

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO BENEDICTO XVI



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE UNA BRIQUETA ECOLOGICA UTILIZANDO CASCARILLA Y
POLVILLO DE ARROZ”

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

FREDDY ROGER AGUIRRE CASTREJON
NESTOR YIM COSTILLA VENTURA.

ASESOR:

Mg. Ing. Luis A. Alva Reyes

TRUJILLO, PERÚ

2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Mons. Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, OFM

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

RP. Dr. John Joseph Lydon Mc. Hugh, OSA

Rector y Vice Gran Canciller

Dra. Sandra Olano Bracamonte

Vicerrectora Académica

Pbro. Dr. Alejandro Augusto Preciado Muñoz

Director de Escuela de Post Grado

Vicerrector Académico Adjunto

Ing. Marco Antonio Dávila Cabrejos

Gerente de Administración y Finanzas

Mg. José Andrés Cruzado Albarrán

Secretario General

Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla.

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

JURADO DICTAMINADOR

Ing. Janet Gonzales Valdivia

Secretario

Ing. Fernando Saldaña Milla

Vocal

Ing. Luis Alva Reyes

Presidente

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre en el cielo, que es el motor de mi vida profesional. A mi padre y demás familiares.

Néstor Yim Costilla Ventura.

Dedico el presente trabajo a mis padres, hermano y familiares.

Freddy Roger Aguirre Castrejón.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos ante todo a Dios, por la vida y las bendiciones que hemos recibido como estudiantes y a la Madre de Dios por su intercesión para no rendirnos.

También agradecer a nuestros padres por su incondicional apoyo en todo momento. A nuestro asesor el Ing. Luis Alva Reyes y al decano de Ingeniería y Arquitectura el Ing. Fernando Saldaña Milla por su acompañamiento en la elaboración de esta tesis.

Al Ing. Marco Dávila Cabrejos, al docente Ing. Luis Acosta Sánchez, y a nuestros maestros de la Universidad Católica de Trujillo, por sus enseñanzas impartidas.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Freddy Roger Aguirre Castrejón con DNI N° 70798141 y Néstor Yim Costilla Ventura con DNI N° 47193714, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Católica de Trujillo.

Moche, Octubre del 2017

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	8
I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Formulación del problema.....	11
1.3 Formulación de objetivos.....	11
1.4 Justificación de la investigación.....	11
II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación.....	13
2.2 Bases teórico científicas.....	16
2.3 Marco conceptual.....	24
2.4 Identificación de dimensiones.....	24
2.5 Formulación de hipótesis.....	24
2.6 Variables.....	25
III: METODOLOGÍA	
3.1 Tipo de investigación.....	27
3.2Diseño de investigación.....	27
3.3Población y muestra.....	27
3.4Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	28
3.5Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	28
3.6Aspectos éticos.....	29
IV: RESULTADOS	
4.1 Presentación y análisis de resultados.....	30
4.2 Discusión de resultados.....	35
V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones.....	36
5.2 Recomendaciones.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	38
APÉNDICES Y ANEXOS.....	40

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación es proponer la fabricación de una briqueta ecológica utilizando cascarilla y polvillo de arroz, analizando sus propiedades físicas. La recopilación de datos se realizó con el apoyo del Laboratorio de la Universidad Católica de Trujillo, El diseño de la investigación fue experimental ya que se utilizó el laboratorio para la elaboración de ensayos que se pusieron a pruebas como presión ejercida, incineración, compactación, donde se tuvo que usar máquinas y herramientas propias del laboratorio. Contaron con 2 variables, la variable independiente que fue la cascarilla y polvillo de arroz y la variable dependiente que son las propiedades físicas, ya que éstas estuvieron correlacionadas porque la cascarilla y el polvillo de arroz, después de ser transformada en briqueta, se tuvieron que medir y comparar sus propiedades y características físico mecánicas, para luego elegir la briqueta más óptima, la presente investigación se basó en cálculos efectuados, en la teoría de producir y aprovechar energía de los residuos de la molienda de arroz, lo cual nos permiten justificar el diseño de una briqueta a partir de cascarilla y el polvillo de arroz, ya que en los resultados obtenidos se logró establecer un modelo cuyos principales elementos físicos fueron validados mediante instrumentos para su conformado y medida de propiedades como son la prensa hidráulica, balanza, termómetro, lo que garantiza la resistencia y funcionalidad requeridas. Los datos necesarios para los cálculos han sido seleccionados de varios libros de reconocidos autores que son tomados como base para la enseñanza en el diseño de una briqueta. Después de desarrollar algunos cálculos matemáticos y hacer comparaciones entre los resultados obtenidos, vemos que los ensayos de la proporción de 60% de engrudo y 40% de pajilla, respectivamente, tienen mayor densidad, contextura y compactación después del secado para terminar con el proceso de verificación se incineraron a un tiempo promedio de 13 minutos. Haciendo rápida combustión y generando poco humo. En base a los estudios realizados se llega a las siguientes conclusiones, la briqueta ecológica elaborada posee una resistencia óptima a una compresión de 400 PSI, lo que le da una contextura sólida después del secado. Se determinó la proporción óptima de cascarilla de arroz que es de 40 gramos, con engrudo de polvillo de arroz de 60 gramos De esta manera la briqueta tendrá una masa uniforme que ayudará a la compresión para tener una textura sólida. Es posible el uso de residuos de molinos de arroz, convertidos en una briqueta ecológica, elaborada con instrumentos accesibles y que puede ser comercializada. Utilizando las proporciones de 50 gramos de polvillo de arroz y 200 mililitros de agua

cocido a una temperatura de 65° C, se identificó la combinación óptima para obtener el aglomerante que ayude a la pajilla de arroz a tener un cuerpo sólido.

Palabras claves: cascarilla de arroz, polvillo de arroz, briqueta ecológica, engrudo.

ABSTRACT

The objective of the present investigation is to propose the manufacturing of an organic briquette using husk and rice dust and analyzing its physical properties. The data collection was done with the support of the Laboratory of the Catholic University of Trujillo. The research design was experimental since the laboratory was used for the elaboration of experiments that tested things like pressure exerted, incineration, compaction, etc. Where they had to use the machines and tools of the laboratory. They had 2 variables; the independent variable which was the husk and rice dust and the dependent variable that were the physical properties. These were correlated because the husk and the rice dust, after being transformed into briquette, had to measure and compare their physical properties and physical characteristics, and then choose the most optimum briquette. In the absence of background with which it could be related, the present investigation was based on calculations made on the theory of producing and harnessing energy from the residues of rice milling. This allows us to justify the design of a briquette from husk and rice dust, since in the obtained results, it was possible to establish a model whose main physical elements were validated by means of instruments for its conforming and measurement of properties such as the hydraulic press, balance, thermometer, which guarantees the resistance and functionality required. The data necessary for the calculations have been selected from several books by renowned authors which were taken as a basis for the design of a briquette. After developing some mathematical calculations and making comparisons between the results obtained, we found that the samples made up of proportions of 60% glue and 40% straw, respectively, have higher density, texture and compaction after drying. In order to finish with the verification process, samples were burned and the average number of minutes the samples burned was 13 minutes. This made fast combustion and did not emit much smoke. Based on these studies, the following conclusions are reached: the elaborated organic briquette has an optimum resistance to a compression of 400 PSI, which gives it a solid texture after drying. The optimal ratio of rice husk which is 40 grams, with rice gravel paste of 60 grams was determined. In this way, the briquette will have a uniform mass which will aid the sample to have a solid texture. It is possible to reuse rice mill residues to convert into an organic briquette, made with accessible instruments and that can be commercialized. With 50 grams of rice powder and 200 milliliters of boiled water at a temperature of 65°C, the optimum combination was identified to obtain the binder that helps the rice straw to have a solid body.

Key words: rice husk, rice powder, organic briquette, paste.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el norte del Perú, en las provincias arroceras de Pacasmayo y Chepén no existe un tratamiento ni uso correcto de los residuos de la molienda de arroz, los cuales son quemados en grandes cantidades por las molineras, en algunos casos a la intemperie emitiendo gases contaminantes.

