UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS

OBTENCIÓN DE BRIQUETAS A PARTIR DE UNA MEZCLA DE CASCARILLA DE ARROZ Y CISCO DE CARBONERÍA EN LA REGIÓN SAN MARTÍN"

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

PERCY TAPIA BAUTISTA

TARAPOTO - PERU

2005

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – T

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TESIS

"OBTENCION DE BRIQUETAS A PARTIR DE UNA MEZCLA DE CASCARILLA DE ARROZ Y CISCO DE CARBONERIA EN LA REGION SAN MARTÍN"

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

POR

Bach. PERCY TAPIA BAUTISTA

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

Ing. M.Sc. Carlos Maldonado Tito
PRESIDENTE

Ing. M.Sc Milton Vásquez Ruíz
SECRETARIO

M.Sc. . Alejandro Cruz Rengifo
MIEMBRO

Ing. M.Sc. Wilson E. Santander Ruíz
ASESOR

DEDICATORIA

A mis queridos padres:
José Alamiro y Francisca Consuelo;
por el amor, su apoyo incondicional,
su sacrificio y abnegación para que
nada me falte durante mis estudios.

A mis hernamos: Juan, José
Antonio, Maria Alicia, Maria,
Irley Marizela y Miriam Maribel;
por su apoyo y comprensión en
todo momento.

A todos los jóvenes, que no
tuvieron ni tienen la
oportunidad de estar en las
aulas de una universidad.

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. M. Sc. Wilson E. Santander Ruiz, por el asesoramiento y las valiosas orientaciones en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

- A mis padres: José Alamiro Tapia Maluquíz, Francisca Consuelo Bautista Saucedo y a mis hermanos: Juan, José Antonio, Maria Alicia, Maria Alejandrina, Irley Marizela y Miriam Maribel, que me brindaron permanentemente su apoyo económico, material y moral en toda circunstancia.

- A mis respetables maestros universitarios de la Facultad, por su dedicación permanente en mi formación profesional; les estaré por siempre agradecido.

- A Darvin Gil Ríos, por su amistad y apoyo que hizo posible desarrollar el presente trabajo de investigación.

- A los técnicos de laboratorio de nuestra universidad: Doly y Guido; por el apoyo prestado durante la realización de los ensayos del presente trabajo de Investigación.

INDICE

		Pág.
	DEDICATORIA	3
	AGRADECIMIENTO	4
	INDICE	5
	RESUMEN	12
I.	**INTRODUCCION**	16
II.	**MARCO TEORICO**	17
2.1.	ANTECEDENTS Y JUSTIFICACIÓN	17
2.1.1.	ANTECEDENTES	17
2.1.2.	JUSTIFICACIÓN	18
2.2.	OBJETIVOS	20
2.2.1.	GENERAL	20
2.2.2.	ESPECIFICOS	20
2.3.	REVISION DE LITERATURA	21
2.3.1.	MATERIAS PRIMAS	21
2.3.1.1.	CASCARILLA DE ARROZ	21
2.3.1.2.	CARBON MINERAL - CISCO DE CARBONERIA	24
2.3.1.3.	ARCILLA	26
2.3.2.	BRIQUETAS	27
2.3.2.1.	PROCEDOMIENTO DE PREPARACIÓN DE BRIQUETAS COMBUSTIBLES SIN HUMO CON CARBON Y BIOMASA	27
2.3.2.2.	FICHA TÉCNICA	28
2.3.2.3.	ASPECTOS INNOVADORES	31
2.3.2.4.	VENTAJAS COMPETITIVAS	31
3.3.3.	DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	32
2.3.3.1.	CASCARILLA DE ARROZ	32
2.3.3.2.	CISCO DE CARBONERIA	33

2.3.3.3. ARCILLA 34
2.3.3.4. DEL PRODUCTO TERMINADO 34
2.3.3.5. DE PRODUCTOS SUCEDÁNEOS 34

III. MATERIALES Y METODOS 36
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN 36
3.1.1. OBTENCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES 36
3.1.2. PRUEBAS DE LABORATORIO 36
3.1.3. PROCEDENCIA DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS 36
3.2. MATERIALES 37
3.2.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS 37
3.2.2. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO 37
3.2.3. EQUIPOS Y MATERIAL DE OFICINA 38
3.2.4. RECURSOS HUMANOS 38
3.3. METODOLOGIA 38
3.3.1. OPERACIONES DE PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCION DE LAS BRIQUETAS 38
3.3.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DE BRIQUETAS 39
3.3.2.1. MATERIA PRIMA 39
3.3.2.2. MEZCLADO 1 39
3.3.2.3. OBTENCIÓN DE LA SOLUCION LIGANTE 39
3.3.2.4. MEZCLADO 2 39
3.3.2.5. PRENSADO 40
3.3.2.6. SECADO 40
3.3.3. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA MACANICA 40
3.3.3.1 SELECCIÓN 40
3.3.3.2. CODIFICACIÓN Y MEDICION DEL AREA 41
3.3.3.3. CAPEADO 41
3.3.3.4. RUPTURA Y LECTURA DE CARGA 41
3.3.3.5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS 41

3.3.4. DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE COMBUSTIÓN 42
3.3.4.1. SELECCIÓN 42
3.3.4.2. ACONDICIONAMIENTO Y CARGA DE LA BRIQUETA 42
3.3.4.3. ENCENDIDO 42
3.3.4.4. COMBUSTIÓN Y LECTURA DEL TIEMPO 43
3.3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA 43
3.3.5.1. DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA MECANICA (COMPRESIÓN) Y EVALUACIÓN DE TIEMPO DE COMBUSTIÓN 43
3.3.5.2. DE LA EVALUACION DEL PODER CALÓRICO 44
3.4. METODOLOGIA DE EVALUACIÓN 45
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL 45
3.5.1. EVALUACIÓN DE RESISTENCIA MECANICA Y TIEMPO DE COMBUSTIÓN 45
3.5.2. DE LA EVALUACION DEL PODER CALÓRICO 47
3.6. SISTEMA DE VARIABLES 47
3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE 47
3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE 47
3.6.3. VARIABLE INTERVINIENTE 47
3.7. RECOPILACIÓN DE DATOS 47
3.8. CLASIFICACION, TABULACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 48

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 49
4.1. RESULTADOS 49
4.1.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS MATERIALES 49
4.1.2. OBTENCIÓN DE LAS BRIQUETAS 49
4.1.3. DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO. 51
4.1.3.1. DE LA PRUEBA DE RESISTÈNCIA MECANICA 51
4.1.3.2. DELA PRUEBA DE TIEMPO DE COMBUSTION 51
4.1.4. DE LOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS 52
4.1.4.1. ANVA PARA LOS DATOS DE RESISTENCIA MECANICA 52
4.1.4.2. ANVA PARA EL TIEMPO DE COMBUSTIÓN DE LAS BRIQUETAS 53

4.1.5. BALANCE DE MATERIA DEL TRATAMIENTO SELECCIONADO 61
4.1.6. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL TRATAMIENTO SELECCIONADO 62
4.1.7. PODER CALÓRICO DE LOS COMBUSTIBLES CONVENCIONALES UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE TARAPTO Y EL DEL TRATAMIENTO SELECCIONADO DEL EXPERIMENTO 63
4.1.8. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOS COMBUSTIBLES CITADOS EN EL CUADRO N° 29 64
4.2. DISCUSIONES 65

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 68
5.1. CONCLUSIONES 68
5.2. RECOMENDACIONES 69

VI. BIBLIOGRAFÍA 70

ANEXOS 71

INDICE DE CUADROS

		Pág.
1	Análisis Químico de la Cascarilla de Arroz	22
2	Datos Energéticos de Determinados Subproductos Agrícolas	23
3	Composición Química del Carbón Bituminoso.	26
4	Producción de Arroz Cáscara y Cascarilla a Nivel de la Provincia y de la Región San Martín Entre los Años 1992 al 2002	32
5	Valor Comercial de Combustibles Sucedáneos a la Briqueta	35
6	Relaciones de Proporción de Cisco de Carbonería vs. Cascarilla de Arroz	44
7	Niveles de Ligante	44
8	Combustibles Convencionales Utilizados, Seleccionados Para la Evaluación del Poder Calórico Para ser Comparada con la Muestra Clasificada del Experimento Anterior	45
9	Valores de Resistencia Mecánica y tiempo de Combustión de Briquetas Elaborados a Diferentes Niveles de Mezcla Entre Cisco de Carbonería y Cascarilla de Arroz y Diferentes Niveles de Ligante.	46
10	Propiedades Físicoquímicas de los Materiales Directos	49
11	Resultados de Proceso de Tamizado del Cisco de Carbonería	49
12	Obtención de Briquetas Para la Experimentación	50
13	Característica de las Unidades Experimentales	50
14	Evaluación de resistencia mecánica (Kg/cm^2)	51
15	Evaluación de tiempo de combustión de las briquetas (hrs.)	51
16	ANVA de Resistencia Mecánica de las Briquetas	52
17	Prueba de Tuckey Para el Factor "A" (nivel de mezcla)	53
18	Prueba de Tuckey Para el Factor "B" (nivel de ligante)	53
19	ANVA Para el Tiempo de Combustión de las Briquetas	54
20	ANVA de Efectos Simples Para Tiempo de Combustión de las Briquetas	54

21	Prueba de Tuckey Para el Factor "A" Referido a a(b_0)	56
22	Prueba de Tuckey Para el Factor "A" Referido a a(b_1)	56
23	Prueba de Tuckey Para el Factor "A" Referido a a(b2)	56
24	Prueba de Tuckey Para el Factor "B" Referido a b(a0)	57
25	Prueba de Tuckey Para el Factor "B" Referido a b(a1)	57
26	Prueba de Tuckey Para el Factor "B" Referido a b(a2)	57
27	Prueba de Tuckey Para el Factor "B" Referido a b(a3)	57
28	Propiedades Fisicoquímicas de la Briqueta Seleccionada	63
29	Poder Calórico de los Combustibles Convencionales Utilizados en la Ciudad de Tarapoto, y el de la Briqueta Seleccionada del Experimento	63
30	Análisis Comparativo de Costos Entre los Combustibles Convencionales Utilizados en la Ciudad de Tarapoto, y el de la Briqueta Seleccionada del Experimento	64
31	Evaluación de Resistencia Mecánica (kg / cm^2)	72
32	Datos Ordenados del Cuadro N° 23	72
33	Ordenamiento de Promedios en Forma Descendente	76
34	Prueba de Tuckey Generalizado Para la Resistencia Mecánica	77
35	Evaluación de Tiempo de Combustión de las Briquetas (hrs.)	78
36	Datos Ordenados del Cuadro N° 18	78
37	Datos Tomados del Cuadro N° 25	80
38	Ordenamiento de Promedios en Forma Descendente	84
39	Prueba de Tuckey Generalizado Para el Tiempo de Combustión	85
40	Costo de Producción de 1,000 Briquetas	86

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura N° 01. Producción de Cascarilla de Arroz, Región y Provincia San Martín de 1994 al a2004 33

Figura N° 02. Diagrama de Flujo de Elaboración de Briquetas 38

Figura N° 03. Resistencia Mecánica Considerando Niveles de Mezcla 58

Figura N° 04. Resistencia Mecánica Considerando Niveles de Ligante 59

Figura N° 05. Evaluación del Tiempo de Combustión Considerando Niveles de Mezclas de Materias Primas 59

Figura N° 06. Tiempo de Combustión Considerando Niveles de Ligante 60

Figura N° 07. Evaluación de Resistencia Mecánica Comparativamente Entre Todos los Tratamientos 60

Figura N° 08. Evaluación de Tiempo de Combustión Comparativamente Entre Todos los Tratamientos 61

Figura N° 09. Diagrama de Flujo – Balance de Materia de Elaboración de Briquetas 62

INDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo N° 01.	Proceso de Cálculo Para el ANVA de Resistencia Mecánica	72
Anexo N° 02.	Datos Auxiliares Para la Prueba de Tuckey- Resistencia Mecánica	74
Anexo N° 03.	Prueba de Tuckey Para los Datos Generales - Resistencia Mecánica	76
Anexo N° 04.	Proceso de Cálculo Para el ANVA de Tiempo de Combustión	78
Anexo N° 05.	Proceso de Cálculo Para el ANVA de Efectos Simples - Tiempo de Combustión	80
Anexo N° 06.	Cálculos Efectuados Para la Prueba de Tuckey Para los Efectos Simples – Tiempo de Combustión	81
Anexo N° 07.	Prueba de Tuckey General Para los Datos de Tiempo de Combustión	84
Anexo N° 08.	Costo de Producción de 1,000 Briquetas	86
Anexo N° 09.	Lugar de Procedencia de las Materias Primas y de la Arcilla	87
Anexo N° 10.	Máquina de Producción de Briquetas	88
Anexo N° 11.	Materias Primas Utilizadas en el Proyecto de Investigación	89
Anexo N° 12.	Briquetas Obtenidas en el Desarrollo del Trabajo de Investigación	90
Anexo N° 13.	Proceso de Combustión de la Briqueta Seleccionada	91
Anexo N° 14.	Análisis Textural de la Arcilla	92
Anexo N° 15.	Reporte de Análisis Fisicoquímico de las Materias Primas	94
Anexo N° 16.	Resultados de Resistencia a la Compresión de las Unidades Experimentales	96
Anexo N° 17.	Repote de Análisis Fisicoquímico de la Briqueta Seleccionada	101
Anexo N° 18.	Reporte de análisis de Poder Calórico de Especies Forestales comúnmente Utilizadas como Leña en nuestra medio	103

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación tiene como objeto, aprovechar la cascarilla de arroz en combinación con cisco de carbonería, utilizando como ligante, arcilla, para obtener una briqueta combustible, de bajo costo y de alto poder calórico orientado al uso doméstico o industrial.

Se propuso cinco relaciones de mezclas en proporciones volumétricas de 1:0, 1:1, 2:1, 3:1 y 4:1; de cisco de carbonería y cascarilla de arroz respectivamente; empleando tres niveles de ligante: 8%, 12% y 15% en función al peso de la mezcla seca, lo cual genera quince tratamientos. De estos tratamientos, la mezcla 1:1 no se pudo obtener bajo ningún nivel de ligante; reduciéndose entonces a doce tratamientos experimentales.

La cascarilla de arroz, se utilizó en su estado natural y su contenido de humedad fue del 8%. Por su parte el cisco de carbonería, tuvo un contenido de humedad de 4% y la humedad de la arcilla fue de 16.16%.

Se ha efectuado un tamizado al cisco de carbonería con malla de ¼", debido a que en evaluaciones preliminares, ha dificultado la obtención de las briquetas.

Las unidades experimentales logradas tiene forma cilíndrica de quince centímetros de alto por quince centímetros de diámetro; poseen 22 orificios o perforaciones que facilitan su combustión.

Las propiedades evaluadas constituyen la resistencia mecánica a la compresión y el tiempo de combustión, parámetros que han permitido definir la proporción de mezcla ideal entre cascarilla de arroz y cisco de carbonería, así como, el nivel de ligante más adecuado.

Para esta determinación, se aplicó un diseño con arreglo factorial de 4A x 3B, seleccionándose como el ideal al tratamiento que contiene tres partes de cisco de carbonería y una parte de cascarilla de arroz, con un nivel de ligante de 12% .

Las muestras del tratamiento seleccionado, presentan como características: un peso promedio de 2450.42 gr , 3.64% de humedad, 9.75 Kg/cm^2 de resistencia a la compresión, 10.38 horas de combustión continua, genera un poder calórico de 4,119.38 Kcal/Kg y un costo de producción de s/ 0.75 por briqueta.

Al realizar un análisis de costo y de poder calórico, con el de los combustibles convencionales utilizados en el medio tales como: leña de quinilla , leña de chucchumbo, leña de espintana, kerosene y gas propano se determinó como el combustible que posee más ventajas sobre los otros combustibles convencionales, por su bajo costo y el tiempo de energía continua que esta brinda.

SUMAMRY.

The present investigation work has like object, to take advantage of the husk of rice in combination with coalyard cisco, using as ligante, clay, to obtain a combustible briquette, of low cos and of high to be abla to caloric guided to the domestic or industrial usel.

It intended five relationships of mixtures in proportions volumétricas of 1:0, 1:1, 2:1, 3:1 and 4:1; of coalyard cisco and husk of rice respectively; using three ligante levels: 8%, 12% y 15% in functionto the weight of the dry mixture, that which generates fifteen treatments.of these treatments, the mixture 1:1 onecould not obtain lower any ligante level; decreasing then to twelve experimental treatments.

The husk of rice was used in its natural state and its content of humidity was of 8%.on theother hand el coalyard cisco, had a content of humidity of 4% and the humidity of the clay was of 16.16%.

It has benn made a sifted to the coalyard cisco with mesh of ¼", because in preliminary evaluations, it has hindered the obtaining of the briquettes.

The achieved experimental units have cylindrical form of fifteen centimeters of high for fifteen centimeters of diameter; they possess 22 holes or perforations that facilitate their combustión.

The evaluated properties constitute the mechanical resístance at the compression and the time of combustión, parameters that have allowed to define the proportion of mixture ideal between husk ofrice and coalyard cisco this way, the level of more appropriate ligante.

For this determination, a design was applied with factorial arrangement of 4A x 3B, selecting as the ideal to the treatment that contains three parts of coalyard cisco and a part. Of husk of rice, with a lvel of ligante of 12% .

The samples of the selected treatmen, present as charateristic: a weight average of 2450.42 gr., 3.64% of humidity, 9.75 Kg/cm^2 of resistance to the compresión, 10.38 hours of continuous combustion, it generates a caloric power of 4,119.38 Kcal/Kg and a cost of production of s/ 0.75 for briquette.

When carryng out a cost análisis and of being able to caloric, with that of the conventional fuels used in the such means as: quinilla colorada, chucchumbo firewood, espintana firewood, kerosene and gas propane was determined as the fuel that possesses more advantages on the other conventional fuels, by its low cost and time of continuous energy that this it toasts.

I. INTRODUCCIÓN.

Durante el siglo pasado y lo que va del presente, la fuente de energía más importante es el petróleo, combustible mineral no renovable que se está agotando. Bajo esta condición, la tendencia es la utilización de energías renovables y uno de los principales productos alternativos lo constituyen los residuos agrícolas.

En las empresas agrícolas e industriales, la presencia de los residuos constituyen un problema y demandan de un costo para ser eliminados, con el consiguiente impacto desfavorable para el medio ambiente.

La naturaleza celulósica de los residuos agrícolas los convierte en combustibles potenciales de importante poder calórico, lo que representa una enorme posibilidad para darles valor agregado.

En nuestro medio, los residuos más representativos son los generados por la actividad arrocera (paja y cascarilla), por la actividad maderera (aserrín), y en menor proporción, la cáscara de cacao, panca de maíz, bagazo de caña, entre otros.

