la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por el Jurado Evaluador, siendo absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y recomendación de publicación quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, Siendo las 12:09 hora del mismo día se dio por culminado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.


Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera
Presidente


Dr. Desiderio Vásquez Placido
Miembro


Dr. David León Moreno
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientes de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera



Presidente

Lic. Mg. Desiderio Placido Vásquez



Miembro

Ing. M. Sc. David León Moreno



Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco



Asesor

Bach. Edwin Tayson Fernandez Ruiz



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/232-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

'TIEMPO DE ENCENDIDO Y COMBUSTIÓN DE BRIQUETAS ELABORADAS CON ASERRÍN DE CAPIRONA (Calycophyllum spruceanum) AGLUTINADOS CON 2 TIPOS DE ALMIDÓN EN 2 PROPORCIONES, UCAYALI.'

Autor(es) : FERNANDEZ RUIZ, EDWIN TAYSON
Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela : ING. FORESTAL
Asesor(a) : Mg. TORRES VELASCO, MOISES

Presenta un porcentaje de similitud de 5%, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO, De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: **SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud**, procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 09/05/2025



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Edwin Tayson Fernandez Ruiz

Autor de la tesis titulada : "Tiempo de encendido y Combustión de
briguetas elaboradas con Agarrín de Capirona (Calceophyllum
Spruceanum), Aglutinados con 2 Tipos de Almidón en 2
proporciones, Ucayali.

Sustentada el año 2025

Asesor(a): Ing. M. Sc. Moises Torres Valasco

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Forestal.

Autorizo la publicación:

PARCIAL

☐

TOTAL

☒

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 16 / 07 / 2025

Email: fernandezruizedwin@gmail.com Firma: [Firma]

Teléfono: 928220939 DNI: 72855934

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A mis padres, Teylor y Marthina, por brindarme su amor, apoyo y comprensión durante mi educación en esta hermosa carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la Universidad Nacional de Ucayali por haberme aceptado ser parte de ella y por haberme abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera.

A mis queridos padres, TEYLOR y MARTINA, les expreso mi más profundo agradecimiento por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sabios consejos a lo largo de mi vida. Su fortaleza, sacrificio y confianza en mí han sido mi mayor inspiración y el motor que me ha impulsado a alcanzar este logro.

Al MSc. TORRES VELASCO, MOISES, Catedrático de la Universidad Nacional de Ucayali, asesor de la presente investigación, por su invaluable y desinteresado apoyo en la elaboración y culminación de la tesis.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. MSc. LENIN VLADIMIR VARGAS VILLA, destacado catedrático de la Universidad Nacional de Ucayali, por su generoso apoyo y orientación como co-asesor en el desarrollo y conclusión de esta tesis. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Al Ing. CRISTIAN FACHIN VARGAS, responsable del área de tecnología de la madera, por su valiosa colaboración durante todo el proceso de fabricación de las briquetas.

A mi estimado amigo FÉLIX OJANAMA RIOS, quiero expresarte mi más sincero agradecimiento por tu apoyo incondicional. Tus palabras de aliento y tu disposición para ayudarme han sido un pilar fundamental durante este proceso. Gracias por tu compañía y por ser parte de este importante logro en mi vida. Tu amistad es un regalo invaluable que siempre atesoraré.

A mi amigo PAOLO SAUL FASABI BOJORQUEZ, quiero expresar mi más profundo agradecimiento por tu apoyo y amistad inquebrantable. Tu motivación, consejos y disposición para acompañarme en este camino han sido invaluable.

Agradezco a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Ucayali, por los conocimientos teóricos y prácticos que me brindaron en las aulas y en el campo práctico.

A todas las personas que de una u otra manera han contribuido con el desarrollo y finalización del presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Formulación del Problema.	1
1.1.1 Problema General.....	2
1.1.2 Problemas específicos	2
1.2. Objetivos de la Investigación.....	2
1.2.1. Objetivo General:	2
1.2.2. Objetivos Específicos:.....	2
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes del Problema	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	5
2.1.3. Antecedentes locales	7
2.2. Base teórica	8
2.2.1. Aserrín	8
2.2.2. Briqueta de aserrín.....	8
2.2.3. Ventajas del producto	8
2.2.4. Fabricación artesanal.....	8
2.2.5. Aglutinante Natural.....	9
2.2.6. Almidón de yuca	9
2.2.7. Almidón de maíz	9
2.2.8. Briquetación.....	10
2.2.9. Secado de aire libre	10
2.2.10. Secado es estufa	10
2.2.11. Tiempo de encendido y combustión.....	10
2.2.12. Especie en estudio.....	11
a. Capirona (Calycophyllum spruceanum)	11
b. Descripción botánica	11
c. Hábitat.....	12
d. Características de la madera	12
f. Fenología, polinización y dispersión	12
g. Usos de la madera	12
2.3. Definición de términos básicos.....	12
2.3.1. Residuo forestal	12
2.3.2. Briqueta	13
2.3.3. Aglutinante.....	13
2.3.4. Almidón.....	13

2.3.5.	Desarrollo sostenible.....	13
2.3.6.	Energía Alternativa.....	13
CAPÍTULO III.....		14
METODOLOGÍA.....		14
3.1.	Método De Investigación.....	14
3.2.	Población y muestra.....	14
3.2.1.	Población.	14
3.2.1.	Muestra.....	15
3.3.	Procedimiento de recolección de datos.....	15
3.3.1.	Recolección de residuos	15
3.3.2.	Transporte de materia prima	15
3.3.3.	Secado al aire libre	15
3.3.4.	Tamizado del aserrín	15
3.3.5.	Secado de aserrín.....	15
3.3.6.	Preparación del aglutinante.....	15
3.3.7.	Elaboración de briquetas.....	15
3.3.8.	Pruebas realizadas a las briquetas	16
3.4.	Técnicas e instrumentos para recolección de datos	16
3.4.1.	Instrumentos	16
3.5.	Procesamiento para recolección de datos.....	17
3.5.1.	Tratamientos de datos.	17
3.5.2.	Técnica	17
CAPÍTULO IV		18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		18
4.1.	Tiempo de encendido (minutos) de las briquetas de capirona elaboradas con dos aglutinantes en dos proporciones	18
4.1.1.	Comportamiento al tiempo de encendido de las briquetas de madera de Capirona elaboradas con dos tipos de almidones en dos proporciones.	18
a.	Aglutinante: (<i>Manihot esculenta</i>) yuca.....	19
b.	Aglutinante: (<i>Zea mays</i>) maíz	19
4.2.	Tiempo de combustión (minutos) de las briquetas de capirona elaborados con dos aglutinantes en dos proporciones	20
4.2.1.	Comportamiento al tiempo de combustión de las briquetas de madera de Capirona elaboradas con dos tipos de almidones y dos proporciones de almidones.	21
a.	Aglutinante: (<i>Manihot esculenta</i>) yuca.....	21
b.	Aglutinante: (<i>Zea mays</i>) maíz	22
4.3.	Análisis comparativo en el tiempo de encendido y combustión entre los dos almidones utilizados en la elaboración de briquetas de capirona. ..	22
4.3.1.	Tiempo de encendido.....	22
4.3.2.	Tiempo de combustión.....	23
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		24
5.1.	Conclusiones	24
5.2.	Recomendaciones.	24
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....		25
ANEXOS.....		25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tratamientos</i>	14
Tabla 2 <i>Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de yuca</i>	17
Tabla 3 <i>Estadísticos descriptivos del tiempo de encendido de las briquetas de aserrín de Capirona</i>	18
Tabla 4 <i>Análisis de varianza del tiempo de encendido de briquetas elaboradas con dos tipos de almidones y dos proporciones de almidón</i>	18
Tabla 5 <i>Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de yuca</i>	19
Tabla 6 <i>Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de maíz</i>	19
Tabla 7 <i>Estadísticos descriptivos del tiempo de encendido de las briquetas de madera Capirona</i>	20
Tabla 8 <i>Análisis de varianza del tiempo de combustión de briquetas elaboradas con dos tipos de almidones y dos proporciones de almidón</i>	21
Tabla 9 <i>Prueba T de muestras independientes en el tiempo de combustión de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de yuca</i>	21
Tabla 10 <i>Prueba T de muestras independientes en el tiempo de combustión de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de maíz</i>	22
Tabla 11 <i>Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos aglutinantes</i>	22
Tabla 12 <i>Prueba T de muestras independientes en el tiempo de combustión de las briquetas elaboradas con dos aglutinantes</i>	23
Tabla 13 <i>Matriz de consistencia</i>	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Recolección de residuos aserraderos de la ciudad de Pucallpa.....</i>	<i>31</i>
Figura 2	<i>Secado de aserrín.....</i>	<i>32</i>
Figura 3	<i>Preparación y almacenado del aglutinante.....</i>	<i>33</i>
Figura 4	<i>Elaboración de briquetas.....</i>	<i>34</i>
Figura 5	<i>Codificado y secado de las briquetas.....</i>	<i>35</i>
Figura 6	<i>Pruebas realizadas a las briquetas.....</i>	<i>36</i>
Figura 7	<i>Materiales utilizados en la ejecución de la tesis.....</i>	<i>37</i>

RESUMEN

El sector forestal está en la necesidad de aprovechar los residuos forestales fomentando la elaboración de productos bioenergéticos para satisfacer las demandas energéticas contribuyendo con la reducción de los impactos ambientales. El presente trabajo tuvo como objetivo principal utilizar material particulado de madera de la especie Capirona (*Calycophyllum spruceanum*) aglutinados con dos almidones en dos proporciones diferentes en la elaboración de briquetas ecológicas, todo ello para conocer el tiempo de encendido y tiempo de combustión de estas briquetas. El material particulado se obtuvo de las industrias forestales, fueron llevados a la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali, estas fueron secadas al aire libre y al horno. Se tamizo las partículas con malla 40 y 60 micras. El aglutinante se preparó utilizando la relación 250 g de almidón por tres litros de agua sometidos a cocción, se elaboró utilizando moldes de acero dulce de 38mm d diámetro y 90mm de largo, se aplicó temperatura de 200°C y 1500 bares. Para el análisis de las variables tiempo de encendido y tiempo de combustión se utilizó la prueba T de muestras independientes. Los resultados indican que las briquetas elaboradas con almidón de yuca y maíz se comportan diferente; las briquetas con 90% de almidón de maíz encienden más rápido y presenta mayor tiempo de combustión. Las briquetas con 85% de almidón de yuca encienden más rápido y presenta igual tiempo de combustión que las briquetas con 90% de almidón de yuca.