Estos molinos encuentran al quemar la cascarilla de arroz una forma rápida de eliminar sus desechos sin contar que así originan gases contaminantes de efecto invernadero, dejando cenizas que muchas veces van a parar a los cauces de los ríos o al botadero municipal. Esta quema indiscriminada genera CO, CO₂ y otros gases que contaminan el ambiente, que además son causas de enfermedades respiratorias y contaminación del aire.

Otro caso de residuos de la molienda, es el polvillo de arroz que en la mayoría es generado por el margen de error de las máquinas que descascaran, que siempre tiende a generar este residuo que es muchas veces inhalado por los trabajadores que tienen un contacto perenne, posteriormente es acumulado en costales y es desechado, debido a que los molinos actualmente no cuentan con una adecuada política o tecnología de usar sus desechos.

Por otro lado las amas de casa de los distritos utilizan briquetas de carbón mineral que venden en el mercado y que debido a su bajo costo cocinan con ellas sin tener en cuenta que al quemarse estas emiten gases contaminantes con alto contenido de azufre, de esta forma llenan su casa de estos gases produciendo a la larga enfermedades respiratorias y a la piel.

Hay que tener en cuenta que la cascarilla y el polvillo de arroz poseen una alta capacidad calorífica la cual se podría utilizar para proporcionar energía, y al existir una gran oferta de polvillo y cascarillas de arroz en la zona de Pacasmayo y Chepén, debido a la pilación del arroz, se puede aprovechar esto para fabricar un tipo de briqueta que sea amigable con

el ambiente y contribuir con la descontaminación que aportan estas briquetas sin tratamiento alguno.

En conclusión existe un problema debido al uso irracional de residuos de la molienda de arroz, sin tratamiento ecológico por lo que este trabajo de investigación aportará en el sentido de presentar una propuesta de briqueta.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿De qué manera se puede usar el polvillo y la cascarilla de arroz en la elaboración de una briqueta ecológica?

1.3.FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Elaborar una briqueta ecológica utilizando polvillo y cascarilla de arroz.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar la proporción de cascarilla con polvillo de arroz para la elaboración de briquetas ecológicas.
- Proponer el uso de residuos de molindas de arroz.
- Identificar las etapas y procedimientos para elaborar un aglomerante en base a la cascarilla y polvillo de arroz para la fabricación de briquetas ecológicas.

1.4.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La emisión de gases debido a la quema desproporcionada de briquetas de carbón, las cuales poseen alto contenido de azufre, es amenazante para la atmósfera, esto se agudiza debido a que muchos restaurantes utilizan este tipo de combustible, sumado a las emisiones del sector vehicular y la quema de sembríos de caña producen enfermedades a la piel, vías respiratorias y en el mejor de los casos sólo una pequeña irritación en los ojos de los pobladores de zonas aledañas a donde se da los fenómenos antes mencionados.

Las briquetas ecológicas que se propone elaborar en este trabajo contribuirán maximizar la utilización de subproductos, por una parte la de la cascarilla de arroz que se desecha en el proceso de pelado en las maquinas peladoras de los molinos que se acumulan en grandes cantidades para muchas veces ser quemado por ser una medida rápida para eliminar este desecho. Por otra parte está el polvillo de arroz que se obtiene de la pilación del arroz después de haber pasado por el proceso de pelado. Es en este proceso donde al ser manipulado el arroz por las maquinas se obtiene un polvillo o se quiebra por ser algunos granos muy finos.

Se proporcionará un producto ecológico para más adelante ser comercializado a un costo favorable en el mercado para los consumidores.

Se considera que el presente trabajo de investigación posee una importancia económica, social, ambiental y tecnológica debido a que brindará una alternativa de solución al problema de la no utilización de desechos de la molienda de arroz convirtiéndolos en una briqueta para su posterior quema, de esta forma reemplazara a las briquetas de carbón mineral u otras fuentes de energía altamente contaminantes y/o de un costo mayor.

La propuesta de esta briqueta cuenta como materia prima dos subproductos de la molienda, que es el polvillo y la cascarilla de arroz que ambos se obtienen después del proceso de pilado y el descascaro del arroz. El proceso de elaboración de la briqueta que proponemos cuenta con medidas registradas y obtenidas del laboratorio implementado con máquinas que nos han ayudado en obtener datos exactos y confiables. El proceso de esta briqueta es muy sencillo y casero, herramientas que no es difícil proporcionarse.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Según Tóala M. E.A. (2013) en su tesis titulada “Estudio de factibilidad para la construcción de una fábrica de briquetas de carbón utilizando tamo de arroz localizada en la Provincia del Guayas. Guallaquil, Ecuador.” Para optar el grado de Ingeniera Industrial. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Llega a las siguientes conclusiones:

- La contaminación es un tema que se viene agudizando cada vez más, la tala indiscriminada de árboles se convierte en un agente preocupante, desterrando los principales protectores de la naturaleza, para utilizarlos como materia prima ya sea en la fabricación de muebles para el hogar, el sector de la construcción o en la fabricación de carbón, etc.
- Eliminar todos estos usos se hace muy complicado, es aquí donde entrar a establecer alternativas que cumplan las mismas funciones pero con materias primas sustitutas.
- Así se analiza la propuesta de sustituir la tala de árboles para la fabricación de carbón por la utilización del tamo de arroz o cascara de arroz, materia prima que hoy es aglomerada en las piladoras formando enormes montañas que en muchos casos dificultan el correcto desenvolvimiento de las piladoras o el trabajo de los agricultores que incinerando se desasen de ellas.
- Hoy hay una gran demanda por parte de los cocineros en parrilla especialmente, por eso es de mucha importancia incentivar proyectos de energías renovables como la fabricación de Briquetas, utilizando materiales orgánicos como materia prima dejando de esta manera el habitual uso del carbón por la utilización de las briquetas, fuente de energía que cumple las mismas funciones colabora con el cuidado del medio ambiente.

2.1.2 Según Fonseca C, Edison Geovanny. (2012). en su tesis titulada “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”. Para optar el grado de Ingeniera Mecánico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Llega a las siguientes conclusiones:

- Se analizó un procedimiento tecnológico e innovador para la adquisición de Briquetas de Aserrín de Madera y Cascarilla de Arroz, con lo que se realizara la demostración de la elaboración del gas pobre. El desarrollo está orientado a la utilización de residuos de la industria forestal y agrícola, así mismo los que establecen medios de contaminación y difusión de plagas, en miras de su futura implementación energética en las industrias que nos pueda servir a nosotros mismos.
- Las briquetas se producen con apoyo de aglutinante mediante el desarrollo del proceso, y son características que se ejecutan procedentes a las normas establecidas. Poseen la forma cilíndrica con las siguientes dimensiones: diámetro exterior de 0,07 m, diámetro interior de 0,017 m, y longitud de 0,08 m. Se establecen evidencias de producción, con diversos tipos y proporciones de aglutinantes, los destacados resultados obtenidos para una composición de 10% de cola blanca con 90% de aserrín, y 4% de almidón de yuca con 96% de cascarilla.
- Estas briquetas se imponen a diversas demostraciones, entre las que predomina la resistencia al allanamiento (1910,34 N las de aserrín, y 1933,87 N las de cascarilla), poder calorífico superior (28,41 MJ/kg las de aserrín, y 16,92 MJ/kg las de cascarilla). Se ejecutan los exámenes de gasificación generando resultados provechosos, no obstante exigido a restricciones económicas y carencia de laboratorios adecuados, no se pueden calcular las especificaciones y propiedades efectivas del gas pobre producido para lo cual es establecido científicamente.
- La capacidad calorífica de las briquetas es ascendente al poder calorífico del gas pobre. Por lo que no es confiable energéticamente, destilar briquetas de aserrín de madera y cascarilla de arroz. Se le aconseja establecer un sistema de combustión de briquetas en apariencia recta.

