



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA INDUSTRIAL**

“Validación de un prototipo de máquina hidráulica para la elaboración de briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera en la ciudad de Estelí”.

AUTORES

Br. Erick Daniel Briones López

Br. Sorayda Lisbett Rugama Picado

TUTOR

Ing. Karla Elisabeth Dávila

Estelí, 16 de Marzo de 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria
Secretaría de Facultad

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Industria, hace constar que el Br.:

BRIONES LÓPEZ ERICK DANIEL

Carné: **2009-30799** Turno: **Diurno**: Plan: **97** de conformidad con el Reglamento del Régimen Académico Vigente en la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**, es **EGRESADO** de la Carrera de **Ingeniería Industrial (UNI SEDE NORTE)**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veintisiete días del mes de febrero del año dos mil quince.

Atentamente,

Ing. Wilmer Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



WRV/Jeaninna



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria
Secretaría de Facultad

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Industria, hace constar que el Br:

RUGAMA PICADO SORAYDA LISBETT

Carné: **2010-34259** Turno: **Diurno**: Plan: **97** de conformidad con el Reglamento del Régimen Académico Vigente en la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**, es **EGRESADO** de la Carrera de **Ingeniería Industrial (UNI SEDE NORTE)**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veintisiete días del mes de febrero del año dos mil quince.

Atentamente,


Ing. Wilmer Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



WRV/Jeaninna



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

A: Brs. Erick Daniel Briones López
Sorayda Lisbett Rugama Picado

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA Jueves 23 de Octubre del 2014

Por este medio hago constar que su trabajo de Investigación Titulado **“Validación de un prototipo de maquina hidráulica para la elaboración de briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera en la ciudad de Esteli”**. Para obtener el título de Ingeniero Industrial, y que contara con la Ing. Karla Elizabeth Dávila, como profesor guía, ha sido aceptado por esta Decanatura por lo que puede proceder a su realización.

Cordialmente,

Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano



Cc: Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

A: Brs. Erick Daniel Briones López
Sorayda Lisbett Rugama Picado

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA Viernes 23 de Enero del 2015

Por este medio hago constar que la solicitud de prórroga para el trabajo de Investigación Titulado **“Validación de un prototipo de maquina hidráulica para la elaboración de briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera en la ciudad de Esteli”**. Para obtener el título de Ingeniero Industrial, y contara con la Ing. Karla Elizabeth Dávila, como profesora guía ha sido aprobado para el Viernes 13 de Marzo del 2015.

Cordialmente,

Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano



Cc: Archivo

Estelí, 11 de Marzo del 2015.

Ing. Daniel Cuadra Horney

Decano FTI

Sus manos

Estimado maestro Cuadra

Reciba cordiales saludos, a través de la presente remito tesis monográfica Titulada: **“Validación de un prototipo de máquina hidráulica para la elaboración de briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera en la ciudad de Estelí”**, la misma fue elaborada por los Bachilleres: Erick Daniel Briones López y Sorayda Lisbett Rugama Picado.

Por otra parte no omito manifestarle que el documento cumple con los requerimientos técnicos normados por la facultad, por lo antes expresado solicito su aprobación para que los bachilleres antes mencionados puedan proceder a su correspondiente defensa.

Sin más a que referirme le saludo con muestra de estima y consideración.

Atentamente

Ing. Karla Elisabeth Dávila

Tutora de Tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Sede Regional del Norte
Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Estelí - Nicaragua

A QUIEN CORRESPONDA

Me complace indicar que la Br. Sorayda Lisbett Rugama Picado y el Br. Erick Daniel Briones López, egresados de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Ingeniería Sede Regional del Norte, están trabajando en el marco del acuerdo de colaboración (UNI/PNUD) del proyecto de investigación **“Reducción de la Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la Región de Las Segovias” – Nicaragua**, con la temática **“Validación de un prototipo de máquina hidráulica para la elaboración de briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera”**, bajo la tutoría de la Ingeniera Karla Dávila.

No omito manifestarles que este estudio es de mucha importancia, ya que presenta el desarrollo de una tecnología para el aprovechamiento de los residuos provenientes del proceso de beneficiado seco del café.

Firmo para lo pertinente, a solicitud de la parte interesada, a los treces días del mes de octubre del año dos mil catorce, en la ciudad de Estelí.

M. Sc. Alba V. Díaz Corrales
Coordinadora de Investigación
UNI Sede Regional del Norte
Correo: Alba.Díaz@norte.uni.edu.ni
Tel: **+505- 86967849**



Interesado

Archivo Cronológico 2014

Dirección: Estelí, entrada a La Tunoza, antigua Hacienda El Higo
Tel: 89883610, 27197843, 27197878, 27197841, 27197865, www.norte.uni.edu.ni

Dedicatoria.

Sorayda Rugama:

A Dios porque mis logros son gracias a que él me ha dado dones como la inteligencia, la sabiduría y sobre todo fortaleza para superar las dificultades que se me presentan día a día.

A mis madres *María Rizo Gutiérrez e Idalia Picado Rizo* que con esfuerzo, dedicación y esmero han hecho de mí una mujer con aspiraciones y sobre todo con valores que ellas me inculcaron.

Y por último a mis tíos: *Alejandro Picado Rizo, Rosa Picado Rizo y Johana Chavarría*, por ser algo más para mí (Padre ese que nunca tuve, madres sustitutas y sobre todo amigos) y por darme su apoyo incondicional cada vez que lo necesito.

Erick Briones:

Dedico este trabajo a mi madre *Graciela del Carmen López Moreno* por todo el apoyo, comprensión, consejos y regaños que me ayudaron a ser una persona decidida para poder lograr mis metas y objetivos durante toda mi carrera.

A los profesores que siempre fueron el sustento que necesite para poder aprender cada día más. A mis amistades que siempre me dieron el impulso y fuerza durante todo el trayecto de mi carrera.

Por último, este trabajo se lo dedico a mi abuelo “Sergio López Zeledón” quien fue el padre que siempre necesite, quien me enseñó a como estar preparado para enfrentar la vida con todos sus consejos y enseñanzas.

Agradecimientos

Sorayda Rugama:

En primer lugar agradezco a Dios porque sin él nada lo puedo, por poder en mi vida personas maravillosas que de una u otra manera me apoyaron en el transcurso y finalización de mi carrera, y por demostrarme que sus planes son mucho mejores que los míos.

A mi mamá y abuelita por ser madre y padre para mí, por querer y darme lo mejor, porque gracias a sus consejos y esfuerzo he llegado donde estoy.

Familiares y amigos que me dieron su apoyo y sus consejos cuando más lo necesite.

Erick Briones:

Agradezco a Dios en primer lugar por permitirme a cada día poder lograr mis metas y sueños, por la fortaleza para enfrentar cada obstáculo, prueba y reto que se me presenta. Por regalarme cada día al lado de las personas que siempre me brindaron su compañía durante este trayecto.

A mi madre *Graciela del Carmen López Moreno*, por llevarme de la mano en el trayecto de mi vida y por cuidar siempre de mí. Por el inmenso esfuerzo que ha entregado para que yo logre ser una persona preparada y de bien. Pero más que todo le doy gracias por darme la vida.

Agradezco también a mi amiga y compañera *Sorayda Rugama*, por ser mi mano derecha, por ser la fuerza incansable y por ser el apoyo más grande para lograr esta investigación.

Conjuntamente:

Agradecemos a nuestra tutora y amiga *Ing. Karla Elizabeth Dávila*, por ser el guía que necesitamos en este arduo camino hacia nuestras metas, por sus consejos y la asistencia que nos brindó durante la realización de este trabajo.

Al *Lic. Víctor Parrales*, *Lic. Graciela López*, *Ing. Gustavo Moreno*, *Ing. Ramón López* e *Ing. Yolanda López* por brindarnos su colaboración y conocimientos durante el desarrollo de esta investigación.

Al *PNUD* (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo) por darnos el apoyo financiero necesario para realizar esta investigación.

Resumen del Tema

Esta investigación se efectuó con el objetivo de validar un prototipo de máquina hidráulica para el aprovechamiento de la cascarilla de café y residuos de madera (aserrín y colcho) como combustible; para ello se determinaron los requerimientos técnico – mecánicos de la maquina; se caracterizaron las briquetas elaboradas con la máquina hidráulica y por último se calcularon los costos de producción de las briquetas.