Palabras clave: Almidón, aglutinante, briquetas, tiempo de encendido, tiempo de combustión.

ABSTRACT

The forestry sector needs to take advantage of forest residues by promoting the production of bioenergy products to meet energy demands, contributing to the reduction of environmental impacts. The main objective of this work was to use particulate wood material of the Capirona species (*Calycophyllum spruceanum*) agglutinated with two starches in two different proportions in the elaboration of ecological briquettes, in order to know the ignition time and combustion time of these briquettes. The particulate material was obtained from the forestry industries and was taken to the carpentry shop of the Universidad Nacional de Ucayali, where it was air-dried and oven-dried. The particles were sieved with 40 and 60 micron mesh. The binder was prepared using a ratio of 250 g of starch per three liters of water subjected to boiling, it was made using mild steel molds of 38 mm in diameter and 90 mm long, and a temperature of 200°C and 1500 bar was applied. For the analysis of the variables ignition time and combustion time, the independent samples T-test was used. The results indicate that the briquettes made with cassava and corn starch behave differently; the briquettes with 90% corn starch ignite faster and have a longer combustion time. Briquettes with 85% cassava starch ignite faster and have the same combustion time as briquettes with 90% cassava starch.

Key words: Starch, binder, briquettes, ignition time, combustion time.

INTRODUCCIÓN

El interés en las energías renovables está creciendo debido a la progresiva preocupación global, a causa de los impactos ambientales y la necesidad de suministros de energía alternativas. Es por ello que el sector forestal ha tenido que introducir innovaciones significativas en la industria de la transformación de la madera, sobre todo, en el aprovechamiento de los residuos generados por esta actividad, para adecuarse a los desafíos que imponen el desarrollo sostenible, (Avilés & Lopez, 2015).

Estudios como el de Niño (2019), demostraron que la producción de briquetas a base de aserrín, se valora como fuente de energía renovable, es por ello, que se considera como materia prima útil para la obtención de energía sustentable. Es así que el enfoque del desarrollo sostenible debe estar involucrado los tres pilares; el social, económico y ambiental (García et al., 2019). Además, estos subproductos derivados de las actividades forestales se encuentran con una alta disponibilidad y a un costo factible. Esta situación fomenta la exploración de nuevas alternativas para su aprovechamiento de este material como fuente de energía renovable.

El aserrín, está compuesto de fibras de celulosa unidas con lignina, donde el 50% corresponde a carbono (C), 42% a oxígeno (O), 6% a hidrógeno (H) y 2 % a nitrógeno (N), (Paz, 2008), además tiene baja densidad, con una humedad de 10% y con alto poder calorífico. Debido a estas características, el aserrín es adecuado para la elaboración de briquetas. Su compactación permite una fácil manipulación, transporte, almacenamiento, dosificación y combustión, asimismo en un sistema integrado, se comporta como un combustible versátil y su transformación física es manejable.

Además, la elección de utilizar aglutinantes a base de almidón de yuca y maíz en la producción de briquetas se fundamenta en su carácter renovable, biodegradable y de bajo impacto ambiental. Estos aglutinantes naturales ofrecen una alternativa ecoamigable para la generación de energía a partir de biomasa, contribuyendo a la reducción de emisiones contaminantes y al fomento de prácticas más sostenibles. Además, el almidón de yuca y maíz posee propiedades aglomerantes efectivas que pueden mejorar la calidad y la resistencia de las briquetas, promoviendo la eficiencia energética y la gestión responsable de los recursos naturales.

El uso de briquetas como alternativa de combustible ecológico y 100% renovable es una elección inteligente, ya que se puede reemplazar la leña y el carbón en aplicaciones de bioenergía sólida, como estufas, chimeneas, hornos y calderas. Además, su uso no genera emisiones de olores ni humos, lo que contribuye a un

ambiente más limpio y al mismo tiempo, aprovechar los residuos forestales estamos ayudando a evitar la deforestación y a conservar los ecosistemas.

En este contexto, la presente la investigación se enfocó en estimar el tiempo de encendido y combustión de briquetas elaboradas con aserrín de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) aglutinados con 2 tipos de almidón en 2 proporciones. Así mismo se planteó como objetivos específicos; Comparar el tiempo de encendido y combustión de briquetas de capirona elaboradas en 2 proporciones de aglutinante de almidón de maíz y yuca, como también se comparará el tiempo de encendido y combustión entre las briquetas aglutinadas con almidón de yuca y las briquetas aglutinadas con almidón de maíz.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del Problema.

Como consecuencia de las actividades antropogénicas, en la búsqueda de satisfacer las necesidades diarias de la humanidad, a inducido una mayor demanda de energía, (Morales, 2019). Es por eso que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció que el desarrollo sostenible sea el principal sistema para el desarrollo mundial a futuro como estrategias de mitigación, en este sentido todas las actividades productivas así como el sector forestal estarán sujetas a este paradigma, (ONU, 2010).

De acuerdo con la Organización de Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, (FAO), el 60% del árbol talado se queda en el bosque, y entre el 45% y 55% de las trozas que entran en los aserraderos se convierten en residuos, a estos se suman lo aportado por la industria de segunda transformación y la industria papelera, (Velázquez, 2006). Por tanto, estos residuos se eliminan de forma inadecuada, ya sea almacenándolos o quemándolos, impactando el ecosistema y devaluando su valor agregado, (García et al., 2019).

La industria maderera es una de las principales generadoras de residuos, lo que plantea un desafío ambiental en todos procesos industriales relacionados con ella, desde la tala de árboles hasta la fabricación de productos terminados, (Concepción et al., 2016). Es así que el aprovechamiento de los residuos, es considerado una necesidad social para reducir el consumo de combustibles fósiles, y su utilización puede ser una solución a los problemas medioambientales, así mismo aporta mayor valor agregado a la madera, (Ortíz et al., 2004).

(López et al., 2016) indica que el aserrín, virutas y despuntes, entre otros, suelen ser depositados en el entorno sin implementar medidas de control, prevención o mitigación. Estos residuos se acumulan en grandes cantidades, se queman en calderas o, en el peor de los casos, se incineran al aire libre. En consecuencia, se convierten en focos de contaminación, afectando a las poblaciones y cuerpos de agua cercanos a las áreas de explotación y procesamiento, así como también perjudicando a las poblaciones aguas abajo.

Por otro lado, el uso de aglutinantes a base de almidón de yuca y maíz en la fabricación de briquetas plantea un desafío en términos de eficiencia y sostenibilidad. Aunque se ha demostrado su capacidad para compactar materiales como aserrín y viruta de madera de *Pinus* spp, (Cuevas et al., 2023). Aún existen interrogantes sobre

la óptima proporción de estos aglutinantes para lograr una aglomeración efectiva y duradera. Además, se desconoce el impacto ambiental y la viabilidad económica de la producción de briquetas con estos aglutinantes. Por tanto, es crucial investigar el uso de almidón de yuca y maíz como aglutinantes en la fabricación de briquetas, para promover su adopción en el contexto de la economía circular y las energías alternativas.

Por las razones expuestas, se planteó una alternativa sostenible que esté relacionada a la generación de biocombustibles para aprovechar los residuos, prolongando el tiempo de liberación del CO₂, que mediante la fabricación de briquetas, se confiera mayor valor agregado a un material que es considerado un desecho (Medina et al., 2016). En ese contexto el presente estudio buscará resolver las siguientes problemáticas:

1.1.1 Problema General

¿Cuánto es el tiempo de encendido y combustión de las briquetas elaboradas con aserrín de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) aglutinados con 2 tipos de almidón en 2 proporciones?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Habrá diferencia entre las 2 proporciones de aglutinante de almidón de maíz en el tiempo de encendido y combustión de briquetas de capirona?
- ¿Habrá diferencia entre las 2 proporciones de aglutinante de almidón de yuca en el tiempo de encendido y combustión de briquetas de capirona?
- ¿Habrá diferencia en el tiempo de encendido y combustión entre las briquetas aglutinadas con almidón de yuca y las briquetas aglutinadas con almidón de maíz?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General:

Estimar el tiempo de encendido y combustión de las briquetas elaboradas con aserrín de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) aglutinados con 2 tipos de almidón en 2 proporciones.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Comparar el tiempo de encendido y combustión de las briquetas de capirona elaboradas en 2 proporciones de aglutinante de almidón de maíz.
- Comparar el tiempo de encendido y combustión de las briquetas de capirona elaboradas en 2 proporciones de aglutinante de almidón de yuca.
- Comparar el tiempo de encendido y combustión entre las briquetas aglutinadas con almidón de yuca y las briquetas aglutinadas con almidón de maíz.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ordóñez (2015) estudió la influencia de la formulación de combustibles sólidos densificados de aserrín de pino blanco (*Pinus pseudostrobus Lindl.*), reciclado de carbón activado y almidón de yuca (*Manihot esculenta*), sobre las propiedades fisicoquímicas y físico- mecánicas de los combustibles sólidos densificados en general, Guatemala.

El autor menciona los distintos métodos de producción de briquetas, agrupados según la presión aplicada durante el proceso de densificación. Estos métodos incluyen máquinas artesanales, semi-industriales e industriales, así mismo un factor relevante en cada tipo de máquina es el nivel de humedad. Para lograr la compactación, se utilizaron mezclas de agua, yuca, aserrín y carbón activado, homogeneizando diez muestras con diferentes porcentajes. Utilizó variables de respuesta, mediante un parámetro cualitativo, la cantidad de almidón de yuca necesaria para aglomerarlas.