2.1.3 Según Peña W. (2014). En su tesis titulada “Diseño de un generador de briquetas combustibles a partir de la compactación de lodos papeleros”. Para optar el grado de Ingeniera Mecatrónica. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Llega a las siguientes conclusiones:

- Se cogió algunos datos de una fabricación de un nuevo combustible para producir y consumir, la extraordinaria capacidad que brinda el poder calorífico de la cascarilla de arroz 32. 000 Kj/kg (el aserrín de madera Tiene 19. 000 Kj/kg) la cual nos

proporcionara un combustible resistente y/o consistente para Producción de Energía en Plantas Industriales y uso Domestica.

- Así mismo se desea precisar la Factibilidad de la briqueta ecológica ante otros biocombustibles naturales. La fabricación de las briquetas ecológicas procedente de la cascarilla de arroz actualmente en nuestro País es la consecuencia de utilizar los recursos naturales que están localizadas en nuestra biomasa forestal, sin embargo estadísticamente aún no se conoce entre nuestros países vecinos la producción de la cascarilla de arroz como un biocombustible natural.

2.1.4. Según Tipanluisa Sarchi, Luis Eduardo, (2014). En su tesis titulada “Caracterización de los productos de combustión de la cascarilla de arroz utilizando un sistema térmico con capacidad de 60000 Kcal/h”. Para optar el grado de Maestría en Energías Renovables. Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador. Llega a las siguientes conclusiones:

- La cascarilla es un sub producto que obtiene después del pilado de la gramínea de arroz, la misma que está constituida por alrededor de un 22% de tamo, para el caso del Ecuador que en el año 2010 tuvo una producción de 1.132.267 TM, se obtuvieron aproximadamente 249.098 TM de residuo.
- No existen procedimientos industrializados que permitan aprovechar la cascarilla para fines energéticos o agrícolas a gran escala, por lo que en la presente investigación se pretende caracterizar los productos de combustión de la cascarilla de arroz, utilizando un sistema térmico de 60000 Kcal/h, siguiendo una metodología que comprende estudios de campo y experimental, a través de la quema de este combustible sólido se consigue 34,01 Kw térmicos al quemar 14 Kg/h, alimentados a 1 RPM. La temperatura de encendido de este combustible es de 680 °C, los gases se evacuan a una temperatura promedio de 229,64 °C y salen al ambiente a 56,01 °C. En el intercambiador de calor el aire ingresa a 25,48 °C y sale a 139,98 °C, con este procedimiento se consigue optimizar la combustión de la cascarilla de arroz, reducir las emisiones de cenizas y gases contaminantes debido a que se utiliza el combustible sólido con un contenido de humedad menor al 15%.
- Los resultados de esta investigación permitirán homologar sistemas de combustión para el aprovechamiento de la biomasa, en los sectores productivos donde se dispone de una importante producción de arroz, como es el caso de la Provincia del Guayas y Los Ríos.

2.1.5. Según Marco G. (2014). En su tesis titulada “Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín”. Para optar el grado de Ingeniería Industrial y Sistemas. Universidad de Piura. Llega a las siguientes conclusiones:

- En el presente trabajo se desarrolla el diseño del proceso de fabricación de briquetas a partir de aserrín, y se realiza un diseño del layout de la planta piloto requerido para dicho proceso. Para ello, se ha recopilado los procesos y procedimientos que siguen empresas internacionales y nacionales que elaboran briquetas de distintas materias, para luego, adaptar el proceso y los procedimientos al contexto del sector maderero de la Región Piura.
- Por otro lado, el diseño del layout estuvo ligado a los requerimientos y restricciones de Maderera del Norte, empresa en la que se implementó la planta piloto y por lo que se procuró esquematizar el layout de manera muy general, de tal manera que pueda ser replicable en otras empresas al igual que el proceso y los procedimientos diseñados.
- Es importante resaltar que el presente trabajo es parte de un proyecto de innovación presentado, aceptado y financiado por el FIDECOM y ejecutado por la empresa Maderera del Norte y UDEP. También es importante señalar que del proyecto se han derivado distintas investigaciones puntuales del rubro energético, ambiental, social, comercial y técnico de las que se han presentado 2 artículos en distintos congresos: 1 nacional y 1 internacional.

2.2 BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

2.2.1 CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de

retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas.

Para mejorar la retención de Humedad de la cascarilla, se ha recurrido a la quema parcial de la misma. Esta práctica aunque mejora notablemente la humectabilidad, es en realidad muy poco lo que aumenta la capilaridad ascensional y la retención de humedad (Gutiérrez, 2015)

Las fibras vegetales presentan ventajas productivas (disponibilidad, bajos costos de adquisición y facilidad de procesamiento), físicas (baja densidad, características de aislamiento y resistencia estructural, entre otras), bioquímicas (inocuidad, biodegradabilidad), entre otras. Las ventajas productivas, físicos térmicos, ambientales y bioquímicas de las fibras naturales propician su utilización como una alternativa para impulsar el uso racional de los recursos naturales y la preservación ambiental. Esta fibra presenta un comportamiento ignífugo, es decir que no inicia fácilmente la combustión y no produce llama mientras se quema. Es probable que este aspecto, así como su alta estabilidad bioquímica, se deba a que es la fibra vegetal con mayor contenido de minerales, así como también a su alta concentración de silicio (90 al 97% SiO). La transformación de las propiedades físico-químicas de la cáscara comienza por encima de los 750°C, lo cual le garantiza un amplio rango de estabilidad térmica. (AGUILAR, 2009)

Propiedades de la cascarilla de arroz:

Según el Artículo Original “la descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral” de Abelardo Prada, Carroll E. Cortés. Se afirma que la cascarilla de arroz es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del pardo rojizo al púrpura oscuro. Su densidad es baja, por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. El peso específico es de 125 kg/ m³, es decir, 1 tonelada ocupa un espacio de 8 m³ a granel. La composición química de la cascarilla de arroz y de sus cenizas se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 2, 1: Propiedades de la cascarilla de arroz

Caracterización de la cascarilla de arroz (BM)			
Composición elemental en kmol para 100 kg de BM seca (1 kmol de BM seca)		Características fisicoquímicas	%
Carbono	3,05	Humedad	9,3
Hidrógeno	5,83	Cenizas	17,6
Oxígeno	2,29	Material volátil	57,7
Nitrógeno	0,24	Carbono fijo	15,4
Poder calorífico superior (PCS) (Base seca):		1.461.199 kJ/kmol; 14.612 kJ/kg	

Fuente: Abelardo Prada, Caroll E. Cortés

Usos de la cascarilla de arroz:

Dada la importante generación y acumulación, han sido diversos los ensayos de aprovechar la cascarilla de arroz en diferentes campos y por intermedio de diferentes métodos, para lograr materiales que se utilicen de manera inmediata y directa o a través de etapas previas que viabilicen el uso posterior del residuo pre-tratado.

Las experiencias más relevantes que se puedan citar, se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 2, 1: Uso de la cascarilla de arroz.

A. Obtención de etanol por vía fermentativa.
B. Tostado para su uso como sustrato en el cultivo de flores.
C. Generación de energía (ladrilleras, secado de arroz y cereales).
D. Combustión controlada para uso como sustrato en cultivos hidropónicos
E. Obtención de concreto, cemento y cerámicas.
F. Aprovechamiento de la cascarilla de arroz en compostaje y como lecho filtrante para aguas residuales.
G. Obtención de materiales adsorbentes.
H. Fuente de sustancias químicas (carboximetilcelulosa de sodio; dióxido de SiO ₂ , Nitruco de silicio; furfural)
I. Producción de aglomerados (tableros).
J. Material aislante en construcción.
K. Cama en avicultura, porcicultura y en transporte de ganado.
L. Cenizas en cultivos (Frutas)

Fuente: Abelardo Prada, Caroll E. Cortés

Capacidad calorífica de la cascarilla de arroz:

En la siguiente tabla encontramos el poder calorífico de la cascarilla de arroz comparados con otros tipos de residuos vegetales.

