

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Sede Regional del Norte Recinto Universitario Augusto C. Sandino

Trabajo Monográfico para Optar al Título de Ingeniero Agroindustrial

"Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible"

Autores:

Br. Aura María Amador Gutiérrez Br. Fátima Junieth Morazán Castillo Br. Jader Alberto Rugama Rivera

Tutora:

Ing. Karla Elisabeth Dávila

Estelí, Agosto 2012

Presentación

Los tesistas, Aura María Amador Gutiérrez, Fátima Junieth Morazán Castillo y Jader Alberto Rugama Rivera, iniciaron en Febrero del año 2011 la ejecución del trabajo monográfico titulado "Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible", investigación que contó con el apoyo técnico y financiero de FUNICA, en el marco del proyecto "Desarrollo de productos a partir de los desechos del café y validación de pequeñas estructuras de beneficio húmedo", de la alianza UNI- FUNICA. Durante el desarrollo de este estudio los tesistas contaron con mi apoyo y tutoría.

Para la realización de esta investigación fue preciso recopilar información que sustentara la fase experimental relacionadas a experiencias sobre el tema, como parte de las actividades de investigación se realizaron actividades experimentales tanto a la materia prima, equipos y producto terminado con los cuales se obtuvieron datos para efectuar el análisis y validación del equipo propuesto. Como resultado de esta investigación se establecen comparaciones técnicas y económicas y ambientales de dos tecnologías.

Es fundamental destacar que tanto FUNICA como CISA, dieron seguimiento a esta tesis en su etapa de culminación, pues los resultados fueron expuestos en el Primer Congreso cafetalero y se organizó un taller con miembros de CISA exportadora en el cual se les dieron a conocer los resultados, teniendo una gran aceptación entre los participantes.

Por lo expresado anteriormente, considero que con este estudio se centra un precedente para el desarrollo de futuras investigaciones en energías alternativas y que servirá de guía para quienes deseen explorar en este tema.

Ing. Karla Elisabeth Dávila
Tutora

Dedicatoria

Aura Amador:

Dedico este trabajo en primer lugar a *Dios* porque sin él nada es posible y también por haberme dado la fortaleza para seguir adelante y superar todas las pruebas en este proceso de formación, siendo mí fuerza en los momentos más difíciles.

A mi madre *Esmilda Gutiérrez* por ser ejemplo, mi principal apoyo y guía; por haberme formado como persona de buenos valores que hoy en día me hacen ser mejor.

A mi abuela, *Cleotilde Lanuza*, por ser mi segunda madre, y aconsejarme en el transcurso de mi vida, por todas sus oraciones y el apoyo brindado.

A aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a que este sueño se hiciera realidad, en principal a *mis amigos (as)* que me brindaron su apoyo.

Junieth Morazán:

Este trabajo se lo dedico a Dios nuestro señor, por darme la oportunidad de participar en esta investigación, brindarme salud y sabiduría para enfrentar los retos presentados a lo largo del camino, por estar siempre al frente y no dejarme claudicar en el recorrido.

A mis padres David Morazán y Sofía Castillo por brindarme su cariño y su apoyo incondicional en mis proyectos de vida, por la educación y consejos que me convirtieron en una persona de bien.

A todos aquellos (docentes, familiares y amigos) que a lo largo de mi vida han contribuido de una u otra manera en mi formación tanto académica como espiritual.

Jader Rugama:

Dedico este trabajo primeramente a Dios porque para él es la gloria y la honra en todo lo que hacemos.

A mis compañeras por darme la oportunidad de compartir este trabajo con ellas, de conocer e interactuar durante el desarrollo del mismo..

A mi madre *Maritza Rivera* por darme la oportunidad de estudiar y esforzarse para que yo lo logre, por darme la dirección en el camino del aprendizaje.

A mis docentes por darnos la guía y dirección en este trabajo.

A mi esposa *Elizabeth Ramírez* por apoyarme en estos momentos, estar conmigo y ayudarme a entender los misterios de la vida.

Agradecimientos

Aura Amador:

Agradezco a *Dios* por darme la fortaleza necesaria para enfrentar día a día los retos y dificultades que se me presentan, por la sabiduría que me regala a diario.

A mi madre, *Esmilda Gutiérrez*, por sus sabios consejos y por no dejar que olvidara mis objetivos; por el inmenso esfuerzo hecho para que yo sea una persona preparada para la vida brindándome la mayor herencia que pudo haberme dado: mis estudios superiores.

A mi familia y amigos que siempre estuvieron pendientes y disponibles en todo momento.

Junieth Morazán:

Gracias Señor! Por permitirme un logro más en mi vida, y concluir con gran satisfacción esta investigación.

Agradezco a mis padres por su motivación y consejos para que esto fuese posible, por su aporte económico y por priorizar siempre mis estudios, a mí familia que siempre me mostro su apoyo de diferentes formas en especial a mi tía Mercedes Morazán por brindarme su hospitalidad durante los últimos años y ser incondicional durante todo este tiempo.

A la familia de Aura Amador que siempre estuvo disponible para colaborar durante la investigación y todos aquellos que cooperaron con pequeñas actividades, pero igual no dejaron de ser importantes.

Jader Rugama:

Agradezco a Dios por la oportunidad de culminar este trabajo por haber puesto en mi camino grandes compañeras que con su comprensión y esfuerzo me ayudaron a no claudicar y así poder formar parte de este grupo tan lindo.

Conjuntamente:

A FUNICA por el apoyo técnico y financiero, para el desarrollo de la investigación.

A nuestra tutora Ing. Karla Elisabeth Dávila, por el apoyo brindado, el tiempo, la dedicación, la paciencia y la asistencia brindada al ser nuestra quía durante la realización de este trabajo.

A la Mcs .Sandra Blandón Navarro, por brindarnos su colaboración y conocimientos para el desarrollo de este trabajo de graduación.

A los Ingenieros Isaac Bucardo y Gustavo Moreno por su gran colaboración y apoyo durante la investigación.

A CISA Exportadora S.A. y UCOSEMUN R.L. por darnos la materia prima para realizar los experimentos durante esta investigación.

Página iv Autores: <u>Aura Amador</u>, <u>Junieth Morazán v Jader Rugama</u>

RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se efectuó con el objetivo de validar una máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible. Durante este estudio se determinaron las propiedades de la cascarilla de café, al igual se caracterizaron las briquetas elaboradas con la máquina briqueteadora, comparándolas con las elaboradas artesanalmente, asimismo se establecieron las ventajas económicas de dicho equipo, y posteriormente se realizó un análisis comparativo entre las briquetas y la leña como combustible. Para elaborar estos análisis se ejecutaron varias actividades entre ellas: pruebas de ceniza, humedad, granulometría, análisis del funcionamiento del equipo, desarrollo de producto densificado (briquetas) con diferentes aglutinantes, pruebas de dióxido de carbono, poder calórico, y se realizó el cálculo de la inversión inicial, costos de producción de las briquetas. Según los datos recolectados de las diferentes pruebas realizadas se obtuvo que: entre menor sea el tamaño de las partículas de la materia prima (cascarilla) se obtiene mayor calidad del producto densificado, sin embargo el equipo propuesto para la validación, siendo este una máquina de tornillo helicoidal, resultó ser un equipo no funcional, no obteniendo los resultados esperados, debido al sistema de compactación que presentaba, por este y otros inconvenientes que presentó dicho equipo, se descarta, por lo tanto se recurrió a dos prototipos de maguinaria como son el Molde de madera y la Prensa manual, este último presenta un sistema de compactación que permite obtener un producto de calidad al usar una mezcla entre almidón cocido con cascarilla triturada, en base estos equipos y mezcla se procedió a realizar los cálculos de producción obteniendo que estos son mayores en la prensa dado a su nivel de producción, en cambio en el molde son menores, pero su producto no es de calidad.

Dentro del análisis comparativo entre la leña y la briqueta se encontró que esta última presenta mayor poder calórico, genera menos dióxido de carbono, aspecto que podemos destacar desde el punto de vista ambiental.

Palabra Clave: Briquetas, cascarilla de café, aglutinantes, briqueteadora.

INDICE GENERAL

l.	IN	TRODUCCIÓN	1
II.	OB	BJETIVOS	3
2	.1	Objetivo general	3
2	.2	Objetivos específicos	3
III.	J	JUSTIFICACIÓN	4
IV.	N	MARCO TEÓRICO	6
4	.1	Generalidades de la cadena agroproductivas del café	6
4	.2	Cascarilla de café	7
4	.2.1	Propiedades de la cascarilla del café	7
4	.2.2	Usos de la cascarilla del café	8
4	.3	Características de las biomasas	8
4	.4	Granulometría	10
4	.5	Briquetas	10
4	.5.1	Proceso de briqueteado artesanal.	11
4	.5.2	Aglutinantes y aditivos	12
4	.5.3	Tecnologías y Equipos de Briqueteado	13
4	.5.4	Presiones	15
4	.6	Análisis de las ventajas económicas	18
4	.6.1	Determinación de los costos	18
V.	H	HIPOTESIS	21
VI.		DISEÑO METODOLÓGICO	21
6	.1	Aspectos y ubicación del estudio	21

	6.2	Tipo de investigación	21
	6.3	Fases de la investigación	22
	6.3.1	Pruebas para determinar las propiedades de la cascarilla de café	22
	6.3.2	Análisis granulométrico	22
	6.3.3	Análisis del funcionamiento de los equipos de briqueteado	23
	6.3.4	Desarrollo del producto densificado (Briquetas)	27
	6.3.5	Pruebas físicas para las briquetas	29
	6.3.6	Determinación del nivel de producción de las máquinas	33
	6.3.7	Análisis de ventajas económicas	33
	6.3.8	Análisis comparativo de las máquinas propuestas	34
	6.3.9 coml	Análisis comparativo entre las briquetas y la leña co bustible	
	6.4	Método de procesamiento y análisis de la información	35
V	II. <i>P</i>	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	35
	7.1	Pruebas para determinar propiedades de la cascarilla	35
	7.2	Análisis Granulométrico.	36
	7.3	Análisis del funcionamiento de los equipos	37
	7.4	Desarrollo del producto densificado (Briquetas)	43
	7.5	Pruebas físicas para las briquetas	46
	7.6	Determinar el nivel de producción de la máquina	48
	7.7	Análisis de ventajas económicas.	49
	7.8	Análisis comparativo de las maquinas propuestas	61
	7.9	Análisis comparativo entre las briquetas y leña como combustible.	63
V	III. C	CONCLUSIONES	65
IX	(. F	RECOMENDACIONES	67

X.	BIBLIOGRAFÍA	68
XI.	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis comparativo de las maquinas propuestas	34
Tabla 2. Datos de las pruebas de ceniza en briquetas	47
Tabla 3. Dosificación de materia prima e insumos para elaborar briqueta	50
Tabla 4. Costos de materia prima	51
Tabla 5. Costos de envase y empaque	52
Tabla 6 Otros materiales	52
Tabla 7. Consumo de agua	53
Tabla 8. Costos de Mano de Obra	54
Tabla 9 Depreciación de equipos	55
Tabla 10. Presupuesto de producción Anual	55
Tabla 11 . Dosificación de materia prima e insumos para elaborar briqueta (Mol de madera)	
Tabla 12. Costos de materia prima e insumos	57
Tabla 13. Costos de envase y empaque	58
Tabla 14 . Otros materiales	58
Tabla 15. Consumo de agua	59
Tabla 16. Costo de mano de obra	60
Tabla 17. Depreciación de equipo	60
Tabla 18 Presupuesto de producción anual	
Table 10 1 resupersite de producción directions	61

Tabla 20. Análisis comparativo entre los combustible (Briqueta y leña) 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Briqueteadora de pistón. (Ortiz, Tejada, & Vázquez, 2003)	14
Figura 2. Briqueteadora de tornillo (Ortiz, Tejada, & Vázquez, 2003)	15
Figura 3 Terminología de la rosca de un tornillo	16
Figura 4 Tornillo de Potencia empleado para elevar un peso	17
Figura 5 Máquina Briqueteadora de tornillo	24
Figura 6 Prensa manual de hierro	25
Figura 7 Molde de madera	26
Figura 8 Diagrama de proceso para la obtención de briquetas	28
Figura 9 Cocina utilizada en la prueba de tiempo que duran las briqueta consumiéndose	
Figura 10 Propiedades de la cascarilla de café como materia prima	36
Figura 11Distribución granulométrica de la cascarilla de café triturada	37
Figura 12 Briquetas elaboradas con aglutinantes (Almidón en polvo y agua) Molde	44. ڊ
Figura 13 Briquetas elaborada con aglutinantes (Agua) Prensa	44
Figura 14 Briquetas elaboradas con cascarilla sin triturar	45
Figura 15 Briquetas elaboradas con Cascarilla triturada	45

Página ix

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de materias sólidas consideradas como desechos agrícolas como la madera, el aserrín, cascarilla de arroz, cascarilla de café, entre otros, pueden ocuparse de forma directa en los quehaceres del hogar, pero estos materiales sin ningún procesamiento previo arden con dificultad, producen mucho humo y no son apropiados para cocinar.

Uno de los mejores métodos para aprovechar dichos residuos consiste en la aglomeración de pequeñas partículas en briquetas, las cuales se fabrican a través del prensando utilizando algún material ligante para darles forma de ladrillos o cilindros y posteriormente usarlos en cocinas domésticas, o como combustible para hornos e intercambiadores de calor en la industria. De esa forma se aprovechan los desperdicios, se mejora la combustión disminuyendo la contaminación ambiental y contando con un combustible económico.