El tamaño de las partículas fue inferior a 3 mm, y se elaboraron en una máquina artesanal, luego, se acondicionaron para alcanzar un contenido de humedad del 10 %. Finalmente, las briquetas se secaron al aire libre durante un período de 45 a 60 minutos. Las formulaciones de 25 g y 40 g de carbón activado son las más precisas, ya que su desviación estándar es de 0. Durante el experimento, se observó un mayor poder calorífico en la briqueta que contenía 97.28% de carbón activado, alcanzando 20.83 MJ/kg. Este valor varía según el porcentaje de carbón activado utilizado en la formulación, en resumen, todas las formulaciones presentan una friabilidad aceptable.

Una investigación ejecutada por García et al. (2019) en Costa Rica acerca de la “Elaboración de briquetas a partir de residuos de aserrín aglutinados con almidón de maíz y su posible aplicación como aislante térmico” se plantearon:

Como objetivo desarrollar un enfoque metodológico que promueva el uso sostenible del aserrín como aislante térmico, en lugar de su aplicación tradicional en la bioenergética. A partir de ensayos preliminares se logró desarrollar un método para fabricar briquetas cilíndricas, los resultados fueron briquetas elaboradas a partir de engrudo de almidón de maíz con una concentración del

14,3% en agua, además, se utilizó una proporción de 30/70 de aserrín/engrudo para el lote A y 20/80 para el lote B.

Este enfoque podría ser prometedor para la producción de briquetas eficientes y sostenibles, por lo que se llegó a la conclusión que desarrollar una metodología podría ser una opción para aprovechar de manera sostenible los residuos de aserrín provenientes de la transformación de las maderas de pino. Esta investigación tiene relevancia para el presente estudio, ya que proporciona información sobre el diseño cilíndrico de las briquetas y el uso de un aglutinante a base de maíz, por lo que contribuye al uso responsable de los recursos naturales.

Por su parte Pavón (2019) en su investigación “ Determinación del Poder Calorífico y Tiempo de Combustión de cuatro Prototipos de Briquetas” realizada en Ecuador, se propuso:

Evaluar el poder calorífico y el tiempo de combustión de cuatro prototipos de briquetas con el objetivo de aprovechar los residuos generados en la transformación primaria y secundaria de la madera, brindando un valor agregado a estos residuos. A través del diseño irrestricto al azar con arreglo factorial A x B x C, para ambos casos propuestos. Donde los factores que intervinieron en el ensayo fueron: Factor A (Tipo de aglutinante), Factor B (Proporción de aglutinante) y Factor C (Tipo de secado).

Empleó el ensayo de Tukey con la finalidad de poder procesar los resultados de poder calorífico y tiempo de combustión, mediante la aplicación de un diseño de investigación experimental. Así mismo se concluyó que las proporciones óptimas para la elaboración de briquetas son: 80 % de aserrín y 20 % de aglutinante, así como 70 % de aserrín y 30 % de aglutinante. Estas proporciones demostraron características favorables en términos de eficiencia calórica y tiempo de combustión para los dos tipos de aglutinantes utilizados en el estudio.

Así mismo, Aguko et al. (2018) en su estudio realizado en Kenia sobre el “Efecto de las formas, aglutinantes y densidades de la materia fecal: briquetas de aserrín sobre los tiempos de ignición y combustión” determinaron que:

Existe una diferencia estadísticamente significativa ($P > 0,05$) en el tiempo de ignición entre las briquetas con diferentes formas y aglutinantes. Las briquetas de forma cilíndrica presentaron el mayor tiempo (3,5 minutos). Las briquetas unidas con melaza tuvieron menos tiempo en comparación con las briquetas

unidas con almidón porque tienen más materia volátil. Para tiempo de combustión, las briquetas aglutinadas en melaza y las briquetas cilíndricas aglutinadas con almidón dio como resultado un promedio entre 18 y 26 minutos.

Por otro lado, según (Olorunnisola, 2007), las briquetas elaboradas con almidón producen menos cenizas, se queman más rápido y de manera más eficiente que las elaboradas con arcilla. (Aguko et al., 2018), indica que los aglutinantes comúnmente utilizados son almidón de maíz, yuca, melaza de caña de azúcar y estiércol de vaca, también señalan que los tipos y la cantidad de aglutinante tienen efectos sustanciales en la combustión de briquetas.

(Sotannde et al., 2010) en un estudio realizado en Colombia acerca de las “Propiedades físicas y de Combustión de Briquetas de Aserrín de *Azadirachta indica*” se plantearon:

Investigar las propiedades de las briquetas unidas con almidón de yuca y goma arábica obtenidas del aserrín de *Azadirachta indica*. El objetivo era producir briquetas que fueran una fuente eficiente de combustible y que mejoraran la combustión, por lo que mezclaron el aserrín y los aglutinantes en proporciones de 100:15, 100:25, 100:35 y 100:45 en peso, respectivamente. Las briquetas resultantes se sometieron a pruebas físicas y de combustión. Se encontró que tanto las propiedades físicas como las de combustión variaban según los tipos y niveles de aglutinante (con un valor $p < 0,05$). Los resultados indicaron que las briquetas unidas con almidón tuvieron un mejor rendimiento. En particular, la proporción óptima de aserrín-almidón fue de 100:25, mientras que la de aserrín-goma arábica fue de 100:35.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Huanca, 2017) evaluó el Proceso de Producción de Briquetas a partir de Residuos de dos Maderas de la Zona de Iquitos.

El autor analizó el proceso de fabricación de las briquetas, y llevó a cabo la caracterización físico-química del producto. Mediante el método de investigación exploratoria, con enfoque mixto con combinación de elementos cuantitativos y cualitativos. Concluyó que es crucial controlar la temperatura durante el proceso de secado para obtener materia prima con la humedad adecuada, lo que a su vez garantiza un producto final de alta calidad. Es así que la humedad es uno de los parámetros más importantes para fabricar briquetas, ya que influye directamente en las propiedades energéticas del producto terminado. Por lo que

se sugiere que los niveles de humedad en la materia prima se encuentren en un rango de 14% al 16% (en base húmeda) para este proceso.

Pasache y Sánchez (2013) analizaron el uso de briquetas de aserrín en familias que usan leña y carbón en la zona de Piura y Sullana – Perú.

El estudio consistió en la elaboración de briquetas a base de aserrín, un subproducto de una empresa maderera que fabrica parihuelas en Sullana. Luego, evaluaron la aceptación del producto en 127 familias que hacían uso de leña o carbón en sus cocinas. Los resultados indican que las briquetas ofrecen beneficios para las familias de bajos recursos, ya que actúan como un reemplazo de la leña (con una intención de uso del 98.4%), además tienen un poder calorífico superior y una densidad mayor en comparación con la leña. En términos de equivalencia, 2.5 kg de leña equivalen a 1 kg de briquetas. En conclusión, los tres aspectos clave considerados por las familias investigadas al utilizar briquetas de aserrín fueron: la facilidad de uso (59.8%), el rendimiento (58.3%) y la salud (57.5%). El nivel de satisfacción fue del 81.1%.

Por su parte Olazabal & Talavera (2022) en su investigación titulada “Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022”

Elaboraron briquetas a partir de los residuos orgánicos generados en el proceso de extracción de aceites esenciales y analizaron su aprovechamiento energético. Este estudio evaluó de forma metódica la relación entre los residuos orgánicos y el proceso de elaboración de las briquetas, mediante un enfoque de investigación descriptiva obtuvieron los siguientes resultados: La briqueta con mayor eficiencia energética presentó una temperatura inicial de 20.000 ± 0.902 °C (con un coeficiente de variación del 0.045 %), y alcanzó una temperatura máxima de combustión de 286.00 ± 2.610 °C (con un coeficiente de variación del 0.009 %) 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 liberado por las briquetas fabricadas a partir de residuos de eucalipto supera a la leña seca comercial, alcanzando 452.346 KJ. sin embargo, obtuvo 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. En conclusión, las briquetas brindan mayor capacidad calorífica por unidad de masa en comparación con la leña seca.

Por otro lado (Fernández, 2012) evaluó las propiedades físico-químicas de la biomasa residual maderable y agrícola y su transformación en briquetas para su uso sostenible como fuente generadora de energía y determinó su viabilidad técnica y económica en Tingo María.

Este estudio demostró que, durante la quema, la briketa de aserrín tenía una apariencia uniforme, mientras que la briketa de arroz liberó partículas de residuos. La briketa de aserrín ardió durante aproximadamente 240 minutos, mientras que la de arroz se consumió en 180 minutos. El aserrín y la cascarilla de café poseen un alto poder calorífico, lo que les permite competir con la leña. No obstante, debido a su débil consistencia en la compactación, la cascarilla de café no es un material adecuado para el proceso de fabricación de briquetas. En conclusión, el aserrín se presenta como una de las opciones más favorables para la producción de energía, por mostrar mayor resistencia de carga y mejores propiedades.

2.1.3. Antecedentes locales

Valerio (2021) se planteó Caracterizar la granulométrica y morfológicamente del aserrín de madera de cinco especies forestales para ver sus posibilidades de uso en la fabricación de briketa en la ciudad de Pucallpa.

Siguió una metodología de tipo experimental y descriptivo, lo cual, consistió en observar y evaluar el proceso de fabricación de las briquetas de aserrín; identificando y cuantificando los defectos de cada una de las briquetas. Los resultados indican que las briquetas de aserrín filtradas con el tamiz N° 07 (2.80 mm) y 10 (2.00 mm) tienen un mayor poder calorífico superior, con un promedio de 4611 kcal/kg. Las briquetas filtradas con los tamices N° 10 y 45 tienen un promedio de 4588 kcal/kg cada una y la que presentó un menor poder calorífico superior fue con el tamiz N° 20 con un promedio de 4560 kcal/kg.