Tabla 2,2: Capacidad calorífica de la cascarilla de arroz

Tipo de Residuo	CAPACIDAD CALORIFICA, Kcal/kg
Cascarilla de arroz	3.281,6
Bagazo	1.823,4
Palma Africana	3.558,5
Cáscara de café	4.245,8

Fuente: Abelardo Prada, Caroll E. Cortés

Conductividad térmica de la cascarilla de arroz:

Según Jaime Gutiérrez, Carolina Cadena y Antonio Bula en el artículo científico “Aislamiento térmico producido a partir de cascarilla de arroz aglomerada utilizando almidón producido con *Saccharomyces cerevisiae*” Sostienen que la cascarilla de arroz es un buen conductor térmico, en la siguiente tabla veremos y compararemos con otros aislantes comunes:

Tabla 2,3: Conductividad de la cascarilla de arroz

Material	Temperatura (°C)	K (W/m.K)
Corcho Corrugado	32	0.064
Corcho Aglomerado	32	0.045
Fibra de Vidrio	20	0.038
Poliestireno expandido – 20	30	0.033
Fieltro semi rígido	147	0.063
Oxido de magnesio	147	0.061
Cascarilla de arroz (authors)	50	0.036
Lana mineral	50	0.030

Fuente: Jaime Gutiérrez, Carolina Cadena y Antonio Bula

2.2.2 POLVILLO DE ARROZ

Según Lidia I. Cuadro Martínez en su tesis titulada “Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizando en la alimentación de cuyes” citando a Acosta C. (2002), manifiesta que en el proceso de elaboración industrial de arroz para el consumo humano se produce el fraccionamiento del grano originando una serie de sub productos que generalmente se destinan a la alimentación animal (cascarilla, salvado, pulidoras, cabecilla y granos partidos). En Cuba por lo general no se separa el salvado de las pulidoras y se obtiene un subproducto al cual se le denomina polvo de arroz los niveles de cada uno de estos subproductos son cascarillas de 18-20 %, cabecilla de 3 -4% y polvo de arroz de 9 – 11% del peso inicial del grano. La composición química de los subproductos del arroz obtenidos en Cuba se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2,4: Composición química de subproductos del arroz

NUTRIENTE	CASCARILLA	CABECILLA	POLVO
Materia seca	91.2	92	90.8
Cenizas	20.8	0.8	8.9
Proteína bruta	3	10.5	15.7
Fibra bruta	44.2	1	6.1
Exacto etéreo	0.8	1.5	15.0
ELN	31.2	86.2	54.3

Fuente: <http://www.fao.org/AG/FRG/APH134/cap10.htm>. (1993).

Lidia I. Cuadro Martínez también cita a Flores A. (1975), indica que en lo general se puede decirse que la cascarilla no tiene valor nutricional dado a su alto contenido de fibra y de cenizas, la cual está constituida fundamentalmente por sílica. Sin embargo la cabecilla y el polvo de arroz ofrecen una buena perspectiva para su utilización en los animales monogástricos. El polvillo de arroz es una mezcla de polvo germen grasas, arroz muy quebrados, puntas del arroz, etc. Este subproducto es muy elevado en grasas 14-17 %. La característica de un alto contenido energético unido al menor costo en relación al maíz ha motivado que se realice investigaciones tendientes a reemplazar al maíz por el polvillo de arroz en las diferentes especies.

Obtención del polvillo de arroz:

Lidia I. Cuadro Martínez también cita a Line R. (1960), manifiesta que el proceso de molienda de este grano, el primer paso consiste en el cascarillado, y el segundo en el blanqueado, pulido o perlado una vez que el grano esta desprovisto de la cascarilla se obtiene el primer producto que es el salvado también como afrecho, luego comienza el pulido del endocarpio que lleva adheridos restos de harina y por último se elimina totalmente los restos del endocarpio que arrastra mayor cantidad de harina y se llama harinilla de arroz. La características de este subproducto son color amarillo grisáceo de olor agradable en estado fresco, al llegar en contacto se aprecia algo untuoso debido a su contenido de grasa. El polvillo se obtiene en el proceso de perlado o pulido de arroz, obteniéndose los siguientes productos y subproductos tales como arroz grano moreno o blanquecino, arrocillo, polvillo y cascara de arroz. El polvillo de arroz proviene de la mezcla del salvado de arroz con el polvillo de cono o polvillo fino.

Valor nutritivo del polvillo de arroz:

Lidia I. Cuadro Martínez, cita nuevamente a Acosta C. (2002), expone que el contenido de nutrientes presentes en el alimento es uno de los aspectos más sobresalientes de su calidad, de esta forma nos permitirá tener una mejor apreciación de valoración nutricional al ser consumido por el animal, se incorporara en el organismo para cumplir diferentes funciones vitales, lo que va a garantizar la ganancia o pérdida de peso de los mismos, siendo de vital importancia este análisis, especialmente en este tipo de investigaciones donde no existe datos algunos sobre el requerimiento de esta especie.

Tabla 2,5: Composicion quimica del polvillo de arroz

HUMEDAD	CENIZAS	PB	EE	ED Kcal/kg (Conejos)	FB	FND	FAD	LAD
9,9	11,6	14,8	3,2	2200	9,7	27,5	15,1	3,9

Fuente: FEDNA. (2003).

2.2.3 ENGRUDO DE POLVILLO DE ARROZ (ALMIDÓN)

Según Alexander Vera Velásquez, en su tesis “Diseño de briquetas ecológicas para la generación de energía calorífica y mejoramiento de ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake, municipio de Pueblo Bello-Cesar”, sostiene que en la preparación del aglomerante natural, se utilizó yuca para fabricar almidón, de tipo (Manhiot utilissima), conocida como la venezolana y común en la Región Caribe, que se caracteriza por presentar altos niveles de glucósidos. El proceso consiste en el pelado y rayado de la misma incorporando agua y dejando secar al sol por 48 horas, después de ello se obtiene una sustancia polvosa conocida como almidón. Este almidón es incorporado en agua hasta obtener una solución viscosa, parecida al pegante. Para determinar la proporción ideal de aglomerante, se realizaron varias repeticiones hasta lograr un producto con mayor viscosidad y eficiencia de adherencia, la proporción óptima fue la siguiente:

Cuadro 2,2: Composición de aglomerado de Yuca

Yuca fresca utilizada	Cantidad de almidón producido	Cantidad de almidón utilizado por briqueta	Agua utilizada en la solución
1	230 g.	50 g.	300 ml

Fuente: Vera A. (2013)

2.2.4 BRIQUETA:

Según Carbones Pascual sostiene que las briquetas o bloque sólido combustible son bio-combustibles para generar calor utilizados en estufas, chimeneas, salamandras, hornos y calderas. Estas son un producto 100 % ecológico y renovable, catalogado como bio-energía sólida, que viene en forma cilíndrica o de ladrillo y sustituye a la leña con muchas ventajas. El término "briqueta" es un término confuso porque puede estar fabricada con diversos materiales compactados. La materia prima de la briqueta puede ser biomasa forestal (procedente de aserraderos, fábricas de puertas, fábricas de muebles, fábricas de tableros de partículas, etc), biomasa residual industrial, biomasa residual urbana, carbón vegetal o simplemente una mezcla de todas ellas. Generalmente están hechas con materia residual, como madera, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar, residuos de pulpa de papel, papel, cáscara de coco, residuos de algodón, cartón, carbón, etc y se aglomeran con agua, aunque en algunos casos con otros

residuos orgánicos. Estas leñas compactadas son utilizadas para calefacción, para cocinar y para uso industrial como ladrillos, cal, cemento, metalurgias, secadores, tostadores y demás procesos que consumen grandes cantidades de madera. (Carbones, 2015)

Según Jordi Segú, con la fabricación de briquetas el fabricante puede garantizar el valor calorífico dependiendo del material utilizado, ya que el grado de humedad está, sin lugar a dudas, entre el 6 y el 16%.