Según (Camps & Marcos, 2008) el tiempo de inflamabilidad de pellets y briquetas es similar o ligeramente superior al de las leñas. Las leñas presentan temperaturas y tiempos de inflamabilidad muy variables, pues dependen de la existencia o no de corteza, el tipo de corteza, el porcentaje de corteza, la disposición de la leña respecto al tipo del hogar y la superficie específica de la leña. Los biocombustibles forestales que más pronto se inflaman suelen ser las astillas y el carbón vegetal.

La temperatura de inflamabilidad es ligeramente superior en los pellets y briquetas que en las astillas. Con las leñas la comparación depende del tipo de leña. (Camps & Marcos, 2008).

Tomando en cuenta lo antes expuestos, se realizó este estudio, el cual consiste en la validación de un prototipo de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café, dicha investigación contó con el

apoyo económico de la Fundación para el desarrollo tecnológico, agropecuario y forestal de Nicaragua (FUNICA). Por lo tanto en el presente documento se dan a conocer la metodología utilizada, resultados obtenidos, y algunas recomendaciones.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Validar máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el procesamiento de la cascarilla de café, con la finalidad de identificar las ventajas y desventajas del equipo.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de la cascarilla de café a través de análisis de su composición y granulometría.
- Caracterizar las briquetas elaboradas con la máquina briqueteadora, comparándolas con las elaboradas artesanalmente.
- Determinar las ventajas económicas de la máquina briqueteadora a partir del cálculo de la inversión inicial, costos de producción de las briquetas.
- Realizar un análisis comparativo entre las briquetas y la leña como combustible.

III. JUSTIFICACIÓN

En Nicaragua la producción de café según datos que registra el Banco Central en los últimos 5 años se ha estimado entre 1.5 y 2 millones de quintales al año, mismos que al pasar por el proceso de trillado generan 6.1% de residuos (Cascarilla), la que generalmente es quemada, aun conociendo sus potenciales usos, entre estos su poder calorífico, no se ha dado tratamiento, motivo por el cual es considerada una problemática para el beneficiado seco. Sin embargo existen algunas alternativas que pueden dar respuesta al manejo de este residuo como es la formulación de abonos orgánicos, combustibles para eco fogones, briquetas entre otros.

Tomando en cuenta los volúmenes generados de cascarilla de café, el espacio que ocupa la misma, el difícil manejo de este residuo y el consumo excesivo de leña en los hogares; como alternativa de biocombustible y considerando el poder calorífico de la cascarilla de café, las briquetas o bloques sólidos se pueden utilizar en estufas, chimeneas, hornos y calderas, asimismo ocupa menos espacio para su almacenamiento.

Dada las ventajas antes mencionadas sobre las propiedades que presentan las briquetas, se consideran una alternativa que solucionaría las dificultades que se encuentran en el beneficiado seco como es el caso de CISA Exportadora S.A, siendo una de las mayores acopiadoras y procesadoras de café, con una participación del 22% del total exportado en el 2011/2012, la cual equivale a 17,647 quintales en cascarilla producida según datos proporcionado por el CETREX en el 2012.

Analizando los volúmenes de cascarilla de café manejados por CISA Exportadora y el inconveniente que presentan los mismos para la empresa se diseñó y construyó un prototipo de máquina para elaboración de briquetas. Prototipo que

será evaluado con el objetivo de garantizar que su funcionamiento sea eficaz y al final se obtenga un producto eficiente.

Según (Guevara, 2004) "el estudio realizado por la FAO en el 2004 establece que: de acuerdo al balance energético las principales fuentes de energía dentro del consumo nacional lo constituyen la leña, con un 55%, donde su principal utilización es en la cocción de alimentos, tomando en cuenta que el 98% de los hogares de la zona rural usan este producto para el fin antes mencionado, situación que en los últimos años no ha variado mucho". En el 2009 el Instituto nicaragüense de energía (INE) registró que el consumo de leña fue de 24,320 toneladas en dos empresas azucareras. De manera implícita y a largo plazo este proyecto pretende promover la reducción del consumo de leña que genera un gran impacto ambiental y dar un manejo adecuado a la cascarilla de café principal residuo del beneficiado seco, minimizando los volúmenes generados.

Por lo expuesto anteriormente donde se refleja el potencial del residuo "cascarilla de café" y los volúmenes que se manejan en los beneficios secos, surge la necesidad de aprovechar este recurso y darle un valor agregado. Motivo por el cual en alianza, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) – y la Fundación para el desarrollo tecnológico, agropecuario y forestal de Nicaragua (FUNICA), en el marco del proyecto "Desarrollo de productos a partir de los desechos del café y validación de pequeñas estructuras de beneficios húmedos". Se propone la validación de una maquina briqueteadora para el aprovechamiento de la cascarilla de café.

IV. MARCO TEÓRICO

Para la realización de la presente investigación fue necesario tomar en cuenta los fundamentos teóricos y experiencias en relación con el tema. A continuación se abordan estos aspectos.

4.1 Generalidades de la cadena agroproductivas del café

El café es una semilla procedente del árbol del cafeto, perteneciente a la familia de las Rubiáceas y al género Coffea. Los cafetos cultivados en el mundo a nivel industrial son de las especie Coffea Arábica y Coffea Conephora.(Prieto, 2002)

Dentro de la cadena agroproductiva del café se identifican cuatro fases principales: la fase agrícola, la fase del beneficiado, la fase torrefacción o tostado y la fase de comercialización.

La fase agrícola involucra atender las plantaciones, la cosecha y el beneficiado húmedo preliminar, el cual se realiza en la finca, este consiste en el despulpado, fermentación y lavado.

La fase del beneficiado o procesamiento del café da continuidad a la fase anterior (fase agrícola) y consiste en secar el grano en pergamino, posteriormente pasa a la operación de trillado, esta consiste en separar el pergamino del café-oro. Esta operación se lleva a cabo en equipos llamados trillas o retrillas. Al momento de salir de la trilla, el café es pasado por un seccionador que remueve el pergamino suelto, dicho pergamino o cascarilla se considera un residuo. Finalmente el café oro es seleccionado, según calidades y destino (exportación o consumo interno).

La fase de torrefacción o tostado está concentrada en unas cuantas empresas que venden su producto en el mercado nacional fundamentalmente. En la fase de

comercialización, el productor independiente se vincula para vender su producto con empresas exportadoras, organizaciones de productores o cooperativas, de acuerdo a los beneficios que obtiene de estos compradores o intermediarios. (Navas, Osorio, & Bolaños, 2008).

4.2 Cascarilla de café

La cascarilla de café también llamada cisco es una envoltura cartilaginosa de color blanco amarillento de aproximadamente 100 micrómetros de espesor y que corresponde al endocarpio (pergamino) del fruto, la semilla se encuentra en una forma suelta dentro de esta. (Palacios & Betancurt, 2005). Esta se extrae mediante el proceso de trillado donde ocurre una separación, a continuación se presentan las características físicas y químicas.

4.2.1 Propiedades de la cascarilla del café

Para aprovechar de manera eficiente este residuo y someter el mismo a un sinnúmero de tratamientos con la finalidad de obtener productos orgánicos, es necesario conocer las propiedades tanto químicas como físicas de la cascarilla del café, ya que dichas características determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar.

Según (Orozco, Cantarero, & Rodríguez M) la cascarilla de café tiene la siguiente composición química: contenido de humedad de 7,6%, materia seca 92,8%, extracto etéreo 0,6%, nitrógeno 0,39%, cenizas 0,5%, extracto libre de nitrógeno 18,9%, calcio y Magnesio 150 mg y fósforo 28 mg.

De acuerdo a estudios realizados por (Palacios & Betancurt, 2005), el cisco o cascarilla del café presenta las siguientes propiedades:

El poder calorífico es de aproximadamente 7458 Kcal/Kg.

- El porcentaje de cenizas es de aproximadamente 0.6%.
- Su humedad promedio es de 5.4 %.
- El Material volátil es de 87.7 %.
- Densidad aparente promedio 0.33 g / cm³.
- El tamaño de las partículas oscila entre 0.425 y 2.36 mm de diámetro.

Tomando en cuenta estas propiedades sobre todo el poder calorífico se puede considerar una materia prima apta para la elaboración de briquetas.

4.2.2 Usos de la cascarilla del café

Por el alto contenido de celulosa y su poder calorífico la cascarilla de café se utiliza como material de combustión en el secado del café en algunos beneficios, al igual se ha centrado en las aplicaciones como el biocompost y sustratos de algunos cultivos.

Como resultado de algunas investigaciones se encontró que a partir de este producto se puede obtener plásticos, cartones, briquetas y como ingrediente en concentrado para alimentación en búfalos, entre otras. (Salazar, Garcia, & Olaya).

4.3 Características de las biomasas.

Según (FOCER, 2002) considera que para determinar la factibilidad técnica y económica de un proceso de conversión de biomasa en energía, es necesario analizar ciertos parámetros y condiciones que la caracterizan como son:

 Tipo de biomasa: Los recursos biomásicos se presentan en diferentes estados físicos que determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos de conversión energética que pueden aplicarse a cada tipo en particular.

- Composición química y física: Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar. Por otro lado, las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar.
- Contenido de humedad (H.R.): El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%.
- Porcentaje de cenizas: El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues, en algunos casos, ésta puede ser utilizada.
- Poder calórico: El contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Su poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material.
- Densidad aparente: Esta se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta, bajo condiciones dadas. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos entre cargas.

4.4 Granulometría

Granulometría tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas de acuerdo a su tamaño.(Moreno & Ivala, 2009).

Existen métodos que nos proporcionan mayor o menor exactitud al momento de realizar mediciones, por lo tanto, se han descubierto muchas técnicas para la clasificación del tamaño medio de grano. Estos se clasifican en: Tamizado (Mecánico) es para partículas finas y Sifonado o Sedimentación, este se ha basado en la Ley de Stokes. (santamaria, alvarado, colin, & perez, 2009).

Según (Prudente, 1989) citado por (Moreno L. L., 2003) señala que la granulometría de las partículas finas, que serán empleadas como materia prima para la producción de briquetas de carbón vegetal, influye directamente en la proporción de carbón vegetal, aglutinante y agua que deberá componer la mezcla para las briquetas. De igual forma, la granulometría determina la resistencia mecánica y la calidad de la briqueta.

4.5 Briquetas

Las briquetas son un biocombustible (de origen lignocelulósico en la mayor parte de los casos) formado por la compactación de biomasa. En el proceso del briqueteado puede haber transformaciones químicas debido al calentamiento de la biomasa en el interior de la briqueteadora. La materia prima fundamental serán las astillas y residuos de madera, sin embargo, a veces, las briquetas están formadas por la compactación de cualquier tipo de biomasa residual.

El término "briqueta" (briquett en inglés) es un término claro por un lado y confuso a la vez. Es claro, ya que una vez vista una briqueta no se puede confundir con otro biocombustible, pero es confuso porque la briqueta puede estar fabricada con diversos materiales compactados (Camps & Marcos, 2008).

La característica común de todas las briquetas es su alta densidad. Su forma suele ser cilíndrica; pero no lo es así siempre. Por ejemplo, las briquetas de carbón vegetal que se obtienen compactando polvo o carbón granulado tienen forma de huevo o de avellana de unos 12-20 cm de largo. Cada proceso y fabricante produce una briqueta de forma y dimensiones distintas. (Camps & Marcos, 2008).

4.5.1 Proceso de briqueteado artesanal.

Según el documento publicado por FAO bajo la autoría de (Pasca T., 1989) considera que el proceso de fabricación de briquetas consiste en:

El corte y/o la trituración de los desechos combustibles. En la tecnología rural simple, donde los materiales que hay que preparar son ramas y paja, el mejor instrumento para cortarlos es el hacha de mano o el hacha de carpintero. Para la producción en gran escala se requieren diferentes instrumentos, como la máquina para cortar paja utilizada comúnmente por los agricultores europeos.

La segunda operación consiste en el secado de los principales ingredientes combustibles. Cuando se aplica una tecnología simple, el secado debe realizarse sin utilizar combustible. Por lo tanto, la única opción real consiste en el secado natural en lugares bien ventilados protegidos de la lluvia. Este tipo de secado requiere mucho tiempo y en consecuencia los ingredientes básicos para la fabricación de briquetas deben prepararse con mucha anticipación.

En tercer lugar, se mezclan los varios tipos de desechos y materiales aglutinantes para obtener una consistencia y un valor calorífico óptimos. Si se dispone de lubricante para motores usado se puede añadir a los desechos, pero, aunque aumenta el poder calorífico de las briquetas, las hace desmenuzables. Por lo tanto, se debe añadir con mucha precaución. En algunos casos, para dar

plasticidad al material, es necesario añadir un aglutinante húmedo o tratándose del papel, mojarlo antes de someterlo a presión para obtener briquetas.

La cuarta operación consiste en comprimir las briquetas, y la quinta en secarlas al aire libre, bajo techado. Con arreglo a las condiciones del material aglutinante y del secado, se requerirán varios días y varios meses para obtener briquetas secas. El secado aumenta considerablemente el poder calorífico de las briquetas, ahorrando combustible. Por consiguiente, las briquetas deberán producirse con bastante antelación al momento previsto para su uso.