El presente trabajo de investigación considera a la cascarilla de arroz como una materia prima, que en combinación con cisco de carbonería y arcilla diluida como ligante, permiten la obtención de un producto combustible llamado briqueta, el cual está orientado al uso doméstico ó industrial.

Al final del trabajo de investigación, se ha logrado el desarrollo de una tecnología para la obtención de una briqueta de buena calidad, con importante poder calórico y de bajo costo.

Cisco de Carbonería: sub producto de la actividad minera de carbón, material combustible pulvorulento.

II. MARCO TEORICO.

2.1. ANTECEDENTS Y JUSTIFICACION.

2.1.1. ANTECEDENTES.

En nuestra Región, los residuos agrícolas tienen uso limitado como elemento energético.

En el distrito de San Hilarión, valle del Huallaga Central – Región San Martín, la empresa Agroindustrias MHILK S.A.C., cuya actividad Agroindustrial es el pilado del arroz, viene utilizando la cascarilla de arroz como combustible para la generación de calor en el secado del arroz cáscara. Sus volumen de procesamiento promedio es de 2.5 toneladas métricas por hora de arroz chala.

En el año 2002, **Cueva B., A y otros**, realizaron un trabajo de investigación que tuvo como objetivo, optimizar el uso de los recursos agrícolas de la zona, en la producción de briquetas combustibles como alternativa energética. Para la investigación utilizaron cuatro residuos agrícolas de la Región; como el bagazo de caña de azúcar, cascarilla de arroz, cascarilla de cacao y aserrín de madera y en diferentes mezclas, obteniéndose 16 tratamientos y empleando dos tipos de aglutinante: Almidón de yuca al 12% y la bentonita al 15%.

CUEVA (2002), en las discusiones de su trabajo experimental expresa que de los cuatro residuos probados, la cascarilla de arroz presentó menores posibilidades de aglutinación, debido a la misma estructura de la cascarilla y posiblemente al alto contenido de sílice que presenta este residuo (94%).

La cascarilla de arroz, además de pasar por un proceso de molienda tuvo que pasar por una operación de laminado para ser compatible en el prensado con el bagazo de caña de azúcar en la proporción de 2 : 1., lo que no tuvo el mismo comportamiento con los demás insumos. Los resultados indican respecto al poder calórico, que las mejores briquetas fueron las obtenidas a partir de aserrín al 100% y luego aserrín más cascarilla de cacao en proporción de 2 : 1; los valores de poder calórico fueron de 4,716 y 4,477 kcal / kg. respectivamente; **(CUEVA B., 2002).**

Cueva B. (2002), con relación a los costos de producción, determinó un costo promedio de S/ 0.16/Kg de briqueta en comparación a la leña que es de S/ 0.12/Kg.

Como iniciativa estatal, el Gobierno Regional de San Martín conjuntamente con la empresa privada, ha venido impulsando un proyecto energético para la producción de gas (metanol), a partir de cascarilla de arroz; pero por diferentes razones, esta iniciativa ha sido paralizada.

2.1.2. JUSTIFICACION.

En la Región San Martín y en otras áreas geográficas del país contamos con muchos residuos agrícolas provenientes de diversas actividades, por ejemplo: el aserrín, derivado del aserrío de madera; la cascarilla de arroz de la actividad molinera del arroz, etc. En lo que respecta a la cascarilla de arroz, ésta casi en su totalidad es incinerada en los molinos, generando un costo adicional a los molinos desprenderse de este residuo, teniendo un impacto negativo para el medio ambiente. Por tanto es beneficioso utilizar este recurso, dándole valor agregado, objetivo del presente estudio de investigación.

El uso de briquetas permitirá solucionar el gran problema del uso de energía en el área rural sustituyendo en parte el uso de la leña, lo cual contribuirá a mitigar la tala irracional de los bosques, trayendo como resultado un medio ambiente más favorable.

Igualmente el presente trabajo permitirá determinar su costo, como oportunidad de oferta de combustible barato para uso doméstico e industrial, lo cual redundará en beneficio de los usuarios domésticos e industriales.

Por todas estas razones nace el interés de desarrollar el presente trabajo de investigación a fin de desarrollar una tecnología en la obtención de una briqueta de buena calidad y de bajo costo.

2.2. OBJETIVOS.

2.2.1. GENERAL.

Obtener una briqueta de buena calidad a bajo costo, utilizando una mezcla de cascarilla de arroz y cisco de carbonería, para poner a disposición de las familias y del sector industrial para uso como combustible en la Región San Martín.

2.2.2. ESPECIFICOS.

- Determinar la proporción adecuada de mezcla entre cascarilla de arroz y cisco de carbonería para obtener una briqueta con adecuada resistencia mecánica que facilite su manejo y buen poder calórico.

- Realizar un análisis comparativo de poder calórico de la briqueta seleccionada con los combustibles convencionales.

- Realizar un análisis comparativo de costos de la briqueta seleccionada con los combustibles convencionales utilizados en la Región San Martín.

2.3. REVISION DE LITERATURA.

2.3.1. MATERIAS PRIMAS.

2.3.1.1.CASCARILLA DE ARROZ.

El arroz es una planta anual de alta variabilidad genética, muy antigua, de la cual existen muchas especies y miles de variedades, como resultado de procesos naturales de evolución y de cruzamientos artificiales realizados por el hombre **(SOLÓRZANO, 1993)**.

El arroz tiene la siguiente clasificación botánica:

Familia : *Gramíneas*

Sub Familia : *Pooideae*

Tribu : *Oriceae*

Género : *Oryza*

Especie : *Sativa*

El arroz como planta está constituida principalmente de:

Raíz, tallo, hojas, espiga y grano. El grano de arroz se compone del ovario maduro, la lema y la pálea, la raquilla, las lemas estériles y las aristas cuando se encuentran presentes. El embrión se une con el endospermo. La lema y la pálea con sus estructuras asociadas, constituyen la cáscara, la que puede retirarse mediante la aplicación de una presión giratoria **(SOLORZANO, 1993)**.

Además, el arroz es uno de los alimentos más comunes e importantes en el mundo por lo que se generen altas producciones anuales de arroz-cáscara de las cuales el 20 % representa la cascarilla de arroz, fuera de los otros

subproductos **(http://www.itxacatepec.edu.mx.htm – abril 2005).**

La cascarilla de arroz constituye un agrocombustible obtenido como producto de la biomasa, de modo que es una fuente de energía renovable, que se puede considerar como una forma de energía solar transformada. Consecuentemente constituye una Bioenergía (o energía procedente de la biomasa), comprendida dentro de los combustibles sólidos orgánicos (biocombustibles) **(UNIVERSIDAD DE FILIPINAS, 1979).**

Si consideramos que la cascarilla de arroz no presenta propiedades nutritivas significativas, es por que presenta un alto contenido de Dióxido de Silicio (SiO_2), lo cual lo hace imposible de ingerirse como alimento, además de contener un bajo contenido de celulosa (40% aproximadamente) **(http://www.itxacatepec.edu. mx.htm –abril 2005).**

CUADRO N° 01. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CASCARILLA DE ARROZ.

COMPONENTE	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Nitrógeno	%	0.50 - 0.60
Fósforo	%	0.08 - 0.10
Potasio	%	0.20 - 0.40
Calcio	%	0.10 - 0.15
Magnesio	%	0.10 - 0.12
Azufre	%	0.12 - 0.14
Hierro	ppm	200 - 400
Manganeso	ppm	200 - 800
Cobre	ppm	3 - 5
Zinc	ppm	15 - 30
Cenizas	%	12 - 13
Sílice (SiO2)	%	10 - 12

Fuente: http://www.drcalderonlabs.com/index.html

CUADRO N° 02. DATOS ENERGÉTICOS DE DETERMINADOS SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS.

PRODUCTO	HUMEDAD (% EN SECO)	CONTENIDO APROX. DE CENIZA (%)	PCI (MJ / kg)
Bagazo	40 - 50	10 - 12	8.4 - 10.5
Cáscara de maní	3 - 10	4 - 14	16.7
Cáscara de café	13	8 - 10	16.7
Cáscara de algodón	5 - 10	3	16.7
Cáscara de coco	5 - 10	6	16.7
Cáscara de arroz	9 - 11	15 - 20	13.8 - 15.1
Olivas (prensadas)	15 - 18	3	16.7
Fibra de palma de aceite	55	10	7.5 - 8.4
Cáscara de palma de aceite	55	5	7.5 - 8.4
Mazorca de maíz	15	1 - 2	19.3
Paja y cáscara de arroz	15	15 - 20	13.4
Paja y cáscara de trigo	15	8 - 9	19.1

Fuente: www /http/uwet-s.htm

De acuerdo a sus características físico-químicas en China por ejemplo, por tratarse de un material orgánico, la utilizan para regenerar las tierras de cultivos a través de compostas (abono); en Colombia, por su poder calorífico, la usan como combustible en ladrilleras y en México por sus características físicas la emplean en granjas avícolas generando camas donde se engorda a los pollos; así mismo el Instituto Tecnológico de Zacatepec, lo esta utilizando como carga o relleno en una matriz polimérica; de igual modo se está utilizando como sustrato para sostener cultivos hidropónicos, **(http://www.itxacatepec.edu.mx.htm – abril 2005)**.

Debido a la poca atención brindada a la cascarilla de arroz para otorgarle un valor agregado apropiado, es que no se le ha dado un uso final provechoso, aunque algunos países le proporcionen ciertas aplicaciones; cabe

señalar, que ninguna de ellas demanda la producción total de cascarilla que se genera en el mundo **(http://www.itxacatepec.edu. mx.htm–abril 2005)**.

2.3.1.2. CARBON MINERAL - CISCO DE CARBONERIA.

Sustancia fósil, apenas conocido hace trescientos años, resultante de la descomposición lenta de la materia leñosa, arde con menos facilidad pero da más calor que el carbón vegetal, desde el punto de vista industrial y económico su uso es casi exclusivamente en la siderurgia y la industria química (**PERRY, J., 1977**).

A lo largo del siglo XX, el uso del carbón de piedra o carbón mineral era mayormente para producir fuerza motriz mediante su transformación en calor, el cual fue progresivamente reemplazado, en la actualidad es el petróleo el combustible utilizado con estos fines (**PERRY, J., 1977**).

El carbón de piedra no tiene una composición química fija. Es una roca compuesta, principalmente, de carbono y formada a expensas de materia vegetal, capaz de quemarse como combustible y que al arder produce calor y luz en diferentes proporciones (**PERRY, J., 1977**).

La variada composición del carbón de piedra depende parcialmente del material de que ha sido formado, esto es, de la clase de vegetal de que procede y parcialmente, de dónde y cómo se ha formado, es decir, en qué condiciones de lugar, tiempo y presión se ha producido,

así como de las influencias del calor y de los cambios químicos a que ha estado sometido. Esta gran variedad en la composición permite que el carbón de piedra pueda tener una extensa serie de aplicaciones, siendo ciertas cualidades del carbón de piedra las mejores para ciertos usos y otras cualidades para otros; de donde resulta que su excelencia en calidad no es una cosa absoluta, sino relativa, según el uso particular a que se trata de aplicar **(http://www.austral.addr.com/old_trains/mina_de_carbon.htm - Junio 2004)**.

Las clasificaciones que se hacen de las diferentes tipos de carbón mineral dependen principalmente de la proporción de carbono que, respectivamente, contienen. Así, los combustibles de esta clase se colocan por su riqueza en carbono en la siguiente escala ascendente: leña, 50 % de carbono; turba, 52 a 60 %; lignito y carbón pardo, de 55 a 65 %; hulla seca, de 75 a 80 %; hulla blanda o bituminosa, de 65 a 85 %; antracita, de 75 a 95 %. Sobre esta última sustancia se halla el grafito, que es casi carbono puro y que es incombustible. Estas diferentes clases de carbón mineral, cuya riqueza en carbono varía del 60 al 95 %, forman una serie de gradaciones imperceptibles, por las condiciones bajo las cuales se han formado, constituyendo el grupo central de la serie la hulla bituminosa o carbón blando **(http://www.austral.addr.com/old_trains/mina_de_carbon.htm - Junio 2004)**.

Las substancias de la corteza terrestre que entran en la formación del carbón mineral: además del carbono, el carbón mineral contiene hidrógeno, oxígeno, nitrógeno,

azufre y otros componentes en pequeñas proporciones. El hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno decrecen a medida que aumenta la proporción de carbono. Los demás ingredientes forman las cenizas que el carbón deja al quemarse. Cuando éstos últimos elementos, llamados fijos, forman una mezcla de materiales fácilmente fusibles, forman escoria al arder el carbón mineral. (**PERRY, J., 1977**).

A continuación el cuadro N° 03, muestra la composición química del carbón característico para los usos que se propone el proyecto.

CUADRO N° 03. COMPOSICION QUIMICA DEL CARBON BITUMINOSO

PRODUCTO	H° (%)	Mat. Volátil (%)	Carbono fijo (%)	Cenizas (%)	C_2 (%)	H_2 (%)	O_2 (%)	N_2 (%)	S_2 (%)	PC (Kcal/Kg.)
Carbón Bit.	8.2	36.1	48.7	7	68.4	5.6	16.4	1.4	1.2	6755

Fuente: Manual del Ingeniero Químico, Perry, J.

2.3.1.3.ARCILLA.

En los suelos, toda fracción mineral menor de 2μ (0.002mm), se denomina arcilla, aunque no todas sean arcillas minerales. Hay suelos en los cuales las partículas del tamaño de la arcilla son cristalinas o son materiales amorfos o minerales primarios, tales como cuarzo o feldespato **(Zavaleta, 1992)**.

a. ESTRUCTURA.

Las arcillas minerales son laminas que muestran definido clivaje basal. Su estructura cristalina formada

por aluminio silicatos en definido arreglo espacial, tales como óxidos de aluminio y sílice con cantidades más pequeñas de iones metálicos, sustituidos dentro de cristal. La unidad básica estructural está formada por las combinaciones de sílice-oxígeno y aluminio-oxígeno, las cuales están ensambladas formando láminas y el ensamble de estas forman capas **(Zavaleta, 1992)**.

b. GRUPO DE ARCILLAS.

Todas las arcillas son conocidas como cristales, formados por dos o tres capas. El grupo de dos capas está compuesta por una lámina de tetraedros y otra de octaedros y se denominan arcillas del grupo 1:1, tales como la Caolinita y la haloysita, o pueden ser cristales arcillosos de tres capas, compuestos por una capa de octaedros; entre dos capas de tetraedros se denominan arcillas del grupo 2:1, tales como las esmectitas, cuya representante más importante del grupo es la montmorillonita, la ilita y la vermiculita **(Zavaleta, 1992)**.

2.3.2. BRIQUETAS.

2.3.2.1. PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE BRIQUETAS COMBUSTIBLES SIN HUMO CON CARBÓN Y BIOMASA.

El Instituto de Carboquímica - CSIC ha desarrollado un procedimiento para la preparación de briquetas combustibles sin humos a partir de carbón y biomasa.

Las briquetas tienen alta resistencia mecánica y al agua y presentan un excelente comportamiento en la combustión en hogares abiertos de tipo doméstico. El proceso presenta importantes desarrollos en la etapa de curado, fundamental para obtener briquetas que cumplan las normas comerciales. El grupo de investigación está interesado en la investigación y desarrollo posterior, y en el establecimiento de acuerdos de licencia de patente **(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

2.3.2.2.FICHA TÉCNICA:

Se trata de la obtención de briquetas combustibles sin humo con mezclas de carbones de bajo rango y biomasas (serrín y huesos ó pepas de aceituna), co-pirolizados; teniendo en cuenta la naturaleza y cantidad óptima de ligantes (ácidos húmicos y melazas de caña de azúcar), la de aditivos para la retención de azufre (caliza e hidróxido cálcico) y la fase de curado, para obtener briquetas que cumplan con las normas exigidas para su comercialización. El proceso consta de las siguientes etapas: Preparación de las materias primas con molienda y tamizado de las mismas, Co-pirolizado, Mezclado de los pirolizados con ligante y aditivo, Prensado y Curado.**(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

En la etapa de PREPARACION se somete a los materiales utilizados, carbones de bajo rango y biomasas como aserrín y huesos ó semillas de aceituna, a una estabilización o secado para limitar su humedad a valores

menores del 15%. Posteriormente, se muelen y tamizan para obtener fracciones entre 0-5mm que son las más adecuadas para el briquetado **(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

Para la CO-PIROLISIS, se utiliza una mezcla en cantidades adecuadas de los materiales obtenidos en la etapa anterior, para conseguir un material pirolizado que contenga, en peso, 25 - 50 partes de pirolizado de carbón y 75 - 50 partes de pirolizado de biomasa. La operación se realiza en un reactor vertical construído en acero inoxidable, el cual se carga con la mezcla pre-fijada de materiales. La atmósfera inerte se consigue mediante un barrido de nitrógeno y se trabaja a temperaturas entre 500-650ºC, las cuales se obtienen mediante un horno eléctrico circular que rodea al reactor y que está adecuadamente regulado para rangos de calentamiento entre 5-20 ºC/min. En esta operación cuya duración es de 20-30 minutos, se consigue una notable disminución de los volátiles de entre el 60-85%, una disminución en el contenido de azufre del 20-35% y un aumento en la potencia calorífica de los carbonizados del 20-35%, todo ello con respecto a los materiales de partida. Los gases y los líquidos obtenidos como subproductos son analizados para evaluar su utilización energética o química **(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

En el MEZCLADO las cantidades de materiales, ligantes y aditivos se establecen previamente y están marcadas por la naturaleza de éstos dos últimos componentes. Cuando

se utilizan ácidos húmicos como ligantes las proporciones en peso están entre el 4-7% sobre la masa pirolizada y del 10-20% si se utilizan melazas; ambos ligantes se aplican en disoluciones acuosas. Los aditivos para la retención de azufre se añaden según la formulación carbón-biomasa, y en relaciones molares Ca/S del pirolizado entre 0-2. Para ello se utilizan hidróxido cálcico o caliza. Los materiales citados, y en las proporciones adecuadas, se mezclan íntimamente hasta conseguir una masa homogénea, bien ligada y con un cierto carácter plástico que constituirá la alimentación al molde de la prensa hidráulica **(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

Las briquetas obtenidas durante el PRENSADO tienen forma cilíndrica (pellets), son de unos 10 mm de diámetro exterior, una longitud entre 15-20 mm y 1,5 a 2,5 g de peso. La presión aplicada, durante 5-15 min, oscila entre 90-125 MPa. Las briquetas así obtenidas, llamadas briquetas verdes, presentan una cierta resistencia mecánica que permite su manejo, pero que es insuficiente para su utilización comercial. El aumento de las resistencias mecánicas y al agua se consigue mediante la etapa de CURADO, fundamental para este tipo de briquetas. Por efecto combinado de la temperatura, tiempo, humedad y la presencia de oxígeno, las briquetas verdes van a adquirir resistencias mecánicas (caída y compresión) y al agua acordes con las exigidas comercialmente. Para briquetas con ácidos húmicos como ligante los mejores resultados se obtienen con tratamientos térmicos en estufa entre 120-180ºC durante 2-4 horas en presencia de aire. Cuando se

utilizan melazas las mayores resistencias se consiguen por tratamiento térmico a 160-260ºC durante 1-3 horas en presencia de aire. En ambos casos las humedades son las residuales **(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

2.3.2.3.ASPECTOS INNOVADORES.