Para la determinación de los requerimientos técnicos – mecánicos se calculó la presión necesaria para lograr que la máquina hidráulica compactara las mezclas, este dato oscilo entre 2 y 4 toneladas para cada briqueta; el equipo produce 6 briquetas y por ello se consideró utilizar una gata con capacidad de 12 toneladas. Así mismo se determinó el diseño y material de construcción del equipo hidráulico, se calculó su nivel de productividad para compararla con la prensa manual de hierro utilizando una mezcla testigo, donde se obtuvo que el equipo hidráulico produce 6 briquetas en un tiempo de 6.33 min en cambio la prensa manual de hierro produce 6 briquetas en 23.90 min y por último se planteó un manual de mantenimiento y uso de la máquina hidráulica con el propósito de facilitar este tipo de información al usuario.

Por otra parte se caracterizó las briquetas elaboradas con la máquina hidráulica, para ello se ejecutaron diferentes parámetros entre estos: granulometría, compactación, combustión, humedad, ceniza, poder calorífico y emisión de CO₂; también se calculó la productividad de la máquina hidráulica utilizando las mezclas optimas resultantes y dichas mezclas se compararon con la leña y las briquetas elaboradas con la prensa manual de hierro. Según los datos obtenidos las mezclas resultantes fueron la EXPM1, EXPM2, EXPM4 Y EXPM5, de estas la más óptima fue la EXPM1 debido a que es la más eficiente para la producción de briquetas presentando los siguientes datos: Porcentaje promedio de Cenizas de 1.9, porcentaje promedio de humedad 2.77, emisión de CO₂ de 535.75, el tiempo de ebullición de 13 min y un tiempo de 32.41 min para el tiempo de combustión.

Por último los costos de producción se calcularon para los tratamientos EXPM1 y EXPM2 a través de una serie de cálculos contables donde se obtuvo que los costos de producción para la EXMP2 son mayores que los de la EXPM1, porque para su elaboración se necesita de una materia prima adicional; por ende el precio de producción por unidad (6 briquetas) para la EXPM1 es de C\$ 4.51 y para la EXPM2 es de C\$ 4.62 al comparar estos precios con el precio de la mezcla testigo (C\$ 4.50) se concluyó que son más baratos.

Contenido

I.	Introducción.....	1
II.	Objetivos.	2
II.I	Objetivo General.....	2
II.II	Objetivos Específicos.....	2
III.	Justificación.....	3
IV.	Marco Teórico.	5
IV.I	Residuo.....	5
IV.II	Manejo de los residuos del Beneficiado seco del café.....	7
IV.III	Cascarilla de café.	7
IV.IV	La madera.....	8
IV.V	Residuos de madera.....	8
IV.VI	Generalidades de las briquetas.	9
IV.VII	Tecnologías y Equipos de Briqueteado.	11
IV.VIII	Criterios Económicos.....	15
V.	Hipótesis.	18
VI.	Metodología.	19
VI.I	Tipo de Investigación.....	19
VI.II	Ubicación de estudio.....	19
VI.III	Métodos generales y particulares a emplear.	19
VI.IV	Descripción de los Objetivos.....	20
VI.V	Actividades/Tareas por objetivo.....	21
VII.	Análisis y presentación de los resultados.	23
VI.I	Determinar los requerimientos técnicos – mecánicos de la máquina hidráulica.	23
VI.II	Caracterización de las briquetas elaboradas con la máquina hidráulica.....	47
VI.III	Calculo de los costos de producción para la EXPM1.....	59
VI.III	Calculo de los costos de producción para la EXPM2.....	65
VIII.	Conclusiones.....	71

IX.	Recomendaciones.	72
X.	Bibliografía.	73
XI.	Anexos.	76

Índice de Tablas.

Tabla 1.	Comparación de Materiales	25
Tabla 2.	Especificaciones de las Piezas	27
Tabla 3.	Análisis de Mejoras Propuestas	31
Tabla 4.	Análisis de Productividad.	39
Tabla 5.	Piezas de la Máquina	43
Tabla 6.	Puntos de Inspección.	45
Tabla 7.	Localización de Averías.	46
Tabla 8.	Mantenimiento Programado.	46
Tabla 9.	Calculo Granulométrico del Cisco	52
Tabla 10.	Calculo Granulométrico del Aserrín	52
Tabla 11.	% Promedio de Humedad	54
Tabla 12.	Pruebas de Emisión de CO2.....	56
Tabla13.	Comparación de Combustibles	57
Tabla 14.	Tiempo de Operación y Unidades Producidas EXPM1	58
Tabla 15.	Tiempo de Operación y Unidades Producidas EXM2	58
Tabla 16.	Materia Prima para la EXPM1	59
Tabla 17.	Costo de Materia P. EXPM1	60
Tabla 18.	Costos de Mano de Obra EXPM1	61
Tabla 19.	Resumen de Depreciación EXPM1	61
Tabla 20.	Costo de los Servicios EXPM1.....	63
Tabla 21.	Costo de los Suministros EXPM1	63
Tabla 22.	Presupuesto A. de Prod. EXPM1	64
Tabla 23.	Materia Prima para la EXPM2.....	65
Tabla 24.	Costo de Materia Prima EXPM2	66
Tabla 25.	Costos de Mano de Obra EXPM2	66
Tabla 26.	Resumen de Depreciación EXPM2.....	67
Tabla 27.	Costo de los Servicios EXPM2.....	68
Tabla 28.	Costo de los Suministros EXPM2	69
Tabla 29.	Presupuesto A. de Prod. EXPM2	69

Tabla 30. Descripción de Mezclas	76
Tabla 31. Tiempos y Unidades Máquina H.	77
Tabla 32. Tiempos y Unidades Prensa M.DH.....	77
Tabla 33. Calculo de Productividad Máq.H.....	78
Tabla 34. Calculo de Productividad Prensa Manual de Hierro.....	78
Tabla 35. Mezclas y sus %	80
Tabla 36. Calculo de Humedad EXPM1.....	81
Tabla 37. Calculo de Humedad EXPM1.....	82
Tabla 38. Calculo de Humedad EXPM1.....	84
Tabla 39. Calculo de Humedad EXPM1.....	85
Tabla 40. Calculo de Humedad EXPM1.....	86
Tabla 41. Calculo de Humedad EXPM2.....	88
Tabla 42. Calculo de Humedad EXPM2.....	89
Tabla 43. Calculo de Humedad EXPM2.....	90
Tabla 44. Calculo de Humedad EXPM2.....	92
Tabla 45. Calculo de Humedad EXPM2.....	93
Tabla 46. Calculo de Humedad EXPM4.....	94
Tabla 47. Calculo de Humedad EXPM4.....	96
Tabla 48. Calculo de Humedad EXPM4.....	97
Tabla 49. Calculo de Humedad EXPM4.....	98
Tabla 50. Calculo de Humedad EXPM4.....	100
Tabla 51. Calculo de Humedad EXPM5.....	101
Tabla 52. Calculo de Humedad EXPM5.....	102
Tabla 53. Calculo de Humedad EXPM5.....	104
Tabla 54. Calculo de Humedad EXPM5.....	105
Tabla 55. Calculo de Humedad EXPM5.....	106
Tabla 55. Prueba de Combustión Leña	107
Tabla 56. Poder Calórico de la Leña.....	107
Tabla 57. Prueba de Emisión de CO2 Leña.....	107
Tabla 58. Nómina de Pago	108
Tabla 59. Nómina de Pago	108

Índice de Figuras.

Figura 1 Prensa Simple.....	12
Figura 2 Prensa metálica simple.....	12
Figura 3. Prensa Terstaram o Combustaram 1	13

Figura 4 Molde para briquetas	13
Figura 5 Prensa moderna de pistón	14
Figura 6 Cadena de producción de briqueta	14
Figura 7. Diseño Inicial de la Máquina	28
Figura 8. Placa de Fijación y Grilletes.....	29
Figura 9. Pruebas con Mezcla Testigo.....	30
Figura 10. 2do Diseño de los Moldes.....	32
Figura 11. 2da Prueba con Mezcla Testigo.....	33
Figura 12. 2da Prueba con Mezcla Testigo.....	33
Figura 13. 2da Prueba con Mezcla Testigo.....	33
Figura 14. 3er Diseño de los Moldes	33
Figura 15. 3er Diseño de los Moldes	33
Figura 16. 3er Diseño de los Moldes	34
Figura 17. 3er Prueba con Mezcla Testigo	34
Figura 18. 3er Prueba con Mezcla Testigo	34
Figura 19. 3er Prueba con Mezcla Testigo	35
Figura 20. 3er Prueba con Mezcla Testigo	35
Figura 21. Diseño Final de la Placa de Fijación y Refuerzo.....	35
Figura 22. Diseño Final de los Grilletes	36
Figura 23. Diseño Final de la Máquina.	37
Figura 24. Diagrama de Procesos	48
Figura 25. Briquetas sin Almidón	49
Figura 26. Briquetas sin Almidón	49
Figura 27. Briquetas de la EXPM1	50
Figura 28. Briquetas de la EXPM2.....	50
Figura 29. Briquetas de la EXPM4.....	50
Figura 30. Briquetas de la EXPM5.....	50
Figura 31. Prueba de Granulometría del A	51
Figura 32. Prueba de Granulometría del C.	51
Figura 33. Pruebas de Compactación.....	53
Figura 35. Prueba de Punto de Ebullición.....	55
Figura 36. Emisión de CO2.....	56

I. Introducción.

En la actualidad existe un alto riesgo de contaminación en Nicaragua por los residuos provenientes de las industrias alimenticias, industrias químicas y agro-industrias, ya que debido a sus características y prácticas productivas representan los sectores de mayor riesgo en cuanto a la emisión de residuos en nuestro país. Esto se debe a que quizás no toman en cuenta las normativas y las leyes establecidas para su funcionamiento, así como también de buenas prácticas de manufactura y tecnologías para mitigar el daño que estas provocan.