4.5.2 Aglutinantes y aditivos

Según (Patiño, 1989) consultado por (Moreno L. L., 2003) considera que La adición del pegamento o aglutinante al cisco es uno de los pasos críticos en la fabricación de briquetas. Prácticamente cualquier adhesivo podría ser utilizado como cementante. La selección se hace en función del costo y del uso final que se pretende para la briqueta. Una briqueta típica contiene 87% de carbón, 8% de almidón y 5% de humedad.

Continuando con las consideraciones (Patiño, 1989) y (Prudente, 1989), citado por (Moreno L. L., 2003) estos constituyen aspectos muy importantes los cuales establecen que los cementantes se pueden clasificar en emisores y no emisores de hollín. Entre los emisores se pueden citar algunos compuestos del petróleo y el alquitrán del carbón mineral o vegetal. Entre los no emisores se encuentra el almidón, melaza de caña, cemento y licor sulfítico (subproducto de la fabricación de papel). El aglutinante más utilizado es el almidón de maíz no refinado y granulado, debido a que se vuelve adhesivo después de cocido. (Patiño, 1989).

En lo referente al aglutinante, (Prudente, 1989), menciona que el más utilizado es el almidón industrial de mandioca no refinado, fécula de mandioca, brea, resina sintética, melaza de caña de azúcar, emulsión asfáltica, cola de taninos, brea y alquitranes vegetales.

Otra sustancia considerada como aditivo es la cal según (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy, & Gallo), señala que su función es evitar desmoronamientos y la formación de grietas en la briqueta.

4.5.3 Tecnologías y Equipos de Briqueteado.

Los métodos industriales de briqueteado datan de la segunda parte del siglo XIX. Desde entonces el uso de las briquetas ha estado ligado a períodos de escasez de combustible y a épocas de crisis, al igual que en la actualidad, se ha considerado como una alternativa para el control de grandes volúmenes de residuos agroindustriales, para el cual se ha tomado en cuenta la existencia de diferentes tecnologías industriales y artesanales que permite el desarrollo de productos densificados.

Según (Ortiz, Tejada, & Vázquez, 2003) considera que dentro de las distintas tecnologías de briqueteado las más usadas son las siguientes:

Densificación por impacto – Briqueteadora de pistón

La compactación del material se consigue mediante el golpeteo, producido sobre la biomasa, por un pistón accionado a través de un volante de inercia. Las densidades conseguidas suelen estar entre 1.000 y 1.200 kg/m³.

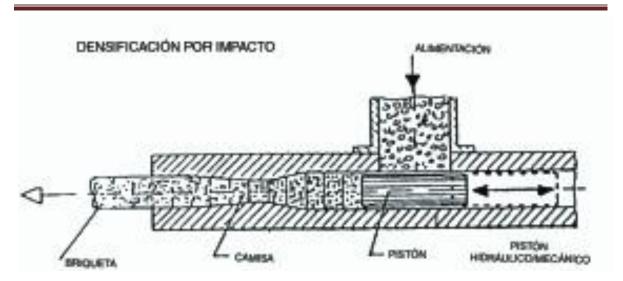


Figura 1. Briqueteadora de pistón. (Ortiz, Tejada, & Vázquez, 2003)

Densificación por extrusión – Briqueteadora de tornillo

Se trata de un sistema basado en la presión ejercida por un tornillo sinfín especial, que hace avanzar el material hasta una cámara que se estrecha progresivamente (forma cónica). Este tipo de equipos permite realizar briquetas con orificios interiores que favorecen su combustión. Con este sistema se pueden obtener briquetas de mayor densidad que con los sistemas de impacto (1.300- 1.400 kg/m³), si bien, los consumos energéticos y los costes de mantenimiento son notablemente más elevados.

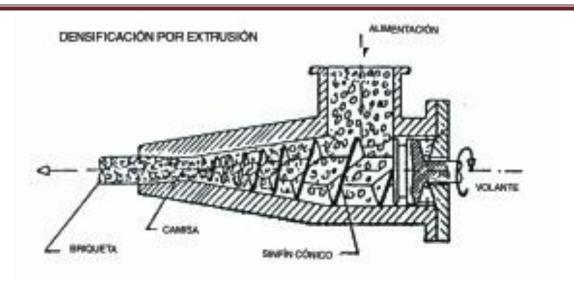


Figura 2. Briqueteadora de tornillo (Ortiz, Tejada, & Vázquez, 2003)

• Briqueteadora hidráulica o neumática

En esta máquina la presión es producida por uno o varios cilindros accionados por sistemas hidráulicos o neumáticos. Se suele utilizar cuando los residuos son de muy mala calidad, o están húmedos y no se requiere una gran calidad de la briqueta final. Es un equipo de muy poco consumo y mantenimiento.

Estos equipos producen briquetas con densidades del orden de 700-800 kg/m³, si bien en determinados casos pueden llegar a alcanzar hasta 900 -1.000 kg/m³.

4.5.4 Presiones

Normas y definiciones de roscas según (Shigley & Mischke, 2002)

La terminología de las roscas de tornillo, ilustradas en la figura 3, se explica como sigue:

El paso es la distancia entre dos cuerdas adyacentes, medida en forma paralela al eje de la rosca. El paso en unidades inglesas es el reciproco del número de cuerdas por pulgada N.

El diámetro mayor d es el más grande de la rosca.

El diámetro menor dr o dl es el más pequeño de la rosca.

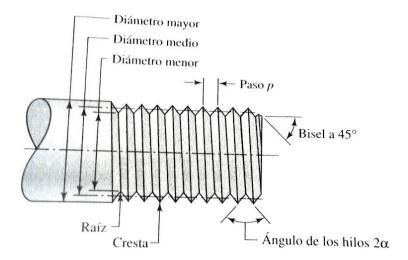


Figura 3 Terminología de la rosca de un tornillo.

El avance I, que no se muestra, es la distancia que se desplaza una tuerca en forma paralela al eje del tornillo cuando se le da una vuelta. En el caso de una rosca simple, como en la figura 3, el avance es igual al paso.

Un tornillo de transmisión de potencia es un dispositivo que se utiliza en maquinaria para cambiar el movimiento angular en movimiento lineal, por lo general para transmitir potencia.

En la figura 4 se presenta un tornillo de transmisión de potencia de rosca cuadrada, con rosca simple, con un diámetro medio dm, un paso p, un ángulo de avance λ , y el ángulo de la hélice ψ está sometido a la fuerza de compresión axial F. se desea encontrar una expresión para el par de torsión requerido para elevar la carga.

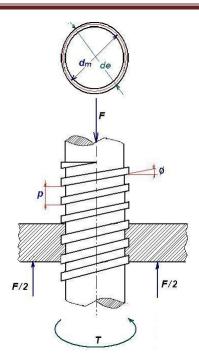


Figura 4 Tornillo de Potencia empleado para elevar un peso.

(Shigley & Mischke, 2002) ha presentado la siguiente expresión para determinar el par de torsión requerida al subir.

Tsubir=
$$\frac{\text{Fdm}}{2}$$
 [$\frac{\text{L+} \mu \pi \text{dm}}{\text{Idm-}\mu \text{L}}$]

Dónde:

dr= diámetro menor o raíz

d= diámetro mayor o nominal

 $dm = \frac{dr+d}{2} = diámetro medio o diámetro de paso$

P= paso = distancia entre 2 hilo (filetes) adyacentes medida en dirección axial.

N= número de hilos por pulgada = 1/P

L= avance= distancia axial que se desplaza una tuerca al girarla una vuelta completa sobre el tornillo.

• Presión ejercida por una persona.

Según (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy, & Gallo) establece que el nivel de presión oscila entre (0.8 y 1.7) kPa, que es la fuerza promedio ejercida por una persona. Al igual establece que esta presión fue aplicada para la elaboración de briquetas de forma artesanal y especifica que de no usarse aglutinante se hubiese requerido presiones altas a 5000 kPa.

4.6 Análisis de las ventajas económicas

Dada la importancia que implica las ventajas económicas en esta investigación se han tomado como base algunos conceptos definidos por (Baca, 2006) los cuales se muestran a continuación.

El análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de operación de la planta (abarque las funciones de producción, administración y ventas), así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica.

Para la realización de un estudio económico se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

4.6.1 Determinación de los costos

Costos es un desembolso en efectivo o en especie hecho en el pasado, en el presente, en futuro o en forma virtual.

Los costos a determinar dentro de un estudio económico están:

Costo de producción

Estos se anotan y determinan con las siguientes bases: costos de materia prima, mano de obra, envases, energía eléctrica, agua, combustible entre otros.

Clasificación de los costos de Producción

✓ Costos Variables

Hace referencia a los costos de producción que varían dependiendo del nivel de producción.

Es decir, todo aquel costo que aumenta o disminuye según aumente o disminuya la producción, se conoce como costo variable.

✓ Costo de materia Prima

Este rubro está integrado por las materias primas principales y subsidiarias que intervienen directa o indirectamente en los procesos de transformación (pescado, aceite, sal, condimentos, etc.), ya que la característica esencial de esta actividad es manufacturera. (FAO, 1998)

La estimación de este rubro podrá llevarse a cabo mediante el conocimiento de los siguientes elementos de juicio:

- Cantidades de materias primas requeridas para elaborar una unidad de producto.
- o Precios unitarios de las materias primas puestas en fábrica.

✓ Costo de Mano de obra directa

Incluye los sueldos de los obreros y/o empleados cuyos esfuerzos están directamente asociados al producto elaborado.

✓ Mantenimiento

Este rubro incluye los costos de materiales y mano de obra (directa y supervisión) empleados en rutinas o reparaciones incidentales y en algunos casos, la revisión de equipos y edificios.

✓ Servicios

Agua

El costo del agua depende de varios factores, una empresa puede tener que: Comprar el agua, extraerla (de pozos, o de rio y tratarla).

A pesar que el costo del agua comúnmente es bajo en la mayoría de los países (algunas veces por un subsidio del estado), la tendencia actual es hacia un incremento en el costo del agua como consecuencia del conocimiento de la caída mundial en la disponibilidad de este recurso.

✓ Suministros

Aquí se hace referencia a todas las herramientas y elementos auxiliares utilizados para la manufactura del producto en cuestión.

✓ Empaque

Este es un rubro que normalmente puede considerarse dentro del costo de materia prima, pero se ha preferido detallarlo separadamente, dado que en algunos casos particulares representa un porcentaje muy importante del costo total de producción.

✓ Costos de venta

En este sentido, vender no significa sólo hacer llegar el producto al intermediario o consumidor, si no que implica una actividad mucho más amplia.

✓ Inversión total inicial

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

V. HIPOTESIS

Hi: Las briquetas elaboradas con la máquina briqueteadora de tornillo helicoidal son más eficientes en la producción de energía que las elaboradas artesanalmente.

VI. DISEÑO METODOLÓGICO.

El presente estudio es producto de un trabajo interinstitucional, este se desarrolló en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino (UNI-RUACS), contando con el aporte económico y técnico de la Fundación para el desarrollo tecnológico, agropecuario y forestal de Nicaragua (FUNICA) y con la contribución de CISA Exportadora S.A, la cual consiste en facilitar la materia prima.

6.1 Aspectos y ubicación del estudio

Esta investigación se desarrolló en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Augusto C. Sandino (UNI-RUACS), ubicado en la ciudad de Estelí, Nicaragua. Se consideró este laboratorio, ya que presta las condiciones para la realización de las diferentes pruebas.

6.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental ya que esta consistió en elaborar briquetas utilizando tres tecnologías y caracterizarlas según los parámetros a medir, para posteriormente comparar los resultados entre los equipos, lo cual requería realizar diferentes tratamientos y pruebas.

6.3 Fases de la investigación

La descripción de las diferentes fases desarrolladas para la validación del prototipo de máquina briqueteadora se describen a continuación:

6.3.1 Pruebas para determinar las propiedades de la cascarilla de café Estas pruebas se realizaron tomando en cuenta que la biomasa debería estar en su estado original, es decir esta no deberá haber pasado por ningún proceso de densificación.

- 1. <u>Calculo del porcentaje de humedad:</u> para la realizar este parámetro se midió el nivel de humedad por diferencia de materia seca.
- 2. <u>Determinación de materia seca:</u> Se utilizaron cuatro muestras de 100 g, cada una, posteriormente se introdujeron al secador Thermo Scientific una temperatura de 60°C durante 24 horas.
- 3. Porcentaje de Cenizas: Se tomaron cuatro muestras de 100 g cada una y posteriormente se introdujeron a la mufla a 400 ° C y los residuos de material que quedaron después del quemado se pesaron en una balanza analítica Scout 600g con una precisión de 0.01 g, para determinar el porcentaje de ceniza generada.

6.3.2 Análisis granulométrico

Este análisis mecánico consiste en ordenar de forma descendente una serie de tamices, depositando la cascarilla seca en ellos, agitándolos de forma horizontal o vertical durante 5 o 10 minutos.

Después se pesó la cascarilla retenida en cada una de la mallas evitando la pérdida de material. Posteriormente, se calculó el porcentaje retenido en cada

tamiz con el peso total de la muestra y el porcentaje que pasa respecto a dicho total.

6.3.3 Análisis del funcionamiento de los equipos de briqueteado.

Para realizar la validación de la briqueteadora uno de los primeros pasos fue el análisis del funcionamiento de dicho equipo, este tenía como objetivo detectar debilidades o errores que pudieran presentar las mismas durante el proceso de elaboración de briquetas, por lo tanto se observó el comportamiento del equipo al ponerse en operación en condiciones de trabajo, esta actividad fue una prueba exploratoria, ya que con ella se conocieron detalles técnicos sobre el funcionamiento de los equipos, para realizar propuestas de mejora de ser necesario.