En cuanto a las especies forestales, la Lupuna blanca muestra el mayor poder calorífico superior, con 4631 kcal/kg, le siguen las especies de Cumala, Copaiba blanca y Capirona, con 4616, 4583 y 4580 kcal/kg, respectivamente. La especie que presenta el menor poder calorífico superior es el Shihuahuaco, con 4555 kcal/kg. También sugiere que el aglutinante (Almidón de yuca) debe estar bien molido, de modo que al prepararlo forme una masa uniforme y se pueda mezclar fácilmente con el aserrín de madera. Además, durante la cocción del aglutinante de yuca y agua, es importante mantener un movimiento constante para lograr una cocción uniforme de las partículas.

2.2. Base teórica

2.2.1. Aserrín

Según (Álvarez, 2018) el aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; su contenido significativo de lignina contribuye a la adhesión de materiales en el proceso de fabricación de paneles contrachapados, aglomerados y briquetas. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral.

2.2.2. Briketa de aserrín

La briketa es un biocombustible sólido, que se obtiene al comprimir o densificar residuos, ya sean de origen vegetal lignificado, por lo general este material se origina a partir de residuos de la industria maderera, como aserrín, viruta, etc., u otros materiales. Estas se fabrican mediante altas presiones y temperaturas, lo que provoca la autoaglomeración de las partículas. También pueden fabricarse utilizando presiones más bajas o medianas, con la ayuda de una sustancia aglomerante para conseguir su compactación, (Ordóñez, 2015).

Es un producto totalmente ecológico y renovable, que se clasifica como bioenergía sólida. Por lo general, se encuentra en forma cilíndrica, con diámetros superiores a 30 mm, o en bloques. Con frecuencia, se emplean en entornos domésticos como industriales para producir calor o generar energía, se utilizan en estufas, chimeneas, cocinas, hornos y calderas, y también como combustibles limpios en gasificadores, siendo un sustituto del carbón y leña con muchas ventajas, (Barrera, 2019).

2.2.3. Ventajas del producto

Las briquetas tienen numerosas ventajas, como un alto poder calorífico, superior al de la leña, encendido rápido, bajo contenido de humedad, mayor densidad, energía limpia y no contaminante, fuente renovable, y su fabricación se basa en residuos forestales, lo que contribuye a la limpieza del medio ambiente. Son 100% recicladas, naturales, no tóxicas y no contienen aditivos químicos ni conservantes. Producen muy poco humo, sin malos olores y mínimas cenizas. Sus emisiones de CO₂ son neutras, por lo que evitan el cambio climático. Además, contribuyen positivamente al medio ambiente, (Álvarez, 2018)

2.2.4. Fabricación artesanal

Esta tecnología no requiere la intervención de equipos sofisticados. Sin embargo, no es adecuada para la producción en grandes cantidades. En otras palabras, utilizando métodos sencillos y caseros, es posible comprimir biomasa mezclada con un

aglutinante en un molde y luego secarla para su posterior uso. Es importante destacar que este método de elaboración no genera un producto de forma continua, y los parámetros que se pueden determinar son limitados, como el tiempo y la forma de secado, (Pavón, 2019).

2.2.5. *Aglutinante Natural*

Los aglutinantes se producen a partir de resinas fenólicas, almidones derivados de plantas (a veces modificados) y arcillas. Los aglomerantes basados en resinas ofrecen propiedades superiores de flexibilidad y resistencia durante operaciones de corte o desbaste en comparación con los aglomerantes vitrificados. Por otro lado, los aglomerantes vegetales presentan propiedades de cohesión más adecuadas para compactar biomasa, (Fonseca & Tierra, 2011).

Para producir briquetas, los aglutinantes deben cumplir ciertos criterios; deben ser fáciles de preparar, aplicar y mezclar, además de tener un costo bajo. Es crucial que no sean contaminantes durante la combustión y que presenten una excelente adhesión y resistencia, (Briones & Chilán, 2019). Además estos aglutinantes naturales ofrecen la ventaja de ser biodegradables, renovables y de bajo impacto ambiental, lo que contribuye a la reducción de emisiones contaminantes y al fomento de prácticas más responsables con el medio ambiente, (Cuevas et al., 2023).

2.2.6. *Almidón de yuca*

Ordóñez (2015) indica que el almidón se obtiene de las raíces de la mandioca (yuca) y se utiliza como aglutinante en la producción de briquetas de materia orgánica. Es uno de los mejores almidones para este fin, y se utiliza principalmente para briquetas de carbón vegetal o aserrín, esto se debe a sus excelentes propiedades de cohesión, a su bajo coste en comparación con otros aglutinantes. Por lo general, se recomienda una proporción que oscile entre el 4% y el 20%, para la biomasa, un rango ideal es del 4% al 8%. Al mezclarlo con agua caliente, se forma una pasta cohesiva que ayuda a mantener unidas las partículas en las briquetas.

2.2.7. *Almidón de maíz*

El almidón de maíz es un polisacárido natural obtenido mediante el proceso de molienda húmeda del maíz, esta técnica permite separar algunos de los constituyentes químicos del grano. Cuando se aplica al maíz, se obtienen almidones y otros productos como aceites, harinas de gluten y productos de almidón hidrolizado como la glucosa. En la fabricación de briquetas, el almidón de maíz se utiliza como aglutinante de materiales orgánicos en porcentajes que van del 5 al 8% en peso y del 30 al 35% de agua fría. Aunque este almidón es un poco más costoso que el almidón de yuca, su función como aglomerante es valiosa en la producción de briquetas, (Ordóñez, 2015).

2.2.8. Briquetación

Fonseca & Tierra (2011) indicaron que el briqueteado es el proceso de obtención de briquetas mediante la compresión, ya sea manualmente o mediante equipos mecánicos. Mencionaron que existe de las diversas técnicas de aglomeración cuyo objetivo es obtener combustibles con mayor densidad que la materia prima original para fines energéticos. Los residuos, principalmente de la industria forestal, desperdicios agrícolas y otros residuos combustibles de características similares, se consideran materias primas para la fabricación de briquetas.

Su forma suele ser cilíndrica, pero no siempre. Por ejemplo, las briquetas de carbón vegetal obtenidas compactando carbón en polvo o granulado tienen la forma de un huevo o una avellana, con una longitud aproximada de 12-20 cm. Cada proceso y fabricante produce briquetas de formas y dimensiones diferentes. Las formas de las briquetas son muy variadas, siendo las más comunes las cilíndricas, con diámetros de 3 a 20 cm y longitudes de 15 a 50 cm. Otras formas habituales son los prismas cuadrados o hexagonales huecos y, en algunos casos, tienen forma de ladrillo, (Fonseca & Tierra, 2011).

2.2.9. Secado de aire libre

El secado natural es un proceso que aprovecha las condiciones ambientales favorables, especialmente los días soleados. Se busca deshidratar las biomásas de las briquetas, sin la intervención de dispositivos artificiales. La duración del secado natural varía entre 10 a 30 días, dependiendo de las temperaturas ambientales. El movimiento del aire necesario para la evaporación de la humedad se logra mediante la acción del viento, y la energía solar directa también contribuye al proceso, (Ordóñez, 2015). No obstante, en muchos países en desarrollo, donde se desconocen técnicas más modernas, el secado natural es una opción viable debido a su bajo costo y la disponibilidad de condiciones climáticas propicias.

2.2.10. Secado en estufa

El secado de aserrín en estufa es un proceso utilizado para reducir la humedad contenida en el aserrín, convirtiéndolo en un material más estable y manejable. Consiste en colocar el material a secar dentro de una estufa, donde se somete a altas temperaturas durante un período de tiempo determinado. Durante este proceso, el calor provoca la evaporación del agua presente en el material, dejándolo seco y listo para su uso o almacenamiento, (Concepción et al., 2016).

2.2.11. Tiempo de encendido y combustión

El tiempo de encendido se refiere al promedio de tiempo que toma encender las briquetas. Por otro lado, el tiempo de combustión es el promedio de tiempo que las

briquetas tardan en convertirse en cenizas después de la ignición, hasta que el agua hierve. Ambos tiempos se determinan y registran utilizando un cronómetro, (Rotich, 1998).

2.2.12. Especie en estudio

a. Capirona (*Calycophyllum spruceanum*)

(CITEmadera, 2008) describen la taxonómicamente a la Capirona *Calycophyllum spruceanum* de la siguiente manera:

Familia: RUBIACEAE

Género: *Calycophyllum*

Especie: *Spruceanum*

Nombre común: Capirona

Nombre científico: *Calycophyllum spruceanum*

b. Descripción botánica

Árbol que alcanza 35 metros de altura total y 25 a 180 cm de diámetro a la altura del pecho. Presenta tronco de fuste recto, cilíndrico y la copa globosa en el último tercio.

Corteza externa es tersa y lustrosa de color marrón verdoso, provista de ritidoma papiráceo rojizo que al desprenderse en placas coriáceas expone el tronco blanco grisáceo, por ello también se le conoce como “Palo Mulato”. En el bosque esta especie es inconfundible por su corteza y aspecto gigante.

Corteza interna es homogénea y delgada, de color crema verduzco.

Ramitas terminales con sección circular o aplanadas en las zonas terminales, de 5-6 mm de diámetro, color marrón rojizo cuando secas, lisas, lustrosas, provistas de lenticelas blanquecinas

Hojas simples, opuestas decusadas, elípticas u oblongas, láminas cartáceas de 5 a 10 centímetros de longitud y 3 a 5 centímetros de ancho, los peciolos de 1.5 a 2.5 centímetros de longitud acanalados, láminas enteras cartáceas, con nervación pinnada que al envés presenta domatios o mechones de pelos diminutos.

Inflorescencias cimas terminales de 10-15 cm de longitud, provistas de numerosas flores.