Por lo antes expuesto, urge que las industrias pongan en marcha planes de gestión integral, proporcionen métodos de reúso, reciclaje y reducir, tal es el caso del aprovechamiento de residuos provenientes del sector cafetalero y maderero como la cascarilla de café y residuos de madera; de los cuales se pueden aprovechar su contenido calórico para generar energía y de esta manera aminorar el impacto generado al medio ambiente, en primer lugar por quema de árboles y en segundo lugar por la contaminación que estos residuos podrían estar generando al medio.

En este sentido se han realizado estudios que demuestran la utilidad de la cascarilla de café en briquetas, así mismo se ha utilizado el aserrín en eco fogones como medio de combustible. De esa forma se aprovecha uno de los desperdicios del procesamiento del café y uno generado por las industrias madereras.

En concordancia con lo planteado, la presente investigación estará centrada en la validación de un prototipo de máquina hidráulica para elaborar briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera, para aprovechamiento de estos como combustible; en el que se pretende diseñar la máquina y variar mezclas a través de fases experimentales; las cuales permitan mejorar el diseño y la productividad de la máquina briqueteadora actual, así como también el diseño y proporciones de mezclas de la briqueta que contribuyan a mejorar los niveles de combustión en estas.

II. Objetivos.

II.I Objetivo General.

- Realizar validación de un prototipo de máquina hidráulica para la elaboración de briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera, con el fin de aprovechar estos residuos como combustible.

II.II Objetivos Específicos.

- Determinar los requerimientos técnicos – mecánicos de la máquina hidráulica para establecer parámetros de diseño.
- Caracterizar las briquetas elaboradas con la máquina hidráulica y prensa manual de hierro a fin de comparar las briquetas óptimas con la mezcla testigo.
- Calcular los costos de producción para determinar la viabilidad de fabricación de briquetas.

III. Justificación.

La generación de residuos por parte de las empresas crece cada día debido a que Nicaragua se ha convertido en un país en constante desarrollo industrial. Al paso del tiempo han surgido diferentes tipos de medios para resolver el dilema del qué hacer con los desechos, sin embargo hay grandes cantidades a los que aún no se les da solución.

Los principales residuos a tratar están constituidos por los desechos de las industrias madereras de la ciudad de Estelí, entre estas podemos mencionar las mueblerías, las cuales generan un estimado de 1,000 y 1,500 quintales de aserrín y colocha al año; así como también las fábricas que elaboran cajas para puros, se calcula que generan entre 4,000 y 5,000 quintales de aserrín al año; estas industrias utilizan cierto % de madera que según el inventario Nacional Forestal Nicaragua dispone de 665,160,935 m³ de madera, de los cuales 120, 000,097 m³ es volumen comercial.

Por otro lado se tratarán los desechos de las empresas agroindustriales que se inclinan a la producción cafetalera, que según datos registrados en el Banco Central durante los últimos 5 años se ha estimado que producen 1.5 y 2 millones de quintales al año, generando durante el tratamiento seco 6.1% de cascarilla de café.

El aprovechamiento de estos residuos permite aumentar la eficiencia, mejorar los procesos productivos de las empresas y más importante aún reducir el daño al medio ambiente, es decir lograr que las empresas produzcan de una manera más amigable con el entorno. Razón por la cual es necesario continuar realizando investigaciones en alianza con universidades, instituciones, organismos, en mejorar tecnologías y aprovechar desechos para convertir los mismos en materiales útiles y amigables con el medio ambiente.

Como parte de estas respuestas en el marco del Proyecto UNI – PNUD para el desarrollo de la temática **“Generación de prototipos de tecnologías vinculadas al Cambio Climático”** se pretende realizar la validación de una máquina briqueteadora hidráulica para elaborar briquetas a partir de cascarilla de café y residuos de madera, el cual permitirá ofrecer beneficios sociales y económicos a las pequeñas y medianas empresas que utilizan leña como material auxiliar en sus procesos, ya que podrían estar sustituyendo esta por briquetas y de esta manera minimizar el impacto por la quema de leña, mejorando el nivel de vida de estos, ya que en las áreas rurales y urbanas del país es frecuente el uso de la leña y las briquetas serían un perfecto sustituyente de este al contar con mayor poder calorífico que la leña, es de fácil y rápida combustión, son de baja humedad, de alta densidad, ocupa menos espacio, son limpias, homogéneas, de fácil manipulación, sin olores, sin humos ni chispas, de menor porcentaje de cenizas, 100 % ecológicas y naturales. En

conclusión es un combustible ecológico, limpio, duradero y suple la necesidad de mayor energía calorífica.

Cabe destacar que esta investigación será un referente ya que permitirá a las PYMES utilizar residuos del café y de madera, así como otros residuos con propiedades combustibles para fabricar briquetas de calidad, las cuales pueden producirse a gran escala y comercializarse a un precio menor que el de la leña, generando así una reducción de gastos para las familias nicaragüenses de bajos recursos, esto en el aspecto económico. En cuanto a los beneficios ambientales durante su combustión produce menos dióxido de carbono, que durante la combustión que la misma carga de leña.

IV. Marco Teórico.

Para la realización de la presente investigación es necesario tomar en cuenta los fundamentos teóricos y experiencias en relación con el tema. Es de vital importancia que los conceptos básicos utilizados en el documento sean lo más claro posible para una mejor interpretación, discusión y análisis de resultados que permitan realizar conclusiones y recomendaciones pertinentes a la temática en estudio.

IV.I Residuo.

(Cabildo, Claramunt, & Col, 2010), definen en su escrito como residuo “todo material inútil o no deseado, originado por la actividad humana, en cualquier estado físico (sólido, líquido, gaseoso y sus respectivas mezclas) que pueden ser liberados en cualquier medio receptor (atmosfera, agua, suelo). Incluye por tanto no solo los residuos sólidos, sino también los afluentes líquidos y las emisiones gaseosas”.

Según (Castells, 2012) residuo es aquella sustancia u objeto generado por una actividad productiva o de consumo, de la que hay que desprenderse por no ser objeto de interés directo de la actividad principal. En general, todas las legislaciones suelen definir el residuo de una manera similar: como aquella sustancia u objeto que no resulta útil para su poseedor y por la cual tenga la intención, o bien la obligación de desprenderse de ella.

IV.I.I Clasificación de los residuos.

(Cabildo, Claramunt, & Col, 2010), definen en su escrito que la clasificación de los residuos se puede realizar atendiendo a distintos factores: características físico-químicas, origen, peligrosidad, posibles tratamientos, flujos temáticos, etc. A su vez, dentro de cada clasificación pueden establecerse varias categorías, con lo que la complejidad aumenta. De esta forma, se pueden encontrar un gran número de modos de clasificar los residuos, como se puede ver en la siguiente tabla:

Clasificación de los residuos.	
Según sus características físico -químicas.	Sólidos, líquidos, lodos/fangos, pastosos, radiactivos, etc.
Según su origen	Sólidos urbanos (municipales), comerciales, industriales, agropecuarios, construcción y demolición, sanitarios (hospitalarios), miembros, etc.
Según su peligrosidad.	Peligrosos, inertes, biocontaminados, no peligrosos, radiactivos, infecciosos, etc.
Según sus posibles tratamientos	Fermentables, reciclables, valorizables, inertizables, etc.
Según sus flujos temáticos	Aparatos eléctricos y electrónicos, vehículos al final de su vida útil, neumáticos, envases y embalajes, construcción y demolición, PVC, etc.