Los equipos utilizados fueron los siguientes:

• Briqueteadora de tornillo helicoidal.

Este equipo es una máquina briqueteadora de tornillo helicoidal, la cual fue armada en el Taller de Metal Parrales.

Las partes principales de esta máquina son: la tolva para la alimentación de materiales, el tornillo helicoidal que sirve para el transporte de material, un tubo de acero donde el material transportado se compacta, al mismo tiempo que conduce a la descarga del material densificado, un motor eléctrico de 2Hp para proveer la energía necesaria para el funcionamiento del equipo, además de un reductor para controlar las revoluciones del motor. Todas las partes están soportadas por una estructura metálica, la que sirve como base de este equipo.

A continuación en la Figura se muestra la máquina.



Figura 5 Máquina Briqueteadora de tornillo helicoidal.

Funcionamiento

Este sistema consiste en una tolva que permite la alimentación del equipo, posteriormente un tornillo helicoidal transportará y compactará la mezcla, misma que será retenida en un tubo de hierro con una tapadera atornillada. Todo este sistema es impulsado por un motor eléctrico.

Prensa Manual de Hierro

Este equipo se diseñó tomando como base el sistema de prensado que comúnmente se usa en las tabacaleras para el moldeado de puros, ya que se consideró un sistema muy práctico, al cual se le agregó el diseño del molde de manera que se adaptará a la forma del producto que se quería obtener. Dicho equipo fue armado en el taller "LOVIL" de la ciudad de Estelí.

Las partes principales de la prensa manual de hierro son:

- Palanca para bajar el cilindro de compresión
- Husillo
- Cilindro de compresión

- Molde cilíndrico
- Descarga de briquetas

En la siguiente figura se muestra la prensa manual de hierro:

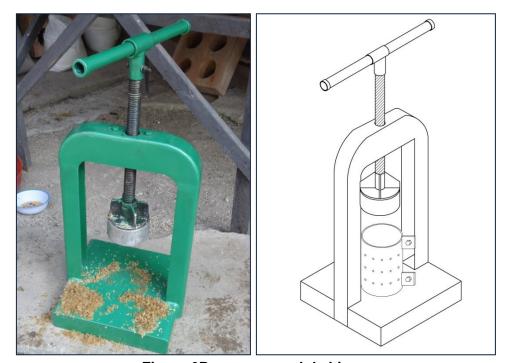


Figura 6Prensa manual de hierro

Funcionamiento

Una vez preparada la mezcla, esta se coloca dentro del molde cilíndrico, el cual deberá estar ubicado en la base de la prensa, en dirección del cilindro de compresión, para posteriormente girar la palanca hasta que el operario considere que ha aplicado toda la fuerza, se deja el cilindro de compresión dentro del molde cierto tiempo y luego se saca el producto finalizado (briquetas).

Las principales características de este equipo son:

- La palanca para bajar el cilindro de compresión no es fija.
- El cilindro de compresión es de 2" de altura x 4 "de diámetro.
- El molde cilíndrico es de 6" altura x 4.3" de diámetro

✓ Calculo de la presión.

Para determinar la presión ejercida se partió de la siguiente ecuación:

$$Presion = \frac{Fuerza}{Area}$$

Para calcular la Fuerza ejercida por el operario se utilizó la ecuación planteada por (Shigley & Mischke, 2002) para determinar la torsión requerida con el fin de superar la fricción en la rosca al subir. Siendo esta:

Tsubir=
$$Fdm$$
 [$L+ μπdm$] 2 $Πdm-μL$

Molde de madera

Este equipo fue tomado del estudio realizado por (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy, & Gallo) en Perú, siendo este el equipo utilizado para realizar sus pruebas, el cual fue retomado en esta investigación para establecer comparación con la prensa manual.

Este equipo cuenta con seis orificios de 4 pulgadas de ancho por cuatro de alto cada uno y un cilindro de comprensión al cual se le aplica una presión, siendo esta ejercida por una persona, en la siguiente figura se muestra dicho equipo.



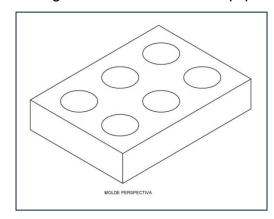


Figura 7 Molde de madera

Funcionamiento

Para su funcionamiento se coloca el molde de madera en una superficie plana, luego se coloca la mezcla en cada uno de los orificios hasta llenarlos y se procede a compactarla con el cilindro de compresión (madera); pasado unos minutos se saca el producto (briquetas) poniendo de forma inclinada el molde y haciendo presión con el cilindro de madera.

Las principales características del equipo son:

- El molde de madera mide 20" ancho x 14" de largo y 4" de grosor.
- El cilindro de compresión es de 2" de ancho x 4" de diámetro con un mango de 6" de altura.

✓ Calculo de Presión

Para este cálculo se tomó como referencia lo establecido por (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy, & Gallo) que el nivel de presión es la fuerza promedio ejercida por una persona.

6.3.4 Desarrollo del producto densificado (Briquetas)

Para la realización de esta fase se utilizaron tres tecnologías: máquina briqueteadora de tornillo helicoidal, prensa manual y molde de madera, ya que se pretendía establecer comparación entre las tres técnicas.

Un aspecto importante para llevar a cabo dicha comparación es el proceso productivo, ya que este nos permite la obtención de briquetas por medio de varias actividades en secuencian lógica, por lo tanto en el siguiente diagrama se muestra el proceso productivo:

Página 27 Autores: <u>Aura Amador, Junieth Morazán y Jader Rugama</u>

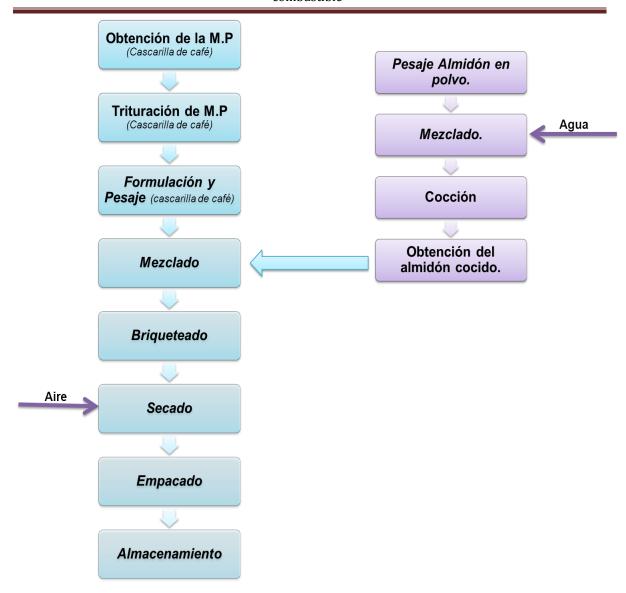


Figura 8 Diagrama de proceso para la obtención de briquetas.

En esta etapa se desarrollaron pruebas con diferentes aglomerantes y cascarilla de café en diferentes proporciones y otra sin aglomerantes, esto tenía como propósito demostrar la influencia que tienen los aglomerantes en el proceso de elaboración de las briquetas, tanto en la compactación como al momento de realizarse la combustión de dicho producto.

Dentro de los aglomerantes utilizados para la investigación se encuentran: la cal y almidón, se decidió emplear estos productos ya que son considerados

cementantes es decir que ayudan a que el producto no se disgregue. Otros de los componentes es el agua, la cual se usa cierta cantidad en todas las mezclas.

Los porcentajes de materia prima y aditivos utilizados, se detallan a continuación, tomando una base de cálculo de 470 g en base a la masa de la briqueta que estará en una proporción entre 50 y 70% en relación a los aditivos.

Tratamiento 1: 50 % Cascarilla de café triturada, 29% agua y 21% cal.

<u>Tratamiento 2:</u> 67% Cascarilla de café triturada y 33% agua.

Tratamiento 3: 50% Cascarilla de café triturada, 21% almidón en polvo, 29% agua

<u>Tratamiento 4:</u> 59% Cascarilla de café triturada, 41% almidón cocido (mezcla de 7% almidón en polvo y 34% de agua).

Tratamiento 5: 50 % Cascarilla de café sin triturar, 29% agua y21% cal.

<u>Tratamiento 6:</u> 67% Cascarilla de café sin triturar y 33% agua.

<u>Tratamiento 7:</u> 50% Cascarilla de café sin triturar, 21% almidón en polvo, 29% agua.

<u>Tratamiento 8:</u> 59% Cascarilla de café sin triturar, 41% almidón cocido (mezcla de 7% almidón en polvo y 34% de agua).

Se realizaron 10 repeticiones para cada uno de los tratamientos y cada uno de los equipos (prensa manual y molde madera).

6.3.5 Pruebas físicas para las briquetas

El producto obtenido de los equipos se sometió a diferentes pruebas, con la finalidad de establecer comparación entre los productos obtenidos por las tecnologías anteriormente descritas.

La metodología que se siguió para la realización de las diferentes pruebas se basa en investigación realizada por (Mora, 2007). Las propiedades determinadas fueron:

"Validación de máquina briqueteadora para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible"

a) Porcentaje de Humedad

Para obtener este parámetro se midió el nivel de humedad por diferencia de materia seca, utilizando materiales, equipos y procedimientos que se detallan a continuación.

Materiales y equipo

- Briquetas
- Secador Thermo Scientific.
- Balanza digital Scout 600 g, 0.01 g de precisión

Procedimiento

- 1. Las muestras se pesaron antes de empezar la prueba y se registró su valor.
- 2. Se introdujeron las briquetas en el secador a temperatura constante de 60°C.
- 3. Se pesaron las muestras periódicamente durante 24 horas.

El contenido de humedad se calculó aplicando la siguiente fórmula:

Porcentaje de humedad: <u>Peso inicial - Peso final</u> x 100 Peso final

b) Porcentaje de Ceniza

Para esto se tomaron las muestras que presentaron las características adecuadas para su uso como combustible. Posteriormente, se introdujeron a la mufla a 400 ° C, y los residuos de material que quedaron después del quemado se pesaron en la misma balanza analítica para determinar el porcentaje de ceniza generada.

c) Tiempo que duran consumiéndose las briquetas encendidas

Para determinar este parámetro se utilizaron las briquetas que cumplían con los criterios establecidos. La metodología empleada en esta etapa se basó en la descrita por el Dr. Leonardo Sánchez Rojas (Mora, 2007).

<u>Materiales</u>

- **Briquetas**
- Leña
- Ocote
- Cerillos

Procedimiento

- 1. Se colocaron por grupos de briquetas dentro del brasero y se acomodaron en forma de pirámide.
- 2. Con ayuda del ocote y los cerillos se incineraron las briquetas.
- 3. Se tomó el tiempo que permanecieron encendidas.
- 4. Se realizó el mismo procedimiento con la leña para comparar los tiempos.

El tiempo que duran consumiéndose las briquetas encendidas se midió con un cronómetro que fue activado a partir que se inició la combustión de las briquetas hasta que se consumieron totalmente y no había llama. En la figura a continuación se muestra el tipo de cocina utilizada en la prueba.

Autores: <u>Aura Amador, Junieth Morazán y Jader Rugama</u>



Figura 9 Cocina utilizada en la prueba de tiempo que duran las briquetas consumiéndose.

d) Pruebas de CO₂

Las pruebas de emisión de CO₂ se realizaron con el objetivo de determinar las ppm de gas que emanan las briquetas durante la combustión y luego establecer comparación con la cantidad que emana la leña, de esta forma se definir cual de los dos productos es menos contaminante con respecto al factor a evaluar. Para esto se utilizó un Medidor de CO₂, de la marca P-SensePlus, Modelo AZ7755, a una distancia de 50 cm de la cocina desde varios ángulos de esta.

e) Poder calórico

El poder calórico se determinó mediante la prueba de agua hirviendo, conocida como The wáter boiling test (WBT), esta es generalmente utilizada por diseñadores de estufas para medir la eficiencia de las mismas, sin embargo en esta investigación se recurre a esta prueba para establecer el combustible con mayor poder calórico, considerando que al aplicar mayor calor se reduce el tiempo en llevar el agua a punto de ebullición.

Se consideró el agua ya que se conoce que a 100°C alcanza su punto de ebullición.

Página 32 Autores: <u>Aura Amador</u>, <u>Junieth Morazán y Jader Rugama</u>

El proceso consiste en colocar una olla con agua a temperatura ambiente en un fogón, el cual se alimentó con los combustibles a evaluar (Briquetas y leña) uno a la vez, asimismo se activó un cronometro para determinar el tiempo que tardaba en calentar el agua hasta punto de ebullición, de esta forma se identificó el combustible de mayor poder calórico.

Cabe destacar que se utilizó el mismo fogón, olla, cantidad de agua, e igual condiciones ambientales, para las pruebas con los diferentes combustibles (briqueta y leña).

6.3.6 Determinación del nivel de producción de las máquinas

Para desarrollar esta etapa se sometieron los equipos a una jornada de 8 horas de trabajo para conocer el número de unidades diarias que podrían producir.

6.3.7 Análisis de ventajas económicas

Para la determinación de las ventajas económicas fue necesario calcular la inversión requerida para cada uno de los equipos, además de los costos de producción de la materia prima. Con estos datos se hizo el análisis comparativo de las propuestas.