El proceso aporta novedades tanto en el tipo de materiales empleados como en el proceso de fabricación. Así, se introduce la utilización conjunta de carbón y biomasas de forma que se aprovechan las ventajas de la alta potencia calorífica del carbón y el bajo contenido en cenizas de la biomasa. En el proceso de preparación se han optimizado tanto la etapa de co-pirólisis, para la obtención de combustibles sin humos, como la etapa de curado, muy importante para la obtención de briquetas que cumplan las normas comerciales **(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

2.3.2.4.VENTAJAS COMPETITIVAS.

Las briquetas son una excelente alternativa, como combustible limpio para hogares, a las preparadas exclusivamente a partir de biomasas ya que tienen mayor poder calorífico, no producen humos y tienen un menor coste **(http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005)**.

2.3.3. DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.

2.3.3.1.CASCARILLA DE ARROZ.

La cascarilla de arroz constituye un residuo del proceso del pilado de arroz. Es obtenido en los molinos que se encuentran operando a lo largo de la Región San Martín. En la Provincia de San Martín se cuentan con 12 molinos operativos.

La disponibilidad de esta materia prima no tiene costo alguno, salvo la recolección y transporte del producto hasta el centro de producción de briquetas, que representa S/. 60 por tonelada métrica, lo cual significa S/. 2,00 por m^3.

El cuadro N° 04, muestra la producción de arroz cáscara y consecuentemente de cascarilla de arroz, el cual constituye el 22 % del grano.

CUADRO N° 04. PRODUCCION DE ARROZ CASCARA YCASCARILLA A NIVEL DE LA PROVINCIA Y DE LAREGION SAN MARTIN ENTRE LOS AÑOS 1992 AL 2002.

AÑO	ARROZ CASCARA (T.M.)		CASCARILLA DE ARROZ (T.M.)	
	PROVINCIA	REGION	PROVINCIA	REGION
1992	8,391	132,655	1,846	29,184
1993	16,285	163,147	3,583	35,892
1994	18,727	192,647	4,120	42,382
1995	9,747	140,972	2,144	31,014
1996	17,901	185,814	3,938	40,879
1997	19,120	243,272	4,206	53,520
1998	22,092	328,736	4,860	72,322
1999	29,526	323,740	6,496	71,223
2000	21,359	305,095	4,699	67,121
2001	21,992	306,576	4,838	67,447
2002	23,356	310,847	5,138	68,386
2003	21,289	267,191	4,684	58,782
2004	37,190	419,999	8,182	92,400

Fuente: MINAG – OIA San Martín–2005.

Con los datos del cuadro N° 04, se elabora la figura N° 01; la que muestra la producción de cascarilla de arroz entre los años 1992 al 2004, el mismo que refleja un proceso creciente para ambos ámbitos.

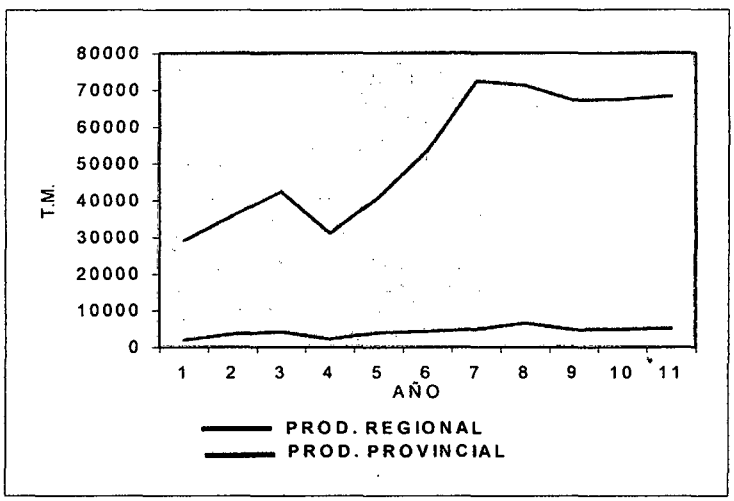


FIGURA N° 01. PRODUCCIÓN DE CASCARILLA DE ARROZ, REGIÓN Y PROVINCIA SAN MARTÍN DE 1994 AL 2004.

2.3.3.2.CISCO DE CARBONERIA.

Es un sub producto de la extracción de carbón mineral, obtenido de la actividad minera artesanal en el centro minero Capachic – Ingenio, Distrito de Usquil, Provincia de Otuzco, Región La Libertad.

El precio de esta materia prima es de S/. 15,00 la tonelada métrica, puesto en mina y el traslado hacia la ciudad de Tarapoto, tiene un costo de S/. 120,00 por tonelada métrica, lo que representa un costo total de S/. 135,00 por tonelada métrica.

En la actualidad constituye una de las fuentes principales de materia prima para la fabricación de briquetas

(cilíndricas con perforaciones) en la ciudad de Trujillo; sin embargo ello no representa ser una limitante en cuanto a la disposición de este recurso para el proyecto.

2.3.3.3.ARCILLA.

La arcilla es el material ligante de la briqueta. En nuestro medio existe disponibilidad de este material en las canteras de las ladrilleras situadas en un radio de 10 kilómetros del punto de localización de la planta de fabricación de las briquetas. Este material no tiene costo alguno, salvo el de recolección y transporte, siendo de S/. 30 por tonelada métrica.

2.3.3.4.DEL PRODUCTO TERMINADO.

En nuestro medio no existe oferta alguna de ningún tipo de briquetas, sólo de productos sucedáneos sobre los cuales la población tiene hábito de uso.

2.3.3.5.DE PRODUCTOS SUSCEDANEOS.

En el ámbito geográfico de mercado del proyecto, existe una gama de productos sucedáneos de diferente naturaleza, tales como: leña de especies chucchumbo (*Eugenia limbosa*), quinilla colorada (*Manilcara bidentada*), espintana (*Anoxagorea pachipetala*), el Kerosene y gas propano.

A continuación el cuadro N° 05 muestra los precios comerciales de cada uno de estos productos.

CUADRO N° 05. VALOR COMERCIAL DE COMBUSTIBLES SUSCEDANEOS A LA BRIQUETA.

COMBUSTIBLE	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO DE VENTA (S/.)
LEÑA	TERCIO/30 RAJAS	12.00
KEROSENE (D1)	Gln.	10.25
GAS PROPANO	BALON /8 KG.	34.00

Fuente : Elaboración propia / Mayo – 2005.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. LUGAR DE EJECUCION.

3.1.1. OBTENCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.

La fabricación de briquetas (unidades experimentales) y las evaluaciones de tiempo de combustión se han realizado en el Jirón Progreso N° 1129 Tarapoto, para lo cual se ha instalado la maquina briquetera en un lugar previamente acondicionado y para la prueba de combustión se ha adquirido de una casa comercial, una cocina especialmente diseñada para combustionar briquetas del tipo propuesto por el trabajo de investigación.

3.1.2. PRUEBAS DE LABORATORIO.

Las evaluaciones experimentales correspondientes a densidad aparente, contenido de humedad y de cenizas, se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial (ANACOMPA, TEPANAL) de la Universidad Nacional de San Martín-T.

La prueba de resistencia mecánica (compresión) se determinaron en el laboratorio de la Empresa VPP. Construcciones Generales E.I.R.Ltda. Jirón José Olaya N° 135 – Morales.

Los análisis de poder calórico se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

3.1.3. PROCEDENCIA DE MATERIA PRIMA E INSUMOS.

La cascarilla de arroz se obtuvo de la empresa Molinos AGIP, ubicado a la altura del Kilómetro cuatro de la carretera Fernando Belaúnde Terry, Tarapoto – Juanjui, margen izquierda.

La arcilla se obtuvo de las canteras de la ladrillera LINARES ubicada al frente de molinos AGIP. en la provincia de San Martín.

El cisco de carbonería se obtuvo del centro minero Capachic – Ingenio, Distrito de Usquil, Provincia de Otuzco, Región La Libertad.

3.2. MATERIALES.

3.2.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.

- ✓ Cascarilla de arroz.
- ✓ Cisco de carbonería.
- ✓ Arcilla.
- ✓ Agua.

3.2.2. EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO.

- ✓ Estufa.
- ✓ Balanza analítica.
- ✓ Balanza triple barra.
- ✓ Bomba calorimétrica.
- ✓ Prensa hidráulica.
- ✓ Maquina briquetera.
- ✓ Carretilla tipo bugui.
- ✓ Palana de cuchara.
- ✓ Campana de enfriamiento.
- ✓ Placas petri.
- ✓ Vaso de precipitación.
- ✓ Espátula.
- ✓ Cilindro.
- ✓ Balde plástico.

3.2.3. EQUIPOS Y MATERIAL DE OFICINA.

- ✓ Calculadora científica.
- ✓ Equipo de cómputo
- ✓ Útiles de oficina.

3.2.4. RECURSOS HUMANOS.

- ✓ Tesista – investigador.
- ✓ Asesor – patrocinador.

3.3 METODOLOGIA.

3.3.1. OPERACIONES DE PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCION DE LAS BRIQUETAS.

Las operaciones de procesamiento para la obtención de las briquetas se muestran a continuación en la Figura N° 02.

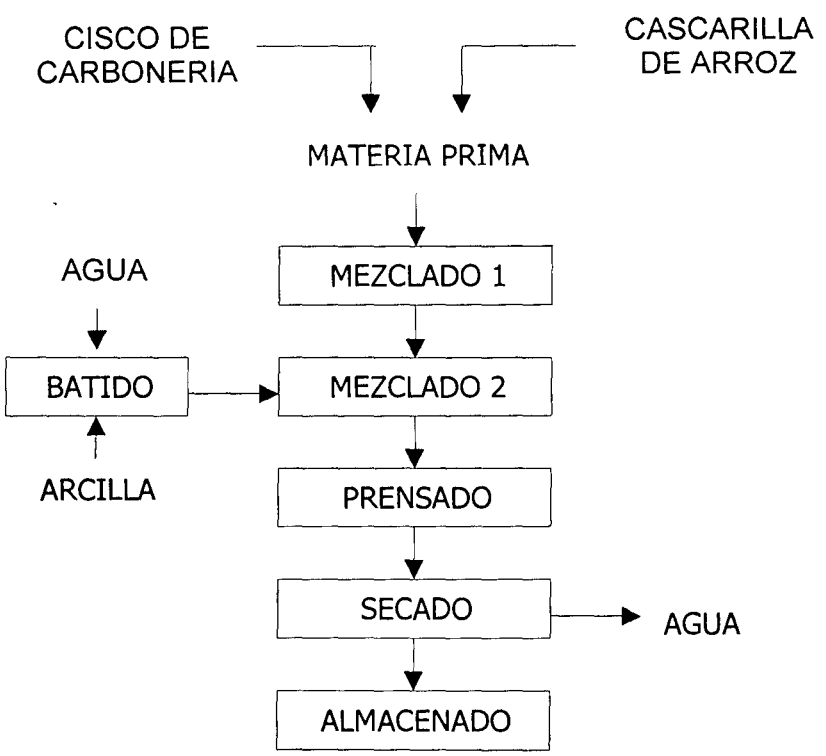


FIGURA N° 02. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACION DE BRIQUETAS

3.3.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DE BRIQUETAS.

El proceso de producción de las briquetas, se inicia con la disponibilidad de las materias primas.

3.3.2.1.MATERIA PRIMA.

Constituidas por la cascarilla de arroz y el cisco de carbonería, los cuales son tomados proporcionalmente según como se indica en el cuadro N° 06.

3.3.2.2. MEZCLADO 1.

Esta operación se realiza en seco, puede hacerse en el piso o en un recipiente grande (carretilla) con una palana tipo cuchara o manualmente pero utilizando guantes, hasta homogenizar completamente.

3.3.2.3.OBTENCIÓN DE LA SOLUCION LIGANTE.

Se debe utilizar arcilla espolvoreada, pesándola , en función al porcentaje que se esté utilizando, según el cuadro N° 07. se coloca en un recipiente para luego adicionar el agua, dejando remojar por un par de horas para luego someter a un batido intenso, hasta obtener una solución homogénea, lodosa, gomosa; la cual se adiciona a la mezcla seca.

3.3.2.4.MEZCLADO 2.

Se realiza de manera similar al mezclado 1 y se procede hasta obtener una pasta o masa moldeable, de modo que quede lista para ser sometido al prensado.

3.3.2.5.PRENSADO.

Este tiene lugar en la máquina briquetera, la cual funciona con un sistema accionado mecánicamente, para lo cual cuenta con un molde de fierro tipo cilindro de 15 cm de diámetro y altura donde va alojada la funda de PBC que es la que entra en contacto con la masa; el embolo es accionado mediante un eje y cuenta con 22 pines pasantes de media pulgada de diámetro, los que producen los orificios.

3.3.2.6.SECADO.

El secado se realiza naturalmente, sometiendo al sol, por un tiempo de cinco a seis días y bajo sombra de diez a doce días hasta que las muestras alcancen una humedad aproximada de 12 %, luego son almacenadas quedando listas para ser sometidas a las evaluaciones experimentales correspondientes en el laboratorio.

Estas evaluaciones se refiere a la de Resistencia Mecánica (compresión), evaluación del tiempo de combustión y evaluación de poder calórico. Estas evaluaciones permitirán determinar la muestra que presente las mejores características.

3.3.3. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA MACANICA.

3.3.3.1.SELECCIÓN.

Las muestras debidamente secas, son sometidas a una selección, mediante la cual se toma cuatro muestras de cada una de los doce tratamientos, cuidando de que

éstas sean las mejores estructuralmente, con bordes y orificios bien definidos.

3.3.3.2. CODIFICACIÓN Y MEDICION DEL AREA.

La codificación se realiza con el fin de no cometer errores en la lectura de la carga, los códigos utilizados fueron numéricos empezando desde 1.1 hasta 12.4, para los doce tratamientos. Así mismo se realiza la medición del área, lo cual es importante para la determinación de la Resistencia Mecánica (en Kg/cm^2).

3.3.3.3. CAPEADO.

Esta es una operación que se realiza para homogenizar las superficies que van a ser expuestas a la prensa, esto para mejorar el contacto; para lograr esto se cubre con una mezcla de azufre y arcilla plástica en forma de solución, aplicándola en un dispositivo diseñado especialmente para esto.

3.3.3.4. RUPTURA Y LECTURA DE CARGA.

Esto se realiza en la prenza hidráulica, la cual es accionada y empieza a marcar los Kilogramos de carga que resiste la muestra hasta que se rompa, momento en que se estabiliza, lo cual facilita la lectura de la carga.

3.3.3.5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS.

Se entiende por resultado a la Resistencia Mecánica, la cual se obtiene dividiendo la carga en Kilogramos entre el área en cm^2 obteniendo la Resistencia Mecánica (en Kg/cm^2).

3.3.4. DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

La evaluación del tiempo de combustión se realizó en una cocina diseñada especialmente para la combustión de las briquetas de estas características.

3.3.4.1.SELECCIÓN.

De las muestras debidamente secas, se van seleccionando una a una hasta completar cuatro muestras de cada uno de los doce tratamientos, cuidando que éstas tengan mejores características estructurales que las otras.

3.3.4.2.ACONDICIONAMIENTO Y CARGA DE LA BRIQUETA.

La combustión se produce por la presencia de tres componentes; el calor, el combustible y el comburente que es el oxígeno, esto significa que tiene que haber fluidez de oxígeno por todos los orificios; y si éstos están cerrados hay necesidad de formarlos debidamente; luego la briqueta es colocada en la cocina.

3.3.4.3.ENCENDIDO.

El encendido se realiza utilizando leña en trozos delgados utilizando para tal efecto un promedio de 500 gramos, esta operación toma como promedio 30 minutos, tiempo durante el cual se debe exponer al calor toda la superficie de la briqueta, para lograr un encendido homogéneo de toda la base lo cual se evidencia al tornarse de un color rojo incandescente, momento desde el cual se inicia el control del tiempo.

3.3.4.4.COMBUSTIÓN Y LECTURA DEL TIEMPO.

Una vez encendida, la briqueta, la combustión se produce en forma silenciosa y sin producción de humo, la combustión se realiza por los orificios de tal modo que cada uno de estos se asemejan a una hornilla por donde emerge una llama azul generando así en conjunto calor suficiente para realizar la cocción de los alimentos; el calor generado es aprovechable desde los 30 minutos de haber sido encendida hasta 30 minutos antes de que se apague por completo, que es entonces cuando se detiene el cronómetro y se registra el tiempo en la libreta de apuntes.

3.3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.3.5.1. DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA MECANICA (COMPRESIÓN) Y EVALUACIÓN DE TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

A. POBLACION.

Constituyen las briquetas obtenidas de acuerdo al flujo establecido en la figura N° 02.

B. MUESTRA.

Constituyen 4 briquetas tomadas al azar para cada uno de los doce tratamientos, haciendo un total de 48 unidades experimentales los mismos que tendrán diferentes niveles de mezcla, siendo el tratamiento testigo de la experimentación el tratamiento T1 (A).

Así mismo cada tratamiento tendrá tres niveles de ligante (arcilla), que se determina proporcionalmente en función al peso total de la mezcla de cada

tratamiento. Los niveles de mezcla y ligante se muestran a continuación en los cuadros N° 06. y 07. respectivamente.

CUADRO N° 06. RELACIONES DE PROPORCION DE CISCO DE CARBONERIA Vs. CASCARILLA DE ARROZ.

CLAVE	TRATAMIENTO	NIVELES DE PROPORCION (en volumen)	
		CISCO DE CARBONERIA	CASCARILA DE ARROZ
A	T1	1	0
B	T2	1	1
C	T3	2	1
D	T4	3	1

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 07. NIVELES DE LIGANTE

CLAVE	NIVEL DE LIGANTE (% en peso de la mezcla)
I	8
II	12
III	15

Fuente: Elaboración propia

3.3.5.2. DE LA EVALUACION DEL PODER CALORICO.

A. POBLACION.

Constituyen los combustibles convencionales de uso cotidiano por las familias en la provincia de San Martín, así como la briqueta seleccionada del proceso anterior.

B. MUESTRA.

Las muestras para este proceso experimental se indican el cuadro N° 08.