Fuente tomada de *(Cabildo, Claramunt, & Col, 2010)*

Desde el punto de vista ecológico, podemos hablar de dos tipos de residuos: biodegradables y no biodegradables. Se consideran biodegradables aquellos residuos que en condiciones de vertido pueden descomponerse de forma aeróbica o anaeróbica, tales como residuos de alimentos, de jardín, papel y cartón, entre otros. Y son considerados residuos no biodegradables aquellos que no pueden ser degradados naturalmente; o bien, si esto es posible, sufren una descomposición demasiado lenta. Este factor los hace más peligrosos que los anteriores, ya que su acumulación en la naturaleza es progresiva. *(Cabildo, Claramunt, & Col, 2010)*

Los residuos que se definen a continuación, son los que mayor presencia tienen en nuestra vida diaria y los que con mayor frecuencia están presentes en la contaminación medioambiental he aquí las definiciones que plantea *(Federacion Austriana de Consejos, 2006)* en su informe:

- **Residuos industriales:** se trata de un amplísimo grupo de residuos, generados en los procesos de fabricación de la industria y que no tienen valor como mercancía debido a que, en la mayoría de los casos, las tecnologías para su aprovechamiento suponen elevados costes, o bien porque no están aun lo suficientemente desarrolladas.

Dentro de este amplio grupo podemos diferenciar a su vez tres categorías diferentes:

- **Residuos sólidos asimilables a urbanos:** son aquellos que presentan una composición similar a la de los residuos sólidos urbanos (Los residuos urbanos son aquellos que se generan en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los

producidos en los anteriores lugares o actividades.), y por tanto pueden gestionarse junto a ellos, como es el caso de los restos de comedores, basura de oficinas, etc.

- **Residuos inertes:** son todos aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.
- **Residuos Peligrosos:** en la práctica se pueden considerar residuos peligrosos los que en su composición tengan constituyentes que les den a los residuos carácter de peligrosidad.

IV.II Manejo de los residuos del Beneficiado seco del café.

En el beneficio seco, el 25% de la cascarilla es enviada a CEMEX para quemarla en los hornos y generar energía. Un indicador que se puede encontrar en este tipo de hornos es de 1.51 kg/min (90.6 Kg/hora). Un 35% riegan la cascarilla en los patios de secado con el fin de emparejar y compactar el terreno, 15% es incinerado y 23% lo utilizan para otros usos (alimento para animales). Existe un 15 % de la cascarilla que se incinera sin tener un valor agregado para las empresas. Es necesario buscar alternativas a esta cantidad de cascarilla adicional, lo cual representa 6, 598,935 Kg al año. (SINIA - MARENA, 2009)

IV.III Cascarilla de café.

Según (Amador, Rugama, & Morazán, 2012) citan en su informe que (Palacios & Betancurt, 2005) define la cascarilla de café también llamada cisco como 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. Esta se extrae mediante el proceso de trillado donde ocurre una separación, a continuación se presentan las características físicas y químicas.

IV.III.I Propiedades de la cascarilla de café.

En el informe elaborado por (Amador, Rugama, & Morazán, 2012) aluden a (Orozco, Cantarero, & Rodríguez) los cuales indican que 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.

Así como también (Orozco, Cantarero, & Rodríguez) hacen mención de las siguientes propiedades del cisco o cascarilla del café:

- El poder calorífico es de aproximadamente 7458 Kcal/Kgr.
- El porcentaje de cenizas es de aproximadamente 0.6%.

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

El conocer la composición química y las propiedades de la cascarilla permiten conocer los beneficios que este residuo genera como combustible y por ende su utilización en la elaboración briquetas como sustituyente de la leña.

IV.IV La madera.

La madera es un material orgánico, producido por un organismo vivo, el árbol. Es una materia fibrosa y organizada. (Capuz, 2005)

IV.V Residuos de madera.

(FAO, 1991) define en su publicación que todos los residuos de la madera y su corteza, que se suelen denominar comúnmente aserrín basto debido al proceso de reducir el tamaño de los residuos en una "desmenuzadora" tienen valor como combustible, aunque se produce en una gran gama de tamaños con diverso contenido de humedad, y comprenden principalmente los siguientes:

- **Corteza:** que constituye de 10% a 22% del volumen total de la troza según tamaño y especie, y cuya eliminación puede suponer de suyo un grave problema a no ser que pueda utilizarse como combustible o eliminarse antes de la preparación de la troza.
- **Residuos secundarios:** como costeros, desperdicios de canteado, recortes incluso de chapas, recortes de aserrío y de tableros de partículas, que cuando se reduce su tamaño se convierten en un combustible ideal, especialmente cuando están secos. También tienen valor de reventa como material para pasta y tableros de partículas.
- **Las almas:** procedentes de trozas para el desenrollado de chapas, y que se venden por lo general a los aserraderos o como madera aserrada o como partículas o astillas para pulpa.
- **Aserrín:** que es el producto de todas las operaciones mecánicas de elaboración de la madera, especialmente del aserrío, y que por lo general no se considera como material primario para la fabricación de pasta debido a su diminuto tamaño, aunque resulta aceptable para la fabricación de tableros de partículas.
- **Virutas de cepillado:** que proceden del dimensionamiento y alisado de la madera aserrada, de la madera contrachapada y de los tableros de partículas con cepillos durante la fase de acabado. Se consideran ideales para la producción de tableros de partículas y son excelentes para el caldeo de hornos y secadoras.

- **Lijaduras:** que se producen durante el lijado abrasivo de la madera aserrada, de los tableros contrachapados y de partículas durante la fase de acabado. Debido a su tamaño y a su bajísimo contenido de humedad se prestan muy bien al caldeo directo.
- **Residuos de tableros de partículas:** que son del orden de un cinco por ciento y que tienen escasa importancia en comparación con los que se producen en otras industrias mecánicas a base de madera, pues en buena parte se reciclan dentro del proceso productivo. En realidad, los residuos procedentes del aserrío y de la fabricación de tableros contrachapados constituyen gran parte del material que sirve para los tableros de partículas.

IV.V.I Valor de los residuos madereros como combustible.

- **Valor calorífico.**

La (FAO, 1991) puntualiza que el valor calorífico de la madera depende muchísimo de las especies y de la parte del árbol que se aproveche; varía entre 17 y 23 MJ/kg de madera en seco (MS); generalmente las coníferas tienen valores calóricos superiores a las maderas duras o de frondosas, con un valor medio de 21 MJ/kg MS para maderas resinosas y 19,8 MJ/kg MS para otras maderas que se emplean.

Sin embargo, aunque el valor de combustible puede ser bastante sustancial en la madera seca, el valor calorífico depende de varios factores, a saber, el contenido de humedad, el tamaño de las partículas, el tipo y eficiencia del equipo de combustión que se emplee y el grado de funcionamiento y mantenimiento. Por eso, para formarse una idea cabal de los valores caloríficos de varias resinas de madera hay que tener en cuenta el contenido térmico unitario de los residuos según su contenido de humedad, junto con la eficiencia del proceso de transformación energética.

IV.VI Generalidades de las briquetas.

(González, 2012), define que las briquetas “son elementos con forma cilíndrica hechos con serrín prensado. Los procesos de fabricación son distintos según si se trata de unos u otros. El diámetro de las briquetas es mayor de 5 cm y su longitud mayor de 10 cm. Las briquetas se utilizan como combustible para estufas en el interior de viviendas en sustitución de la leña”.

La (FAO) en su publicación “Técnicas simples para la obtención de combustibles básicos” enuncia que los materiales utilizados para la elaboración de briquetas son desechos de papel, desechos municipales, desechos de la madera, fibra de coco, turba, polvo de tundra, borra de algodón, serrín, paja, cáscaras de cacahuete, cáscaras de avellana, residuos de aceitunas, caña de azúcar, cortezas de árbol, cáscaras de arroz, cáscaras de girasol, desechos de cuero, cáñamo, estiércol, lubricante

para motores (usado como aditivo a los sólidos), heno, arbustos, desechos de pescado y desechos de la elaboración de alimentos.

IV.VI.I Principales características físicas y químicas de las briquetas.

(Martín, 1994), define las características, físicas y químicas que las briquetas presentan, entre las que destaca:

- **Forma, tamaño y color.**

La forma de las briquetas puede ser muy variable y depende de la maquinaria utilizada en su obtención; sin embargo, casi todas las briquetas fabricadas en la actualidad son de forma cilíndrica, otra forma de las briquetas es la de sección octogonal con un hueco redondo en el centro, de esta manera se consigue una ignición más rápida; esto puede resultar ventajoso o perjudicial (dependiendo del objetivo buscado). Otra forma es la sección rectangular, ligeramente redondeada en las cuatro esquinas para así no desintegrarse con los golpes, este tipo de briquetas arden más despacio pero se almacenan mucho mejor pues ocupan menos volumen a igualdad de peso que el tipo cilíndrico o el de prisma octogonal hueco.