Las principales ventajas de las briquetas son:

- Las briquetas son prensadas sin sustancias aglutinantes, únicamente a presión.
- La reducción de volumen de las briquetas es de, según el tipo de material, hasta 1:20.
- Las briquetas se fabrican y se venden durante todo el año, se almacenan en verano, utilizando mínimos espacios, 3.000-4.000 kg/m².
- Protegidas del contacto directo con el agua, las briquetas pueden ser almacenadas durante años sin que por ello pierdan consistencia.
- Las briquetas tienen un alto valor calorífico.
- La combustión de la briqueta es tranquila y constante, no produce humos.
- Las briquetas no causan prácticamente cenizas volátiles.
- Las briquetas se pueden quemar en cualquier estufa doméstica o industrial aparte de otras muchas opciones como pizzerías, asadores de carne, fábricas de pan industrial.
- Las briquetas son transportables y limpias en su manipulación.
- La fabricación de briquetas es un gran negocio dado que generalmente la materia prima se obtiene de forma gratuita o a un coste mínimo.
- La inversión para montar una fábrica de briquetas es enormemente inferior.
- Para la industria con alimentadores automáticos a una caldera a través de sinfines, hacemos las briquetas tipo galletas. (Segu, 2016)

2.3 MARCO CONCEPTUAL

POLVILLO DE ARROZ:

Se encuentra constituido por cutícula, embrión y otras partes del grano como producto del blanqueado de arroz, cuando éste pasa por pulidoras abrasivo y de fricción. (Induamerica, 2017)

CASCARILLA DE ARROZ:

Es un tejido de arroz vegetal constituido por celulosa y sílice, elementos que ayudan su buen rendimiento como combustible. (Agustin Valverde G., 2007)

BRIQUETA ECOLÓGICA:

Son bloques sólido, utilizadas como biocombustible, proveniente de distintos materiales residuales, conocidos como biomasa, tipo cascarilla de arroz, café, caña de azúcar, pulpa de papel, carbón aserrín entre otros, usando por la industria para generar energía calorífica. (Velasquez, 2014)

2.4 IDENTIFICACIÓN DE DIMENSIONES

- Variable independiente: cantidad de residuos de molienda de arroz,
- variable dependiente: propiedades físicas

2.5 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.5.1 Hipótesis general

H1: Si es posible el uso de la cascarilla y el polvillo de arroz para elaborar una briqueta ECOLÓGICA que posea buena propiedades físicas.

H0: No es posible el uso de la cascarilla y el polvillo de arroz para elaborar una briqueta ECOLÓGICA que posea buena propiedades físicas.

2.6 VARIABLES

Variable independiente: la cantidad de polvillo y la cascarilla de arroz.

Se preparó un almidón del polvillo de arroz, mezclándolo con agua para su cocción, luego esta masa se mezcló con la cascarilla de arroz en proporciones de:

- 1) 40% de cascarilla de arroz y 60% de polvillo de arroz.
- 2) 50% de cascarilla de arroz y 50% de polvillo de arroz.
- 3) 60% de cascarilla de arroz y 40% de polvillo de arroz.

Y se vertió la mezcla en un molde.

Variable dependiente: propiedades físicas.

Luego se separó del molde para medir su volumen y masa, obteniendo una densidad.

2.6.1 OPERACIONALIZACIÓN

La operacionalización de las variables fue de la siguiente manera:

Variable independiente:

- **Cascarilla de arroz y Polvillo de arroz:**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL: sub producto de la industria molinera que resulta abundantemente en zonas arroceras. Donde sus principales características física y químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. (Velasquez, 2014)

En el proceso de elaboración industrial de arroz para el consumo humano se produce el fraccionamiento del grano originado una serie de sub productos que generalmente se destinan a la alimentación animal (cascarilla, salvado, pulidoras, cabecilla y granos partidos). (Martinez, 2007)

DEFINICIÓN OPERACIONAL: se determinó el porcentaje de cascarilla de arroz óptima para la elaboración de la briqueta mediante los ensayos de las mezclas de la biomasa.

Se determinó el porcentaje de polvillo de arroz óptimo para la elaboración de la briqueta mediante los ensayos de las mezclas del engrudo.

INDICADORES:

- Cantidad de la cascarilla de arroz y polvillo de arroz en porcentaje.

- **Propiedades Físicas:**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL: propiedades o características que tiene que cumplir la cascarilla de arroz y el polvillo de arroz para que sea un material óptimo y ser usado para la elaboración de la briqueta.

DEFINICIÓN OPERACIONAL: se determinó las propiedades físicas de la briqueta mediante los ensayos que se realizó en el laboratorio.

INDICADORES:

- Densidad de la briqueta

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según el fin que se persigue:

Aplicada

Según el diseño de investigación:

Experimental

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación fue experimental ya que se utilizó el laboratorio para la elaboración de ensayos que se pusieron a pruebas como presión ejercida, incineración, compactación. Donde se tuvo que usar máquinas y herramientas propias del laboratorio. Fue correlacional ya que los investigadores contaron con 2 variables, la variable independiente que fue la cascarilla y polvillo de arroz y la variable dependiente que son las propiedades físicas, ya que éstas estuvieron correlacionadas porque la cascarilla y el polvillo de arroz, después de ser transformada en briqueta, se tuvieron que medir y comparar sus propiedades y características físicas, para luego elegir la briqueta más óptima.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Briquetas elaboradas en base a cascarilla y polvillo de arroz en diferentes proporciones.

Muestra

Briquetas como ensayos de tres proporciones.

Cuadro 3,3: Proporciones a ensayar.

PROPORCIÓN	ENGRUDO DE POLVILLO DE ARROZ (%)	CASCARILLA DE ARROZ (%)	MUESTRAS
1	40% (40 gr.)	60% (60 gr.)	5
2	50% (50 gr)	50% (50 gr)	5
3	60% (60 gr.)	40% (40 gr)	5

Fuente propia: 2017

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOJO DE DATOS

La técnica usada en la investigación fue la observación ya que es un proceso cuya función primordial o general es recoger información sobre el objeto que se toma en estudio, los investigadores interpretaron lo observado, teniendo como referencia el marco teórico. Recurrimos a éste, por ser requisito principal de la investigación científica. Identificar la calidad de los materiales a utilizar.

Los instrumentos usados son: ficha donde se anotarán los datos que arrojaron los diferentes ensayos y tiempos necesarios en cada proceso. Se completó con datos obtenidos de la resistencia tomados de la prensa, también se midió el tiempo de compactación antes de quebrar. Todo estos datos se desarrollaron en un marco porcentual, posteriormente se comparó los resultados que arrojaron las tres fichas.

3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Procesamiento:

1^o Se recogió el polvillo y la cascarilla de arroz de la empresa molinera. Éste se obtuvo del área de proceso, ya que las maquinas arrojan las fracciones del grano original. Posteriormente se hizo la limpieza de impurezas para luego ser molido en un batan hasta que tenga la apariencia de polvo.

La cascarilla de arroz se recogió del área de acumulación, para luego ser limpiada de impurezas.

- 2^{do} Elaboración de aglomerado: se cocinó el polvillo de arroz con agua a una temperatura de 65° C, en un constante movimiento para que la masa se forme uniformemente.
- 3^{ero} Se mezcló el aglomerado de polvillo con la cascarilla de arroz, hasta obtener una biomasa uniforme.
- 4^{to} La biomasa es puesta en moldes de briquetas cilíndricas de medidas como: 10cm de altura con un diámetro de 5 cm, para ser sometida a una presión de 400 PSI.
- 5^{to} La briqueta posteriormente se retiró del molde y se expuso al secado del aire libre.
- 6^{to} Después que la briqueta haya secado en su totalidad fue incinerada.

Analizar la hipótesis mediante pruebas estadísticas. Utilizando un software como es el Excel que nos ayude a procesar los resultados.

La confiabilidad con la que cuenta se vio determinada por los resultados que se dio en un laboratorio, ya que se trabajó con formatos estandarizados. Los instrumento de medición se evaluarán relacionando conceptos y postulados teóricos con datos ya trabajados

3.6 ASPECTOS ÉTICOS

Los investigadores están comprometidos que bajo su responsabilidad la veracidad de los resultados que se obtuvieron en la investigación, confiándose de los datos que nos brindara el laboratorio que es el lugar donde se realizara los ensayos para la investigación.