CUADRO N° 08. COMBUSTIBLES CONVENCIONALES UTILIZADOS, SELECCIONADOS PARA LA EVALUACION DEL PODER CALORICO PARA SER COMPARADA CON LA MUESTRA CLASIFICADA DEL EXPERIMENTO ANTERIOR.

CLAVE	COMBUSTIBLE
O	Leña de quinilla colorada (*Manilkara bidentata*)
P	Leña de chucchumbo (*Eugenia limbosa*)
Q	Leña de espintana (*Anaxagorea pachypetala*)
R	Kerosene.
S	Gas propano.
T	Briqueta clasificada

Fuente: Elaboración propia.

3.4. METODOLOGIA DE EVALUACION.

Se evalúa la resistencia mecánica a la compresión, el tiempo de combustión de todas las muestras; de las cuales mediante la utilización de un diseño estadístico y en función a los objetivos, se selecciona un tratamiento. Las muestras de este tratamiento son utilizadas para realizar la evaluación del poder calórico, para luego compararlo con el de los combustibles convencionales utilizados en el medio.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL .

La evaluación de resistencia mecánica, tiempo de combustión y de poder calórico son de tipo experimental.

3.5.1. EVALUACION DE RESISTENCIA MECANICA Y TIEMPO DE COMBUSTION.

Para la evaluación de resistencia mecánica y tiempo de combustión, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial, considerando en este caso dos factores (A y B).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
BIBLIOTECA
TARAPOTO

El factor "A" referido a la relación de mezcla entre el cisco de carbonería y cascarilla de arroz, desarrollándose 4 niveles:

a_0 : Relación cisco de carbonería vs. cascarilla de arroz (1:0)

a_1 : Relación cisco de carbonería vs. cascarilla de arroz (2:1)

a_2 : Relación cisco de carbonería vs. cascarilla de arroz (3:1)

a_3 : Relación cisco de carbonería vs. cascarilla de arroz (4:1)

Factor "B"; constituido por el ligante (arcilla) con 3 niveles:

b_0 : 8 % de ligante.

b_1 : 12 % de ligante.

b_2 : 15 % de ligante.

Vale decir, tendremos un D.C.A. de 4A x 3B, con 4 observaciones por tratamiento, requiriendo para el experimento 48 unidades experimentales. El D.C.A. teórico con arreglo factorial es el siguiente:

CUADRO N° 09. VALORES DE RESISTENCIA MECANICA Y TIEMPO DE COMBUSTION DE BRIQUETAS ELABORADOS A DIFERENTES NIVELES DE MEZCLA ENTRE CISCO DE CARBONERIA Y CASCARILLA DE ARROZ Y DIFERENTES NIVELES DE LIGANTE.

OBSERVACIONES	A: RELACION DE CASCARILLA DE ARROZ Y CISCO DE CARBONERIA												TOTAL
	a_0			a_1			a_2			a_3			
	B : NIVEL DE LIGANTE												
	b_0	b_1	b_2	B_o	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	
1	Y_{100}	Y_{110}	Y_{120}	Y_{101}	Y_{111}	Y_{121}	Y_{102}	Y_{112}	Y_{122}	Y_{103}	Y_{113}	Y_{123}	
2	Y_{200}	Y_{210}	Y_{220}	Y_{201}	Y_{211}	Y_{221}	Y_{202}	Y_{212}	Y_{222}	Y_{203}	Y_{213}	Y_{223}	
3	Y_{300}	Y_{310}	Y_{320}	Y_{301}	Y_{311}	Y_{321}	Y_{302}	Y_{312}	Y_{322}	Y_{303}	Y_{313}	Y_{323}	
4	Y_{400}	Y_{410}	Y_{420}	Y_{401}	Y_{411}	Y_{421}	Y_{402}	Y_{412}	Y_{422}	Y_{403}	Y_{413}	Y_{423}	
TOTAL													y...
mi.													m...

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. DE LA EVALUACION DEL PODER CALÓRICO.

La evaluación de poder calórico del tratamiento seleccionado y de los combustibles señalados en el cuadro N° 8 (a excepción del kerosene y el gas propano), se realizó haciendo uso de una bomba calorimétrica, datos que son comprados entre ellos; de igual manera se comparan los precios de venta, para determinar un análisis de costos de la energía producida por estos.

3.6. SISTEMA DE VARIABLES.

3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

- Niveles de ligante (arcilla).
- Niveles de mezcla entre cisco de carbonería y cascarilla de arroz.

3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

- Resistencia mecánica.
- Poder calorífico.
- Precio.

3.6.3. VARIABLES INTERVINIENTES.

- Agua.
- Tiempo.

3.7. RECOPILACION DE DATOS.

La evaluación de resistencia mecánica, tiempo de combustión y de poder calórico son de tipo experimental, utilizándose un método de observación directa.

3.8. CLASIFICACION, TABULACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.

Los datos obtenidos de las evaluaciones has sido tabulados de acuerdo al diseño estadístico, elaborándose los ANVAs correspondientes. Así mismo, se ha efectuado la prueba de comparación de promedios, utilizando la prueba de significancia de TUCKEY, cuyos datos se muestran en los resultados.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
BIBLIOTECA
TARAPOTO

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. RESULTADOS.

4.1.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS MATERIALES.

El cuadro N° 10 muestra seguidamente las propiedades fisicoquímicas de los materiales directos utilizados en la obtención de briquetas.

CUADRO N° 10. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LOS MATERIALES DIRECTOS.

MATERIAL	PROPIEDADES FISICOQUIMICAS						
	DENSIDAD APARENTE (g/ml)	HUMEDAD BH° (%)	VOLATILES BH° (%)	CENIZAS BH° (%)	AZUFRE BH° (%)	CARBON FIJO (% b.h.)	P.C (kcal/kg.)
CASCARILLA DE ARROZ	0.11	8.00	63.00	17.30	0.00	11.63	4821.14
CISCO DE CARBONERIA	1.29	4.00	4.40	33.82	0.59	57019.00	4040.38
ARCILLA	2.20	16.16		79.10			

Fuente : Elaboración propia.
Laboratorio de Química / Universidad Nacional de Trujillo / Enero – 2005

4.1.2. OBTENCIÓN DE LAS BRIQUETAS .

Inicialmente, se ha planteado realizar cinco niveles de mezcla de cascarilla de arroz con cisco de carbonería. Durante los ensayos efectuados, no fue posible obtener briquetas con el nivel de mezcla en la proporción 1:1, reduciéndose el número de niveles a cuatro.

El cisco de carbonería utilizado fue sometido a un tamizado previo, cuyos resultados se muestran en el cuadro N° 11.

CUADRO N° 11. RESULTADOS DEL PROCESO DE TAMIZADO DEL CISCO DE CARBONERÍA

TAMIZ	RENDIMIENTO (%)
1/8 "	51.09
1/4"	85.44

Fuente : Elaboración propia

Para la obtención de las briquetas, se utilizó el material obtenido con el tamiz de ¼".

A continuación, el cuadro N° 12. muestra la relación de mezcla, el peso de cada material, el porcentaje y peso del ligante, el volumen de agua, el número de briquetas obtenidas y el peso promedio de ellas; para cada una de las mezclas.

CUADRO N° 12. OBTENCION DE BRIQUETAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

MEZCLA	PROPORCION				LIGANTE (ARCILLA)		AGUA (L)	N ° DE BRIQUETAS OBTENIDAS	PESO PROM. (gr)
	CASCARILLA		CARBON						
	V (L)	W (Kg)	V (L)	W (Kg)	%	W (Kg)			
1°	0		1						
	0	0	27.0	34.884	8	2.791	5.5	11.0	2732.00
					12	4.186	6.0	12.0	2728.88
					15	5.233	6.0	12.0	2694.85
2°	1		2						
	18	1.8972	36.0	46.512	8	2.012	12.0	19.0	2230.38
					12	3.018	12.5	20.0	2349.50
					15	3.773	13.0	20.0	2410.22
3°	1		3						
	13.5	1.4229	40.5	52.326	8	4.300	13.0	22.0	2401.20
					12	6.450	13.5	22.0	2450.42
					15	8.062	16.0	23.0	2448.45
4°	1		4						
	6.75	0.7115	27.0	34.884	8	2.848	7.0	12.0	2485.13
					12	4.271	7.5	13.0	2539.84
					15	5.339	8.5	14.0	2566.25

Fuente : Elaboración propia

Así mismo, se indican las características de las unidades experimentales, presentados en el cuadro N° 13

CUADRO N° 13. CARACTERISTICA DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

CARACTERISTICA	VALOR/CUALIDAD
FORMA	CILINDRICA
ALTURA	15 cm.
DIAMETRO	15 cm.
AREA LIBRE	58%
AREA DE MATERIAL SOLIDO	42%

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.

4.1.3.1.DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA MECANICA.

Luego de la prueba de resistencia mecánica ala compresión, se ha obtenido la información que se muestra a continuación en el cuadro N° 14.

CUADRO N° 14. EVALUACION DE RESISTENCIA MECANICA (kg / cm^2).

OBSERVACIONES	a_O			a_1			a_2			a_3		
	b_0	B_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2
1	11.36	11.53	11.55	8.85	9.04	10.71	8.87	10.20	11.46	11.28	9.31	12.21
2	11.39	10.99	9.25	8.58	7.36	10.14	8.31	9.98	11.12	10.00	10.73	10.53
3	11.73	11.24	12.49	8.21	9.16	9.78	9.06	9.17	8.28	9.00	9.85	11.55
4	11.04	8.57	11.43	8.28	7.72	9.29	9.16	9.63	9.54	9.84	9.73	11.55
∑ TOTAL	**45.52**	**42.33**	**44.72**	**33.92**	**33.28**	**39.92**	**35.4**	**38.98**	**40.4**	**40.12**	**39.62**	**45.84**
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MEDIA	**11.38**	**10.58**	**11.18**	**8.48**	**8.32**	**9.98**	**8.85**	**9.75**	**10.10**	**10.03**	**9.91**	**11.46**

Fuente : VPP Construcciones Generales E.I.R.Ltda.
: Elaboración propia.

4.1.3.2.DE LA PRUEBA DE TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

Luego de realizada la prueba de tiempo de combustión, se ha obtenido la información que se muestra a continuación en el cuadro N° 15.

CUADRO N° 15. EVALUACION DE TIEMPO DE COMBUSTION DE LAS BRIQUETAS (hrs.)

OBSERVACIONES	a_0			a_1			a_2			a_3		
	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2
1	10.5	11.0	10.0	6.5	8.5	8.0	9.0	10.0	10.0	11.0	10.5	11.0
2	11.0	11.0	9.0	7.0	9.0	8.5	8.5	10.5	10.5	11.5	10.5	10.0
3	10.5	11.0	9.0	8.0	8.0	7.5	8.5	10.5	10.5	10.5	10.5	11.0
4	10.0	10.5	9.0	6.0	8.5	7.5	8.5	10.5	10.0	10.5	11.0	10.5
TOTAL	**42**	**43.5**	**37**	**27.5**	**34**	**31.5**	**34.5**	**41.5**	**41**	**43.5**	**42.5**	**42.5**
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MEDIA	**10.50**	**10.88**	**9.25**	**6.88**	**8.50**	**7.88**	**8.63**	**10.38**	**10.25**	**10.88**	**10.63**	**10.63**

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. DE LOS ANÁLISIS ESTADISTICOS.

Los análisis estadísticos se han realizado con un nivel de significancia del 1 %, tanto para los ANVA, así como para las pruebas de Tuckey.

4.1.4.1.ANVA PARA LOS DATOS DE RESISTENCIA MECANICA.

El desarrollo del análisis de varianza para los datos de resistencia mecánica tiene como sustento los valores mostrados en el Anexo N° 1.

A continuación el cuadro N° 16 muestra el ANVA correspondiente.

CUADRO N° 16. ANVA DE RESISTENCIA MECANICA DE LAS BRIQUETAS.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft	SIGNIFICANCIA
NIVEL DE MEZCLA	3	31.857	10.62	13.66	4.43	**
NIVEL DE LIGANTE	2	11.081	5.54	7.13	5.31	*
INTERACCION	6	6.295	1.05	1.35	3.4	ns
ERROR EXPER.	36	27.992	0.78			
TOTAL	**47**	**77.225**				

Fuente : Elaboración propia

Los resultados obtenidos en este cuadro, muestran significancia entre tratamientos, más no así en la interacción de los mismos. Por esta razón se realiza la comparación de promedios entre los factores de manera independiente utilizando la prueba de Tuckey. Estos corresponden a niveles de mezcla y niveles de ligante (los cálculos se muestran en el Anexo N° 2). A

continuación en los cuadros N° 17 y 18 se muestran los valores de las comparaciones.

CUADRO N° 17. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "A" (NIVEL DE MEZCLA).

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA (α = 0.01)
a_0 Vs. a_3	0.58	2.093	ns
a_0 Vs. a_2	1.48	2.093	ns
a_0 vs. a_1	2.12	2.093	*
a_3 vs. a_2	0.90	2.093	ns
a_3 vs. a_1	1.54	2.093	ns
a_2 vs. a_1	0.64	2.093	ns

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 18. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "B" (NIVEL DE LIGANTE).

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA (α = 0.01)
b_2 Vs. b_0	0.99	1.944	ns
b_2 Vs. b_1	1.04	1.944	ns
b_0 vs. b_1	0.05	1.944	n.s

Fuente : Elaboración propia

4.1.4.2.ANVA PARA EL TIEMPO DE COMBUSTIÓN DE LAS BRIQUETAS.

El desarrollo del análisis de varianza para los datos de tiempo de combustión tiene como sustento los valores mostrados en el Anexo N° 4. A continuación el cuadro N° 19 muestra el ANVA respectivo.

CUADRO N° 19. ANVA PARA EL TIEMPO DE COMBUSTIÓN DE LAS BRIQUETAS

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft	SIGNIFICANCIA
NIVEL DE MEZCLA	3	60.521	20.17	103.75	4.43	**
NIVEL DE LIGANTE	2	6.385	3.19	16.42	5.31	*
INTERACCION	6	12.573	2.10	10.78	3.4	*
ERROR EXPERIMENTAL	36	7.000	0.19			
TOTAL	**47**	**86.479**				

Fuente : Elaboración propia

Los resultados obtenidos en este cuadro, muestran significancia tanto entre tratamientos como en la interacción de los mismos. Por esta razón se realiza el análisis de los efectos simples, (cuyos cálculos se muestran en el Anexo N° 5). Seguidamente, el cuadro N° 20 muestra los valores del ANVA de efectos simples para el tiempo de combustión de las briquetas.

CUADRO N° 20. ANVA DE EFECTOS SIMPLES PARA TIEMPO DE COMBUSTIÓN DE LAS BRIQUETAS.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Fc	Ft	SIGNIFICANCIA
a en b_o	3	40.922	13.64	70.1518	4.43	**
a en b_1	3	14.047	4.68	24.0804	4.43	**
a en b_2	3	18.1250	6.04	31.0714	4.43	**
b en a_o	2	5.7900	2.90	14.8929	5.31	*
b en a_1	2	5.3800	4.68	24.0804	5.31	**
b en a_2	2	7.6250	3.81	19.6071	5.31	**
b en a_3	2	0.1700	0.08	0.4286	5.31	ns
ERROR EXPE.	36	7.000	0.19			
TOTAL	**53**	**99.052**				

Fuente : Elaboración propia

A fin de observar de manera más exhaustiva los análisis, se han efectuado la comparación de promedios de los efectos simples para el tiempo de combustión, realizado

mediante la prueba de Tuckey , cuyos resultados se muestran en los cuadros del 21 al 27, en el siguiente orden:

- Prueba de Tuckey para efectos simples del nivel de mezcla, para un nivel de ligante del 8% (b_0); (C- 21).
- Prueba de Tuckey para efectos simples del nivel de mezcla, para un nivel de ligante del 12% (b_1); (C- 22).
- Prueba de Tuckey para efectos simples del nivel de mezcla, para un nivel de ligante del 12% (b_2); (C- 23).
- Prueba de Tuckey para efectos simples del nivel de ligante, para un nivel de mezcla 1:0 cisco de carbonería vs. cascarilla (a_0); (C- 24).
- Prueba de Tuckey para efectos simples del nivel de ligante, para un nivel de mezcla 2:1 cisco de carbonería vs. cascarilla (a_1); (C- 25).
- Prueba de Tuckey para efectos simples del nivel de ligante, para un nivel de mezcla 3:1 cisco de carbonería vs. cascarilla (a_2); (C- 26).
- Prueba de Tuckey para efectos simples del nivel de ligante, para un nivel de mezcla 4:1 cisco de carbonería vs. cascarilla (a_3); (C- 27).

CUADRO N° 21. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "A" REFERIDO A $a(b_0)$.

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
a_3 Vs. a_0	0.38	1.044	ns
a_3 Vs. a_2	2.25	1.044	*
a_3 vs. a_1	4.00	1.044	*
a_0 vs. a_2	1.88	1.044	*
a_0 vs. a_1	3.63	1.044	*
a_2 vs. a_1	1.75	1.044	*

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 22. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "A" REFERIDO A $a(b_1)$.

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
a_0 Vs. a_3	0.25	1.044	ns
a_0 Vs. a_2	0.50	1.044	ns
a_0 vs. a_1	2.38	1.044	*
a_3 vs. a_2	0.25	1.044	ns
a_3 vs. a_1	2.13	1.044	*
a_2 vs. a_1	1.88	1.044	*

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 23. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "A" REFERIDO A $a(b_2)$.

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
a_3 Vs. a_0	1.38	1.044	*
a_3 Vs. a_2	2.00	1.044	*
a_3 vs. a_1	2.75	1.044	*
a_0 vs. a_2	0.63	1.044	ns
a_0 vs. a_1	1.38	1.044	*
a_2 vs. a_1	0.75	1.044	ns

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 24. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "B" REFERIDO A $b(a_0)$

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
b_1 Vs. b_0	0.38	0.968	ns
b_1 Vs. b_2	1.63	0.968	*
b_0 vs. b_2	1.25	0.968	*

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 25. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "B" REFERIDO A $b(a_1)$.

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
b_1 Vs. b_0	0.38	0.968	ns
b_1 Vs. b_2	1.63	0.968	*
b_0 vs. b_2	1.25	0.968	*

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 26. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "B" REFERIDO A $b(a_2)$.

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
b_1 Vs. b_2	0.13	0.968	ns
b_1 Vs. b_0	1.75	0.968	*
b_2 vs. b_0	1.63	0.968	*

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 27. PRUEBA DE TUCKEY PARA EL FACTOR "B" REFERIDO A $b(a_3)$.