Las briquetas de sección octogonal tienen una distancia entre dos caras opuestas de 62 mm y un orificio interior central de diámetro igual a 15 mm. El largo es variable y depende del fabricante de la briqueta pues puede cortarla al largo que estime oportuno. Se procura que el aspecto de la briqueta sea lo más parecido al de la leña para que así en las chimeneas parezca que arda leña, por ello se prefieren las briquetas cilíndricas.

- **Densidad.**

La principal característica de las briquetas frente a las astillas es que son más densas que éstas, con lo que facilita el transporte, manipulación y almacenaje. Esta es la variable que resulta más importante al estudiar y comparar las briquetas con otros combustibles forestales. El objetivo final de los procesos de briqueteado es siempre el mismo: obtener un producto final de mayor densidad que los productos iniciales.

- **Humedad.**

La humedad de la briqueta es función de la forma en que se suministre el producto. Como en el proceso de prensado que sufre la materia prima hasta convertirse en briqueta se suelen utilizar partículas secas (humedad menor del 12% base húmeda) y además en el mismo se seca aún más la partícula, al final la humedad de la briqueta se encuentra entre 8 – 10 % a la salida de la prensa.

- **Composición química.**

La composición química de las briquetas dependerá del material utilizado en su constitución. Si se emplean aditivos habrá de tenerse en cuenta la composición química de los mismos, lo ideal es conocer los porcentajes (en peso) de madera, corteza y aditivos empleados, así como la humedad a la que se manipulan estos productos, conocidos estos porcentajes puede evaluarse de forma aproximada la composición química de las briquetas.

- **Poderes caloríficos.**

Se entiende por poder calorífico la cantidad de energía desprendida por un kg de combustible al quemarse. Si en la combustión el agua se recoge condensada tendremos el poder calorífico superior (PCS) y si el agua se evapora tendremos el poder calorífico inferior (PCI). Siempre el PCS es mayor que el PCI, ambos son medidos en kcal/kg o kJ/kg. Esta es la característica fundamental que define a un combustible como tal. Altos poderes caloríficos, indican buenos combustibles y bajos poderes caloríficos señalan combustibles más discretos. El poder calorífico depende fundamentalmente de la composición química del combustible.

- **Variables de inflamabilidad y combustibilidad.**

El tiempo de inflamabilidad de las briquetas es similar o ligeramente superior al de las leñas. Al ser la briqueta un material más denso que la madera y por tener menos contenido de aire en su interior, el coeficiente de transmisión térmica de las briquetas es mayor que el de aquella. La alta densidad y el bajo valor de este coeficiente provocan que las briquetas ardan más despacio que la madera y que permanezcan más tiempo en el hogar, lo cual puede ser ventajoso en el caso de que se desee una combustión lenta.

IV.VII Tecnologías y Equipos de Briqueteado.

La (FAO) en su publicación “Técnicas simples para la obtención de combustibles básicos” expresa que para las prensas su diseño varía desde las prensas más simples hechas a mano en casa y tecnológicamente primitivas hasta los modelos automáticos más avanzados. Entre las ilustraciones se incluye una prensa simple a mano (Figura 1), que cualquier herrero rural puede fabricar. El brazo inferior de la prensa está sujeto a un tablero de madera. La presión oscila aproximadamente entre 50 y 100 kg por briqueta, o sea entre 5 y 15 kg/cm². Las briquetas producidas tienen forma esférica, evitando así que se fracturen por los bordes, que son el punto débil de las briquetas hechas en casa.

Los materiales utilizados son periódicos mojados o cualquier papel de desecho. La adición de ceniza de madera endurece las bolas y prolonga su combustión. Las briquetas se comprimen en bolas de unos 5 cm de diámetro y el peso de una briqueta seca es de aproximadamente 30 g. El tamaño

puede variar, pero las más grandes son más difíciles de comprimir. El costo de fabricación de una prensa supone tres a cuatro horas - hombre y 1 a 2 kg de hierro. Se puede reducir de forma considerable el tiempo de fabricación si se montan al mismo tiempo una serie de prensas y se organiza bien el trabajo.

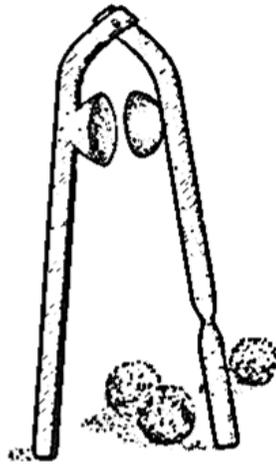


Figura 1 Prensa Simple

Fuente tomada de (FAO).

En la Figura 2 se muestra una prensa metálica simple para la fabricación de briquetas. Ejerce una presión de 200 kg por briqueleta o sea de aproximadamente 3 kg/cm². La parte rectangular está sujeta a la base mediante una bisagra que le da movilidad y hace que sea más fácil sacar la briqueleta. La prensa puede modificarse mediante una construcción más sólida y una palanca más larga. Hay que mantener la base sobre el nivel del suelo. Debajo del contenedor deberá haber una abertura con una tapa de metal. Una vez que se ha hecho la briqueleta, se abre esta tapa y se saca la briqueleta por medio de la palanca manual.

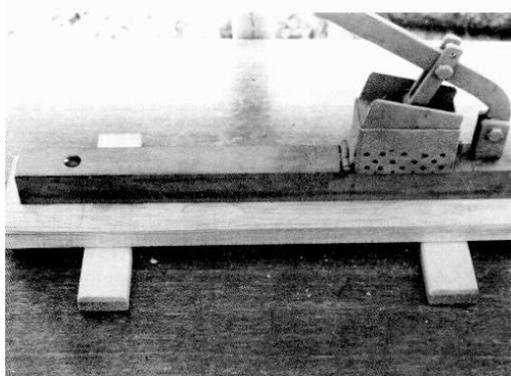


Figura 2 Prensa metálica simple

Fuente tomada de (FAO).

Otra prensa que se ha construido y ensayado consta de un contenedor cuadrado en el que se comprimen los desechos mediante un husillo análogo al de una prensa de uva. La presión alcanza

hasta 2 toneladas por briqueta, o sea aproximadamente 40 kg/cm². Sin embargo, la tasa de producción es inferior a la de la prensa de palanca.

Se han obtenido buenos resultados adaptando estas prensas para la fabricación de ladrillos o bloques de tierra. Son muy conocidas actualmente en los países en desarrollo, con diferentes nombres como «Cinva-Ram», a «Terstaram» y «Combustaram» (Figura 3). Para producir briquetas es necesario introducir moldes de las formas requeridas (Figura 4).

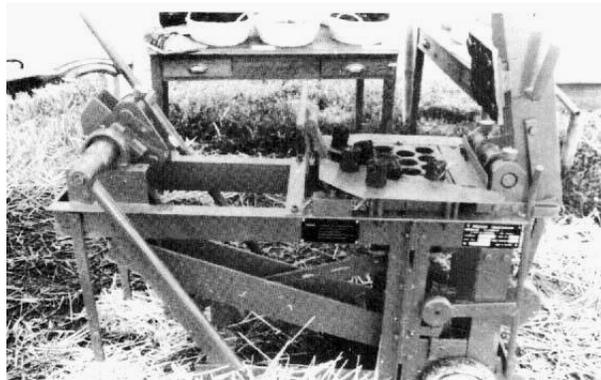


Figura 3 Prensa Terstaram o Combustaram

Fuente tomada de (FAO).

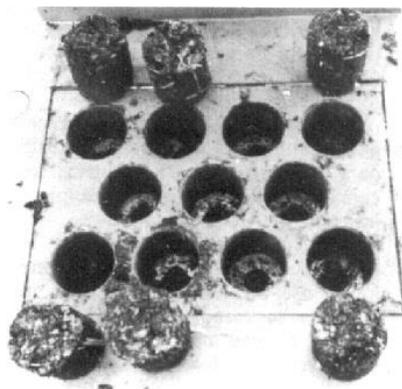


Figura 4 Molde para briquetas

Fuente tomada de (FAO).

En Europa, durante la primera guerra mundial, las prensas de husillo para la fabricación de briquetas funcionaban según el mismo principio de las máquinas de cortar carne. Producían una masa continua de briquetas que se cortaban en secciones. La prensa de husillo ejerce una presión mucho menor que la prensa de pistón y tiene una aplicación limitada para los desechos que pueden transformarse fácilmente en briquetas resistentes al desmenuzamiento.