Flores de color blanco en inflorescencias cimosas terminales de 10 a 15 centímetros de longitud, provistas de numerosas flores, hermafroditas de 1 a 1.5 centímetros de longitud, corola tubular campanulada y pubescente en el interior.

Frutos cápsulas pequeñas, alargadas elipsoides, de 5 a 8 centímetros de longitud, superficialmente pubescente. Cuando 31 maduran al abrir sus valvas presentan las semillas diminutas aladas y alargadas con el embrión en posición central.

c. Hábitat

Ocurre en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, pero también en zonas con una estación seca marcada. Es una especie heliófita, característica en bosques secundarios pioneros y tardíos, sobre suelos mayormente limosos a arenosos, aluviales, fértiles, a veces temporalmente inundables y en las zonas ribereñas; tolera la pedregosidad elevada. Toda la Amazonía, hasta el sur de Brasil y Bolivia, en altitudes de hasta 1200 msnm, (OSINFOR - INIA, 2017).

Según (CITEmadera, 2008) menciona que las:

d. Características de la madera

Color: El tronco recién cortado presenta capas externas de madera (Albura) de color blanco cremoso, similar a las capas internas (Duramen), no observándose entre ambas capas contraste en el color.

Olor: No distintivo.

Lustre o brillo: Moderado.

Grano: Recto.

Textura: Media.

Veteado o figura: Arcos superpuestos formado por anillos de crecimiento.

f. Fenología, polinización y dispersión

La floración de la *Calycophyllum spruceanum* (Capirona), se da desde inicios de la estación seca hasta su final, entre abril - Setiembre y fructificación a fines de este, entre agosto - Setiembre.

g. Usos de la madera

a madera es de buena calidad, dura y pesada, con grano recto a ondulado y textura fina, de excelente durabilidad, usada extensamente para construcción rural (Puntales y travesaños). Es apreciada como leña, ya que el poder calórico es muy alto y arde aun fresca. Tiene excelentes cualidades para carpintería y moldurado. En años recientes, su demanda para la producción de parquet a nivel nacional es creciente.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Residuo forestal

Es cualquier material orgánico o inorgánico que queda como resultado de actividades forestales, como la tala de árboles, la poda de ramas, la limpieza de bosques

o la extracción de madera. Estos residuos pueden incluir troncos, ramas, hojas, corteza, astillas, serrín y otros subproductos generados durante la gestión de los bosques o la industria maderera, (Cuevas et al., 2023).

2.3.2. Briqueta

Se trata de un producto sólido completamente ecológico y renovable, clasificado como bioenergía sólida. Viene en forma cilíndrica o de ladrillo y ofrece numerosas ventajas como alternativa a la leña, (Martínez, 2015).

2.3.3. Aglutinante

Sustancias que tienen la capacidad de generar fuerzas para unir fragmentos o partículas de una o varias sustancias o materiales, proporcionando cohesión al conjunto mediante métodos físicos, químicos o térmicos, (Fonseca & Tierra, 2011).

2.3.4. Almidón

Proviene de la familia de los carbohidratos, constituidos de cadenas lineales (amilasa) y cadenas ramificadas (amilopectina). Los almidones son extremadamente versátiles, alcanzando una eficiencia incomparable en todas sus aplicaciones, especialmente en su uso como aglutinante, (Ordóñez, 2015).

2.3.5. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible implica un cambio, es decir, mejorar o transformar el sistema en sí para ver el progreso de algunos de sus productos, (Gallopín, 2003).

2.3.6. Energía Alternativa

Una energía alternativa se refiere a una fuente de energía que puede reemplazar a las fuentes energéticas actuales, esto puede deberse a su menor impacto contaminante o, principalmente, a su capacidad de renovación, (Cunurana, 2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método De Investigación

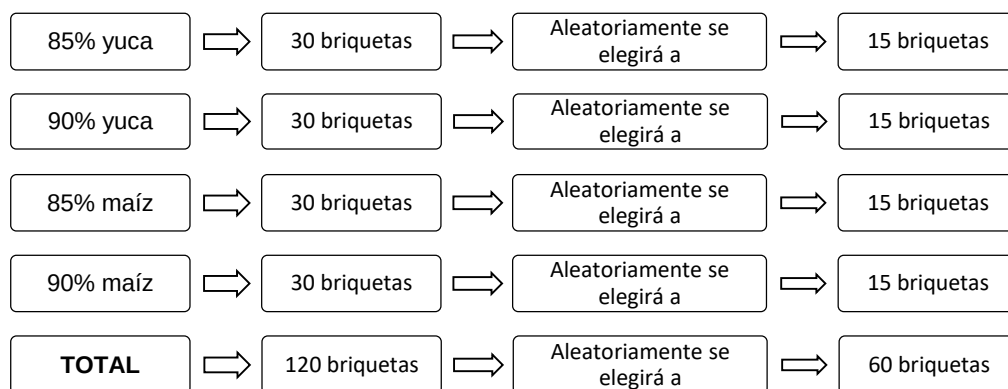
La ejecución del estudio se realizó en las instalaciones de la carpintería de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en la carretera Federico Basadre Km. 6.200. Políticamente se encuentra en el distrito de Callería, provincia de coronel Portillo, región Ucayali.

Para los ensayos de fabricación se aplicó el método experimental, ya que se manipularon variables muy controladas, estudiando los efectos que se producen en casos concretos. Se utilizó el tipo de Investigación aplicada para estimar y evaluar el proceso de fabricación de las briquetas de aserrín; identificando y cuantificando los efectos del tiempo de encendido y combustión de cada una de las briquetas.

Así mismo se empleó una prueba T de muestras independientes, debido a que se comparó el tiempo de encendido y combustión de briquetas elaboradas con dos tipos de aglutinante en dos proporciones. Por lo que hubo 4 tratamientos con 30 repeticiones/tratamiento, haciendo un total de 120 unidades experimentales.

Tabla 1

Tratamientos



3.2. Población y muestra.

3.2.1. Población.

La población es finita, que estuvo constituida por 120 briquetas de aserrín de la especie de Capirona (*Calycophyllum spruceanum*).

3.2.1. Muestra.

La muestra es probabilística utilizando la técnica del muestreo aleatorio simple. La cual estuvo constituida por el 50 % de la población, haciendo un total de 60 briquetas, que será elegido de forma aleatoria.

3.3. Procedimiento de recolección de datos.

3.3.1. Recolección de residuos

La recolección de aserrín de la especie capirona (*Calycophyllum spruceanum*) se realizó en las industrias de transformación de la madera ubicados en la ciudad de Pucallpa.

3.3.2. Transporte de materia prima

La materia prima recolectada en costales se trasladó al taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.3.3. Secado al aire libre

El aserrín se secó al sol durante aproximadamente tres días para reducir su humedad.

3.3.4. Tamizado del aserrín

El tamizado del aserrín de la especie capirona se llevó a cabo utilizando dos tamaños de tamices: de 40 y 60 micras. El objetivo fue eliminar las partículas de polvo presentes en el material. Después de tamizar, los materiales se colocaron en bandejas de plástico para su posterior secado, siguiendo las pautas establecidas por la Norma ASTM D-422.

3.3.5. Secado de aserrín

El secado del aserrín se realizó en una estufa de 20 litros de capacidad; el tiempo de secado del aserrín fue aproximadamente de 20 días a una temperatura progresiva empezando con 50°C, 70°C hasta llegar a la etapa final del secado de 105±3 °C; previamente se determinó el contenido de humedad inicial del aserrín, (Salvador et al., 2024). Por lo que se aplicará la Norma NTP 339.127.1998.

3.3.6. Preparación del aglutinante

El aglutinante se elaboró a partir del almidón de yuca y maíz. Se utilizó la siguiente relación: 250 g de almidón por tres litros de agua; la mezcla fue cocinada a fuego lento y homogenizada su contenido en una licuadora, (Salvador et al., 2024); para el acopio del aglutinante se usaron baldes con tapas. Se utilizó la Norma NTP E. 060.

3.3.7. Elaboración de briquetas

El procedimiento para la elaboración de las briquetas se realizó de acuerdo a un estudio realizado por (Salvador et al., 2024):

- Se procedió a elaborar las briquetas, la cual en primer lugar se pesó el aserrín en una balanza de capacidad de 10 kilos; a partir de ello se calculó el peso del aserrín, que llenaran los moldes de acero dulce, de 38 mm de diámetro y 90 mm de largo, para luego determinar el peso exacto de cada proporción.

- Se calentó los moldes en una estufa de 20 litros de capacidad a 200°C, llegado a esta temperatura, se procedió a realizar la mezcla del aserrín con los dos tipos de aglutinantes (yuca y maíz) en dos proporciones distintas (85% y 90%) del peso total de cada briketa.

- Mezclada los dos componentes de manera homogénea se procedió a llenar los moldes, dando un pre-prensado para luego ser transportada cada molde a una prensa hidráulica manual con capacidad de presión de 1500 bares (1516 kg/cm²).

- Por un tiempo de 10 minutos la briketa recibió una presión aproximada de 75 kg/cm², luego se retiró, iniciándose así el periodo de enfriamiento total del molde; una vez frío el molde, se retiró manualmente la briketa. *NTP 399.010-1* (pp. 75-85).

3.3.8. Pruebas realizadas a las briquetas

Para realizar las pruebas a las briquetas se consideró el procedimiento realizado por (Salvador et al., 2024):

Tiempo de encendido: Consistió en medir el tiempo en que la briketa demora en tomar un color rojo y el fuego se sostenga, sometida a una fuente de calor, como el mechero de Bunsen.

Tiempo de combustión: Consistió en medir el tiempo de consumo total de la briketa por el fuego. Se llevó a cabo bajo la norma Técnica UNE-EN 1860-2:2005 y la NTC 2060.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Instrumentos

Guía de observación: Esta guía permitió observar directamente el proceso de encendido y combustión de las briquetas en diferentes condiciones (proporciones de almidón, tipos de almidón) y registrar sistemáticamente los datos relevantes.