✓ Determinación de la inversión

La inversión comprende la adquisición de los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles. En este caso, el cálculo de la inversión se hizo tomando como base el costo de la construcción de cada una de las máquinas para poder determinar la que presenta menor inversión.

✓ Determinación de los costos de producción de las briquetas

Para el cálculo de estos costos se utilizó la metodología propuesta por (Baca, 2006). Por lo tanto, se requirió calcular el costo de materia prima, mano de obra, empaque, energía, agua, combustibles, control de calidad, mantenimiento de los equipos, depreciación y amortización, además de otros costos. Todos estos costos se sumaron para obtener los costos de producción.

6.3.8 Análisis comparativo de las máquinas propuestas

Este análisis partió de los resultados obtenidos durante el desarrollo de las diferentes pruebas, además de considerar las capacidades de producción de cada uno de los equipos. A partir de esto se determinó la mejor alternativa de las tres opciones presentadas, para lo cual se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 1. Análisis comparativo de las maquinas propuestas

Máquina briqueteadora de tornillo helicoidal	Prensa Manual	Molde de madera

6.3.9 Análisis comparativo entre las briquetas y la leña como combustible

En el análisis comparativo se incluyeron aspectos ambientales tanto de las briquetas como de la leña. Se consideraron las afectaciones al medio ambiente por el uso de la leña y con respecto a la cascarilla se tomaron en cuenta los volúmenes en los que se produce. Otros factores que se consideraron fueron la producción de dióxido de carbono y el poder calórico.

6.4 Método de procesamiento y análisis de la información

Los datos recopilados de los diferentes tratamientos realizados y parámetros medidos se introdujeron en Excel 2007 para representar los resultados mediante tablas, Otros de los software utilizado fue SPSS 17.0 para realizar algunos gráficos y AutoCad 2007, este nos permitió la realización de los diseños para equipos propuestos, cabe mencionar que estos programas son versión libre.

VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A través de la aplicación de la metodología antes descrita se sometió a prueba la hipótesis de investigación y se obtuvieron los siguientes resultados.

7.1 Pruebas para determinar propiedades de la cascarilla

Con la realización de estas pruebas se pretendía caracterizar la biomasa a utilizar en el proceso de validación de los equipos de briqueteado.

Tomando en cuenta los datos obtenidos de las pruebas de materia seca, se calculó un peso promedio 91.1g en base a las 4 muestras de 100g que fueron sometidas a dicho proceso. Estos datos se introdujeron en la ecuación.

Porcentaje de humedad: <u>Peso inicial – Peso final</u> x 100 Peso final

Porcentaje de humedad: 100 g - 91.1 g x 100

100 g

Porcentaje de humedad: 8.90 %

Se obtuvo un porcentaje de humedad de 8.9 %, dato que al compararlo con lo establecido por (Orozco, Cantarero, & Rodríguez M) es un poco alto ya que estos

presentan el 7.6% de humedad, sin embargo en el porcentaje de ceniza obtenido no presenta mucha diferencia ya que fue de 0.6% y el estableciodo por (Orozco, Cantarero, & Rodríguez M) es de 0.5%, para mayor visualización se presenta los datos obtenidos de las 4 pruebas realizadas para determinar las caracteristica de la cascarilla de café.

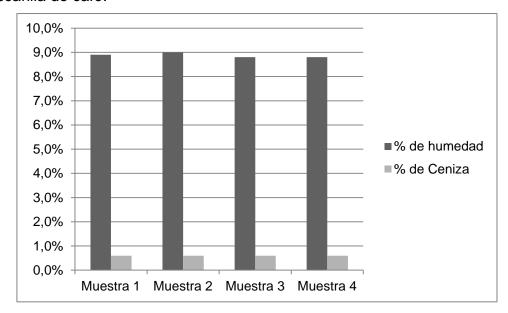


Figura 10 Propiedades de la cascarilla de café como materia prima.

Según los datos calculados anteriormente se puede determinar que la cascarilla de café que se va a utilizar para el proceso de validación posee ciertas características como es un porcentaje de materia seca del 91.1, humedad promedio del 8.9% y el porcentaje de ceniza de 0.6, siendo este uno de los más importantes ya que se determina la cantidad de material no combustible de la biomasa.

7.2 Análisis Granulométrico.

Este análisis permitió determinar la influencia que tienen el tamaño de las partículas durante la compactación o densificación de una biomasa, por consiguiente nos comprueba lo establecido por (Prudente, 1989) donde específica, que la granulometría determina la resistencia mecánica y la calidad de la briqueta.

En la figura 11 en el caso de la cascarilla de café triturada se obtuvo la mayor cantidad en los tamices 20, 30 y 100, pero la mayoría de los datos estaban en la malla 20. Para mayor detalle en el anexo 1 se muestran las especificaciones de cada uno de los tamices utilizados.

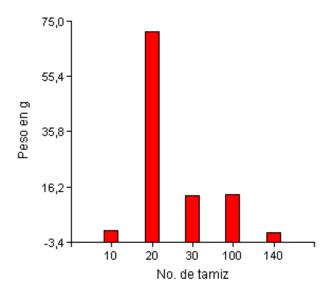


Figura 11 Distribución granulométrica de la cascarilla de café triturada

7.3 Análisis del funcionamiento de los equipos

Este análisis se realizó por medio de la observación para llevar a cabo los ensayos. De esta actividad se obtuvieron los siguientes resultados.

7.3.1 Briqueteadora de tornillo helicoidal

Esta máquina no presenta interruptor de apagado y encendido dificultando su manejo, al igual que pone en cierto riesgo al operario. Otras debilidades encontradas en este equipo es al momento de la alimentación de la mezcla, ya que regresa el material dificultando la compactación y por ende la descarga del producto.

Página 37

✓ Determinación de las causas del problema

Dado que se presenta la situación antes mencionada se procede a desarmar y limpiar la máquina, encontrando que el poco material que se había alimentado quedaba retenido en el tornillo helicoidal. Es decir, el tornillo no realizaba su función de transportar y compactar el material. Por lo tanto se encuentra que:

- La distancia que hay entre el diámetro exterior del tornillo helicoidal y el diámetro interior del tubo es muy ajustada.
- El diámetro del tubo no varía en la salida del producto, es decir no hay cuello de botella para facilitar la compactación del material.
- La forma del tornillo sinfín es cilíndrico.
- La capacidad del motor no es suficiente.

A partir de las primeras pruebas realizadas en esta máquina se propusieron las siguientes mejoras:

La primera solución que surge es reducir el diámetro del tornillo helicoidal para mejorar el transporte del material.

Otra de las soluciones es para contribuir en la compactación y consiste en cambiar el tornillo helicoidal cilíndrico por uno de forma cónica y por consiguiente se estaría modificando el tubo de hierro.

La segunda propuesta es cambiar el sistema de densificación de extrusión por impacto, es decir, cambiar el tornillo helicoidal por un pistón. Estas propuestas están basadas en el diseño de (Ortiz, Tejada, & Vázquez, 2003) citado en documento el "Aprovechamiento de la Biomasa Forestal producida por la Cadena Monte-Industria" de la Revista CIS-Madera.

✓ Aplicación de las mejoras propuestas

A lo largo del análisis del funcionamiento de la máquina surgieron dificultades, por consiguiente se fueron presentando soluciones paulatinamente.

Retomando lo antes mencionado para la primera dificultad encontrada se tomó la propuesta de reducción del diámetro exterior del tornillo helicoidal, la cual fue de 2mm. Dicha alternativa permitió el transporte del material depositándolo al final del tonillo de forma suelta.

Una vez que se solucionó el primer inconveniente que fue lo del transporte del material, se requirió que la máquina efectuara la compactación, para lo cual se analizaron las propuestas antes mencionadas basada en los diseños de (Ortiz, Tejada, & Vázquez, 2003), ya que éstos son muy similares a la forma y función del equipo en validación. La observación más importante es que cambiando el tornillo cilíndrico por uno cónico nos llevaría a cambiar el tubo cilíndrico por otro con forma cónica, a su vez crear el cuello de botella y agrandar la tolva.

Si se considera la propuesta del pistón: se utilizaría el mismo tubo pero habría que cambiar el sistema de montaje o conexión de la máquina con el motor de manera que no se emplearía el tornillo sinfín y agregaría un sistema similar al sistema hidráulico de la dirección de algunos vehículos, como los tractores. Para las dos propuestas es necesario aumentar la potencia del motor a un mínimo de 7Hp.

Estas últimas modificaciones no se realizaron debido al incremento en los costos de fabricación del equipo y sus accesorios.

Considerando todos los cambios que se le tenían que hacer a dicha máquina se decidió buscar otros modelos más sencillos y accesibles como son: Prensa Manual de hierro y molde de madera.

7.3.2 Prensa Manual de hierro

Se hizo una prueba exploratoria con el objetivo de conocer si dicho equipo era realmente funcional. Se utilizó una mezcla de cascarilla de café y agua. A través de ésta se caracterizó el equipo, de igual forma se constató que el equipo cumple con la función básica para la elaboración del producto (briguetas).

Se considera que la función básica para la elaboración de briquetas es la compactación, esta se da mediante la aplicación de presión, la cual en dicho equipo se encontrará una variación de acuerdo a la fuerza del operario. Sin embargo se obtuvo que la presión ejercida oscila entre 2.02 y 3.63 MPa, este dato fue calculado mediante la ecuación de la presión y la expresión planteada por (Shigley & Mischke, 2002) para determinar la torsión requerida con el fin de superar la fricción en la rosca al subir, a continuación se muestran dichos cálculos:

Tomando la siguiente expresión, para establecer la fuerza aplicada por el equipo:

Tsubir=
$$\frac{\text{Fdm}}{2}$$
 [$\frac{\text{L} + \mu \pi \text{dm}}{\text{mdm} - \mu \text{L}}$]

Se determinó el torque, mediante la fuerza aplicada por el operario y la distancia del husillo, entre la tuerca y el cojinete:

Donde L es el avance, este es igual a la distancia axial que se desplaza una tuerca al girarla una vuelta completa sobre el tornillo por lo tanto se obtuvo que:

$$L=0.20$$
pulg

Para calcular el diámetro medio (dm) se midió el diámetro mayor y diámetro de raíz obteniendo que:

dr=2.1cm d=2.8

Sustituyendo en:

$$dm = \frac{dr + d}{2}$$

dm= 2.45cm= 0.965 pulg

Se considera el coeficiente de fricción estático por consiguiente se recomienda:

Sustituyendo en la expresión:

Tsubir=
$$\frac{\text{Fdm}}{2}$$
 [$\frac{\text{L+} \mu \pi \text{dm}}{\text{ndm-}\mu \text{L}}$]

Donde μ = 0.16

Resolviendo la ecuación nos queda:

727.44=
$$\frac{\mathbf{F} \times 0.965}{2}$$
 [0.228]

727.44= $\mathbf{F} \times 0.11$
 $\frac{727.44}{0.11}$ = \mathbf{F}

F₁= 6613 lb

Calculo de la fuerza donde el coeficiente de fricción es mayor:

Tsubir= Fdm [L+
$$\mu\pi$$
dm] 2 π dm- μ L Donde μ = 0.27

Resolviendo la ecuación nos queda:

727.44=
$$\frac{\mathbf{F} \times 0.965}{2}$$
 [0.408]

727.44= $\mathbf{F} \times 0.196$
 $\frac{727.44}{0.196}$ = \mathbf{F}

 $F_2 = 3695 lb$

Para determinar la presión:

$$Presion = \frac{Fuerza}{Area}$$

Donde:

$$\label{eq:Area} \begin{split} \text{\'A}rea &= \pi r^2 \\ \text{\'A}rea &= \pi (2pulg)^2 = 12.56pulg^2 \\ \text{\'A}rea &= \textbf{12.56 pulg}^2 \end{split}$$

Por lo tanto:

Presión1 =

$$\frac{6613}{12.56}$$
 = 526.5 lb/pulg²
 = 3.63 MPa

 Presión2 =
 $\frac{3695.21}{12.56}$
 = 294.20 lb/pulg²
 = 2.02MPa

Por lo tanto se considera que la presión aplicada por la prensa varía entre 2.02 y 3.63MPa.

7.3.3 Molde de madera

Se hizo una prueba exploratoria con el objetivo de conocer si dicho equipo era realmente funcional, utilizando una mezcla de cascarilla de café y agua. A través de esta se caracterizó el equipo, de igual forma se constató que el equipo cumple con la función básica, siendo esta la compactación de la materia, para la

elaboración del producto (briquetas), a la cual se aplica una presión que según (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy, & Gallo) oscila entre 0.8 y 1.7 kPa, que es la fuerza promedio ejercida por una persona.

7.4 Desarrollo del producto densificado (Briguetas)

Para desarrollar el producto densificado se utilizaron diferentes aglutinantes con el objetivo de establecer con cual de ellos funcionaban mejor los nuevos equipos, siguiendo el proceso productivo y los tratamientos previos establecidos se procedió a la realización de estos.

A medida que se elaboraban las briquetas según el tratamiento, en su mayoría presentaron algunos inconvenientes, que van desde el tipo de aglutinante hasta el equipo utilizado.

Uno de los inconvenientes se manifestó con los tratamientos que fueron elaborados con cal, almidón en polvo y agua, estos presentaron gran deficiencia, ya que en su función de aglutinantes se pretendía que contribuyeran a la compactación de la cascarilla (triturada y sin triturar), sin embargo dicha función no se supera mediante los equipos utilizados (prensa manual, molde de madera) por lo tanto se considera que dichos aglutinantes no son los adecuados o no están en la forma física para la elaboración de briqueta . A continuación en la Figura 12 y 13 se muestra algunas briquetas realizadas con los aglutinantes antes mencionados.