Las prensas industriales modernas para la madera y los desechos agrícolas ejercen una presión que varía entre 1,000 y 1,200 kg/cm². A estas presiones, la temperatura es muy elevada. La acción de la temperatura y la presión elevadas destruyen la elasticidad de la madera, haciendo posible fabricar las briquetas sin aglutinante.

Un ejemplo de prensa de pistón moderna lo constituye la fabricada por Fred Hausman Ltd., de Basilea, Suiza (Figura 5). Su capacidad varía entre 103 y 3,000 kg/h. Los materiales que se utilizan en dicha prensa son desechos de madera, bagazo, corteza de árbol, residuos de la aceituna, retales de cuero, cáscaras de nueces, papel de desecho, turba, cáscaras de arroz, semillas de girasol y otros materiales agrícolas de desecho. La prensa de briquetas es sólo uno de los elementos de producción, entre los que se incluyen una trituradora, un secador de suspensión, una prensa y una máquina empaquetadora.

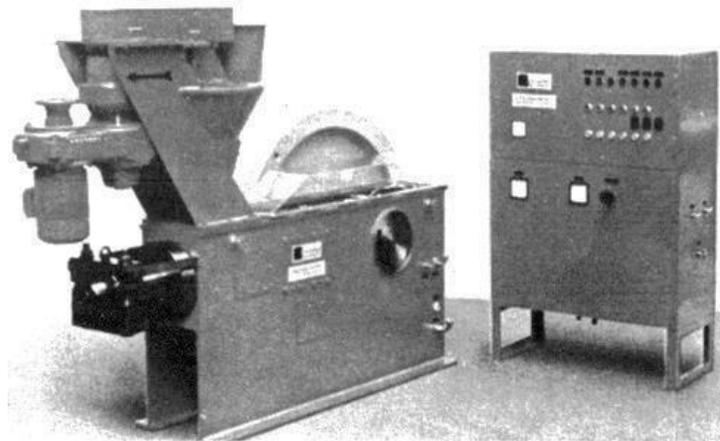


Figura 5 Prensa moderna de pistón

Fuente tomada de (FAO)

En la Figura 6 se muestra el diseño de una línea de producción para la fabricación de briquetas a partir de desechos de madera. Existe una instalación similar a ésta en la industria maderera polaca que utiliza la corteza de árbol como recurso. El equipo básico comprende una trituradora, un secador de suspensión y una prensa para briquetas.

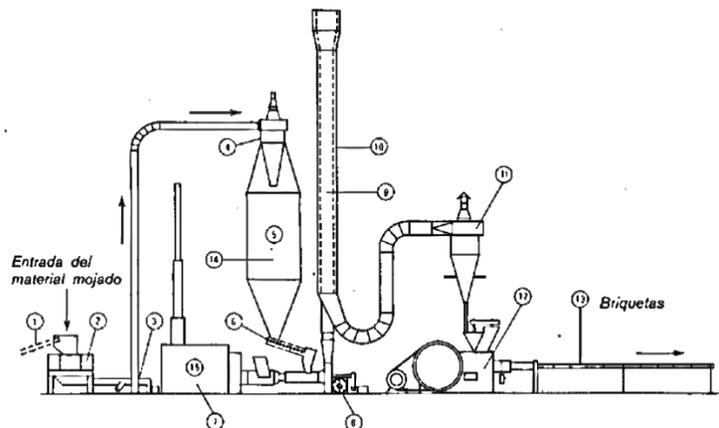


Figura 6 Cadena de producción de briqueta

Fuente tomada de (FAO).

IV.VII.I Clasificación de los equipos de Briqueteado.

Existen diferentes tipos de máquinas y mecanismos para poder hacer briquetas, pero debido a la gran variedad es necesario tratar de hacer una clasificación para poder determinar en qué tipo de máquina se encuentra el modelo actual en estudio.

- **Manual.**

Son todas las máquinas en las que se necesita la intervención de la mano de obra en un 100% del proceso de producción de briquetas. Esto se debe a que el esfuerzo realizado por el operador es completamente necesario desde el principio de llenado del molde hasta la compactación de las briquetas incluyendo la extracción.

Las tecnologías simples para la obtención de combustible en los países en desarrollo se basan en los recursos disponibles y en el principio de a hágalo usted mismo.

- **Semi - Manual.**

Estas máquinas no tienen un funcionamiento diferente al de la clasificación anterior. Sin embargo lo que las hace diferenciar es la considerable disminución de la intervención de la mano de obra en cuanto al esfuerzo para la realización de briquetas. Esto se debe a que el sistema que ejerce la presión para la compactación es realizado por mecanismos que reducen al mínimo la fuerza ejercida por el operario. Por ejemplo: máquinas que funcionan con gatas hidráulicas.

- **Automáticas.**

Las máquinas que elaboran briquetas de manera automática se caracterizan porque realizan todo el trabajo a excepción del llenado y la extracción de las piezas. Todo el proceso de formación y compactación de las briquetas es realizado por la máquina en sí, reduciendo casi al mínimo la intervención del o los operarios.

IV.VIII Criterios Económicos.

IV.VIII.I Costo de Producción.

(Baca G. , 2013) Precisa que los costos de producción no son más que un reflejo de las determinaciones realizadas en el estudio técnico. Los costos de producción se anotan y determinan con las siguientes bases: costo de materia prima, costo de mano de obra, envases, costo de energía eléctrica, costo de agua, combustibles, control de calidad, mantenimiento, cargos de depreciación y amortización, costos para combatir la contaminación.

- **Clasificación de los costos de producción.**

Según la (FAO, 1998) Los costos de producción pueden dividirse en dos grandes categorías: costos directos o variables, que son proporcionales a la producción, como materia prima, y los costos

indirectos, también llamados fijos que son independientes de la producción, como los impuestos que paga el edificio.

- **Costos variables.**

Los costos variables son aquellos costos que varían en forma directa ante cambios en el volumen de producción. (*Sinisterra & Polanco, 2007*).

La (*FAO, 1998*) presenta la siguiente clasificación de los costos variables:

- **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 materia primas requeridas para elaborar una unidad de producto.
- ✓ Precios unitarios de las materias primas puestas en fábrica.

- **Mano de obra directa.**

Aquella que efectivamente ejerce un esfuerzo dentro del proceso de transformar la materia prima en un producto final, en este grupo están incluidos todos los operarios, ya que son ellos los que efectivamente tienen contacto directo con la materia prima y además de ser los que logran la transformación del material en un producto final. (*Rojas, 2007*)

- **Servicios.**

✓ **Agua.**

El costo del agua depende de varios factores, una empresa puede tener que: comprar el agua, extraerla (de pozos, o de río o lago y tratarla) y eventualmente podría utilizar agua de mar limpia con la misma finalidad. Con frecuencia, las empresas usan un sistema combinado. Asimismo, el agua puede ser abundante y por lo tanto, de bajo costo o ser escasa y en consecuencia relativamente cara. (*FAO, 1998*)

- **Mantenimiento.**

Los costos de mantenimiento son los costos variables por unidad de mantener un artículo en inventario durante un periodo específico. Incluyen costos de almacenamiento, costos de seguro, costos de deterioro y obsolescencia, y costos de oportunidad y financieros de tener fondos invertidos en inventario. (*Gitman & Elisa, 2003*)

- **Suministros.**

(Amador, Rugama, & Morazán, 2012) Plantean en su informe que en los suministros hace referencia a todas las herramientas y elementos auxiliares utilizados para la manufactura del producto en cuestión.

- **Inversión inicial.**

La cantidad de dinero necesaria para poner un proyecto en operación es conocida como "Inversión" de la empresa. Dicha inversión podrá estar integrada por capital propio, créditos de organismos financieros nacionales y/o internacionales, y de proveedores.

El monto de este capital varía dentro de límites muy amplios, dependiendo de la modalidad del mercado al cual va dirigida la producción, de las características del proceso y las condiciones establecidas por la procedencia y disponibilidades de las materias primas. (FAO, 1998).

V. Hipótesis.

- Las briquetas elaboradas con cascarilla de café y residuos de madera son más eficientes, que la mezcla testigo.
- El funcionamiento de la máquina hidráulica es más eficiente y productivo, que el de la prensa manual de hierro.

VI. Metodología.

Para el desarrollo del proyecto fue necesario seguir diferentes etapas y pasos que permitieran el cumplimiento de los objetivos, con esto se precisó plantear la metodología que se desarrollaría, la cual abarco aspectos tales como: el tipo de investigación, ubicación del estudio, métodos generales y particulares a emplear, descripción de las tareas y actividades por cada uno de los objetivos de la investigación; todo esto se describe a continuación:

VI.I Tipo de Investigación.