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
b_0 Vs. b_2	0.25	0.968	ns
b_0 Vs. b_1	0.25	0.968	ns
b_2 vs. b_1	0.00	0.968	n.s

Fuente : Elaboración propia

Para visualizar con mayor facilidad el comportamiento de los diferentes tratamientos ante las pruebas realizadas, se ha estimado conveniente graficar los valores en función de los tratamientos en el modo siguiente.

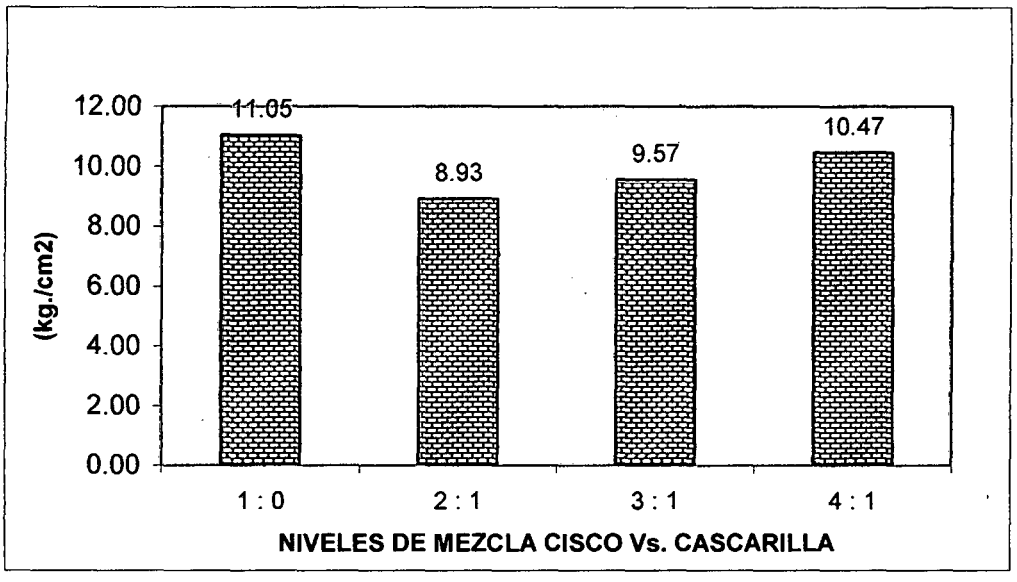


FIGURA N° 03. RESISTENCIA MECANICA CONSIDERANDO NIVELES DE MEZCLA.

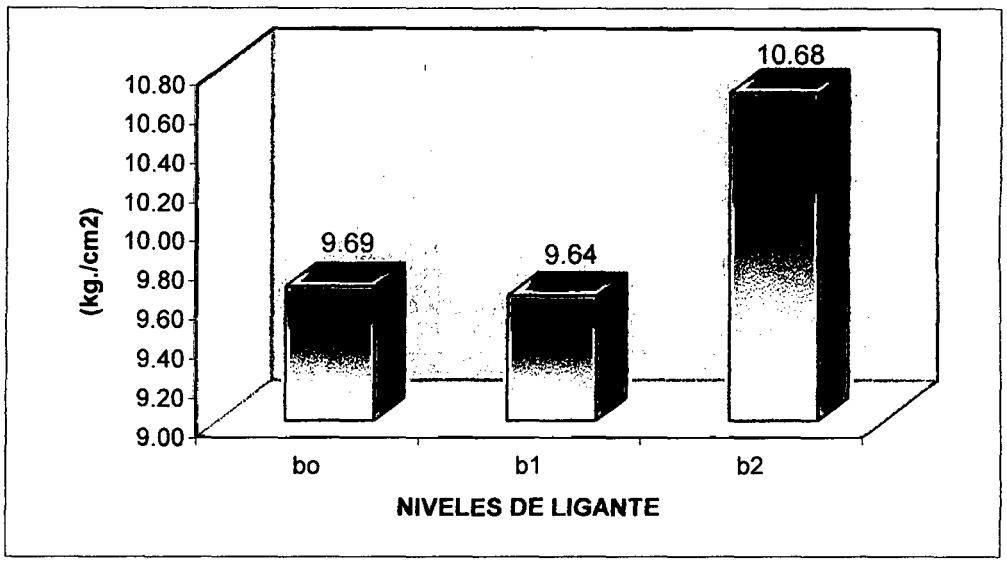


FIGURA N° 04. RESISTENCIA MECANICA CONSIDERANDO NIVELES DE LIGANTE.

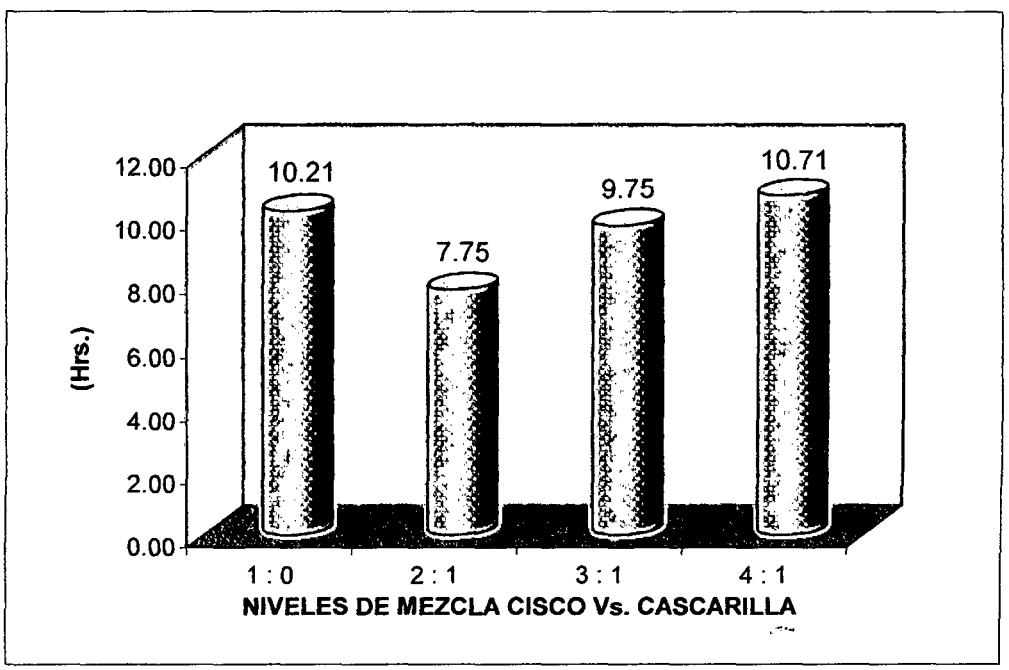


FIGURA N° 05. EVALUACION DEL TIEMPO DE COMBUSTION CONSIDERANDO NIVELES DE MEZCLAS DE MATERIAS PRIMAS.

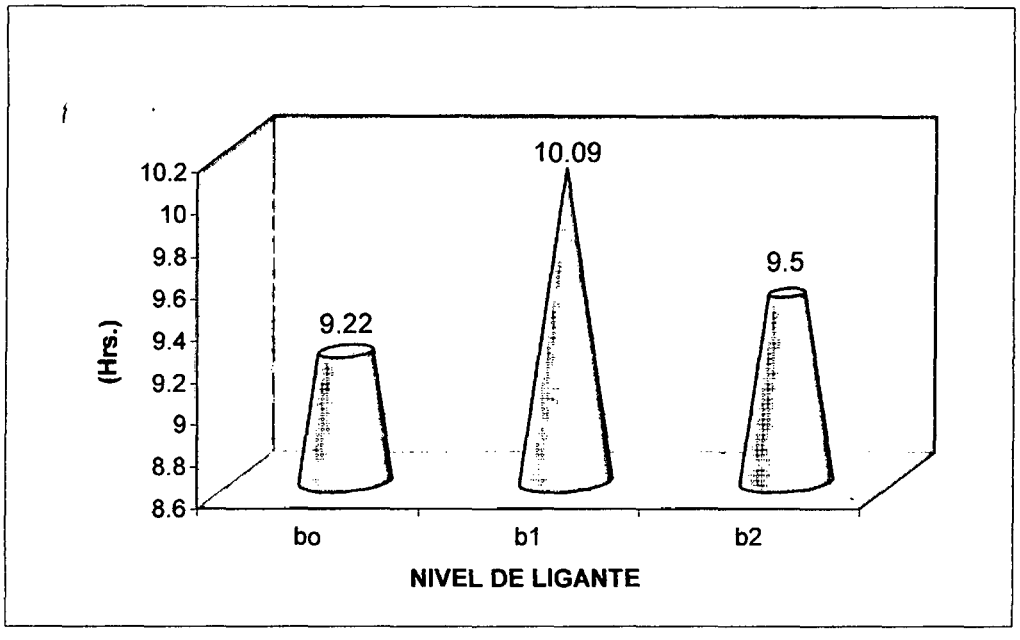


FIGURA N° 06. TIEMPO DE COMBUSTION COMSIDERANDO NIVELES DE LIGANTE.

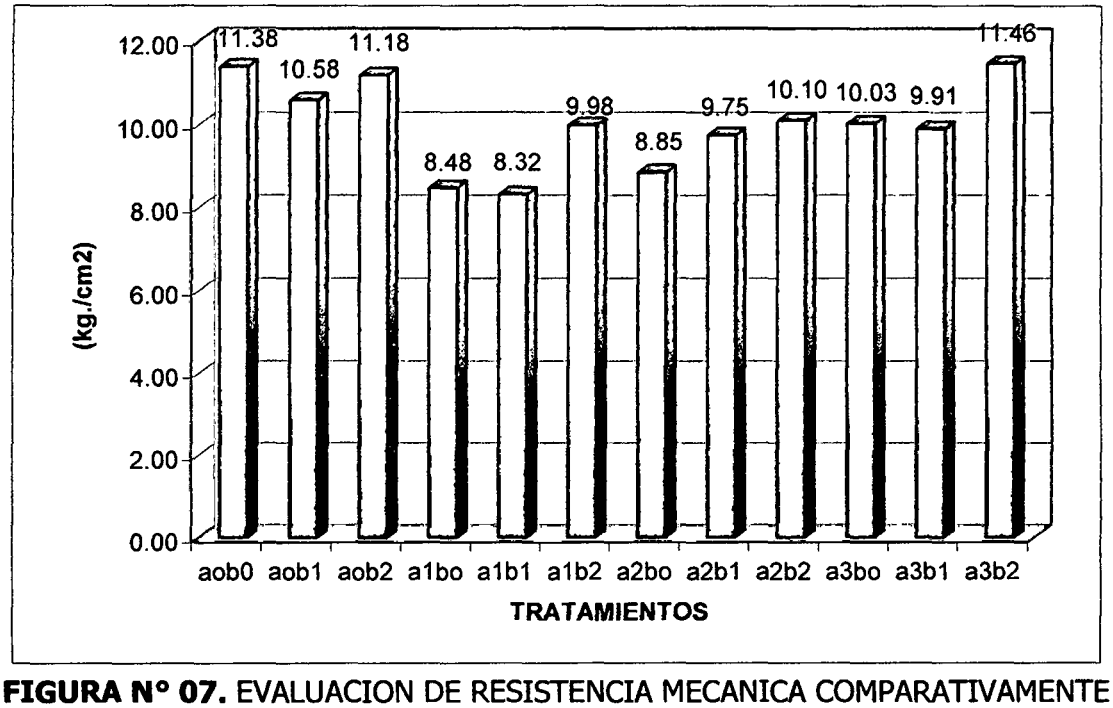


FIGURA N° 07. EVALUACION DE RESISTENCIA MECANICA COMPARATIVAMENTE ENTRE TODOS LOS TRATAMIENTOS.

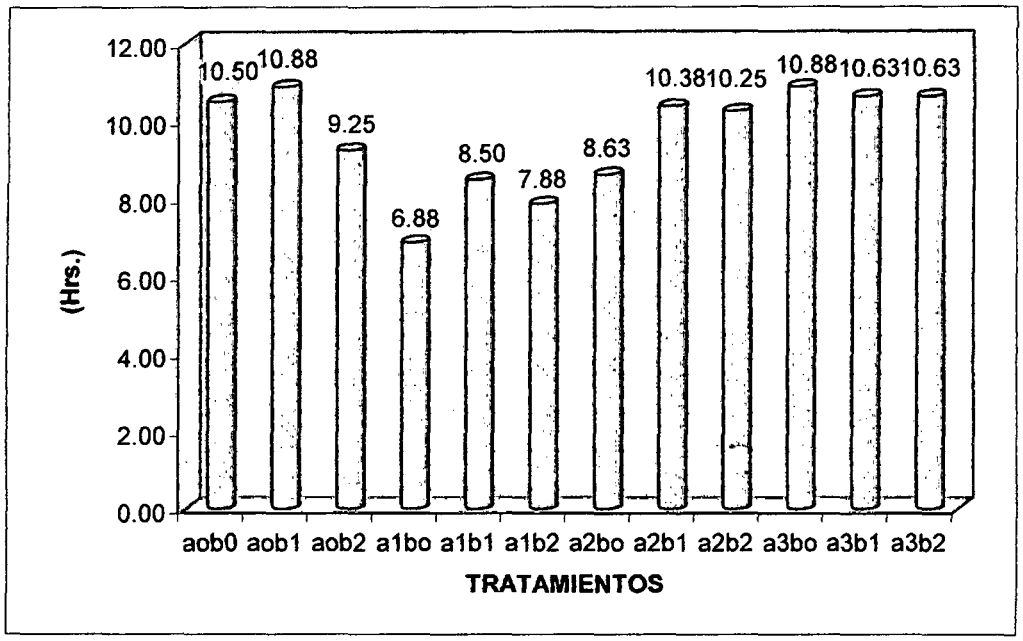


FIGURA N° 08. EVALUACION DE TIEMPO DE COMBUSTION COMPARATIVAMENTE ENTRE TODOS LOS TRATAMIENTOS.

Luego de las evaluaciones estadísticas y la visualización mediante las graficas del comportamiento de las muestras para con las pruebas realizadas y además teniendo en cuenta aspectos como que la briqueta seleccionada sea fácil de obtener , que contenga en lo posible la mayor cantidad de cascarilla de arroz; se ha seleccionado el tratamiento a_2b_1, que representa el nivel de mezcla 3:1; cisco de carbonería vs. cascarilla de arroz, con 12 % de ligante.

4.1.5. BALANCE DE MATERIA DEL TRATAMIENTO SELECCIONADO.

El balance de materia, se ha realizado para un total de mil briquetas, con el objeto de tener una mejor visualización de las cifras tanto en cantidades así como en porcentajes.

A continuación la figura N° 10, muestra el balance de materia mencionado.

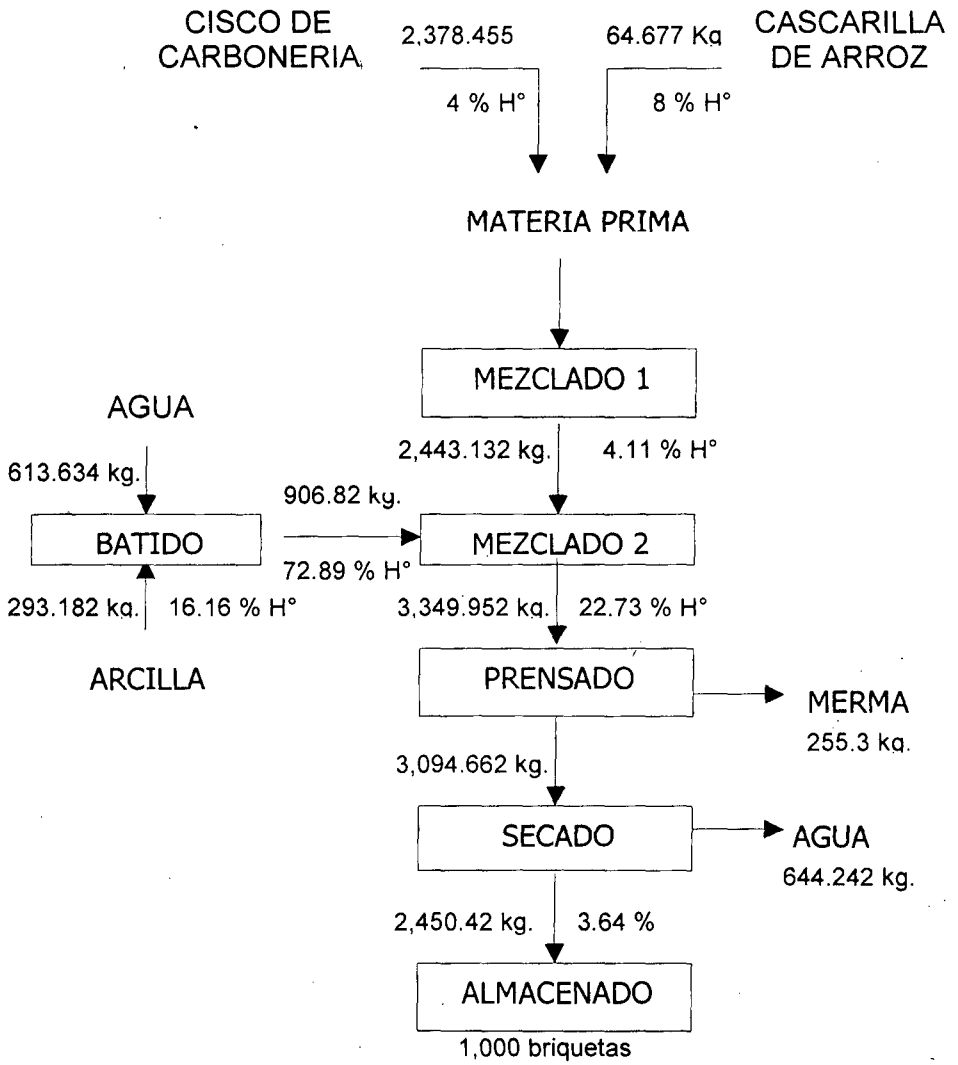


FIGURA N° 09. DIAGRAMA DE FLUJO – BALANCE DE MATERIA DE ELABORACION DE BRIQUETAS

4.1.6. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL TRATAMIENTO SELECCIONADO.

Las propiedades fisicoquímicas del tratamiento seleccionado, se muestran seguidamente el cuadro N° 28.

CUADRO N° 28. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA BRIQUETA SELECCIONADA.

DETERMINACIONES	MUESTRAS			PROMEDIO
	1	2	3	
% HUMEDAD	3.72	4.00	3.20	3.64
% VOLATILES	7.42	5.60	6.20	6.41
% CENIZAS	34.08	29.49	36.00	33.19
% AZUFRE	0.60	0.58	0.58	0.59
% CARBON FIJO	54.18	60.33	54.02	56.18
PODER CALÓRICO (Kcal/Kg)	4015.20	4406.26	3938.04	4119.83

Fuente: Elaboración propia.
: Laboratorio de Química / Universidad Nacional de Trujillo / Enero – 2005

4.1.7. PODER CALÓRICO DE LOS COMBUSTIBLES CONVENCIONALES UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE TARAPTO Y EL DEL TRATAMIENTO SELECCIONADO DEL EXPERIMENTO.

