

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Producción de briquetas ecológicas a partir de residuos
orgánicos y papel reciclado como alternativa energética
sostenible**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jose Alfredo Sencia Ancca
Elizabeth Nayely Huacho Gonzales

Asesor:

Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez

Juliaca, agosto de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS ECOLÓGICAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y PAPEL RECICLADO COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA SOSTENIBLE”** de los autores, Jose Alfredo Sencia Ancca y Elizabeth Nayely Huacho Gonzales tiene un índice de similitud de 7 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 27 días del mes de agosto del año 2026



Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 21 día(s) del mes de agosto del año 2022 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección de (de la) presidente(a):

Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera, el (la) secretario(a): Mtro. Pedro Victor

Quirope Spaza y los demás miembros: Msc. Loayda Abigail Condon

Turpo Msc. Rose Adeline Gallata Chura y el (la) asesor(a) Msc. Miguel Angel Sacedo

Enriquez con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

"Producción de briquetas ecológicas a partir de residuos orgánicos y papel reciclado como alternativa energética sostenible"

del(los) bachiller/es: a) Jose Alfredo Sencia Ancca

b) Elizabeth Nayely Huacho Gonzales

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

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

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

Bachiller (a): Jose Alfredo Sencia Ancca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): Elizabeth Nayely Huacho Gonzales

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Ver parte posterior

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

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (c)

Índice

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
Lugar de ejecución	8
Diseño experimental de la investigación	9
Caracterización fisicoquímica de los residuos	10
Porcentaje de humedad	10
Densidad real	10
Potencial de hidrógeno y temperatura	11
Obtención de las briquetas ecológicas	11
Composición y propiedades fisicoquímicas de los insumos	11
Diagrama para la obtención de las briquetas ecológicas	12
Propiedades fisicoquímicas de las briquetas	13
Contenido de humedad	13
Densidad aparente	13
Poder calorífico	13
Contenido de ceniza	14
RESULTADOS	14
Caracterización fisicoquímica de los residuos	14
Propiedades fisicoquímicas de las briquetas	15
DISCUSIONES	17
Materias primas	17
Formulaciones	18
Geometría hexagonal con núcleo hueco	18
Propiedades fisicoquímicas de briqueta	19
CONCLUSIÓN	22
REFERENCIAS	22
ANEXOS	28

PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS ECOLÓGICAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y PAPEL RECICLADO COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA SOSTENIBLE

PRODUCTION OF ECOLOGICAL BRIQUETTES FROM ORGANIC WASTE AND RECYCLED PAPER AS A SUSTAINABLE ENERGY ALTERNATIVE

RESUMEN

La gestión ineficiente de miles de toneladas de residuos sólidos y las bajas tasas de recuperación a nivel mundial han generado una crisis ambiental que exige alternativas urgentes de aprovechamiento energético bajo modelos de economía circular. Este estudio tuvo como objetivo producir y evaluar briquetas ecológicas a partir de biomasa residual (bagazo de maíz y cáscara de papa) y papel reciclado como sustitutos sostenibles de combustibles fósiles para comunidades del altiplano peruano. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos, variando la sustitución de biomasa por papel desde 0% hasta 100%, mediante procesos controlados de triturado, mezcla, compactación manual asistida por un molde hexagonal 3D y secado térmico. Los resultados indicaron que el Tratamiento 1 (100% biomasa) alcanzó el máximo potencial energético con 18.07 MJ/kg, valor que descendió progresivamente hasta 16.82 MJ/kg conforme aumentó la proporción de papel, mientras que el contenido de cenizas se incrementó linealmente del 3.21% al 7.10% debido a la carga mineral del material celulósico. Se concluye que el Tratamiento 1 representa la configuración óptima al superar el promedio de biocombustibles estándar, demostrando una relación inversamente proporcional entre la adición de papel y la eficiencia térmica, aunque todas las mezclas resultan técnicamente viables para calderas industriales al mantener niveles de cenizas permitidos. Las perspectivas futuras sugieren optimizar la presión de compactación y el uso de aglutinantes naturales para mejorar la estabilidad y eficiencia en la combustión de estos biocombustibles sólidos.

Palabras clave: biocombustibles sólidos, valorización de residuos, poder calorífico, economía circular, biomasa residual, gestión de desechos urbanos.