La investigación fue de tipo experimental ya que se apoyó en realizar pruebas de laboratorio para validar la máquina propuesta y en base a la experimentación definir el diseño óptimo de la máquina, así como también se establecieron distintas fórmulas para las mezclas de material a densificar y se modificó el diseño geométrico de la briqueta testigo.

VI.II Ubicación de estudio.

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de Agroindustria, Química y Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino (UNI-RUACS), ubicada de la entrada a La Tunosa antigua Hacienda El Higo Estelí, Nicaragua; se efectuó ahí ya que estos laboratorios cuenta con las condiciones y equipamientos para llevar a cabo la fase experimental y determinar las pruebas establecidas en esta.

VI.III Métodos generales y particulares a emplear.

Durante la realización de la presente investigación se aplicó el método científico, ya que se efectuó una serie de etapas que permitieron fundamentar la teoría con las prácticas en los laboratorios correspondientes, con el fin de poder obtener información precisa y concisa que permitiera el diseño óptimo de la máquina, la modificación geométrica de las briquetas y el desarrollo de nuevas mezclas.

Para llevar a cabo la fase experimental, los recursos necesarios que se utilizaron fueron: material residual (cascarilla de café, aserrín y colcho), aglutinante, agua, fósforos, ocote, fogón, depósitos para mezclar, cucharones, mufla, medidores de CO₂, máquina hidráulica y prensa manual de hierro, cocina industrial, máquina de compresión, juego de tamices, balanza digital de 600 gramos, balanza de reloj de 44 libras. Se requirió también de guantes, gorro y gabacha para uso de los operarios. Para la recopilación de información fue necesario hojas de llenado de datos y para procesar los datos obtenidos durante la fase experimental se utilizaron recursos TICS (Tecnología de la información y comunicación) tales como: Microsoft Word, Microsoft Excel, AutoCAD 2014, etc.; otras de las herramientas que se necesitaron para la compilación de datos fueron: el cronometro digital con vuelta a cero, un reloj para medición de tiempos prolongados.

VI.IV Descripción de los Objetivos.

1. Determinar los requerimientos técnicos - mecánicos de la máquina hidráulica para establecer parámetros de diseño.

Para la realización de este objetivo se inició primeramente por la determinación de la presión para la compactación de la briqueta, tomando como base la fuerza encontrada por (Amador, Rugama, & Morazán, 2012), esto permitió conocer el tipo de presión requerida para la compactación de la mezcla. Posteriormente se realizó una lluvia de ideas del diseño de la máquina, para esto se debió tomar en cuenta el diseño de la briqueta que abrió paso a la forma de la máquina hidráulica.

Una vez establecidos los parámetros de diseño de la máquina, se procedió a la construcción de la misma, donde luego se sometió a trabajo con una muestra testigo a fin de determinar su nivel de funcionamiento y detectar algunas fallas mecánicas y establecer correcciones en su diseño de ser necesario.

2. Caracterizar las briquetas elaboradas con la máquina hidráulica y prensa manual de hierro a fin de comparar las briquetas óptimas con la mezcla testigo.

Para llevar a cabo la caracterización de las briquetas se inició con la modificación de las mezclas, donde se plantearon una serie de combinaciones a partir de los principales residuos a utilizar “Cascarilla de café y residuos de madera”, así también en esta fase de la investigación se determinó el % a utilizar de cada residuo acorde al peso de la briqueta; y se estandarizó el tiempo de descomposición de algunas de las mezclas (Ver Anexo 1). Cabe mencionar que se aplicó el mismo % para todas las combinaciones y se realizó 5 repeticiones de cada una de estas utilizando la máquina hidráulica, esto con la finalidad de determinar la mezcla idónea.

Por último se evaluaron las mezclas óptimas encontradas con la mezcla testigo (Cascarilla triturada y almidón cocido), a fin de comparar la eficiencia y productividad de estas a través de pruebas físicas que permitieron obtener el % humedad, % de cenizas, poder calorífico, emisión de CO₂, tiempo de durabilidad de combustión y resistencia a la compresión.

- **Calcular los costos de producción para determinar la viabilidad de fabricación de briquetas.**

Para el cálculo de los costos de producción, fue necesario determinar los costos variables, materia prima, mano de obra directa, servicios como el agua, mantenimiento, suministros e inversión inicial.

VI.V Actividades/Tareas por objetivo.

Objetivo 1.

- **Determinar los requerimientos técnicos - mecánicos de la máquina hidráulica para establecer parámetros de diseño.**

Actividades.

- Encontrar la fuerza que se requiere para compactar la mezcla mediante el uso de la prensa manual de hierro y una pesa que permita medir la fuerza aplicada por la persona en la máquina.
- Calcular la presión requerida que se obtiene de aplicar la fuerza al compactar la mezcla en la prensa manual de hierro.
- Adquirir gata hidráulica que genere la presión encontrada.
- Diseñar el prototipo de la máquina teniendo en cuenta los resultados de la actividad anterior, así mismo se realizará selección de material de construcción de acuerdo a las condiciones de operación a la que será sometida la máquina y geometría de las briquetas.
- Mostrar mediante planos el diseño básico y forma de la máquina.
- Construcción de máquina hidráulica.
- Comprobar el funcionamiento de la máquina utilizando mezcla testigo a fin de detectar fallas mecánicas y establecer rediseño de la misma.
- Determinar el nivel de productividad de la máquina hidráulica para compararla con la prensa manual de hierro a partir de una mezcla testigo.
- Se elaborarán briquetas utilizando la mezcla compuesta por cascarilla molida, almidón cosido y agua, utilizando la prensa manual de hierro y máquina hidráulica con la finalidad de comparar sus niveles de productividad y resistencia a la compresión.
- Una vez realizadas las actividades anteriores se procederá a elaborar un manual de mantenimiento y uso de la máquina, con el fin de facilitar este tipo de información a los usuarios.

Objetivo 2.

- **Caracterizar las briquetas elaboradas con la máquina hidráulica y prensa manual de hierro a fin de comparar las briquetas óptimas con la mezcla testigo.**

Actividades.

- Elaborar briquetas a partir de distintas formulaciones con la finalidad de determinar la más eficiente y amigable con el medio ambiente.
- Definir los % de residuos a utilizar (cascarilla de café, almidón, agua, aserrín y colcho) y el tiempo de descomposición de algunas mezclas, cabe mencionar que se aplicara el mismo % para todas las combinaciones.

- Establecer las distintas mezclas para elaborar briquetas a partir de cascarilla de café, residuos de madera (aserrín + colocho), almidón cocido y agua. (Ver Anexo 1).
- Realizar 30 briquetas (5 repeticiones) para cada una de las mezclas definidas utilizando la máquina hidráulica.
- Identificar las mezclas resultantes que presenten mejores niveles de compactación y realizar pruebas de compactación, de combustión, % de humedad, % de cenizas, poder calorífico y emisión de CO₂.
- Comparar las briquetas de las mezclas óptimas elaboradas con la máquina hidráulica, con la leña y la briqueta optima elaborada con la prensa manual de hierro.
- Determinar la productividad de la máquina en base a la cantidad de briquetas obtenidas y el tiempo total.

Objetivo 3.

- **Calcular los costos de producción para determinar la viabilidad de fabricación de briquetas.**

Actividades.

- Calcular la inversión inicial necesaria para llevar a cabo la etapa de fabricación de la máquina, así como también los costos de materia prima, mano de obra, depreciación, servicios y suministros; todo ello se realizará mediante el uso de operaciones contables.

VII. Análisis y presentación de los resultados.

En el siguiente acápite se presentan los resultados obtenidos durante la fase de experimentación para cada uno de los objetivos planteados en la metodología.

VI.I Determinar los requerimientos técnicos – mecánicos de la máquina hidráulica.