A continuación el cuadro N° 29 muestra los valores del poder calórico de los combustibles convencionales que se utilizan en la ciudad de Tarapoto, así mismo el del tratamiento seleccionado en el proceso experimental.

CUADRO N° 29. PODER CALORICO DE LOS COMBUSTIBLES CONVENCIONALES UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, Y EL DE LA BRIQUETA SELECCIONADA DEL EXPERIMENTO.

COMBUSTIBLE	PODER CALÓRICO (Kcal / Kg)
LEÑA DE QUINILLA	7,314.87
LEÑA DE CHUBCHUMBO	7,394.71
LEÑA DE ESPINTANA	7,065.52
KEROSENE	*11,000.00
GAS PROPANO	*12,033.50
BRIQUETA SELECCIONADA	4,119.83

Fuente: Laboratorio de Química / Universidad Nacional de Trujillo / Enero – 2005
* Manual Del Ingeniero Químico

4.1.8. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE ENTRE LOS COMBUSTIBLES CITADOS EN EL CUADRO N° 29.

El análisis comparativo de costos entre los combustibles convencionales que se utilizan preferentemente en los hogares de la ciudad de Tarapoto, junto a los del tratamiento seleccionado se muestran a continuación en el cuadro N° 30.

CUADRO N° 30. ANÁLISIS COMPARTIVO DE COSTOS ENTRE LOS COMBUSTIBLES CONVENCIONALES UTILIZADOS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO Y EL DE LA BRIQUETA SELECCIONADA DEL EXPERIMENTO.

COMBUSTIBLE	UNIDAD DE MEDIDA	CONSUMO PROMEDIO POR FAMILIA /DIA	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO/DIA (S/.)
LEÑA DE QUINILLA	TROZO	3	0.4	1.2
LEÑA DE CHUBCHUMBO	TROZO	3	0.4	1.2
LEÑA DE ESPINTANA	TROZO	3	0.4	1.2
KEROSENE	GLN.	0.12	10.25	1.23
GAS PROPANO	BALON	0.033	34	1.122
BRIQUETA SELECCIONADA	UNIDAD	1	0.75	0.75

Fuente: Elaboración propia.

4.2. DISCUSIONES.

Los resultados del presente trabajo de investigación, muestran la posibilidad de utilización de la cascarilla de arroz para la obtención de briquetas, mezclado con cisco de carbonería y aplicando como ligante arcilla; en diferentes niveles de mezcla y de ligante; resultados que se muestran en el cuadro N° 12.

Para la obtención de las briquetas, ha sido necesario fabricar una máquina briquetera, mejorando un diseño obtenido en la ciudad de Trujillo (ver Anexo N° 10). Las briquetas poseen característica que se muestran en el cuadro N° 13.

La cascarilla de arroz se utilizó en su estado natural, el cisco de carbonería en polvo y con un mínimo de partículas que pasan por una malla de ¼" y la arcilla diluida en forma de solución.

Con niveles de cascarilla en relación 1 : 1 con cisco de carbonería, no nos ha permitido obtener briquetas; pues, el material se adhiere a los pines de la prensa, dificultando su manejo.

Es importante tomar en cuenta la granulometría del cisco; este material suele encontrarse con gránulos de tamaño mayor a ¼", lo que dificulta la obtención de las briquetas. Lo ideal es que el material sea plenamente pulvorulento para que facilite obtener las briquetas.

Respecto a la resistencia mecánica, los niveles de 1:0, 4:1 y 3:1 entre cisco y cascarilla de arroz, , fueron los que presentan mayor resistencia mecánica a la compresión (ver figura N° 04), bajo cualquier nivel de ligante. Desde el punto de vista estadístico, existe diferencia significativa entre los tratamientos, más no así en la interacciones entre éstos. Este resultado nos compromete a realizar la prueba de comparación de

promedios de los factores de manera independiente. Los resultados expresan que no existe diferencia significativa entre los niveles de los factores, salvo, para los niveles de mezclas entre 1 : 0 y 2 : 1 de cisco de carbonería y cascarilla de arroz (ver cuadros N° 17 y 18).

Con referencia al tiempo de combustión, de los doce tratamientos evaluados, los que demostraron mayor tiempo fueron los tratamientos a_0b_1, a_3b_0, luego a_0b_0, a_2b_1, a_3b_1 y a_3b_2 (ver figura N° 09). Estadísticamente existe diferencia significativa entre los tratamientos, así como, en la interacción entre éstos. Por esta razón se efectúa el análisis de efectos simples y los resultados del ANVA, muestra diferencia significativa para todos; excepto para el factor B, al permanecer constante el nivel a_3, del factor A.

De la interpretación de resultados del análisis estadísticos de las pruebas de resistencia mecánica y del tiempo de combustión, tomando en cuenta además los factores de la facilidad en la obtención de las briquetas y el mayor nivel de uso de cascarilla de arroz; se ha seleccionado el tratamiento a_2b_1 como el ideal.

La experimentación nos permite realizar el balance de materia que se muestra en la Figura N° 10; el cisco de carbonería, la cascarilla de arroz y la arcilla entran al proceso con humedades de 4%, 8% y 16.16%, respectivamente. La merma del proceso es equivalente al 7.6%; finalmente, luego del secado, se obtiene briquetas con peso promedio de 2.45 kilogramos con 3.64% de humedad.

El poder calórico de la briqueta seleccionada es de 4,119.83 Kcal/Kg. y de la leña de chucchumbo (*Eugenia Limbosa*), quinilla colorada (*manilcara bidentada (A.DC.) A.chev*), espintana (*Anoxagorea pachipetala (Diles) in Hook*), tienen valores de 7,314.87 kcal/kg., 7,394.71 kcal/kg., 7,065.52

kcal/kg. respectivamente; la del kerosene y gas propano comercial son de 11,000 kcal/kg y 12,033.5 Kcal/Kg. respectivamente (ver cuadro N° 29).

Con estos datos se ha realizado el comparativo de costos, bajo un criterio de consumo promedio diario de los combustibles por familia. La evaluación demuestra que la briqueta resulta siendo de menor costo respecto a los otros combustibles convencionales (ver cuadro N° 30).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- La proporción adecuada de mezcla entre cisco de carbonería y cascarilla de arroz es de 3 : 1 en volumen (tres partes de cisco de carbonería por una parte de cascarilla de arroz), con un nivel de ligante del 12% en función al peso de la mezcla seca.

- El poder calórico determinado para la briqueta seleccionada es de 4,119.83 kcal / kg, siendo este menor que el de los combustibles convencionales (leña de quinilla, leña de chubchumbo, leña de espintana, kerosene y gas propano); pero sin embargo se suple esta limitación con una combustión continua por mas tiempo.

- El tiempo de combustión de una briqueta es de 10.38 horas y tiene peso promedio de 2,45 kilogramos; haciendo una relación de 4.24 horas / Kg de briqueta, con un costo de S/. 0.30.

- La briqueta seleccionada resulta ser de menor costo comparativamente con los combustibles convencionales arriba descritos. Constituyendo entonces una buena alternativa energética a tenerse en cuenta en nuestro medio.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Someter al cisco de carbonería a un proceso de tamizado con malla de 1/8", previo a la elaboración de briquetas en mezcla con cascarilla de arroz.

- Realizar pruebas similares con cascarilla de arroz molido, así mismo con otros residuos agrícolas en mezcla con cisco de carbonería; igualmente utilizar otros ligantes.

- Desarrollar un estudio que determine si en la Región San Martín se cuenta con reserva ó mina de carbón mineral; porque esto abarataría los costos de transporte.

- Elaborar un estudio de factibilidad técnico - económico, para determinar la posibilidad de instalación de una planta de briquetas en base a una mezcla de cascarilla de arroz y cisco de carbonería y utilizando arcilla como ligante.

VI. BILIOGRAFIA.

6.1. http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/BDINE/B10/MTD/B1000065.htm-Junio 2004

6.2. http://www.austral.addr.com/old_trains/mina_de_carbon.htm - Junio 2004.

6.3. MINAG – San Martín. OIA. 2003 Anuario de Producción de Productos Agropecuarios, Tarapoto, Perú.

6.4. PERRY, J., 1977 Manual de Ingeniero Químico, Tomo II, sección 22, Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Centro Federado de Química e Ingeniería Química, Lima – Perú,.

6.5. SOLORZANO, ALFREDO H. 1993 "Manual de Cultivos Alimenticios". UNSM. FCA. Tarapoto – Perú..

6.6. CUEVA BENAVIDES ARMANDO Y otros, 2002 "Aprovechamiento de Desechos Agrícolas e Industriales en la Producción de Briquetas Combustibles en Tarapoto", UNSM. FCA. Tarapoto – Perú..

6.7. UNIVERSIDAD DE FILIPINAS. 1979 "Cultivo del Arroz". Manual de Producción. Edit. LIMUSA. MEXICO..

6.8. http://www.itxacatepec.edu.mx.htm –abril 2005.

6.9. http://www.ott-CSIC-Tecnologias y Servicios-Energía.htm - Abril 2005.

6.10. http://www.drcalderonlabs.comlindex.htm - Marzo 2005.

6.11. http://www.Fao.org/Forestry/Fop/Foph/ENERGY/doc/UWET/Spa/Uwe -06.htm - abril 2004.

6.12. ENCARNACIÓN, C FILOMENO, 1983 "Nomenclatura de las Espacies Forestales Comunes en el Perú", Lima Perú.

A N E X O S

ANEXO N° 01. PROCESO DE CALCULO PARA EL ANVA DE RESISTENCIA MECANICA.

CUADRO N° 31 EVALUACION DE RESISTENCIA MECANICA (kg / cm^2)

OBSERVACIONES	a_O			a_1			a_2			a_3		
	b_0	B_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2
1	11.36	11.53	11.55	8.85	9.04	10.71	8.87	10.2	11.46	11.28	9.31	12.21
2	11.39	10.99	9.25	8.58	7.36	10.14	8.31	9.98	11.12	10	10.73	10.53
3	11.73	11.24	12.49	8.21	9.16	9.78	9.06	9.17	8.28	9	9.85	11.55
4	11.04	8.57	11.43	8.28	7.72	9.29	9.16	9.63	9.54	9.84	9.73	11.55
∑ TOTAL	**45.52**	**42.33**	**44.72**	**33.92**	**33.28**	**39.92**	**35.4**	**38.98**	**40.4**	**40.12**	**39.62**	**45.84**
N	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**
MEDIA	**11.38**	**10.58**	**11.18**	**8.48**	**8.32**	**9.98**	**8.85**	**9.75**	**10.10**	**10.03**	**9.91**	**11.46**

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 32 DATOS ORDENADOS DEL CUADRO N° 21

	a_O	a_1	a_2	a_3	TOTAL	N	MEDIA
b_0	45.52	33.92	35.40	40.12	154.96	16	9.69
b_1	42.33	33.28	38.98	39.62	154.21	16	9.64
b_2	44.72	39.92	40.40	45.84	170.88	16	10.68
TOTAL	**132.57**	**107.12**	**114.78**	**125.58**	**480.05**		
N	**12**	**12**	**12**	**12**			
MEDIA	**11.05**	**8.93**	**9.57**	**10.47**			

Fuente : Elaboración propia

CALCULOS:

$$\Sigma Y^2 = 11.36^2 + 11.39^2 + 11.73^2 + 11.04^2 + 11.53^2 + 10.99^2 + 11.24^2 + 8.57^2 + 11.55^2 + 9.25^2 + 12.49^2 + 11.43^2 + 8.85^2 + 8.58^2 + 8.21^2 + 8.28^2 + 9.04^2 + 7.36^2 + 9.16^2 + 7.72^2 + 10.71^2 + 10.14^2 + 9.78^2 + 9.29^2\ 8.87^2 + 8.31^2 + 9.06^2 + 9.16^2 + 10.2^2 + 9.98^2 + 9.17^2 + 9.63^2 + 11.46^2 + 11.12^2 + 8.28^2 + + 9.54^2 + 11.28^2 + 10^2 + 9^2 + 9.84^2 + 9.31^2 + 10.73^2 + 9.85^2 + 9.73^2 + 12.21^2 + 10.53^2 + 11.55^2 + 11.55^2 = 4{,}878.225$$

TC = $480.05^2 / 48$ = 4,801.00

Tyy = $((45.52^2 + 42.33^2 + 44.72^2 + 33.92^2 + 33.28^2 + 39.92^2 + 35.4^2 + 38.98^2 + 40.4^2 + 40.12^2 + 39.32^2 + 45.84^2) / 4) - 4{,}801.00$
= 49.233

SCE = 4,878.225 – 4,801.00 – 49.233 = 27.992

SC mezcla = $((132.57^2 + 107.12^2 + 114.78^2 + 125.58^2)/12) - 4{,}801.00$
= 31.857

SC nivel Ligante = $((154.96^2 + 154.21^2 + 170.88^2)/16) - 4{,}801.00$
= 11.081

SC interacción = 49.233 –31.857 – 11.081
= 6.295

ANEXO N° 02. DATOS AUXILIARES PARA LA PRUEBA DE TUCKEY- RESISTENCIA MECANICA.

FACTOR ¨A¨:

1. ORDENAMIENTO DE PROMEDIOS EN FORMA DESCENDENTE:

NIVEL	VALOR PROMEDIO
a_0	11.05
a_3	10.47
a_2	9.57
a_1	8.93

2. CALCULO DE LA DESVIACIÓN ESTANDART:

$$Ds = \sqrt{0.78 / 4} = 0.4416$$

3. CALCULO DE LA AMPLITUD ESTUDIANTIZADA SIGNIFICATIVA DE TUCKEY.

Donde:

n	=	N° de tratamientos	=	4
G/L E	=	Grado de libertad del error experimental	=	36
$q\alpha$	=	$q_{0.01}$ (4;36)	=	4.74
AES (T)	=	0.4416 x 4.74	=	2.093

FACTOR "B":

1. ORDENAMIENTO DE PROMEDIOS EN FORMA DESCENDENTE:

NIVEL	VALOR PROMEDIO
b_2	10.68
b_0	9.69
b_1	9.64

2. CALCULO DE LA DESVIACIÓN ESTANDART:

$$Ds = \sqrt{0.78 / 4} = 0.4416$$

3. CALCULO DE LA AMPLITUD ESTUDIANTIZADA SIGNIFICATIVA DE TUCKEY

Donde:

n = N° de tratamientos = 3

G/L E = Grado de libertad del error experimental = 36

$q\alpha = q_{0.01}(3;36) = 4.402$

AES (T) = 0.4416 x 4.402 = 1.944

ANEXO N° 03. PRUEBA DE TUCKEY PARA LOS DATOS GENERALES – RESISTENCIA MECANICA.

1. ORDENAMIENTO DE PROMEDIOS EN FORMA DESCENDENTE:

CUADRO N° 33. ORDENAMIENTO DE PROMEDIOS EN FORMA DESCENDENTE

PROMEDIOS		ORDEN DE COMPARACION		CODIGO
a_0b_0	11.38	a_3b_2	11.46	1
a_0b_1	10.58	a_0b_0	11.38	2
a_0b_2	11.18	a_0b_2	11.18	3
a_1b_0	8.48	a_0b_1	10.58	4
a_1b_1	8.32	a_2b_2	10.10	5
a_1b_2	9.98	a_3b_0	10.03	6
a_2b_0	8.85	a_1b_2	9.98	7
a_2b_1	9.75	a_3b_1	9.91	8
a_2b_2	10.10	a_2b_1	9.75	9
a_3b_0	10.03	a_2b_0	8.85	10
a_3b_1	9.91	a_1b_0	8.48	11
a_3b_2	11.46	a_1b_1	8.32	12

Fuente : Elaboración propia

2. CALCULO DE LA DESVIACIÓN ESTANDART:

$$Ds = \sqrt{0.78 / 4} = 0.4416$$

2. CALCULO DE LA AMPLITUD ESTUDIANTIZADA SIGNIFICATIVA DE TUCKEY.

Donde:

n = N° de tratamientos = 12

G/L E = Grado de libertad del error experimental = 36

$q\alpha = q_{0.01}(12;36) = 5.834$

AES (T) = 0.4416 x 5.834 = 2.576

CUADRO N° 34. PRUEBA DE TUCKEY GENERALIZADO PARA LA RESISTENCIA MECANICA

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
1 VS. 2	0.08	2.57629	n.s
1 VS. 3	0.28	2.57629	n.s
1 VS.4	0.88	2.57629	n.s
1 VS. 5	1.36	2.57629	n.s
1 VS. 6	1.43	2.57629	n.s
1 VS. 7	1.48	2.57629	n.s
1 VS. 8	1.56	2.57629	n.s
1 VS. 9	1.72	2.57629	n.s
1 VS. 10	2.61	2.57629	n.s
1 VS. 11	2.98	2.57629	*
1 VS. 12	3.14	2.57629	*
2 VS. 3	0.20	2.57629	n.s
2 VS. 4	0.80	2.57629	n.s
2 VS. 5	1.28	2.57629	n.s
2 VS. 6	1.35	2.57629	n.s
2 VS. 7	1.40	2.57629	n.s
2 VS. 8	1.48	2.57629	n.s
2 VS. 9	1.64	2.57629	n.s
2 VS. 10	2.53	2.57629	n.s
2 VS. 11	2.90	2.57629	*
2 VS. 12	3.06	2.57629	*
3 VS. 4	0.60	2.57629	n.s
3 VS. 5	1.08	2.57629	n.s
3 VS. 6	1.15	2.57629	n.s
3 VS. 7	1.20	2.57629	n.s
3 VS. 8	1.28	2.57629	n.s
3 VS. 9	1.44	2.57629	n.s
3 VS. 10	2.33	2.57629	n.s
3 VS. 11	2.70	2.57629	*
3 VS. 12	2.86	2.57629	*
4 VS. 5	0.48	2.57629	n.s
4 VS. 6	0.55	2.57629	n.s
4 VS. 7	0.60	2.57629	n.s
4 VS. 8	0.68	2.57629	n.s
4 VS. 9	0.84	2.57629	n.s
4 VS. 10	1.73	2.57629	n.s
4 VS. 11	2.10	2.57629	n.s
4 VS. 12	2.26	2.57629	n.s
5 VS. 6	0.07	2.57629	n.s
5 VS. 7	0.12	2.57629	n.s
5 VS. 8	0.19	2.57629	n.s
5 VS. 9	0.35	2.57629	n.s
5 VS. 10	1.25	2.57629	n.s
5 VS. 11	1.62	2.57629	n.s
5 VS. 12	1.78	2.57629	n.s
6 VS. 7	0.05	2.57629	n.s
6 VS. 8	0.13	2.57629	n.s
6 VS. 9	0.29	2.57629	n.s
6 VS. 10	1.18	2.57629	n.s
6 VS. 11	1.55	2.57629	n.s
6 VS. 12	1.71	2.57629	n.s
7 VS. 8	0.07	2.57629	n.s
7 VS. 9	0.23	2.57629	n.s
7 VS. 10	1.13	2.57629	n.s
7 VS. 11	1.50	2.57629	n.s
7 VS. 12	1.66	2.57629	n.s
8 VS. 9	0.16	2.57629	n.s
8 VS. 10	1.06	2.57629	n.s
8 VS. 11	1.43	2.57629	n.s
8 VS. 12	1.59	2.57629	n.s
9 VS. 10	0.90	2.57629	n.s
9 VS. 11	1.27	2.57629	n.s
9 VS. 12	1.43	2.57629	n.s
10 VS. 11	0.37	2.57629	n.s
10 VS. 12	0.53	2.57629	n.s
11 VS. 12	0.16	2.57629	n.s

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 04. PROCESO DE CALCULO PARA EL ANVA DE TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

CUADRO N° 35 EVALUACION DE TIEMPO DE COMBUSTION DE LAS BRIQUETAS (hrs.).