Fichas de recolección de datos: En el contexto de la caracterización de briquetas y la determinación de su aprovechamiento energético, estas fichas permitieron registrar datos relevantes como el tiempo de encendido y la duración de la combustión.

Cámara fotográfica: Permitió capturar imágenes que documenten de manera objetiva situaciones, objetos o fenómenos relevantes para la investigación. Estas imágenes fueron utilizadas como evidencia visual de la tesis.

3.5. Procesamiento para recolección de datos.

3.5.1. Tratamientos de datos.

Para comparar las proporciones de aglutinantes en el tiempo de encendido y combustión se utilizó la prueba T de muestras independientes, comparando las proporciones 85% y 90% de aglutinantes en las briquetas de Capiróna, asimismo también se comparó entre almidones yuca y maíz. Para la interpretación se utilizó la siguiente tabla.

Tabla 2

Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de yuca

TRATAMIENTOS		HIPOTESIS	P - VALOR
85%	90%		
Ho: m1=m2			

** : existe diferencias altamente significativas

3.5.2. Técnica

Análisis documental: Técnica de investigación que se utilizó para nutrir la tesis y formular los antecedentes de acuerdo a las variables de estudio. Así mismo se recurrió a la revisión de las normas que se utilizó para la elaboración de los ensayos a las briquetas.

Observación: Técnica para recolectará datos de todo lo sucedió en la investigación, así mismo se comprendió y registró los fenómenos producidos por las pruebas de encendido y combustión que se hizo a las briquetas, que sirvió para enriquecer los resultados y discusiones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tiempo de encendido (minutos) de las briquetas de capirona elaboradas con dos aglutinantes en dos proporciones

Tabla 3

Estadísticos descriptivos del tiempo de encendido de las briquetas de aserrín de Capirona

Almidones	(Manihot esculenta) Yuca		(Zea mays) Maíz	
	85	90	85	90
Proporción (%)	85	90	85	90
Recuento	15	15	15	15
Media (minutos)	1.15	1.23	1.09	1
Máximo	1.30	1.31	1.19	1.15
Mínimo	1.08	1.16	0.98	0.87
Desviación estándar	0.08	0.05	0.07	0.09
Coeficiente de variación (%)	7	4.1	6.4	9

El tiempo de encendido máximo y mínimo de las briquetas elaboradas con almidón de yuca al 85% fue de 1.30 y 1.08 minutos, y al 90% fue de 1.31 y 1.16 minutos respectivamente, mientras que el tiempo de encendido máximo y mínimo de las briquetas de elaboradas con almidón de maíz al 85% fue de 1.19 y 0.98 minutos, y al 90% fue de 1.15 y 0.87 minutos respectivamente.

4.1.1. Comportamiento al tiempo de encendido de las briquetas de madera de Capirona elaboradas con dos tipos de almidones en dos proporciones.

Tabla 4

Análisis de varianza del tiempo de encendido de briquetas elaboradas con dos tipos de almidones y dos proporciones de almidón

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	P - valor
Almidones	0.321	1	0.321	59.982	0.0
Proporciones	1.667E-6	1	1.667E-6	0.00	0.986
Almidones * Proporciones	0.100	1	0.100	18.682	0.0
Error	0.300	56	0.05		
Total	0.721	59			

El análisis de varianza indica que existe interacción factorial altamente significativo, esto demuestra que los niveles factoriales de cada factor son independientes por lo que se debe desdoblar un factor convirtiéndola constante y hacer el análisis por separado.

a. Aglutinante: (*Manihot esculenta*) yuca

Tabla 5

Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de yuca

TRATAMIENTOS		HIPOTESIS	P - Valor
85%	90%		
1.15 minutos	1.23 minutos	Ho: m1=m2	0.002**

La tabla indica que existe diferencias altamente significativas en el tiempo de encendido entre las dos proporciones de aglutinante de almidón de yuca utilizadas en la elaboración de briquetas de Capiróna. Las briquetas elaboradas con 85% de aglutinante encienden más rápido que las briquetas elaboradas con 90% de almidón de yuca. Estos resultados se corrobora con el estudio de (Cerón & León, 2012), donde indica que las briquetas elaboradas al 85% de concentración presenta mayor consistencia y menor cantidad de aglutinante sobrante, características por las cuales estas briquetas encienden con mas rapidez.

Durante el secado en el horno de las briquetas elaboradas con un 85% de concentración de aglutinante de yuca sufrieron grietas, generando espacios porosos, por lo que el flujo de aire es mayor, causando que las briquetas enciendan en menor tiempo en comparación con las briquetas elaboradas al 90% de concentración. Esto coincide con el estudio de (Aguko et al., 2018), donde analizaron que el tiempo de encendido es más rápido para las formas cilíndricas con grietas, debido a los espacios de aire formados en las briquetas, ya el flujo de aire y el suministro de oxígeno es mayor.

b. Aglutinante: (*Zea mays*) maíz

Tabla 6

Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de maíz

TRATAMIENTOS		HIPOTESIS	P - Valor
85%	90%		
1.08 minutos	1 minuto	Ho: m1=m2	0.009**

La tabla indica que existe diferencias altamente significativas en el tiempo de encendido entre las dos proporciones de aglutinante de almidón de maíz utilizadas en la elaboración de briquetas de Capiróna.

Las briquetas elaboradas con 90% de aglutinante encienden más rápido que las briquetas elaboradas con 85% de almidón de maíz. Esto se debe a que el almidón de maíz es una sustancia que da adhesión y evitan que las briquetas se desintegran y se deformen. Estos contienen un nivel de glucosa alto, libre de olor y sabor. Está formado por la mezcla de amilosa (28.3%) y amilopectina (71.17%), (Valiente, 2017). Por lo que, si el almidón contiene más amilopectina, el producto es más adhesivo, en consecuencia, las briquetas encienden mas rápido.

El tiempo de encendido que se obtuvo en promedio al 90 % de concentración de aglutinante de maíz fue de 1 minuto, en comparación al estudio realizado por (Aguko et al., 2018) donde obtuvieron un promedio de 3.5 minutos. Por lo que el tiempo de encendido de las briquetas se ve afectado por la cantidad de materia volátil y la superficie de las briquetas expuestas al flujo de aire.

Cuanto mayor es la superficie expuesta al aire, menor es el tiempo de encendido necesario. Esto nos indica que la forma cilíndrica contribuye a que el tiempo de encendido sea mas rápido para las briquetas aglutinadas con almidón de maíz.

4.2. Tiempo de combustión (minutos) de las briquetas de capirona elaborados con dos aglutinantes en dos proporciones

Tabla 7

Estadísticos descriptivos del tiempo de encendido de las briquetas de madera Capirona

Almidones	(<i>Manihot esculenta</i>) Yuca		(<i>Zea mays</i>) Maíz	
	85	90	85	90
Proporciones	85	90	85	90
Recuento	5	5	5	5
Media	132	132.6	151.8	183
Máximo	133.2	135	153	184.8
Mínimo	130.8	130.8	150	181.2
Desviación estándar	0.01	0.03	0.02	0.02

El tiempo de combustión máximo y mínimo de las briquetas elaboradas con almidón de yuca al 85% fue de 133.2 y 130.8 minutos, y al 90% fue de 132.6 y 135 minutos respectivamente, mientras que el tiempo de combustión máximo y mínimo de las briquetas de elaboradas con almidón de maíz al 85% fue de 153 y 150 minutos, y al 90% fue de 184.8 y 181.2 minutos respectivamente.

4.2.1. Comportamiento al tiempo de combustión de las briquetas de madera de Capiróna elaboradas con dos tipos de almidones y dos proporciones de almidones.

Tabla 8

Análisis de varianza del tiempo de combustión de briquetas elaboradas con dos tipos de almidones y dos proporciones de almidón.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fobs	P - valor
Almidones	1.723	1	1.723	3534.041	0.00
Proporciones	0.356	1	0.356	731.169	0.00
Almidones * proporciones	0.335	1	0.335	688.010	0.00
Error	0.008	16	0.000		
Total	2.422	19			

El análisis de varianza indica que existe interacción factorial altamente significativo, esto demuestra que los niveles factoriales de cada factor son independientes por lo que se debe desdoblar un factor convirtiéndola constante y hacer el análisis por separado.

a. Aglutinante: (*Manihot esculenta*) yuca

Tabla 9

Prueba T de muestras independientes en el tiempo de combustión de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de yuca

TRATAMIENTOS		HIPOTESIS	P - Valor
85%	90%		
131.88 m	132.36 m	Ho: m1=m2	0.578

No existe diferencias significativas en el tiempo de combustión entre las dos proporciones de aglutinantes. Los resultados concuerdan con estudios previos de (Aguko et al., 2018) que demostró que la proporción de aglutinante de almidón de yuca de las briquetas no dan como resultado ninguna diferencia significativa en el tiempo de combustión. Esto se debe a que el poder calorífico del combustible era del mismo material para ambas briquetas.

Así mismo (Ajiboye et al., 2016), en su estudio donde utilizaron almidón de yuca como aglutinante en briquetas de aserrín no reportaron diferencias significativas en el tiempo de combustión al variar las proporciones de aglutinante. Esto sugiere que el almidón de yuca es un aglutinante efectivo que no altera significativamente el tiempo de combustión de las briquetas.

Si bien el almidón de yuca es eficaz, la variación en el rendimiento puede depender de otros factores como el tamaño de las partículas, las proporciones de aserrín, el tipo de molde y la presión ejercida.

b. Aglutinante: (*Zea mays*) maíz

Tabla 10

Prueba T de muestras independientes en el tiempo de combustión de las briquetas elaboradas con dos proporciones de almidón de maíz

TRATAMIENTOS		HIPOTESIS	P - Valor
85%	90%		
151.56 m	183.12 m	Ho: m1=m2	0.00**

La tabla indica que existe diferencias altamente significativas en el tiempo de combustión entre las dos proporciones de aglutinante de almidón de maíz utilizadas en la elaboración de briquetas de aserrín de Capirona. Las briquetas elaboradas con 90% de aglutinante tienen mayor tiempo de combustión que las briquetas elaboradas con 85% de almidón de maíz.