Figura 12 Briquetas elaboradas con aglutinantes (Almidón en polvo y agua) Molde.



Figura 13 Briquetas elaborada con Agua Prensa.

En la figura 12 se muestra briquetas elaboradas con el molde de madera y algunos de los aglutinantes antes mencionados, estas presentan aproximadamente 8 días de secado solar, sin moverse del lugar que se colocaron después de elaboradas, en cambio en la figura 13 tenemos la briquetas realizadas con la prensa, estas presentan 1 día de secado, la cual se desmoronaron al intentar girar para un mejor secado.

Otra observación a lo largo del desarrollo del producto densificado fue con respecto a los tratamiento con cascarilla triturada y cascarilla sin triturar, esta última como se puede apreciar en la figura 14, presentaron menor compactación con respecto a la cascarilla triturada, la cual se visualiza en la figura 15. Por lo tanto se considera que las partículas de mayor tamaño permiten que se formen vacíos entre las mismas, caso contrario a lo ocurrido con la triturada ya que estos vacíos se reducen en su mayoría.



Figura 14 Briquetas elaboradas con cascarilla sin triturar.



Figura 15 Briquetas elaboradas con Cascarilla triturada.

Retomando lo antes mencionado, es importante especificar que durante el desarrollo de los diferentes tratamientos fue evidente la variación del nivel de compactación, tanto en las briquetas con cascarilla sin triturar como en las briquetas con cascarilla triturada.

A lo largo de esta etapa se desarrollaron aproximadamente 16 tratamientos con los diferentes aglutinantes de los cuales, se consideró que el único que ha favorecido la compactación del residuo (cascarilla de café) es el almidón cocido con la presencia del 7% en la mezcla, dado que de los 4 tratamientos realizados, con cascarilla sin triturar como triturada y con las tecnologías propuestas, este ha presentado mayor solidez, sin embargo presenta una variación de acuerdo a algunos factores como son el tamaño de las partícula y la presión ejercida sobre la mezcla.

Según los aspectos abordados anteriormente se determina que uno de los mejores tratamientos obtenidos fue Cascarilla triturada, Almidón cocido, en la Prensa, para mayor detalle en Anexo 2 se presenta el porcentaje de cada uno de los tratamientos.

"Validación de máquina briqueteadora para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible"

7.5 Pruebas físicas para las briquetas

Estas pruebas se realizaron con el producto obtenido de ambos equipos, el

objetivo de estas pruebas es efectuar una pequeña caracterización de estos.

a) Porcentaje de Humedad y ceniza.

En la ejecución de estas pruebas se tomaron 3 briquetas elaboradas en la prensa

y una en el molde de madera, ambas pertenecían a la mezcla Cascarilla triturada,

almidón cocido en la prensa y cascarilla triturada, almidón cocido en el molde.

Para realizar este cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

Porcentaje de humedad: <u>Peso inicial - Peso final</u> x 100

Peso final

La muestra 1 proyectó el siguiente resultado:

Porcentaje de humedad:

<u>425.60 a - 398.60 a</u> x 100

425.60 g

Porcentaje de humedad:

6 %

Este mismo cálculo se hizo para las otras tres briquetas. Según datos las briquetas tienen un porcentaje promedio de humedad de 7%. En Anexo 3 puede se puede observar los diferentes porcentajes obtenidos.

Con respecto a las pruebas de ceniza se determinó que el porcentaje promedio en la briqueta es del 1%, en comparación al de la leña no se encuentra diferencia ya que este presenta el mismo porcentaje según (FAO, 2001). A continuación en la tabla se muestran los valores obtenidos de las diferentes muestras.

Página 46 Autores: Aura Amador, Junieth Morazán y Jader Rugama

Tabla 2. Datos de las pruebas de ceniza en briquetas

Pruebas de Ceniza para briquetas					
	Peso	Peso	% de		
	Inicial (g)	Final (g)	Ceniza		
Muestra 1	409,6	4,4	1,1%		
Muestra 2	397,7	3,9	1,0%		
Muestra 3	358,9	2,9	0,8%		
Muestra 4	287,0	3,4	1,2%		
%	1,0%				

b) Tiempo que duran consumiéndose las briquetas encendidas

Para determinar el tiempo de encendido se utilizaron las briquetas elaboradas con los tratamientos que obtuvieron mejor resultado con respecto a la compactación, los cuales fueron las siguiente mezclas Cascarilla Triturada, almidón cocido en la prensa y cascarilla sin triturar, almidón cocido en la prensa, se procedió a realizar el quemado de dichas briquetas donde se obtuvo que las briquetas elaboradas con cascarilla sin triturar presentan menos tiempo de encendido siendo este de 10 minutos por briquetas en cambio, las briquetas elaborada con cascarilla triturada demoran 15 minutos encendidas, este hecho se considera que corresponde al tamaño de las partículas y por consiguiente a los espacios vacíos entre ellas.

c) Pruebas de CO₂

Al medir el dióxido de carbono de las briquetas y establecer un análisis se determinó que este tenía una variabilidad entre 2800ppm y 4600ppm en un volumen de 4 briquetas, lo cual se comparó con el de la leña donde la variabilidad es de 3822ppm y 4800ppm en un volumen 2 fragmentos, cada uno con un tamaño similar al de las briquetas. En los datos obtenidos se refleja que la variabilidad de la leña es mayor, en comparación con los datos obtenidos de las briquetas, por lo tanto se considera que la leña tiene mayor producción de dióxido de carbono, con respecto a las briquetas.

d) Poder calórico

Tomando en cuenta la metodología previamente establecida para realizar esta prueba se obtuvo que:

En la primera prueba donde se usó como combustible briqueta, el agua demoro cerca de 20 minutos en llegar a su punto de ebullición, en cambio en la prueba con leña presento un tiempo de 27 minutos.

Para determinar cuál de los combustibles usados posee mayor poder calórico se procedió a realizar el siguiente análisis:

Comúnmente se conoce como poder calórico la cantidad de energía o calor que se emana durante un proceso de combustión de una determinada materia o combustible, por lo tanto si se aplica mayor cantidad de energía al momento de preparar un alimento (hervir agua), este tomará menos tiempo en estar listo (hervir). Por consiguiente al retomar los datos obtenidos y asociando lo antes mencionado se puede definir que el combustible con mayor poder calórico son las briquetas.

7.6 Determinar el nivel de producción de la máquina

A medida que se estaba desarrollando el producto se cronometró el tiempo que tarda en elaborarse una briqueta con cada uno de los equipos donde se encontró que:

En la máquina de tornillo helicoidal no se determinó el nivel de producción, dado que este presenta ciertas deficiencias en la producción. En cambio en el molde de madera se obtuvo que para elaborar 10 briquetas toma un tiempo de 50 minutos es decir que se puede hacer 1 briqueta en 5 minutos, al presentar estos datos con respecto a las 8 horas laborales se obtiene una producción de 96 briquetas diarias.

En la prensa de hierro se determinó que en 1 hora y 10 minutos se elaboran 10 briquetas, lo cual equivale a que tomaría 7 minutos en elaborar una. Si se refleja el dato con respecto a las 8 horas laborales diarias se encuentra una producción de 69 briquetas.

7.7 Análisis de ventajas económicas.

El análisis de ventajas económicas conlleva el análisis de la disponibilidad de materia prima, el cálculo del costo de cada uno de los equipos, además de los costos de producción de las briquetas con las que se obtuvieron los mejores resultados.

Disponibilidad de materia prima

Se ha considerado los datos obtenido del Centro de Trámites de Exportación (CETREX) en base a las exportaciones realizadas en la cosecha 2011-2012, se encontró que dentro de las empresas más destacadas esta CISA Exportadora S.A, con una participación del 22%, esta corresponde a 17.538.294 kg de café en oro, habiendo generado el 6.1% de cascarilla, donde se representa un peso de 1.069.836 kg de residuo, para el cual se utilizará el 30% de dicha materia, equivalente a un peso de 320.951 kg de cascarilla, para los cálculos.

• Determinación de la inversión inicial.

Dado que se ha determinado la disponibilidad de materia prima y tomando como base el 30%, tomando en cuenta que el precio de adquisición de los equipo de compactación es C\$ 19.031,84 para la máquina de tornillo helicoidal, dado que esta no era funcional se omitió el costo de producción, mientras para la prensa manual es de C\$ 4.800 y C\$ 1.500 para el molde de manera, sin embargo se determinó que el costo de producción anual para laborar con la prensa es de C\$ 4.126.620 con un valor de C\$ 4,30 por briqueta, en cambio al laborar con el molde el costo anual seria de C\$ 6.038.479 donde se obtiene un valor de C\$ 3,54 por briqueta.

✓ Estudio Económico en la prensa Manual

Durante el desarrollo del producto densificado con la prensa manual se obtuvo información que permite la realización de algunos cálculos que se muestran a continuación:

Costos de Materia Prima

Para determinar el costo de materia prima se valoraron algunos datos como es la cantidad promedio de materia prima a utilizar por briqueta elaboradas en la prensa manual, tomando como base la información obtenida durante el desarrollo de las pruebas físicas, eligiendo como referencia los tratamiento con mejor resultado (cascarilla triturada, almidón cocido en la prensa y Cascarilla sin triturar, almidón cocido en la prensa), determinando que:

Tabla 3. Dosificación de materia prima e insumos para elaborar briqueta

Consumo promedio de				
diferentes insumos				
	kg x Briqueta			
Cascarilla	0,334375			
Almidón	0,0336			
Agua	0,1928			

Según los datos obtenidos dispuestos en la tabla anteriormente y retomando el nivel de producción en base al 30% de residuo a utilizar, se calculó que:

Producción anual de briquetas:	30 % del residuo : Consumo promedio de cascarilla por briqueta
Producción anual de briquetas:	<u>320.951 kg</u> 0,334375 kg
Producción anual de hriquetas:	959 853 Rriquetas

Se determinó que al procesar 320.951 *kg* de cascarilla de café, se obtendría 959.853 briquetas, considerando ésta una producción anual, por lo tanto se estima que mensual se elaboraran cerca de 79.988 briquetas, que implica una producción diaria de 2.666 briquetas.

Dadas las diferentes observaciones antes mencionadas se presentan un estimado en los costos de materia prima:

Tabla 4. Costos de materia prima

	Costos de materia prima					
Materia	Consumo *briquetas (Kg)	Consumo * día (Kg)	Consum o * Mes (kg)	Costos Peso/kg	Consumo anual	Costo total anual
Cascarilla	0,33	891,53	26.745,90	C\$ 0,31	320.950,78	C\$ 100.297,12
Almidón	0,03	89,59	2.687,59	C\$ 66,00	32.251,05	C\$2.128.569,57
Gas						
Butano	0,02	49,59	1.487,77	C\$ 26,40	17.853,26	C\$ 471.326,12
Total C\$2.7						C\$2.700.192,81

Costos de envase y empaque

Para realizar estos cálculos se establecen ciertos criterios como el tipo de empaque que se utilizará, en este caso se hará uso de una caja que permita el almacenamiento de 18 briquetas, cada una dimensión de 4 pulgadas de diámetro por 4 pulgadas de alto, por lo tanto el tamaño de la caja deberá ser de una base de 12"x12" con una altura de 8". Para determinar la cantidad de caja a utilizar se realizó la siguiente operación:

Consumo de caja diario: <u>Producción de briquetas diarias</u> Cantidad de briqueta por caja Consumo de caja diario: <u>2.663 briquetas</u> 18 briquetas

Consumo de caja diario: 148 cajas

Según la ecuación planteada nos establece que para empacar 2.666 briquetas necesitamos cerca de 148 cajas diarias, por lo tanto a continuación se muestra tabla con los cálculos del costo de embalaje anual:

Tabla 5. Costos de envase y empaque

	Costos de envase y empaque				
	Cantidad Costo Consumo Costo				
	por día por mes unitario anual				
Cajas	148,13	4.443,76	5,00	53.325,16	C\$ 266.625,78
				Total	C\$266.625,78

• Otros materiales

Dentro de estos cálculos se establecen diferentes artículos de limpieza, utensilios que contribuyen al desarrollo del producto entre otros

Tabla 6 Otros materiales

Otros materiales						
Concepto	Concepto consumo consumo costo costo anu anual unitario C\$ C\$					
Escobas	2	24	47,00	C\$ 1.128,00		
Cepillos	19	116	14,00	C\$ 1.622,94		
Panas	19	116	40,00	C\$ 4.636,97		
Total anual C\$ 7.387,91						

• Consumo de agua

Se considera que el agua representa uno de los insumos más importantes para poder llevar a cabo cada una de las actividades de producción que van desde la preparación de las mezclas, como para las actividades de limpieza.

Tomando como base la densidad del agua que es de 1000 kg/m³ y el dato que se muestra en la tabla 3, donde establece que se necesitan 0,1928 kg de agua por cada briqueta se determina el volumen requerido por briqueta mediante la siguiente operación:

Volumen de agua requerido por briqueta: m/v

Volumen de agua requerido por briqueta: 0,1928 kg x 1 m³
1000 kg

Volumen de agua requerido por briqueta: <u>0,0001928 m³</u>

Según el dato obtenido nos refleja que para elaborar una briqueta necesitamos 0,0001928m³ de agua, por lo tanto el consumo mensual para la producción 79.988 briquetas será de 15,4m³. Estos costos se describen con mayor detalle en la siguiente tabla.