**CAPÍTULO IV:
RESULTADOS**

4.1 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

CUADRO 4,4: ENGRUDO ÓPTIMO:

PROPORCION	ENGRUDO		PORCENTAJE DE ENSAYO	CARACTERISTICAS DE LA MASA MEZCLADA DESPUES DEL COCIDO	CUMPLIMIENTO
	AGUA (ml)	POLVILLO (gr)			
1°	20 %	80 %	100 %	-Masa sin contextura -Masa quemada. -Masa pegada en la superficie de la olla.	NO CUMPLE
	100 ml.	400 g.	500 g/ml.		
2°	50%	50 %	100 %	-Masa seca -Masa sin características de adhesión.	NO CUMPLE
	250 ml.	250 g.	500 g/ml.		
3°	80 %	20 %	100 g/ml	-Masa con contextura espesa y adhesiva. -Masa óptima para mezclar.	SI CUMPLE
	400 ml.	100 g.	500 g/ml.		

Fuente propia: 2017

En el cuadro anterior, se presenta las tres proporciones, con mezclas diferentes de agua y polvillo de arroz, cada una de ellas con sus respectivas medidas, para encontrar la concentración óptima y cumpla con las características específicas que pueda servir como adhesivo para la compactación de la briqueta.

El cuadro nos arroja datos de las características que se observaron y se pusieron a prueba para determinar la apropiada. En donde la tercera proporción ensayada arrojaba características útiles para ser tomado como engrudo-adhesivo para la compactación de la briqueta después del prensado y el secado.

Las características esenciales de una masa útil para una briqueta, son las siguientes:

- Masa con textura espesa
- Masa con propiedades adhesivas, producido por almidón de arroz.
- Masa óptima para que la mezcla con la cascarilla de arroz sea uniforme.
- Masa que al secar, mantenga una adhesión.

La proporción que se eligió, resulto ser la más apropiada y dio buenos resultados al ser mezclada con la cascarilla y posteriormente haber secado la briqueta.

Las etapas de procedimiento para la elaboración del aglomerado para la briqueta ecológica fueron

- 1^{ro} Recojo de polvillo de arroz del molino para su limpieza de impurezas.
- 2^{do} Moler las partículas de grano de arroz, de tal manera que sea convertido a polvo. Se puede ayudar con batan o mortero.
- 3^{er}o Se cocina el polvillo de arroz con agua a una temperatura de 65° C, en un constante movimiento para que la masa se forme uniformemente. Siempre se debe de tener en cuenta que la masa este espesa y con contextura adherente.
- 4^{to} Es mezclado con la pajilla para la elaboración de las briquetas.

CUADRO 4,5: BRIQUETA ÓPTIMA

PROPORCION	MASA DE BRIQUETA		N° ENSAYO	PRESION (PSI)	SECADO (EN DIAS)	RESULTADO DE ENSAYOS			INCINERACIÓN (MINUTOS)	CARACTERÍSTICAS DESPUES DE INCINERAR	RESULTADO FINAL	
	ENGRUDO	PAJILLA				VOLUMEN (V)	MASA (M)	DENSIDAD (D)				
1°	40% 40gr.	60% 60gr.	01	400	Sin contextura adhesiva						NO OPTIMO	
			02	400	Sin contextura adhesiva						NO OPTIMO	
			03	400	Sin contextura adhesiva							NO OPTIMO
			04	400	Sin contextura adhesiva							NO OPTIMO
			05	400	Sin contextura adhesiva							NO OPTIMO
2°	50% 50gr.	50% 50gr.	01	400	7	196.25	21	0.107	No incineró	-Emisión de humo -Poca combustión. -Poca contextura	NO OPTIMO	
			02	400	6	196.25	26	0.132	6		NO OPTIMO	
			03	400	Sin contextura adhesiva						NO OPTIMO	
			04	400	7	196.25	22	0.112	5		NO OPTIMO	
			05	400	8	196.25	23	0.117	No incineró		NO OPTIMO	
3°	60% 60gr.	40% 40gr.	01	400	3	196.25	41	0.209	12	-Rápido en encender -Poca emisión de humo -Temperatura 80° c -Mantiene su contextura compacta	OPTIMO	
			02	400	3	196.25	40	0.203	12		OPTIMO	
			03	400	3	196.25	41	0.209	13		OPTIMO	
			04	400	3	196.25	42	0.214	13		OPTIMO	
			05	400	3	196.25	41	0.209	12		OPTIMO	

DATO: Densidad = Masa/ Volumen

$$\text{Volumen} = \pi r^2 h$$

$$\Pi = 3.14$$

$$R^2 = 6.25 \text{ cm.}$$

$$H = 10 \text{ cm.}$$

En el cuadro anterior nos muestra los análisis durante los ensayos en el laboratorio. Se hicieron en total 15 muestras de ensayo, cinco de ellas se elaboró con una proporción de 40% de engrudo hecho de polvillo de arroz mezclado con 60% de cascarilla de arroz, otros cinco ensayos con proporción de 50% de engrudo hecho de polvillo de arroz mezclado con 50% de cascarilla de arroz, y otros cinco con proporción de 60% de engrudo hecho de polvillo de arroz mezclado con 40% de cascarilla de arroz. Todos estos compactados a una presión de 400 PSI (libras por pulgadas al cuadrado) registrado por una prensa hidráulica, lo que nos ayuda a determinar la presión estándar para la compactación.

Cuando era presionado a mayor escala de 400 PSI, la masa tendía a rebalsar del molde y separase de la cascarilla, a la vez que el molde sufría deformación por la elevada presión. Lo cual se estableció que su límite de presión es de 400 PSI.

Ya en el proceso de secado todos los de la proporción de 40% y 60% tienden a desmoronarse y no presentan contextura a la adhesión, el mismo caso presenta el ensayo número tres con las proporciones de 50% y 50%. Características por las cuales no pueden ser tomadas en cuenta, de esta manera dejan de ser óptimas para nuestro trabajo.

Los ensayos que presentaron consistencia, textura y adhesividad fueron pesados en una balanza para identificar su masa.

Para obtener el volumen se desarrolló la siguiente formula:

$$\text{Volumen} = \pi r^2 h$$

Dónde: π : 3.14,

r^2 : 6.25 cm (es la medida del radio de la briqueta)

h : 10 cm (es la altura de la briqueta).