En los estudios de Chinyere & Asoegwu (2014) se demostró que existe una diferencia significativa ($p=5\%$) en el rendimiento de las briquetas al variar la cantidad de aglutinante de maíz, lo que sugiere que las proporciones de aglutinante afectan significativamente las propiedades de combustión. Así mismo indica que el aumento en la cantidad de aglutinante de almidón de maíz generalmente mejora la eficiencia de combustión de las briquetas. Un mayor volumen de aglutinante tiende a reducir el tiempo de ebullición y la tasa de consumo de combustible.

4.3. Análisis comparativo en el tiempo de encendido y combustión entre los dos almidones utilizados en la elaboración de briquetas de capirona.

4.3.1. Tiempo de encendido

Tabla 11

Prueba T de muestras independientes en el tiempo de encendido de las briquetas elaboradas con dos aglutinantes

TRATAMIENTOS		HIPOTESIS	P - Valor
YUCA	MAIZ		
1.19 minutos	1.04 minutos	Ho: m1=m2	0.00**

Existe diferencias altamente significativas en el tiempo de encendido entre los dos aglutinantes; con el almidón de maíz es menor el tiempo de encendido de las

briquetas. Los resultados coinciden con el estudio de (Adekojo & Ayodeji, 2021), donde indican que las briquetas con almidón de maíz tienen un rendimiento superior en términos de tiempo de encendido respecto a las elaboradas con almidón de yuca. Esta diferencia significativa podría estar relacionada con las propiedades químicas y físicas de los aglutinantes y cómo afectan la combustión del material.

4.3.2. Tiempo de combustión

Tabla 12

Prueba T de muestras independientes en el tiempo de combustión de las briquetas elaboradas con dos aglutinantes

TRATAMIENTOS		HIPOTESIS	P - Valor
YUCA	MAIZ		
132 m	167.34 m	Ho: m1=m2	0.00**

Existe diferencias altamente significativas en el tiempo de combustión entre los dos aglutinantes; con el almidón de maíz hay mayor tiempo de combustión de las briquetas. Debido a que la mayoría de las briquetas elaboradas con almidón de maíz fueron con moldes de menor diámetro, hubo mayor presión al momento del presando. Es por eso que se obtuvieron briquetas en mejores condiciones y con mayor tiempo de combustión.

Esto concuerda con los hallazgos de Aguko et al. (2018), donde mencionan que la forma de las briquetas y su densidad influyen en los tiempos de encendido y combustión, optimizando así la eficiencia energética del combustible obtenido.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El tiempo de encendido de las briquetas con 85% y 90% de yuca es de 1.15 y 1.23 minutos respectivamente, y tiempo de combustión de 132 y 132.6 minutos respectivamente. Asimismo, el tiempo de encendido con 85% y 90% de maíz es de 1.09 y 1 minuto respectivamente; y el tiempo de combustión es de 151.8 y 183 minutos respectivamente.
- Las briquetas de madera de Capirona conformados con 90% de almidón de maíz presenta menor tiempo de encendido y mayor tiempo de combustión que las briquetas elaboradas con 85% de almidón de maíz.
- Las briquetas de madera de Capirona conformados con 85% de almidón de yuca presenta menor tiempo de encendido e igual tiempo de combustión que las briquetas elaboradas con 90% de almidón.
- La briqueta elaborada con almidón de maíz presenta menor tiempo de encendido por lo que se encenderá más rápido, asimismo estas briquetas presentan mayor tiempo de combustión, por lo que durará más como combustible.

5.2 Recomendaciones.

- Seguir promoviendo usar aglutinantes naturales en la elaboración de productos compactados, pues esto permite valorizar los recursos agrícolas.
- Promover el uso de residuos particulado en la elaboración de productos compactados, esto reducirá residuos de las industrias forestales.
- Utilizar otros tamaños de partículas en la elaboración de briquetas, esta práctica puede disminuir el contenido del almidón en las briquetas.
- En términos de energía, las briquetas muestran competitividad en el mercado; no obstante, es crucial evaluar la viabilidad económica de su producción, dado que los costos involucrados podrían limitar su acceso al mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adekojo, M. W., & Ayodeji, O. A. (2021). Efectos sinérgicos de la mezcla de materias primas y la torrefacción sobre algunas características de las briquetas de desechos de cáscara de maíz y aserrín. *Applied Environmental Research*. <https://doi.org/10.35762/aer.2021.43.3.8>
- Aguko, P., Nyaanga, D. M., Makena, J., & Eppinga, R. (2018). Effect of Shapes, Binders and Densities of Faecal Matter—Sawdust Briquettes on Ignition and Burning Times. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*, 09(02). <https://doi.org/10.4172/2157-7463.1000370>
- Ajiboye, T. K., Abdulkareem, S., & Anibijuwon, A. O. Y. (2016). Investigación de las propiedades mecánicas del producto de briquetas de aserrín y carbón como Fuente potencial de energía doméstica. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 20(4), Article 4. <https://doi.org/10.4314/jasem.v20i4.34>
- Alvarez, E. J. (2018). *Análisis técnico financiero en la implementación de briquetas de aserrín, cáscara de café y olote, para disminuir el consumo de leña en San Juan Sacatepéquez*. <https://acortar.link/BsFZqT>
- Avilés, C., & Lopez, M. (2015). Innovación medioambiental en las empresas del sector forestal. *CONSEJO EDITORIAL*, 113-132.
- Barrera, J. A. (2019). *Briquetas: La Mejor Forma de Reutilizar los Residuos Forestales – Revista El Mueble y la Madera*. <https://acortar.link/aDUD1m>
- Briones, D. J., & Chilán, G. M. (2019). *Briquetas para la obtención de biomasa energética a partir de los residuos de maíz (Zea mays) en la comunidad San Miguel de Tres Charcos* [bachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL]. <https://acortar.link/iWWjrw>
- Cerón, A., & León, Y. (2012). *Activación Física De Cascarilla De Arroz Aglomerada Con Engrudo De Almidon De Yuca Para La Obtención De Carbón Activado*. <http://surl.li/uobphb>
- Chinyere, D. C., & Asoegwu, S. N. (2014). *REVISTA INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA Una evaluación de briquetas de aserrín y almidón de maíz como aglutinante*. <https://surl.li/xgrcda>
- CITEmadera. (2008). *Compendio de información técnica de 32 especies forestales— Tomo I*. <https://acortar.link/yRpLqh>
- Concepción, R., Chonillo, R., Lorenzo, A., & Morales, S. (2016). Determinación de las potencialidades de aserrín en la ciudad de Guayaquil como materia prima para la producción de diversos surtidos en la industria forestal. *Holos*, 4, 105-114.

- Cuevas, H., Hernández, C., Ortiz, L., & Díaz, S. (2023). Elaboración de Briquetas a partir de Aserrín y Viruta de Pinus SPP como Energía Alternativa en el departamento de Boyacá, Colombia. *Ingenio Magno*, 14(1), 92-100.
- Cunurana, M. (2018). *Evaluación de Briquetas Obtenidas a Partir de Residuos de Poda del Olivo y Orujo de Aceituna como Fuente de Energía Alternativa*. <https://acortar.link/ETU2Wi>
- Fernández, P. P. (2012). Transformación y uso sostenible de los residuos maderables y agrícolas en briquetas en Leoncio Prado—Perú. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/930>
- Fonseca, E. G., & Tierra, L. F. (2011). *Desarrollo de un Proceso Tecnológico para la Obtención de Briquetas de Aserrín de Madera y Cascarilla de Arroz, y Pruebas de Producción de Gas Pobre*. <https://acortar.link/1kgoCE>
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: Un enfoque sistémico*. <https://acortar.link/O8fZQ>
- García, L., Benítez, P., Valero, S., & Gutiérrez-Gotera, I. (2019). Elaboración de briquetas a partir de residuos de aserrín aglutinados con almidón de maíz y su posible aplicación como aislante térmico. *Ingeniería. Revista de la Universidad de Costa Rica*, 29(1), 21-39.
- Huanca, L. V. (2017). *Evaluación del Proceso de Producción de Briquetas a partir de residuos de dos maderas de la zona de Iquitos, Loreto*. <https://acortar.link/UuGXsm>
- López, J. D., Cajina, C. E., Ramírez, J. U., Reyes, E. A., Olivas, N. R., & Molina, L. A. (2016). Evaluación de los parámetros físicos y químicos de las briquetas obtenidas con la maquina briquetadora construida en FAREM-Estelí. *Revista Científica de FAREM - Estelí*, 16, Article 16.
- Martínez, A. (2015). *Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química*. <https://acortar.link/QN5dzd>
- Medina, D., Palma, A., & Castro, H. (2016). Uso de la biomasa extraída de los subproductos del arroz como aislante térmico. *Desarrollo e innovación en Ingeniería*, 54.
- Morales, M. (2019). *Aprovechamiento del aserrín y viruta de pino (Pinus spp) para la producción y evaluación de briquetas como energía alterna en la comunidad de San Francisco Pichátaro Michoacán*.
- Niño, A. (2019). *Caracterización de propiedades físicas y mecánicas de briquetas de biomasa de aserrín de pino y cascarilla de arroz*. <https://acortar.link/QskAij>
- Olazabal, K. A., & Talavera, A. C. (2022). *Elaboración y aprovechamiento energético de briquetas obtenidas de los residuos orgánicos producto de la extracción de aceites esenciales en FAGSOL, Puquina 2022*. <https://acortar.link/DVWQpg>