Tabla 7. Consumo de agua

	Consumo de agua					
	consumo al día m³	consumo mensual m³	costo del m ³ C\$	costo del consumo mensual	consumo	costo del consumo anual
Producción	0,51	15,42	C\$ 4,85	C\$ 74,79	C\$ 185,06	C\$ 897,54
Limpieza de equipo	0,88	26,37	C\$ 4,85	C\$ 127,89	C\$ 316,44	C\$ 1.534,73
		Total				C\$ 2.432,27

Mano de obra

Para calcular la mano de obra a necesitar se consideró el nivel de producción, lo cual corresponde a 959.853 briquetas anuales, tomando en cuenta que, una prensa manual tiene una capacidad de producción de 69 briquetas en 8 horas laborales, que equivale a la adquisición de 39 prensas para llevar a cabo dicha producción.

Durante la realización de los diferentes tratamientos se analizó que un operario está en la capacidad de manipular 2 prensas llevando a cabo un proceso continuo, por lo tanto se necesitarían 19 colaboradores para efectuar las actividades productivas, estos detalles se reflejan en la siguiente tabla que figura los costos de mano de obra:

Tabla 8. Costos de Mano de Obra.

	costos de mano de obra						
	No.	Salari	Seguro	Seguro	Costo	Costo anual	Costo anual
		0	laboral	emplead	anual	Seguro del	Salario
		Mens		or	salario.	empleador	
		ual					
Operarios		C\$			C\$		
	19	2.926	C\$ 183	C\$ 468	678.275	C\$ 108.524	C\$ 786.799
bodegueros		C\$			C\$		
	3	2.926	C\$ 183	C\$ 468	105.318	C\$ 16.851	C\$ 122.169
Afanadoras		C\$					
	2	3.000	C\$ 188	C\$ 480	C\$ 72.000	C\$ 11.520	C\$ 83.520
Gerente de		C\$					
producción	1	8.000	C\$ 500	C\$ 1.280	C\$ 96.000	C\$ 15.360	C\$ 111.360
						Total	C\$
							1.103.848

Cabe destacar que el salario mensual corresponde al salario mínimo industrial que está vigente desde el dieciséis de marzo del dos mil doce, según el Acuerdo Ministerial No. JCHG-01-03-12, Sobre la aplicación de los salarios mínimos aprobados por la Comisión Nacional de salario mínimo.

Depreciación de equipos

Para determinar la depreciación de los equipos se empleó el método de línea recta, a continuación se presenta los datos obtenidos:

Tabla 9 Depreciación de equipos

	Depreciación de equipos						
	cantidad	Costo de Adquisición	Vida útil	1	Total depreciación anual		
Molino	1	42.300	6	C\$ 7.050	7.050,00		
Prensa							
Manual	39	4.800	5	C\$ 960	C\$ 37.096		
Cocina	1	5.000	3	C\$ 1.667	C\$ 1.667		
Balanza	4	400	5	C\$ 80	C\$ 320		
	Total						

Presupuesto de producción anual

Los costos totales de producción son:

Tabla 10. Presupuesto de producción Anual

Presupuesto de producción Anual			
Materia Prima	C\$ 2.700.193		
Envase y embalaje	C\$ 266.626		
otros materiales	C\$ 7.388		
Agua	C\$ 2.432		
Mano de obra	C\$ 1.103.848		
Depreciación equipos	C\$ 46.132		
Total	C\$ 4.126.620		

La tabla nos refleja que para la producción de 959.853 briquetas anuales se generarían un costo total de producción C\$ 4.126.620 por consiguiente se obtiene un costo de producción unitario de C\$4.30.

✓ Estudio Económico en el molde de Madera

En el desarrollo del producto densificado por medio del molde de madera se determinaron ciertos datos que son de gran importancia para la realización de este estudio a continuación se muestran dichos cálculos:

Costos de Materia Prima

En la determinación de costos de materia prima se calculó la cantidad promedio a utilizar por briquetas, tomando como referencia los tratamientos Cascarilla sin triturar, con almidón cocido en el molde y Cascarilla triturada con almidón cocido en el molde obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11 . Dosificación de materia prima e insumos para elaborar briqueta (Molde de madera).

Consumo promedio de diferentes insumos		
	kg x Briqueta	
Cascarilla	0,188125	
Almidón	0,02	
Agua	0,1085	

Dados los datos obtenidos en base a la dosificación de materia prima e insumos por briquetas en el molde de madera y retomando el nivel de producción en base al 30% de residuo a utilizar, se calcula que:

Producción anual de briquetas: 30 % del residuo

Consumo promedio de cascarilla por briqueta

Producción anual de briquetas: 320.951kg 0,188125 kg

Producción anual de briquetas: 1.706.051 Briquetas

Dada la producción anual proyectada de 320.951 kg se determinó que al usar como tecnología el molde de madera se procesarían 1.706.051 Briquetas anuales, que equivalen a 142.171 briquetas mensuales y 4.739 briquetas al día, por lo tanto se estiman los siguientes costos de producción:

Tabla 12. Costos de materia prima e insumos

Costos de materia prima e insumos							
Materia	Consumo *briquetas (Kg)	Consumo * día (Kg)	Consumo * Mes (kg)	Costos Peso/k g	Consumo	Costo total anual	
Cascarilla	0,19	891,53	891,53	C\$ 0,31	320.950,78	C\$ 99.494,74	
Almidón	0,02	94,78	2.843,42	C\$ 66,00	34.121,01	C\$ 2.251.986,87	
Gas	0,02	88,15	2.644,38	C\$ 26,40	31.732,54	C\$ 837.739,12	
Total						C\$ 3.189.220,73	

• Costos de envase y empaque

Dado que el producto elaborado con el molde de madera presenta como características, una dimensión de 4 pulgadas de diámetros por 3.5 pulgadas de alto, y se propone que el embalaje será mediante una caja que permita almacenar 18 briquetas, por consiguiente esta deberá presentar las una base de 12"x12" con una altura de 7". Para calcular la cantidad de cajas a utilizar se realizó la siguiente operación:

Consumo de caja diario: <u>Producción de briquetas diarias</u> Cantidad de briqueta por caja

Consumo de caja diario: 4.739 Briquetas 18 briquetas

Consumo de caja diario: 263 cajas

Dados los datos obtenidos de la operación ante realizada, a continuación se calculan los costos de embalaje:

Tabla 13. Costos de envase y empaque.

Costos de envase y empaque						
	Cantidad por día			Consumo por año	Costos anual	
Cajas	263	7.898	C\$ 5,00	C\$ 94.781	C\$ 473.903	
Total					C\$ 473.903	

Otros materiales

Dentro de estos cálculos se establecen diferentes artículos de limpieza, utensilios que contribuyen a desarrollo del producto entre otros.

Tabla 14. Otros materiales

Otros materiales						
Concepto	consumo mensual	Consumo anual	Costo unitario C\$	Costo anual C\$		
Escobas	2	24	C\$ 47	C\$ 1.128		
Cepillos	49	296	C\$ 14	C\$ 4.147		
Panas	49	296	C\$ 40	C\$ 11.848		
	-		Total anual	C\$ 17.122,22		

Consumo de agua

El agua representa un factor muy importante dentro de una organización, ya que en su mayoría es necesaria para el proceso productivo, en este caso representa uno de los insumos principales para la obtención del producto (briqueta), así como para las actividades de limpieza, entre otros. Por lo tanto es necesario calcular el consumo de este líquido.

Para llevar a cabo dichos cálculos se parte de la densidad del agua y del consumo de agua estableció por briqueta, según la tabla 11 este corresponde a 0,1085 kg, posteriormente se calcula el volumen de agua por briqueta:

Volumen de agua requerido por briqueta: m/v

Volumen de agua requerido por briqueta: $0.1085 \text{kg x } 1 \text{ m}^3$

1000 kg

Volumen de agua requerido por briqueta: <u>0.0001085 m³</u>

Los resultados reflejan que para elaborar una briqueta se necesita 0.0001085 m³ de agua, por consiguiente el consumo mensual seria de 15.4m³. Estos costos se describen con mayor detalle en la siguiente tabla:

Tabla 15. Consumo de agua

Consumo de agua						
	consumo al día m³	consumo mensual m³	costo del m³ C\$	costo del consumo mensual	consum o anual	costo del consumo anual
Producción	0,51	15,43	C\$ 4,85	C\$ 74,81	185,11	C\$ 897,77
limpieza de						C\$
equipo	0,88	26,37	C\$ 4,85	C\$ 127,89	316,44	1.534,73
Total						
					2.432,50	

Mano de obra

Para determinar el costo de mano de obras se tomó como referencia el nivel de producción, el cual corresponde a 1.706.051 briquetas anuales, tomando en cuenta que, un molde de madera tiene una capacidad de producción de 96 briquetas en 8 horas laborales, que equivale a la adquisición de moldes para llevar a cabo dicha producción.

Durante la realización de los diferentes tratamientos se analizó que un operario está en la capacidad de manipular 1 molde, por lo tanto se necesitarían 494 colaboradores para efectuar las actividades productivas, estos detalles se reflejan en la siguiente tabla que figura los costos de mano de obra:

Tabla 16. Costo de mano de obra

costos de mano de obra					
	No.	Salario Mensual	Seguro laboral	Seguro empleador	Costo anual Salario
Operarios	C\$ 2.926	C\$ 183	C\$ 468	C\$ 1.733.010	C\$ 277.282
bodegueros	C\$ 2.926	C\$ 183	C\$ 468	C\$ 105.318	C\$ 16.851
Afanadoras	C\$ 3.000	C\$ 188	C\$ 480	C\$ 72.000	C\$ 11.520
Gerente de					
producción	C\$ 8.000	C\$ 500	C\$ 1.280	C\$ 96.000	C\$ 15.360
		Total			C\$ 2.327.341

Cabe destacar que el salario mensual corresponde al salario mínimo industrial que está vigente desde el dieciséis de marzo del dos mil doce, según el Acuerdo Ministerial No. JCHG-01-03-12, Sobre la aplicación de los salarios mínimos aprobados por la Comisión Nacional de salario mínimo.

• Depreciación de equipos

Para determinar la depreciación de los equipos se empleó el método de línea recta, a continuación se presentan los datos obtenidos:

Tabla 17. Depreciación de equipo.

Depreciación de equipos						
cantidad Costo de Vida Adquisición útil			1	Total depreciación anual		
Molino	1	C\$ 42.300	6	C\$ 7.050	C\$ 7.050,0	
Molde de madera	49	C\$ 1.500	5	C\$ 300	C\$ 14.809,5	

Autores: *Aura Amador, Junieth Morazán y Jader Rugama*

"Validación de máquina briqueteadora para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible"

Cocina	1	C\$ 5.000	1	C\$ 5.000	C\$ 5.000,0
Pesas Analíticas	4	C\$ 400	1	C\$ 400	C\$ 1.600,0
Total					C\$ 28.459

• Presupuesto de producción anual.

A lo largo de este estudio se obtuvieron algunos datos que permiten tener una idea de algunos costos de producción que se generan al pretender procesar el 30 % de los residuos a continuación se muestra la tabla del presupuesto de producción anual.

Tabla 18 Presupuesto de producción anual

Presupuesto de producción Anual		
Materia Prima	C\$ 3.189.221	
Envase y embalaje	C\$ 473.903	
otros materiales	C\$ 17.122	
Agua	C\$ 2.433	
Mano de obra	C\$ 2.327.341	
Depreciación equipos	C\$ 28.459	
Total	C\$ 6.038.479	

La tabla nos refleja que para la producción de 1.706.051briquetas anuales se generarían un costo total de producción C\$6.038.479, por consiguiente se obtiene un costo de producción unitario de C\$3,54.

7.8 Análisis comparativo de las maquinas propuestas.

Con este análisis se pretende resaltar algunas las características importantes de los diferentes equipos, mediante la siguiente tabla:

Tabla 19. Análisis comparativo de las maquinas propuestas.

Máquina briqueteadora de	Prensa Manual	Molde de madera
tornillo helicoidal		
Este equipo presento	La prensa es un equipo	Este equipo es
algunas dificultades,	muy práctico al ser	sencillo, en cuanto
imposibilitando realizar	utilizado, su sistema de	su manipulación, sin
el producto	compactación permite la	embargo su sistema
densificado, dado a que	aglomeración de partícula.	de compactación no
su sistema de		permite aplicar la
compactación era		suficiente presión
deficiente.		para obtener un
		producto de calidad.
	Con respecto al nivel de	En cambio con el
	producción este equipo nos	molde de madera se
	permite elaborar 69	pueden elaborar 96
	briquetas en 8 horas	briquetas en 8 horas
	laborales. Es importante	laborales, una
	destacar que al momento	característica que
	de realizar la compactación	contribuye a un nivel
	esta solo tiene 1 molde de	de producción mayor
	prensado	al de la prensa, dado
		que permite obtener
		6 productos por
		molde, sin embargo
		esta característica se
		transforma en una
		dificultad al momento
		de retirar el
		producto, ya que

	mientras se extrae
	uno, los demás
	busca a
	desmoronarse.
Con respecto al costo de	Para el molde su
producción esto se	costo de adquisición
incrementa un poco dado al	es un poco más bajo
costo de adquisición de la	ya que este se
prensa ya que esta tiene un	aproxima C\$1.500,
costo de C\$ 4.800, por	de la cual se obtiene
consiguiente el costo de	un costo de
producción anual es de C\$	producción anual es
4.126.620 donde se	de C\$ C\$6.038.479
obtiene un costo por	el cual es mucho
briqueta de C\$ 4.30	mayor al de la
aproximadamente.	prensa por
	consiguiente se
	registra un valor de
	C\$ 3.54 por briqueta.