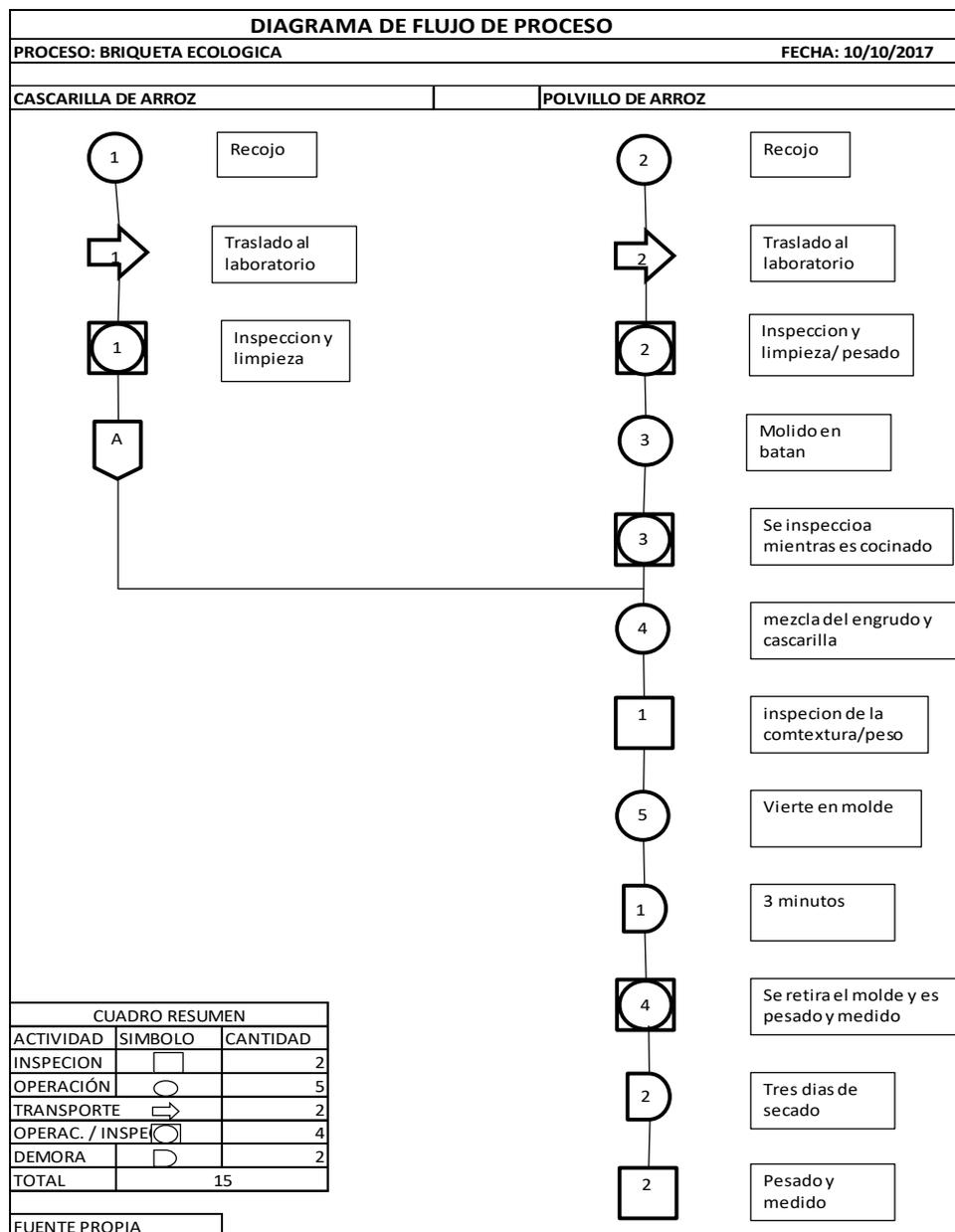
Después de desarrollar estos cálculos analizamos que los ensayos de la proporción de 60% y 40% respectivamente, tienen mayor densidad, contextura y compactación después del secado que los de las proporciones de 50% y 50%. Para terminar con el proceso de verificación se incineraron los ensayos que quedan. Donde dos de las proporciones de 50% y 50% no tienen propiedades de incineración, mientras que las dos restantes se incineraron rápido con unos cinco a seis minutos produciendo humo y poca combustión. A comparación de los de la proporción de 60% y 40%, se incineraron a un promedio de 13 minutos. Haciendo rápida combustión y no emitiendo mucho humo. Por lo tanto

determinamos que la proporción tres, de 60% y 40 % respectivamente es la que cumple las características óptimas.

Con estos resultados fue posible usar los residuos de la molienda de arroz para elaborar un tipo de briqueta ecológica que nos ayudará a dar un uso mucho más óptimo.

A continuación presentamos el diagrama de flujo de proceso de producción de briquetas ecológicas

Diagrama 01. Diagrama de proceso de elaboración de briqueta.



4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la tabla 3,3 se muestra las proporciones ensayadas en la que se pudo identificar la proporción adecuada que contenga las características y parámetros para su respectiva elaboración de la biomasa, corroborando con lo afirmado por Tipanluisa Sarchi, Luis Eduardo (2014) que indica que es factible emplear la cascara del arroz para aprovecharla como biomasa.

De acuerdo a nuestros resultados obtenidos la proporción de cascarilla de arroz fue óptima usando 40 % de esta con 60 % de engrudo de polvillo de arroz, comparado con los resultados que expone Fonseca C., Edinson Geovanny en el año 2012, donde emplea 4% de almidón de yuca y 95% de cascarilla de arroz, donde obtuvo resultados en que predomina resistencia al allanamiento, poder calorífico. Dándonos detalles que es posible que la cascarilla de arroz combinado con un aglomerante, sea una buena alternativa de fuente de energía.

Según Peña W. (2014), recomienda que los residuos de la molienda de arroz son factibles para la elaboración de briquetas ecológicas usando biomasa forestal ante otros combustibles naturales, donde nosotros empleamos como materia prima los residuos de la molienda de arroz, para ampliar el abanico de propuesta de generar energía renovable, que sería impulsada por las propias empresas de molino de arroz

Los resultados presentados en la identificación de las etapas del aglomerado y del engrudo óptimo mostradas en el cuadro 4,4 se puede afirmar que el polvillo de arroz es ideal como uso de aglomerado de adhesión, por el almidón que contiene en gran proporción, para la elaboración de la briqueta, como sostiene Alexander Vera Velásquez (2013) que para determinar la proporción ideal de aglomerante realizo varias repeticiones hasta lograr un producto con mayor viscosidad y adherencia.

Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En base a los estudios realizados se llega a las siguientes conclusiones:

- Se elaboró la briqueta ecológica con una resistencia óptima a una compresión de 400 PSI (Libra por pulgada al cuadrado), lo que le da una contextura sólida después del secado y una incineración buena.

- Se determinó la proporción óptima de cascarilla de arroz que es de 40 gramos, con engrudo de polvillo de arroz de 60 gramos, de esta manera la briqueta tendrá una masa uniforme que ayudará a la compresión para tener una textura sólida.

- Se determinó el uso de residuos de molindas de arroz, convertidos en una briqueta ecológica, elaborada con instrumentos accesibles y que puede ser comercializada.

- Con 50 gramos de polvillo de arroz y 200 mililitros de agua cocido a una temperatura de 65° C, se identificó la combinación óptima para obtener el aglomerante que ayude a la cascarilla de arroz a tener un cuerpo sólido.

5.2 RECOMENDACIONES

Para la elaboración de la briqueta ecológica es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La cascarilla de arroz debe estar en buenas condiciones y sin impurezas propias de la cosecha de arroz.

- El polvillo de arroz debe estar bien molido, de tal manera que cuando sea cocido forme una masa uniforme y pueda mezclarse con la cascarilla de arroz fácilmente.

- Los instrumentos de medida deben estar calibrados y sin ningún tipo de deficiencia.

- Durante la cocción del engrudo hecho de polvillo de arroz y agua, se debe estar en constante movimiento, para ayudar a la uniformidad de cocción de las partículas de arroz.

- Es preferible hacer la mezcla de la cascarilla y el engrudo, cuando éste es terminado de cocinar, para evitar que se enfríe y puede hacerse sólido y ya no se pueda mezclar uniformemente.
- Cuando la biomasa (engrudo mezclado con la cascarilla) es prensada a 400 PSI, se debe dejar uno 2 a 3 minutos para que tome resistencia, luego proceder a retirar la prensa.
- Después del moldeado, el secado de la briqueta debe hacerse tres días como mínimo para poder tener un secado uniforme y homogéneo, si es el caso de industrializar las briquetas se recomienda ponerlos en una cámara secadora para su prontitud.