OBSERVACIONES	a_0			a_1			a_2			a_3		
	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2
1	10.5	11	10	6.5	8.5	8	9	10	10	11	10.5	11
2	11	11	9	7	9	8.5	8.5	10.5	10.5	11.5	10.5	10
3	10.5	11	9	8	8	7.5	8.5	10.5	10.5	10.5	10.5	11
4	10	10.5	9	6	8.5	7.5	8.5	10.5	10	10.5	11	10.5
TOTAL	**42**	**43.5**	**37**	**27.5**	**34**	**31.5**	**34.5**	**41.5**	**41**	**43.5**	**42.5**	**42.5**
N	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**
MEDIA	**10.50**	**10.88**	**9.25**	**6.88**	**8.50**	**7.88**	**8.63**	**10.38**	**10.25**	**10.88**	**10.63**	**10.63**

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 36 DATOS ORDENADOS DEL CUADRO N° 33

	a_O	a_1	a_2	a_3	TOTAL	N	MEDIA
b_0	42.00	27.50	34.50	43.50	**147.50**	**16**	**9.22**
b_1	43.50	34.00	41.50	42.50	**161.50**	**16**	**10.09**
b_2	37.00	31.50	41.00	42.50	**152.00**	**16**	**9.50**
TOTAL	**122.50**	**93.00**	**117.00**	**128.50**	**461.00**		
N	**12**	**12**	**12**	**12**			
MEDIA	**10.21**	**7.75**	**9.75**	**10.71**			

Fuente : Elaboración propia

CALCULOS:

$$\Sigma Y^2 = 11.36^2 + 11.39^2 + 11.73^2 + 11.04^2 + 11.53^2 + 10.99^2 + 11.24^2 + 8.57^2 + 11.55^2 + 9.25^2 + 12.49^2 + 11.43^2 + 8.85^2 + 8.58^2 + 8.21^2 + 8.28^2 + 9.04^2 + 7.36^2 + 9.16^2 + 7.72^2 + 10.71^2 + 10.14^2 + 9.78^2 + 9.29^2\ 8.87^2 + 8.31^2 + 9.06^2 + 9.16^2 + 10.2^2 + 9.98^2 + 9.17^2 + 9.63^2 + 11.46^2 + 11.12^2 + 8.28^2 + 9.54^2 + 11.28^2 + 10^2 + 9^2 + 9.84^2 + 9.31^2 + 10.73^2 + 9.85^2 + 9.73^2 + 12.21^2 + 10.53^2 + 11.55^2 + 11.55^2 = 4{,}514.00$$

TC = $461^2 / 48$ = 4,427.52

Tyy = $((42^2 + 43.5^2 + 37^2 + 27.5.5^2 + 34^2 + 31.5^2 + 34.5^2 + 41.5^2 + 41^2 + 43.5^2 + 42.5^2 + 42.5^2) / 4) - 4,427.52$ = 79.479

SCE = 4,514.00 – 4,427.52 – 79.479 = 7.000

SC mezcla = $((122.5^2 + 93^2 + 117^2 + 128.5^2)/12) - 4,427.52$ = 60.521

SC nivel lg. = $((147.5^2 + 161.5^2 + 152^2)/16) - 4,427.52$ = 6.385

SC interacción = 79.479 – 60.521– 6.385 = 12.573

ANEXO N° 05. PROCESO DE CALCULO PARA EL ANVA DE EFECTOS SIMPLES – TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

CUADRO N° 37. DATOS TOMADOS DEL CUADRO N° 27

	a_o	a_1	a_2	a_3	TOTAL
b_0	42.00	27.50	34.50	43.50	147.50
b_1	43.50	34.00	41.50	42.50	161.50
b_2	37.00	31.50	41.00	42.50	152.00
TOTAL	**122.50**	**93.00**	**117.00**	**128.50**	**461.00**

Fuente : Elaboración propia

CALCULO DE SUMA DE CUADRADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL ANVA DE LA INTERACCION DE EFECTOS SIMPLES DEL TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

$SCB(a_O) = (42^2 + 43.5^2 + 37^2) / 4 - (122.5^2 / 12) = 5.792$

$SCB(a_1) = (27.5^2 + 34^2 + 31.5^2) / 4 - (93^2 / 12) = 5.375$

$SCB(a_2) = (34.5^2 + 41.5^2 + 41^2) / 4 - (117^2 / 12) = 7.625$

$SCB(a_3) = (43.5^2 + 42.5^2 + 42.5^2) / 4 - (128.5^2 / 12) = 0.167$

$SCA(b_0) = (42^2 + 27.5^2 + 34.5^2 + 43.5^2) /4 - (147.5^2 / 16) = 40.922$

$SCA(b_1) = (43.5^2 + 34^2 + 41.5^2 + 42.5^2) / 4 - (161.5 / 16) = 14.047$

$SCA(b_2) = (37^2 + 31.5^2 + 41^2 + 42.5^2) / 4 - (152^2 / 16) = 18.125$

ANEXO N° 06. CALCULOS EFECTUADOS PARA LA PRUEBA DE TUCKEY PARA LOS EFECTOS SIMPLES - TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

FACTOR "A"

1. DESVIACIÓN ESTANDAR PARA TODOS LOS NIVELES.

$$Ds = \sqrt{0.194/4} = 0.22$$

2. CALCULO DE LA AMPLITUD ESTUDIANTIZADA SIGNIFICATIVA DE TUCKEY.

Donde:

n = N° de tratamientos = 4

G/L E = Grado de libertad del error experimental = 36

$q\alpha = q_{0.01}(4;36) = 4.74$

AES (T) = 0.22 x 4.74 = 1.044

3. PROMEDIOS DE TRATAMIENTOS.

3.1. PARA $a(b_0)$, ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE

$a_3 = 10.88$

$a_0 = 10.50$

$a_2 = 8.63$

$a_1 = 6.88$

3.2. PARA $a(b_1)$ ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE

$a_0 = 10.88$

$a_3 = 10.63$

$a_2 = 10.38$

$a_1 = 8.50$

3.3. PARA $a(b_2)$, ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE

a_3 = 10.63

a_2 = 9.25

a_0 = 8.63

a_1 = 7.88

FACTOR "B"

1. DESVIACIÓN ESTANDAR PARA TODOS LOS NIVELES.

Ds = $\sqrt{0.194/4}$ = 0.22

2. CALCULO DE LA AMPLITUD ESTUDIANTIZADA SIGNIFICATIVA DE TUCKEY.

Donde:

n = N° de tratamientos = 3

G/L E = Grado de libertad del error experimental = 36

$q\alpha$ = $q_{0.01}$ (3;36) = 4.402

AES (T) = 0.22 x 4.402 = 0.968

3. PROMEDIOS DE TRATAMIENTOS.

3.1. PARA $b(a_0)$, ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE

b_1 = 10.88

b_0 = 10.50

b_2 = 9.25

3.2. PARA $b(a_1)$ ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE

b_1 = 8.50

b_2 = 7.88

b_0 = 6.88

3.3. PARA $b(a_2)$, ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE

$b_1 = 10.38$

$b_2 = 10.25$

$b_0 = 8.63$

3.4. PARA $b(a_3)$, ORDENADOS EN FORMA DESCENDENTE

$b_0 = 10.88$

$b_2 = 10.63$

$b_1 = 10.63$

ANEXO N° 07. PRUEBA DE TUCKEY GENERAL PARA LOS DATOS DE TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

1. ORDENAMIENTO DE PROMEDIOS EN FORAM DESCENTE:

CUADRO N° 38. ORDENAMIENTO DE PROMEDIOS EN FORMA DESCENDENTE.

PROMEDIOS		ORDEN DE COMPARACION		CODIGO
a_0b_0	10.50	a_0b_1	10.88	1
a_0b_1	10.88	a_3b_0	10.88	2
a_0b_2	9.25	a_3b_1	10.63	3
a_1b_0	6.88	a_3b_2	10.63	4
a_1b_1	8.50	a_0b_0	10.50	5
a_1b_2	7.88	a_2b_1	10.38	6
a_2b_0	8.63	a_2b_2	10.25	7
a_2b_1	10.38	a_0b_2	9.25	8
a_2b_2	10.25	a_2b_0	8.63	9
a_3b_0	10.88	a_1b_1	8.50	10
a_3b_1	10.63	a_1b_2	7.88	11
a_3b_2	10.63	a_1b_0	6.88	12

Fuente : Elaboración propia

2. CALCULO DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR:

$$Ds = \sqrt{0.194 / 4} = 0.22$$

3. CALCULO DE LA AMPLITUD ESTUDIANTIZADA SIGNIFICATIVA DE TUCKEY.

Donde:

n = N° de tratamientos = 12

G/L E = Grado de libertad del error experimental = 36

$q\alpha = q_{0.01}(12;36) = 5.834$

AES (T) = 0.22 x 5.834 = 1.2835

CUADRO N° 39. PRUEBA DE TUCKEY GENERALIZADO PARA EL TIEMPO DE COMBUSTIÓN.

COMPARACIÓN	DIFERENCIA ABSOLUTA	A.E.S. (T)	SIGNIFICANCIA
1 VS. 2	0.00	1.28348	n.s
1 VS. 3	0.25	1.28348	n.s
1 VS.4	0.25	1.28348	n.s
1 VS. 5	0.50	1.28348	n.s
1 VS. 6	0.63	1.28348	n.s
1 VS. 7	0.63	1.28348	n.s
1 VS. 8	1.63	1.28348	*
1 VS. 9	2.25	1.28348	*
1 VS. 10	2.38	1.28348	*
1 VS. 11	3.00	1.28348	*
1 VS. 12	4.00	1.28348	*
2 VS. 3	0.25	1.28348	n.s
2 VS. 4	0.25	1.28348	n.s
2 VS. 5	0.50	1.28348	n.s
2 VS. 6	0.63	1.28348	n.s
2 VS. 7	0.63	1.28348	n.s
2 VS. 8	1.63	1.28348	*
2 VS. 9	2.25	1.28348	*
2 VS. 10	2.38	1.28348	*
2 VS. 11	3.00	1.28348	*
2 VS. 12	4.00	1.28348	*
3 VS. 4	0.00	1.28348	n.s
3 VS. 5	0.25	1.28348	n.s
3 VS. 6	0.38	1.28348	n.s
3 VS. 7	0.38	1.28348	n.s
3 VS. 8	1.38	1.28348	*
3 VS. 9	2.00	1.28348	*
3 VS. 10	2.13	1.28348	*
3 VS. 11	2.75	1.28348	*
3 VS. 12	3.75	1.28348	*
4 VS. 5	0.13	1.28348	n.s
4 VS. 6	0.25	1.28348	n.s
4 VS. 7	0.38	1.28348	n.s
4 VS. 8	1.38	1.28348	*
4 VS. 9	2.00	1.28348	*
4 VS. 10	2.13	1.28348	*
4 VS. 11	2.75	1.28348	*
4 VS. 12	3.75	1.28348	*
5 VS. 6	0.13	1.28348	n.s
5 VS. 7	0.25	1.28348	n.s
5 VS. 8	1.25	1.28348	n.s
5 VS. 9	1.88	1.28348	*
5 VS. 10	2.00	1.28348	*
5 VS. 11	2.63	1.28348	*
5 VS. 12	3.63	1.28348	*
6 VS. 7	0.13	1.28348	n.s
6 VS. 8	1.00	1.28348	n.s
6 VS. 9	1.63	1.28348	*
6 VS. 10	1.75	1.28348	*
6 VS. 11	2.38	1.28348	*
6 VS. 12	3.38	1.28348	*
7 VS. 8	1.00	1.28348	n.s
7 VS. 9	1.63	1.28348	*
7 VS. 10	1.75	1.28348	*
7 VS. 11	2.38	1.28348	*
7 VS. 12	3.38	1.28348	*
8 VS. 9	0.63	1.28348	n.s
8 VS. 10	0.75	1.28348	n.s
8 VS. 11	1.38	1.28348	*
8 VS. 12	2.38	1.28348	*
9 VS. 10	0.13	1.28348	n.s
9 VS. 11	0.75	1.28348	n.s
9 VS. 12	1.75	1.28348	*
10 VS. 11	0.63	1.28348	n.s
10 VS. 12	1.63	1.28348	*
11 VS. 12	1.00	1.28348	n.s

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 08. COSTO DE PRODUCION DE 1000 BRIQUETAS

CUADRO N° 40. COSTO DE PRODUCCION DE 1,000 BRIQUETAS

DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDAD	CANT. REQ.	VALOR UNIT. (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
CISCO DE CARBONERIA	T.M.	2.378	135.00	321.030
CASCARILLA DE ARROZ	T.M.	0.065	60.00	3.900
ARCILLA	T.M.	0.293	30.00	8.790
AGUA	M3	0.614	1.00	0.614
MANO DE OBRA	JORNAL	4	15.00	60.000
		TOTAL		**394.334**
		N° DE UNID. PROD.		**1,000**
		COSTO/ BRIQUETA		**0.394**

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 09. LUGAR DE PROCEDENCIA DE LAS MATERIAS PRIMES Y DE LA ARCILLA.

FOTO : MINAS ARTESANALES DE DONDE PROVIENE EL CISCO DE CARBONERIA - CENTRO MINERO CAPACHIC, DISTRITO DE USQUIL, PROVINCIA DE OTUZCO, REGION LA LIBERTAD.

FOTO : EMPRESA MOLINOS AGIP, MARGEN IZQUIERDA CARRETERA FERNADDO BELAUNDE TERRY, KM 4 TARAPOTO - JUANJUI.

FOTO : CANTERA DE LA LADRILLERA LINARES UBICADA AL FRENTE DE MILONOS AGIP.

ANEXO N° 10. MAQUINA DE PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS

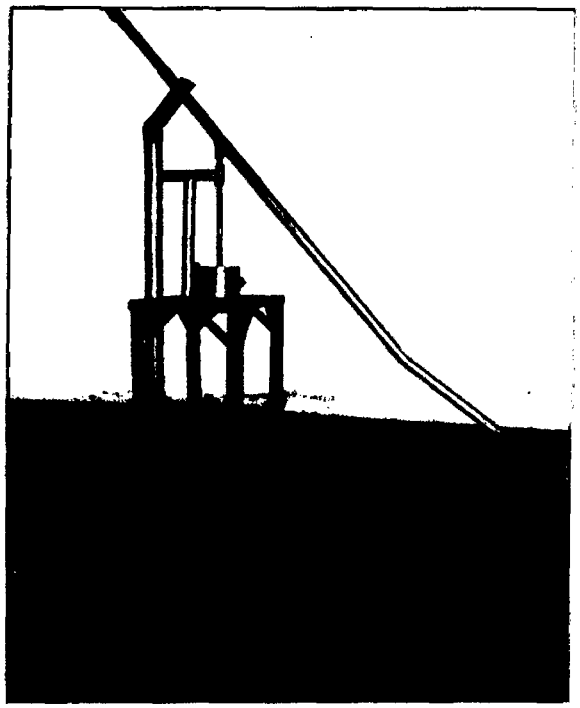


FOTO : MAQUINA BRIQUETERA

FOTO : MAQUINA BRIQUETERA ANCLADA Y TABAJANDO

ANEXO N° 11. MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACION

FOTO : CISCO DE CARBONERIA.

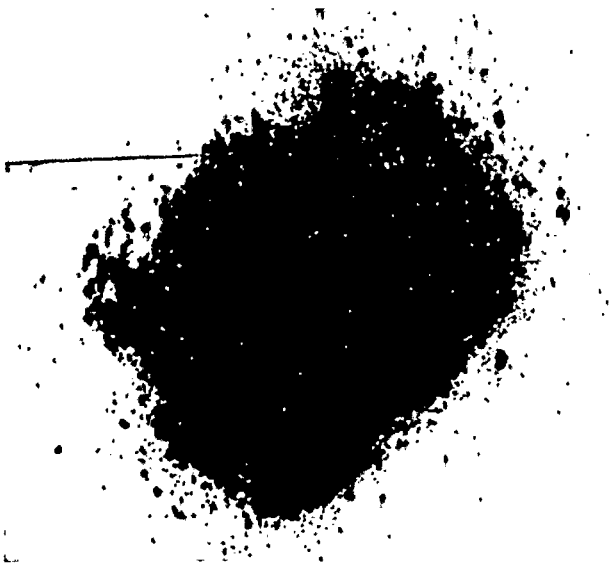


FOTO : CASCARILLA DE ARROZ.

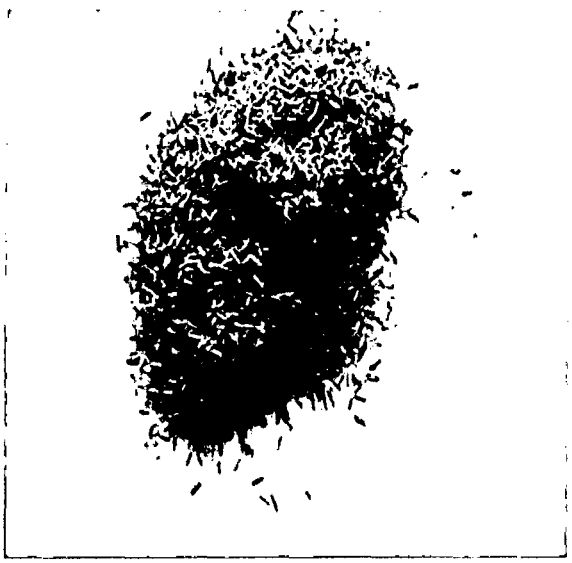
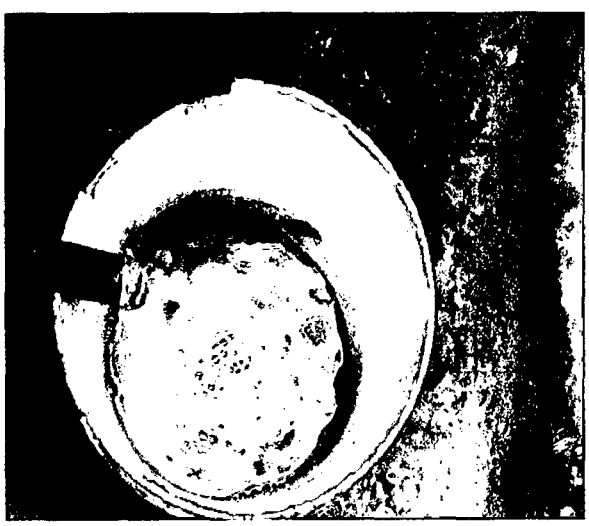


FOTO : ARCILLA.