7.9 Análisis comparativo entre las briquetas y leña como combustible.

Con este análisis se pretende establecer comparación entre dos combustible (leña y briqueta), la cual a lo largo de esta investigación se han valorado, mediante las diferentes pruebas realizadas. A continuación se muestra la siguiente tabla comparativa.

Tabla 20. Análisis comparativo entre los combustible (Briqueta y leña)

Leña	Briqueta	
Uno de los aspectos observados	En cambio las briquetas son fáciles de	
durante el desarrollo de las diferentes	encender, y generan menor cantidad de	
pruebas fue al realizarse el encendido	humo que la leña.	
de este combustible ya que es algo		
difícil y por consiguiente generan gran		
cantidad de humo.		
Para calcular el tiempo que dura	En este caso se determinó que 4	
encendida la leña, se dispuso de un	briquetas duran una hora, es decir 15	
cronometro activándolo al momento de	minutos por briqueta, siendo este un	
proporcionar el fuego para el encendido	poco menor que la leña.	
total del combustible, este tomó 20		
minutos en generar calor y su tiempo		
de encendido fue de 50 minutos es		
decir 18 trocito.		
La leña tiene una producción de dióxido	Mientras las briquetas generan entre	
de carbono que oscila entre 3822ppm	2800ppm y 4600ppm de dióxido de	
y 4800ppm.	carbono, siendo estos valores menores	
	que los obtenidos de la leña.	
Mediante la prueba del poder calórico	Sin embargo las briquetas toman un	
se obtuvo que la leña tarda más en	tiempo de 20 minutos para llevar el	
generar suficiente calor tomando un	agua a punto de ebullición, por lo tanto	
tiempo de 27 minutos en llevar el agua	se considera que estas son más	
a punto de ebullición.	eficientes con respecto a la leña.	

VIII. CONCLUSIONES

Con la realización de las diferentes pruebas tanto para la cascarilla como para las briquetas y equipos se concluye que:

La materia prima utilizada se considera apta para la elaboración de briquetas ya que presenta las siguientes características: 8.9% de humedad, 0.6% de cenizas y el tamaño de las partículas en el caso de la cascarilla triturada se determinó que la mayor cantidad quedo retenida en el tamiz No. 20 que corresponden al tamaño de 850UM, dado que dichas partículas son de menor tamaño comparada con la cascarilla sin triturar, se obtuvo que a medida que la materia prima con partículas finas es empleada en la producción de briquetas, esta presenta mayor calidad con respecto a la cascarilla con partículas de mayor tamaño.

Con respecto a la máquina que estaba en validación se encontraron varias dificultades, para la cual las propuestas de mejoras prácticamente implicaban la construcción nueva de dicho equipo y sin contar que el motor de ésta era de baja capacidad, por consiguiente se necesitaría hacer una nueva adquisición. Dados estos inconvenientes se propusieron dos equipos artesanales, siendo estos más funcionales que la máquina propuesta inicialmente, esto nos comprueba que la hipótesis planteada es nula dado que la maquina no era funcional y por consiguiente no se obtuvo ni una briqueta.

En cuanto a la validación de la tecnología del molde de madera se determinó que es un sistema de fácil alimentación, limpieza y alto nivel de producción, pero presenta ciertos inconvenientes al momento de compactar y retirar el producto.

En el caso de la Prensa manual se comprobó que es un equipo eficiente en cuanto a la compactación de biomasa, de fácil alimentación, manipulación, limpieza, no ocupa mucho espacio, presenta un sistema sencillo para la obtención del

Autores: <u>Aura Amador, Junieth Morazán y Jader Rugama</u> Página 65

producto (briquetas), pero su nivel de producción es bajo en comparación con el molde de madera.

Dado que las tecnologías antes descritas son consideradas funcionales se procedió a validarlas con diferentes aglutinantes y en diferentes proporciones, obteniendo como resultando que la mejor mezcla fue con cascarilla triturada y almidón cocido, siendo esta la más eficiente. Dicha mezcla fue evaluada en ambos equipos resultando que las briquetas elaboradas con el molde de madera son más frágiles que las elaboradas con la prensa, ya que el nivel de presión aplicado en estas tecnologías es distinto debido a su sistema de compactación.

Las briquetas elaboradas con la mezcla de cascarilla triturada y almidón cocido fueron sometidas a diferentes pruebas al igual que la leña y a su vez establecer comparación; Obteniendo que: las briquetas presentan mayor poder calórico que la leña, generan menos dióxido de Carbono, su tiempo de encendido es menor.

En la prensa manual dichos costos unitarios por briqueta se incrementan dado al nivel de producción del equipo y costo de adquisición, la cual presento un valor de C\$ 4,30 por briqueta, en cambio el molde de madera su nivel de producción es mayor y el costo de adquisición del producto es un poco menor, presentando un valor de C\$ 3,54 por briqueta. Es importante recalcar que a pesar de tener un valor un poco alto con la prensa manual se obtiene mejor calidad en el producto.

Autores: <u>Aura Amador</u>, <u>Junieth Morazán y Jader Rugama</u> Página 66

IX. RECOMENDACIONES

Analizando los resultados de la presente investigación, se recomienda lo

siguiente:

Al optar por la tecnología de molde de madera se deberá tomar en cuenta el tipo

de madera, ya que la mayoría de las mezclas para elaborar briquetas deben de

estar húmedas, esto provoca deformaciones en el molde y por consiguiente afecta

a la hora de retirar el producto.

Se sugiere incluir un molde de alto relieve que coincida con la base del molde para

así lograr una mejor compactación.

Una modificación con respecto a la prensa manual seria que cuente con una base

en serie (varios moldes a la vez) y un sistema de cierre en el molde que nos

facilite la extracción del producto. Estas modificaciones se propone que se realicen

con la asesoría de un ingeniero mecánico.

Se sugiere realizar una investigación sobre la elaboración de briqueta enfocada en

la granulometría de la cascarilla de café, ya que esta es un factor importante, al

momento de la compactación y en la combustión de dicho producto, a su vez

elaborar un estudio de pre-factibilidad para determinar la rentabilidad y mercado

de las briquetas, al igual la elaboración de un estudio de impacto ambiental.

Dentro de otros se propone un estudio sobre el uso de las briquetas en la

elaboración de rosquillas en la zona norte del país (Somoto), con la perspectiva de

minimizar el consumo de leña y sustituirla por un combustible menos contaminante

como son las briquetas.

X. BIBLIOGRAFÍA

Baca, G. (2006). *Evalucion de proyectos Quinta Edición.* Mexico: Interamericana Editores, S.A.DE C.V.

Camps, M. M., & Marcos, M. F. (2008). Los Biocombustibles. Madrid: Mundi Prensa.

CETREX, C. d. (Julio de 2012). Exportaciones de cafe verde por empresa exportadoras periodo de 01/10/2011 al 31/07/2012. Recuperado el 15 de Agosto de 2012, de www.cetrex.gob.ni: http://www.cetrex.gob.ni/website/servicios/cafe/cosecha2011-2012/empresa.html

FAO. (Marzo de 2001). *UWET - UNIFIED WOOD ENERGY TERMINOLOGY UWET*. Recuperado el 21 de Agosto de 2012, de http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s06.htm

FOCER, F. d. (2002). *Manuales sobre energia renovables BIOMASAS*.San José, C.R.

Guevara, M. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo. Informe nacional Nicaragua. Roma: FAO, MAGFOR.

Kuhl, M. (14 de Octubre de 2008). *Revista vinculando . - Cocina con cascarilla de café.* Recuperado el 04 de Septimebre de 2011, de Vinculando.org: http://vinculando.org/ecologia/cocina_con_cascarilla_de_cafe.html

Lorío, A. (07 de Diciembre de 2007). *Promueven ecofogón que consume cascarillas*. Recuperado el 23 de Mayo de 2011, de www.laprensa.com.ni: http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2007/diciembre/07/noticias/campoyagro/231 341_print.shtml

Mora, S. M. (2007). *Validación del funcionamiento de una briqueteadora de carbón vegetal*. Chapingo: Universidad Autonoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales.

Moreno, L. L. (2003). Diseño y construcción de un prototipo de máquina briquetadora para carbón vegetal, apropiada para pequeños y medianos productores. Champico, Mexico: Universidad de Autonoma de Champico, División de ciencias forestales.

Moreno, M., & Ivala, W. (2009). *Informe de granulometría de suelo.* Universidad Nacional Federico Villareal.

Navas, W., Osorio, L., & Bolaños, M. (2008). *Reconversión y Diversificación Competitiva de la Caficultura Nicaragüense y Seguridad Alimentaria*. Managua, Nicaragua: MAGFOR; CONACAFE; IICA.

Orozco, S. C., Cantarero, P. V., & Rodríguez M, J. F. *Tratamiento de residuos del cafe PROMEcafe_ILCA PELCCE ICAFE*.Matagalpa,Nicaragua: PROMECAFE, ILCA, PEICCE e ICAFE.

Ortiz, L., Tejada, A., & Vázquez, A. (2003). Aprovechamiento de la Biomasa Forestales Producida por la cadena Monte-Industria. Parte III: Produccion de elementos Densificados. Galicia: Universidades de Santiago y Vigo.

Palacios, L., & Betancurt, E. (02 de Agosto de 2005). Caracterización de propiedades fluidodinámicas de lechos fluidizados en frio con mezclasx de carbón - biomasa, usados en procesos de co- gasificación. Medellin, Medellin, Colombia.

Pasca, T. (1989). *FAO.org.* Recuperado el 20 de Junio de 2012, de Unasylva - No. 131 - Madera fuente de energía - Edición especial 1: http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s00.htm

Prieto, D. Y. (2002). Caracterización física del café semitostado. Bogotá.D.C.

Salazar, J., Garcia, C., & Olaya, J. Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café. Univesidad Agraria.

santamaria, e., alvarado, r., colin, g., & perez, j. (2009). *Análisis granulométrico*. ciudad de mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.

Shigley, J., & Mischke, C. (2002). *Diseño de ingeniería mecánica*. Mexico: McGraw-Hill/ Interamericana editores, S.A de C.V.

Solórzano, A. A., & Rodriguez, R. P. *Investigacion de alternativas energeticas y mejoramieto de hornos de produccion de ladrillos y tejas de ba en el municipio de la paz centro, Leon. Nicaragua.* Leon: PAMIC.

Valderrama, A., Curo, H., Quispe, C., Llantoy, V., & Gallo, J. *Briquetas de residuos* sólidos orgánicos como fuentes de energía calorífica en cocinas no convencionales. Lima-Perú: Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos CEDIT.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de granulometría

No. Tamiz	Peso (g)	Especificaciones		
		Metric	Inches	
10	0,9	2MM	0,0787	
20	71,4	850UM	0,0331	
30	13,2	600UM	0,0243	
100	13,5	150UM	0,0059	
140	0,2	106UM	0,0041	

Anexo 2. Mezclas y su porcentaje

Estas mezclas contienen una cantidad en gramos para la elaboración de 10 briquetas en la prensa manual.

Mezcla #1				
Código= TPP	Peso (g)	%		
Cascarilla	2857,1	50%		
Triturada				
Almidón en	1190,4	21%		
Polvo				
Agua	1666,5	29%		
Total	5714,0	100%		

Mezcla #2				
Código= SPP	Peso (g)	%		
Cascarilla Sin				
triturar	2000,0	50%		
Almidón en				
Polvo	833,3	21%		
Agua	1166,6	29%		
Total	3999,9	100%		

Mezcla #3				
Código= SAP Peso (g) %				
Cascarilla Sin				
triturar	2351,0	67%		
Agua	1172,9	33%		
Total	3523,9	100%		

Mezcla #4			
Código= TAP	Peso (g)	%	
Cascarilla			
Triturada	2897,0	67%	
Agua	1445,0	33%	
Total	4342,0	100%	

Mezcla #5			
Código= TCP	Peso (g)	%	
Cascarilla			
Triturada	2350,0	50%	
Cal	987,0	21%	
Agua	1363,0	29%	
Total	4700,0	100%	

Mezcla #6			
Código= SCP	Peso (g)	%	
Cascarilla Sin			
triturar	2000,0	50%	
Cal	833,3	21%	
Agua	1166,6	29%	
Total	3999,9	100%	

Mezcla #7			
Código= THP	Peso (g)	%	
Cascarilla			
Triturada	4000,0	60%	
Almidón en			
polvo	372,0	6%	
Agua	2306,0	35%	
Total	6678,0	100%	

Mezcla #8			
Código= SHP	Peso (g)	%	
Cascarilla Sin			
triturar	2687,5	59%	
Almidón en			
polvo	300,0	7%	
Agua	1550,0	34%	
Total	4537,5	100%	

Anexo 3. Porcentaje de humedad de las briquetas

Porcentaje de Humedad de la				
briquetas				
		Peso de		
Peso	Peso	la	% de	
inicial	final	humedad	humedad	
425,4	398,6	26,8	6%	
412,2	386,9	25,3	6%	
372,1	348,7	23,4	6%	
313,4	283,4	30	10%	
% promedio de humedad=		7%		