BIBLIOGRAFÍA

- Abelardo Prada, Caroll E. Cortés. (2014).** “La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible: <http://www.orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/103/539>
- Aguilar Jaider, Sierra. (2000).** “Concepto y definicion de la cascarilla de arroz” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/211/2/333.794S571.pdf>
- Alexander Vera Velásquez, (2014)** “Diseño de briquetas ecológicas para la generación de energía calorífica y mejoramiento de ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake, municipio de Pueblo Bello-Cesar” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/6111/1/92694041.pdf>
- Carbones Pascual (2015).** “Concepto de carbon” [Consulta 15 de abril de 2016] Disponible: <http://carbonespascual.es/productos-carbon-vegetal/briquetas>
- Fonseca C, Edison Geovanny. (2012).** “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”. [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1883>
- Gutiérrez Jaime. (2015).** “La cascarilla de arroz "caolinizada"; una alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos.” [Consulta 15 de abril de 2016] Disponible en: http://drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm
- Induamerica. (2017).** “Polvillo de arroz” [Consulta 20 de mayo de 2017] Disponible en: <http://www.induamerica.com.pe/subproductos.php>
- Jaime Gutiérrez, Carolina Cadena y Antonio Bula. (2010).** En el artículo científico “Aislamiento térmico producido a partir de cascarilla de arroz aglomerada utilizando almidón producido con saccharomyces cerevisiae” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://.orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/103/539>
- Jordi Segú. (2011).** “Concepto de briqueta” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://www.jordisegusl.es/briquetas/>
- Lidia I. Cuadro Martínez. (2002)** “Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizando en la alimentación de cuyes” citando a Acosta C. (2002), [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1659>
- Marco G. (2014).** “Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín”. [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1829>

Peña W. (2014). “Diseño de un generador de briquetas combustibles a partir de la compactación de lodos papeleros”. [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://repository.eia.edu.co/handle/11190/325>

Tipanluisa Sarchi, Luis Eduardo, (2014). “Caracterización de los productos de combustión de la cascarilla de arroz utilizando un sistema térmico con capacidad de 60000 Kcal/h”. [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5191>

Tóala M. E.A. (2013) “Estudio de factibilidad para la construcción de una fábrica de briquetas de carbón utilizando tamo de arroz localizada en la Provincia del Guayas. Guallaquil, Ecuador.” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2455>

Agustin Valverde G., Bienvenido Sarria L., José P. Monteagudo, Universidad Tecnológica de Pereira. (2007) “Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.4055>

APÉNDICES Y ANEXOS

1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN		INDICADORES	METODOLOGIA																
			VARIABLES	DIMENSIONES																		
<p>Problema General: ¿De qué manera se puede utilizar el polvillo y la cascarrilla de arroz en la elaboración de una briqueta ecológica?</p>	<p>Objetivo General: Elaborar una briqueta ecológica utilizando polvillo y cascarrilla de arroz.</p>	<p>H1: Si es posible la utilización de la cascarrilla y el polvillo de arroz para elaborar una briqueta ECOLÓGICA que posea buenas propiedades físicas.</p>	<p>VARIABLES Variable independiente: La cantidad de polvillo y la cascarrilla de arroz.</p>	<p>DIMENSIONES La cantidad de polvillo y cascarrilla de arroz.</p>	<p>INDICADORES Cantidad de la cascarrilla de arroz y polvillo de arroz en porcentaje.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Según el fin que se persigue: Aplicada Según el diseño de investigación: Experimental</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA Población: Briquetas elaboradas en base a cascarrilla y polvillo de arroz en diferentes proporciones. Muestra: Briquetas como muestras de tres proporciones.</p> <table border="1" data-bbox="587 510 801 779"> <thead> <tr> <th>PROPORCIÓN</th> <th>ENSAJO DE POLVILLO DE ARROZ (N)</th> <th>CASCARRILLA DE ARROZ (N)</th> <th>MUESTRAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>40% (40 gr.)</td> <td>60% (60 gr.)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>50% (50 gr.)</td> <td>50% (50 gr.)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>60% (60 gr.)</td> <td>40% (40 gr.)</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	PROPORCIÓN	ENSAJO DE POLVILLO DE ARROZ (N)	CASCARRILLA DE ARROZ (N)	MUESTRAS	1	40% (40 gr.)	60% (60 gr.)	5	2	50% (50 gr.)	50% (50 gr.)	5	3	60% (60 gr.)	40% (40 gr.)	5
PROPORCIÓN	ENSAJO DE POLVILLO DE ARROZ (N)	CASCARRILLA DE ARROZ (N)	MUESTRAS																			
1	40% (40 gr.)	60% (60 gr.)	5																			
2	50% (50 gr.)	50% (50 gr.)	5																			
3	60% (60 gr.)	40% (40 gr.)	5																			
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la proporción de cascarrilla con polvillo de arroz para la elaboración de briquetas ecológicas. Proponer la utilización de residuos de molindas de arroz. Identificar las etapas y procedimientos para elaborar un aglomerante en base a la cascarrilla y polvillo de arroz para la fabricación de briquetas ecológicas. 	<p>H0: No es posible la reutilización de la cascarrilla y el polvillo de arroz para elaborar una briqueta ECOLÓGICA que posea buenas propiedades físicas.</p>	<p>Variable dependiente: Propiedades físicas.</p>	<p>Propiedades físicas.</p>	<p>Densidad de la briqueta</p>	<p>Técnicas e instrumentos de recojo de datos La Observación: recurrimos a este, por ser requisito principal de la investigación científica. Identificar la calidad de los materiales a utilizar.</p> <p>Los instrumentos usados son ficha donde se anotarán los datos que arrojen los diferentes ensayos y tiempos necesarios en cada proceso.</p> <p>Técnicas de procesamiento y análisis de datos Analizar la hipótesis mediante pruebas estadísticas. Utilizando un software como es el Excel que nos ayude a procesar los resultados.</p> <p>La confiabilidad con la que cuenta se vio determinada por los resultados que se dio en un laboratorio, ya que se trabajó con formatos estandarizados. Los instrumentos de medición se evaluarán relacionando conceptos y postulados teóricos con datos ya trabajados</p>																	

2. MATERIALES, INSUMOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN



Figura 01: BALANZA

Instrumento usado para medir la masa de la cascarilla y polvillo de arroz



Figura 02: PRENSA HIDRAULICA

Instrumento usado para medir la presión en PSI.



Figura 03: MOLDES

Moldes de briqueta, 10 cm de altura, 5 cm de diámetro



Figura 04: TERMOMETRO

Instrumento para medir la temperatura de la cocción y de la incineración.



Figura 05: PAJILLA DE ARROZ
Sub producto de la molienda del arroz



Figura 06: POLVILLO DE ARROZ
Sub producto de la molienda del arroz.



Figura 07: OLLA ARROCERA
Usada para la cocción del engrudo.



Figura 08: MEDIDA DE LA PRENSA
HIDRAULICA
Aguja de la prensa marcando 300 PSI

3. ANEXOS

Ensayos en el Laboratorio:



Figura 09: preparando la materia prima en el laboratorio. Cascarilla y polvillo de arroz.



Figura 10: preparando el polvillo de arroz para la cocción en la olla arrocera y obtener el aglomerante.



Figura 11: pre cocido del aglomerante



Figura 12: cocido final del aglomerante



Figura 13: mezcla del aglomerado y la cascarilla de arroz.



Figura 14: proporciones de ensayo para determinar el aglomerante.



Figura 15: proporciones de ensayo para determinar el aglomerante.



Figura 16: ensayo del aglomerado óptimo.

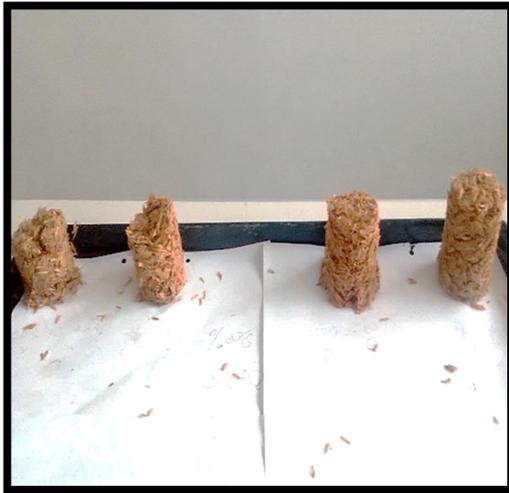


Figura 17: proporciones diferentes de ensayo para la briqueta.



Figura 18: ensayos en el laboratorio para determinar la mezcla óptima.



Figura 19: proporción quebradiza y sin forma.



Figura 20: proporciones ideales de biomasa.

IMÁGENES DE INCINERACIÓN DE BRIQUETAS:



Figura 21: dos muestra de briquetas incinerándose, donde no presenta humo



Figura 22: briqueta que muestra la factibilidad de incinerar la briqueta.



Figura 23: un promedio de trece minutos es lo que dura la incineración de la briqueta.



Figura 24: fuente de energía renovable para aprovecharla.



Figura 25: incineración de briqueta



Figura 26: cenizas después de la incineración de la briqueta.