FOTO : SOLUCION LIGANTE.



ANEXO N° 12. BRIQUETAS OBTENIDAS EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

FOTO : BRIQUETA, VISUALIZANDO LOS ORIFICIOS

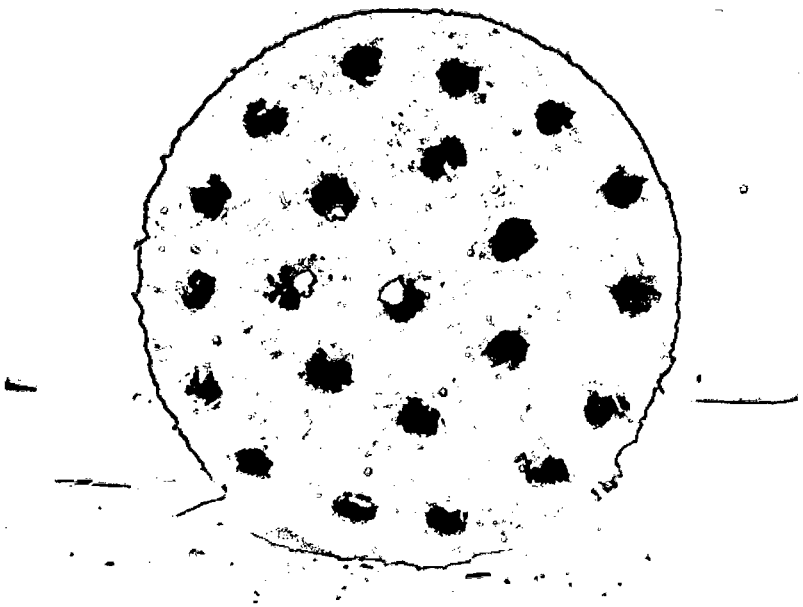
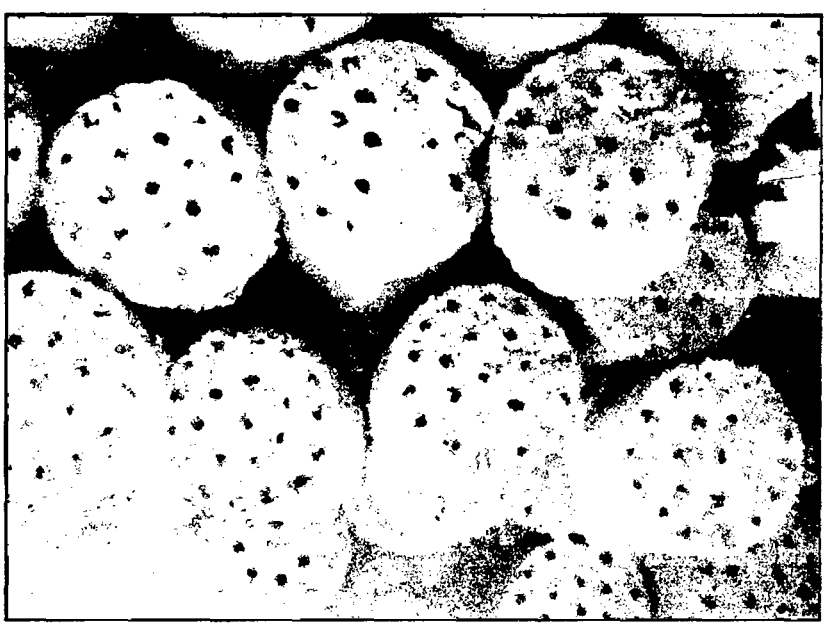


FOTO : BRIQUETAS ALMACENADAS



ANEXO 13. PROCESO DE COMBUSTIÓN DE LA BRIQUETA SELECCIONADA

FOTO : CARGADO DE LA BRIQUETA A LA COCINA

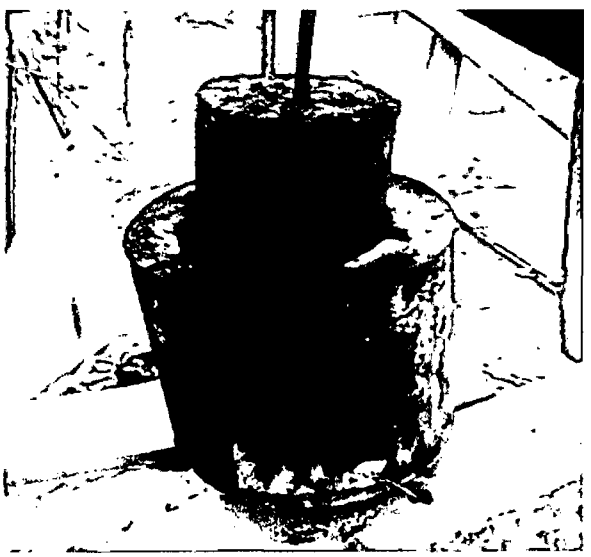
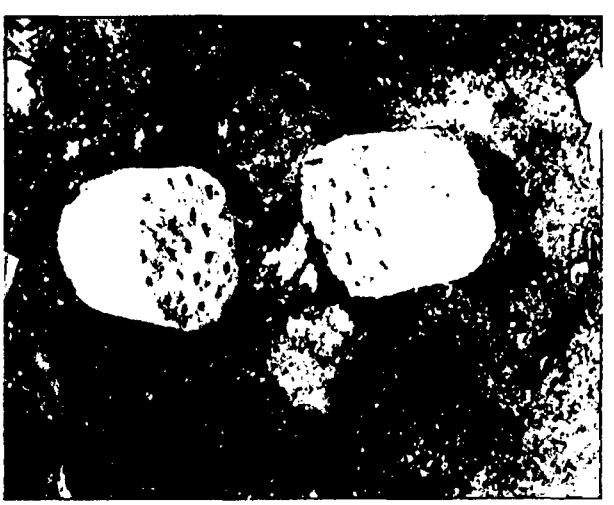


FOTO : ENCENDIDO DE LA BRIQUETA EN LA COCINA

FOTO : BRIQUETA COMBUSTIONANDO EN LA COCINA .

FOTO : BRIQUETA COMBUSTIONADA.



ANOXO N° 14. ANÁLISIS TEXTURAL DE LA ARCILLA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN MARTIN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS

ANÁLISIS DE SUELO: TEXTURAL

Procedencia: Banda de Shilcayo
Departamento: San Martín **Provincia: San Martín**
Distrito: Banda de Shilcayo
Predio: Emp. Ladrillería Linarez **Solicitante: Bach. PERCY TAPIA BAUTISTA**

Nº DE MUESTRA		ANÁLISIS MECANICO				
Lab.	Campo	C.E.	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
	Arcilla		17.2	25.6	57.2	Arcilloso

Suelo con textura pesada con características físicas de expansión y contracción por lo que se le clasifica como una arcilla tipo 2:1

Del Grupo de la Vermiculita

Tarapoto, 20 de Mayo del 2005

Ing. Max Peze Perea
Jefe, Laboratorio Suelos

ANEXO N° 15. REPORTE DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA MATERIAS PRIMAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

REPORTE DE ANALISIS

SOLICITANTE : PERCY TAPIA BAUTISTA

MUESTRA : CASCARILLA DE ARROZ

PROCEDENCIA : TARAPOTO

FECHA INGRESO : 25 DE ENERO 2005

MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO

DETERMIANCIONES FISICOQUIMICAS

DETERMINACIONES	M-1	M-2
% HUMEDAD	8,0	4,00
% VOLATILES	63,0	4,40
% CENIZAS	17,3	33,82
% AZUFRE	0,0	0,59
% CARBON FIJO	11,63	57,19
PODER CALORIFICO (Kcal/Kg)	4821,14	4040,38

LEYENDA :
M-1 : Cascarilla de arroz
M-2 : Casco de Carbón Mineral

TRUJILLO, 03 DE FEBRERO DEL 2005

ING° JOSÉ RIVERO MÉNDEZ
DIRECTOR LASACI

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
Ciudad Universitaria - Celular 9669075 - 9785511 - Fax 257362 - lasaci_analisis_unt@hotmail.com - Trujillo - Perú

ANEXO N° 16. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.

PROYECTOS - CONSTRUCCIONES
ASESORAMIENTOS
ESTUDIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

VPP Construcciones Generales E.I.R.Ltda.

RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO : De Tesis: Obtención de briguetas a partir de una mezcla de cascarilla de Arroz y cisco de carbonería en la Región San Martín
UBICACIÓN San Martín
TESISTA : Percy Tapia Bautista

ASESOR : Ing. Mgs. Ernesto Santander Ruiz
OPERADOR : Percy Tapia Bautista
FECHA : Tarapoto 22 de Diciembre del 2004

PROBETA	UBICACIÓN	FECHA DE VACEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	CARGA EN (Kg.)	ÁREA DE LA PROBETA (cm2)	F'C. DE LA MUESTRA KG./CM2
1.1	2 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,496	169.00	8.85
1.2	2 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,398	163.00	8.58
1.3	2 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,338	163.00	8.21
1.4	2 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,349	163.00	8.28
2.1	2 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,564	173.00	9.04
2.2	2 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,243	169.00	7.36
2.3	2 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,466	160.00	9.16
2.4	2 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,336	173.00	7.72
3.1	2 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,789	167.00	10.71
3.2	2 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,633	161.00	10.14
3.3	2 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,721	176.00	9.78
3.4	2 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	26/10/2004	22/12/2004	57	1,496	161.00	9.29

OBSERVACIONES:

V. P. P. CONSTRUCCIONES GENERALES E. I. R. L.
L.I.C. VELARDE POZO PEREA
JEFE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Jr. José Olaya 135 - Morales ☎ 52-7229 Cels. 962 1508 - 969 7153

PROYECTOS - CONSTRUCCIONES
ASESORAMIENTOS
ESTUDIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

VPP Construcciones Generales E.I.R.Ltda.

RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

PROYECTO : De Tesis: Obtención de briguetas a partir de una mezcla de cascarilla de Arroz y cisco de carbonería en la Región San Martín
UBICACIÓN San Martín
TESISTA : Percy Tapia Bautista

ASESOR : Ing. Mgs. Ernesto Santander Ruiz
OPERADOR : Percy Tapia Bautista
FECHA : Tarapoto 22 de Diciembre del 2004

PROBETA	UBICACIÓN	FECHA DE VACEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Dias)	CARGA EN (Kg.)	ÁREA DE LA PROBETA (cm2)	F'C. DE LA MUESTRA KG./CM2
4.1	3 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,446	163.00	8.87
4.2	3 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,330	160.00	8.31
4.3	3 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,450	160.00	9.06
4.4	3 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,465	160.00	9.16
5.1	3 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,602	157.00	10.20
5.2	3 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,587	159.00	9.98
5.3	3 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,476	161.00	9.17
5.4	3 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,550	161.00	9.63
6.1	3 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,788	156.00	11.46
6.2	3 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,757	158.00	11.12
6.3	3 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,410	170.00	8.29
6.4	3 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	29/10/2004	22/12/2004	54	1,497	157.00	9.54

OBSERVACIONES:

V.P.P. CONSTRUCCIONES GENERALES
E. I. R. L.

LIC. VELARDE PEZO PEREA
JEFE LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTOS - CONSTRUCCIONES
ASESORAMIENTOS
ESTUDIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

VPP Construcciones Generales E.I.R.Ltda.

RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO : De Tesis: Obtención de briguetas a partir de una mezcla de cascarilla de Arroz y cisco de carbonería en la Región San Martín
UBICACIÓN San Martín
TESISTA : Percy Tapia Bautista

ASESOR : Ing. Mgs. Ernesto Santander Ruiz
OPERADOR : Percy Tapia Bautista
FECHA : Tarapoto 22 de Diciembre del 2004

PROBETA	UBICACIÓN	FECHA DE VACEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	CARGA EN (Kg.)	ÁREA DE LA PROBETA (cm2)	F'C. DE LA MUESTRA KG./CM2
7.1	4 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,816	161.00	11.28
7.2	4 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,610	161.00	10.00
7.3	4 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,476	164.00	9.00
7.4	4 de Cisco: 1 Cascarilla 8% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,643	167.00	9.84
8.1	4 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,509	162.00	9.31
8.2	4 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,771	165.00	10.73
8.3	4 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,626	165.00	9.85
8.4	4 de Cisco: 1 Cascarilla 12% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,606	165.00	9.73
9.1	4 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,905	156.00	12.21
9.2	4 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,643	156.00	10.53
9.3	4 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,860	161.00	11.55
9.4	4 de Cisco: 1 Cascarilla 15% de arcilla	30/10/2004	22/12/2004	53	1,814	157.00	11.55

OBSERVACIONES:

V.P.P. CONSTRUCCIONES GENERALES
E. I. R. L.

LIC. VELARDE PEZO PEREA
JEFE LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

PROYECTOS - CONSTRUCCIONES
ASESORAMIENTOS
ESTUDIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

VPP Construcciones Generales E.I.R.Ltda.

RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO : De Tesis: Obtención de briquetas a partir de una mezcla de cascarilla de Arroz y cisco de carbonería en la Región San Martín
UBICACIÓN San Martín
TESISTA : Percy Tapia Bautista

ASESOR : Ing. Mgs. Ernesto Santander Ruiz
OPERADOR : Percy Tapia Bautista
FECHA : Tarapoto 22 de Diciembre del 2004

PROBETA	UBICACIÓN	FECHA DE VACEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Dias)	CARGA EN (Kg.)	ÁREA DE LA PROBETA (cm2)	F'C. DE LA MUESTRA KG./CM2
10.1	1 de Cisco: 0- Cascarilla 8% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,807	159.00	11.36
10.2	1 de Cisco: 0- Cascarilla 8% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,849	155.00	11.93
10.3	1 de Cisco: 0- Cascarilla 8% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,830	156.00	11.73
10.4	1 de Cisco: 0- Cascarilla 8% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,734	157.00	11.04
11.1	1 de Cisco: 0- Cascarilla 12% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,856	161.00	11.53
11.2	1 de Cisco: 0- Cascarilla 12% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,770	161.00	10.99
11.3	1 de Cisco: 0- Cascarilla 12% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,809	161.00	11.24
11.4	1 de Cisco: 0- Cascarilla 12% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,363	159.00	8.57
12.1	1 de Cisco: 0- Cascarilla 15% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,860	161.00	11.55
12.2	1 de Cisco: 0- Cascarilla 15% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,498	162.00	9.25
12.3	1 de Cisco: 0- Cascarilla 15% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	2,061	165.00	12.49
12.4	1 de Cisco: 0- Cascarilla 15% de arcilla	31/10/2004	22/12/2004	52	1,977	173.00	11.43

OBSERVACIONES:

V.P.P. CONSTRUCCIONES GENERALES
E. I. R. L.
LIC. VELARDE PEZO PEREA
JEFE LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Jr. José Olaya 135 - Morales ☎ 52-7229 Cels. 962 1508 - 969 7153

ANEXO N° 17. REPORTE DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA BRIQUETA SELECCIONADA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

REPORTE DE ANALISIS

SOLICITANTE : PERCY TAPIA BAUTISTA

MUESTRA : BRIQUETAS DE CARBON

PROCEDENCIA : TARAPOTO

FECHA INGRESO : 25 DE ENERO 2005

MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO

DETERMIANCIONES FISICOQUIMICAS

DETERMINACIONES	M-1	M-2	M-3
% HUMEDAD	3,72	4,00	3,2
% VOLATILES	7,42	5,60	6,2
% CENIZAS	34,08	29,49	36,0
% AZUFRE	0,60	0,58	0,58
% CARBON FIJO	54,18	60,33	54,02
PODER CALORIFICO (Kcal/Kg)	4015,2	4406,26	3938,04

LEYENDA :
M-1, M-2, M-3 : Muestras de briquetas - 03 Repeticiones

TRUJILLO, 03 DE FEBRERO DEL 2005

Facultad de Ingeniería Química
Mso. Ing. José Rivero Méndez
Director del Laboratorio
Servicios a la Comunidad e Investigación

ING° JOSÉ RIVERO MÉNDEZ
DIRECTOR LASACI

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
Ciudad Universitaria - Celular 9669075 - 9785511 - Fax 257362 - lasaci_analisis_unt@hotmail.com - Trujillo - Perú

ANEXO N° 18. REPORTE DE ANÁLISIS DE PODER CALÓRICO DE ESPECIES FORESTALES COMÚNMENTE UTILIZADOS COMO LEÑA EN NUESTRO MEDIO.

M1	:	ESTORAQUE (*Myroxilom balsamum*)
M2	:	TORNILLO (*Cedrelinga catenaeformis*)
M3	:	ESPINTANA (*Anaxagorea pachypetala*)
M4	:	QUINILLA COLORADA (*Manilkara bidentata*)
M5	:	CHUCCHUMBO (*Eugenia limbosa*)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

REPORTE DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : DARVIN GIL RIOS / PERCY TAPIA BAUTISTA

MUESTRA : LEÑA

PROCEDENCIA : M-1,M-2 JUANJUI y M-3,M-4,M-5 TARAPOTO

FECHA INGRESO : 17 – MAYO – 2004

MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO

MUESTRA	PODER CALORIFICO (Kcal/Kg)	HUMEDAD (%)
M - 1	7141,87	12,28
M - 2	6760,12	17,59
M - 3	7065,52	11,74
M - 4	7314,28	8,74
M - 5	7394,71	9,74

TRUJILLO, MAYO 20 DEL 2004.

Facultad de Ingeniería Química
Msc. Ing José Rivero Méndez
Director del LASACI
Servicios a la Comunidad e Investigación

MsC. Ing. JOSE RIVERO MENDEZ
DIRECTOR DEL LASACI

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
Ciudad Universitaria - Celular 9669075 - 9785511 - Fax 257362 - lasaci_analisis_unt@hotmail.com - Trujillo - Perú