- Olorunnisola, A. (2007). *Producción de briquetas de combustible a partir de mezclas de residuos de papel y cáscara de coco*.
- ONU. (2010). *Desarrollo Sostenible, Antecedentes. Asamblea General de las Naciones Unidas, Presidente del 65° Período de Sesiones*. Naciones Unidas. <https://acortar.link/uMZEwr>
- Ordóñez, O. F. (2015). *Evaluación de la influencia de la formulación de combustible sólidos densificados de aserrín de pino blanco (Pinus pseudostrobus Lindl), reciclado de carbón activado y almidón de yuca (Manihot esculenta), sobre las propiedades fisicoquímicas de los combustibles sólidos densificados en general*. <https://acortar.link/YP9Rju>
- Ortíz, L., Tejada, A., Vázquez, A., & Piñeiro, G. (2004). Aprovechamiento de la biomasa forestal producida por la cadena monte-industria. *Revista CIS-madera. Parte III Producción de elementos densificados*, 17-32.
- OSINFOR - INIA. (2017). *Fichas De Identificación De Especies Forestales Maderables Y Silvicultura Tropical*. <https://acortar.link/Xxsqed>
- Pasache, M., & Sánchez, E. (2013). *Análisis de Caso de Estudio del uso de briquetas de aserrín en familias que usan leña y carbón en la zona de Piura y Sullana-Perú*. Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. <https://acortar.link/FsFdAx>
- Pavón, C. J. (2019). *Determinación del Poder Calorífico y Tiempo de Combustión de cuatro Prototipos de Briquetas*. <https://acortar.link/5TbUG9>
- Paz, F. J. (2008). *Determinación de la Composición Química de la Madera Obtenida del Primer Clareo en Árboles de Melina (Gmelina Arborea Roxb.), de una Plantación Proveniente del Departamento de Izabal*. <https://acortar.link/TgrITA>
- Rotich, P. K. (1998). *Carbonización y briquetado de aserrín para uso en cocinas domésticas* [Thesis, University of Nairobi]. <https://acortar.link/UaOmOH>
- Salvador, M. I., Pérez, J. R., Vargas, L. V., V, N. C., & Pastor, G. A. (2024). Elaboración de biocombustibles sólidos densificados a base de aserrín de dos especies forestales y estiércol de bovino de uso doméstico e industrial en Pucallpa-Ucayali. *Maestro y Sociedad*, 21(1), 404-418.
- Sotannde, O. A., Oluyeye, A. O., & Abah, G. B. (2010). Physical and combustion properties of briquettes from sawdust of Azadirachta indica. *Journal of Forestry Research*, 21(1), 63-67. <https://doi.org/10.1007/s11676-010-0010-6>
- Valerio, H. O. (2021). *Análisis de la granulometría y morfología del aserrín de la madera de cinco especies forestales de Pucallpa y sus posibilidades de uso en la fabricación de briquetas*. <https://acortar.link/mfPCVI>
- Valiente, A. C. (2017). *Elaboración De Briquetas Para Aprovechamiento Del Residuo De Arroz En Beneficios Del Municipio De El Progreso, Jutiapa*. <http://surl.li/smvogi>

Velázquez, B. M. (2006). Situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética: *Ecosistemas*, 15(1), Article 1. <https://acortar.link/wcE5fU>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 13
Matriz de consistencia

Tiempo de encendido y combustión de briquetas elaboradas con aserrín de capiróna (<i>Calycophyllum spruceanum</i>) aglutinados con 2 tipos de almidón en 2 proporciones, Ucayali.						
TÍTULO	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicadores	Tipo Diseño
Problema: Problema General ¿Cuánto es el tiempo de encendido y combustión de briquetas elaboradas con aserrín de capiróna (<i>Calycophyllum spruceanum</i>) aglutinados con 2 tipos de almidón en 2 proporciones?	Objetivo General Estimar el tiempo de encendido y combustión de briquetas elaboradas con aserrín de capiróna (<i>Calycophyllum spruceanum</i>) aglutinados con 2 tipos de almidón en 2 proporciones.	Hipótesis General Ha: Existe diferencia significativa en el tiempo de encendido y combustión entre las dos proporciones de aglutinante de almidón de yuca y maíz, en briquetas de capiróna. Ho: No existe diferencia significativa en el tiempo de encendido y combustión entre las dos proporciones de aglutinante de almidón de yuca y maíz, en briquetas de capiróna.	Variable Independiente: - Aglutinantes naturales - Proporción de aglutinante	- Almidón de yuca - Almidón de maíz 85% 90%	g % respecto al peso de las briquetas	Población Y Muestra Población: 120 de briquetas de aserrín de la especie de Capiróna (<i>Calycophyllum spruceanum</i>) Muestra: 60 briquetas elegidas de forma aleatoria
Problemas Específicos ¿Habría diferencia las 2 proporciones de aglutinante de almidón de maíz en el tiempo de encendido y combustión de briquetas de capiróna?	Objetivos Específicos Comparar el tiempo de encendido y combustión de briquetas de capiróna elaboradas en 2 proporciones de aglutinante de almidón de maíz	Hipótesis específica No existe diferencia significativa en el tiempo de encendido y combustión entre las dos proporciones de aglutinante de almidón de yuca en briquetas de capiróna	Variable Dependiente: - Tiempo de combustión - Tiempo de encendido	Tiempo de encendido Tiempo de combustión	Minutos	
¿Habría diferencia en el tiempo de encendido y combustión entre las briquetas aglutinadas con almidón de yuca y las briquetas aglutinadas con almidón de maíz?	Comparar el tiempo de encendido y combustión entre las briquetas aglutinadas con almidón de yuca y las briquetas aglutinadas con almidón de maíz	No existe diferencia significativa en el tiempo de encendido y combustión entre las dos proporciones de aglutinante de almidón de maíz en briquetas de capiróna				

Anexo 2: Panel fotográfico:
Figura 1

Recolección de residuos aserraderos de la ciudad de Pucallpa.



Figura 2

Secado de aserrín

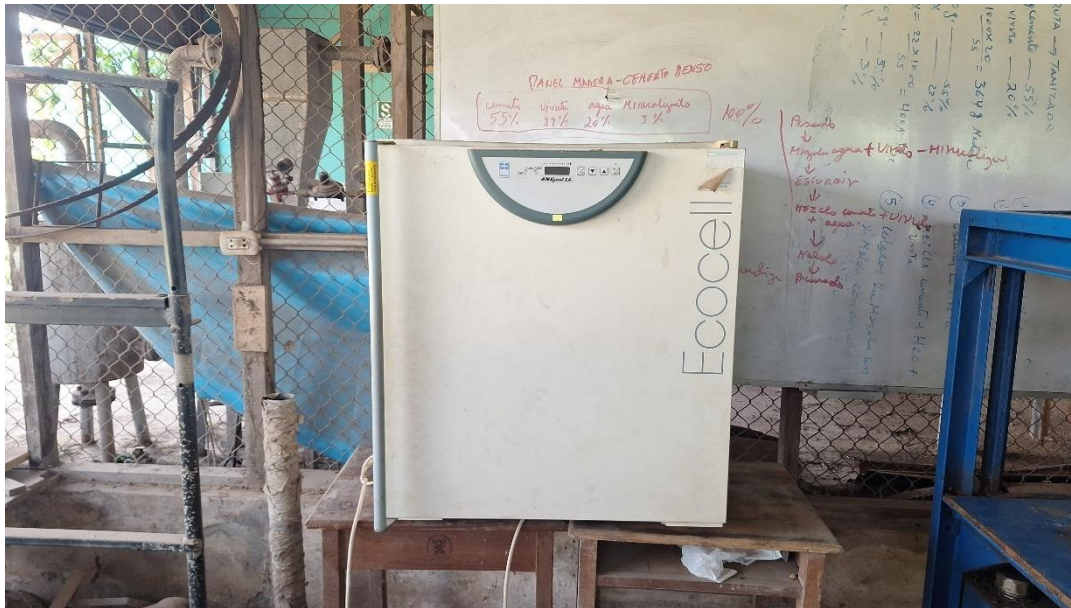


Figura 3

Preparación y almacenado del aglutinante

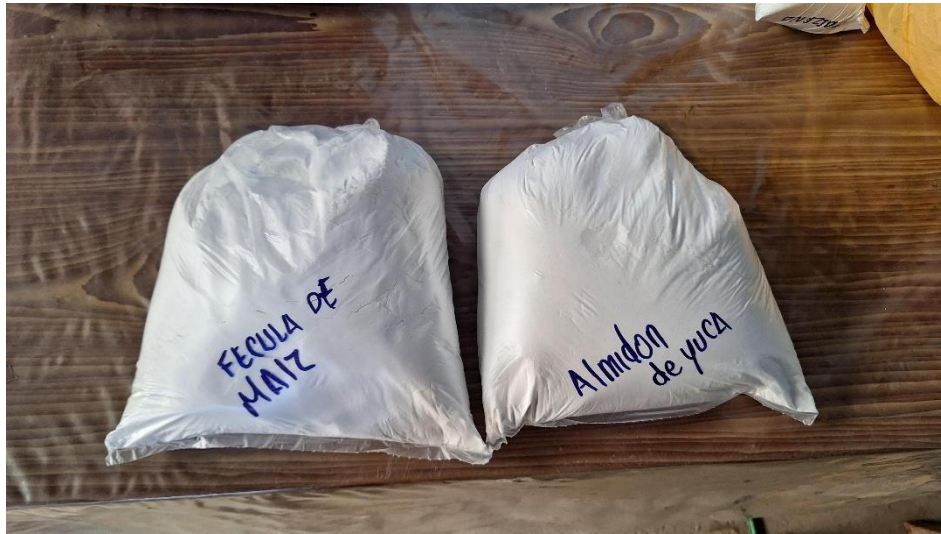


Figura 4

Elaboración de briquetas



Figura 5

Codificado y secado de las briquetas



Figura 6

Pruebas realizadas a las briquetas



Figura 7

Materiales utilizados en la ejecución de la tesis.