La finalidad de estas pruebas fue establecer parámetros de diseño de la máquina briqueteadora a utilizar en el proceso de validación. Para esto se tomaron las medidas de la prensa manual de hierro que se encuentra en el laboratorio de agroindustria de la universidad, con el fin de determinar los requerimientos técnicos - mecánicos necesarios con los que operará la máquina hidráulica, las cuales se ejecutaron al tomar como referencia las medidas geométricas de la prensa manual de hierro; así como también se elaboró una mezcla testigo (Cascarilla triturada y almidón cocido) sirviendo como referencia en condiciones de operación para definir el diseño de la máquina hidráulica. A partir de esto se obtuvieron los siguientes datos que corresponden a la prensa manual de hierro:

- Altura del grillete = 15.2 cm
- Diámetro del grillete = 11.2 cm
- Distancia entre el grillete y la prensa = 19 cm (Mezcla ya compactada)
- Distancia entre el grillete y la prensa = 14 cm (Mezcla sin compactar)
- Altura de la briqueta = 10 cm
- **Determinación de la fuerza.**

Por otro lado fue necesario encontrar la fuerza requerida para compactar la mezcla, esto con la finalidad de establecer las toneladas de la gata para la máquina hidráulica ya que esta estará provista de un sistema hidráulico. Para esto se tomó de referencia el informe elaborado por (*Amador, Rugama, & Morazán, 2012*), donde concluyeron que la presión requerida para compactar la mezcla oscila entre **2.02 y 3.63 MPa**, posteriormente se determinó la fuerza que está inmersa en estas presiones a través de la siguiente expresión presentada por (*Soldovieri, 2011*):

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área.}$$

En dicha expresión se despeja la fuerza, teniendo como resultado:

$$\text{Presión} \times \text{Área} = \text{Fuerza.}$$

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} \times \text{Área.}$$

Los valores a sustituir en la expresión son las medidas geométricas de la prensa manual de hierro y los datos concluyentes de (*Amador, Rugama, & Morazán, 2012*), siendo estos los siguientes:

Diámetro (d) = 11.2 cm. = 0.112 mts.

Presión 1 (P₁) = 2.02 MPa = 2.02 x 10⁶ Pa.

Presión 1 (P₂) = 3.63 MPa = 3.63 x 10⁶ Pa.

Resolviendo la ecuación queda:

$$F_1 = P_1 \times A$$

$$F_1 = (2.02 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \left(\frac{\pi}{4}\right) (0.112 \text{ m})^2$$

$$F_1 = 19,901 \text{ N}$$

$$F_2 = P_2 \times A$$

$$F_2 = (3.63 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \left(\frac{\pi}{4}\right) (0.112 \text{ m})^2$$

$$F_2 = 35,763 \text{ N}$$

Conversión de la fuerza a Libras/fuerzas:

Dónde:

Según (García, 1998) una Libra/Fuerza (lbf). Unidad de fuerza equivale a **1 lbf = 4.4482216 newton.**

Resolviendo resulta:

$$F_1 = 19,901 \text{ N}$$

$$1 \text{ lbf} - 4.4482 \text{ N}$$

$$x - 19,901 \text{ N}$$

$$x = (1 \text{ lbf} \times 19,901 \text{ N}) / 4.4482 \text{ N}$$

$$\text{lbf}_1 = 4,474 \text{ lbf.}$$

$$F_2 = 35,763 \text{ N}$$

$$1 \text{ lbf} - 4.4482 \text{ N}$$

$$x - 35,763 \text{ N}$$

$$x = (1 \text{ lbf} \times 35,763 \text{ N}) / 4.4482 \text{ N}$$

$$\text{lbf}_2 = 8,040 \text{ lbf.}$$

Para determinar las toneladas de la gata hidráulica se utilizó la expresión presentada por (Instituto Nacional de la Tecnología de Industria (INTI)):

$$1 \text{ ton} = 2,000 \text{ lbf.}$$

Por lo tanto:

$$\text{lbf}_1 = 4,474 \text{ lbf.}$$

$$1 \text{ ton} - 2,000 \text{ lbf}$$

$$x - 4,474 \text{ lbf}$$

$$x = (1 \text{ ton} \times 4,474 \text{ lbf}) / 2,000 \text{ lbf}$$

$$x = 2.237 \text{ ton}$$

$$\text{lbf}_2 = 8,040 \text{ lbf.}$$

$$1 \text{ ton} - 2,000 \text{ lbf}$$

$$x - 8,040 \text{ lbf}$$

$$x = (1 \text{ ton} \times 8,040 \text{ lbf}) / 2,000 \text{ lbf}$$

$$x = 4.02 \text{ ton}$$

Por consiguiente se consideró que las toneladas de la gata hidráulica podía oscilar entre 2 y 4 toneladas para generar la presión comprendida entre 2.02 y 3.63 MPa, para la producción de una briqueta. Por último se procedió a la adquisición de la gata que consta de las siguientes especificaciones:

- 12 toneladas gato de botella hidráulica.
- Color negro.
- Altura máxima: 395mm
- Altura mínima: 210mm

• **Determinación del diseño del equipo.**

De acuerdo con los datos anteriormente calculados se realizó la selección de material de construcción de la máquina, entre los materiales a utilizar se consideraron la madera y el hierro. De estos se analizaron las ventajas y desventajas, conforme a las condiciones de operación a la que sería sometida la máquina y geometría de las briquetas; lo que se presenta a continuación:

Material	Ventajas	Desventajas
Madera	<ul style="list-style-type: none"> - Menor costo de adquisición. - Material de menor peso. - Facilidad de construcción. - Menores costos de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se agrieta y desgasta por el uso de grandes cantidades de agua. - Poca resistencia a grandes presiones. - Su adquisición contribuye a la tala de árboles. - Menor tiempo de vida útil.
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> - Tenacidad, es decir no se rompe como un material frágil. - Durabilidad. - Facilidad de rediseño del material. - Resistente a la corrosión y al desgaste. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor costo de adquisición. - Material de mayor peso. - Mayores costos de reparación y mantenimiento. - Complejidad de construcción.

Tabla 1. Comparación de Materiales

Con lo antes expuesto se concluyó que el material que presentó mayores ventajas para la construcción de la máquina fue el hierro, ya que este presenta mayor durabilidad y resistencia, debido a que durante la elaboración de las briquetas, estas se realizaran en ambiente húmedo permanente, además sería posible efectuar modificaciones de diseño. Por otra parte con la utilización de la madera no sería posible minimizar su utilización lo que causaría gran impacto al medio ambiente, además el agua provocaría que este material se desgaste o se agriete, lo que sería más dificultoso realizar reparaciones en el equipo.

Otro de los aspectos a analizar se refirieron al diseño de la máquina, incluyendo sus partes, en este sentido se determinó que la máquina estaría constituida por las siguientes piezas:

Pieza	Descripción	Núm. de Piezas	Peso	Medidas en Cm			
				Diámetro	Altura	Largo	Ancho
Cuerpo de la máquina	Elaborado de hierro, en este están soldadas algunas piezas y otras son ensambladas ya que son piezas individuales.	1	-	-	165.01	-	51.5
Gato hidráulico	De tipo botella, cabeza, pistón y cilindro de acero; idóneos para trabajos pesados, de elevación, extracción y distribución; ejercerá presión a una plataforma que contiene las barras de compactación y para ello es necesario que sea de 12 toneladas para distribuir la presión equitativamente en los moldes que contendrán la mezcla.	1	-	-	-	-	-
Resortes que sostienen la placa de distribución de presión	Son resortes que sostienen la placa de distribución de presión y que permiten que esta se deslice al ir ejerciendo la presión de la gata.	2	-	-	-	22.09 (Sin estiramiento)	-
Placa de distribución de presión	Esta elaborada de hierro y su función principal es distribuir la presión de la gata (12 toneladas) equitativamente sobre las barras de compactación.	1	-	-	-	40.69	21.88

Barras de compactación	Son tubos sólidos, hechos de hierro. Están soldados a la placa de distribución de presión que es empujada por la gata para que estos entren en los moldes. En el extremo poseen una arandela hecha de hierro, con una altura de ¼ de pulgada, su diámetro es menor al DE del molde. Estas barras sirven para presionar la mezcla a través de la gata.	6	-	3.5	26.67	-	-
Guía horizontal de la placa de refuerzo	Son unas guías elaboradas de hierro que permiten que la placa de fijación y refuerzo se deslice al ser ensamblada y extraída de la máquina.	2	-	-	-	43.51	5.10
Molde o grillete	Son de forma cilíndrica, elaborado de hierro. Están soldados a una placa de hierro; básicamente el molde sirve para contener la mezcla que será compactada, permitiendo que las briquetas tomen forma cilíndrica.	6	-	DI (10.625) DE (11)	16.51	-	-
Placa de fijación y refuerzo	Es una base de hierro a la que están ensamblados los grilletes o moldes. Su función es resistir la presión ejercida por el gato hidráulico a la mezcla.	2	-	-	-	43	30.5
Embudo	Hecho de zinc liso con la finalidad de que el agua extraída de la mezcla se escurra a través de este y llegue a un depósito.	1	-	-	29.28	43	40.01

Tabla 2. Especificaciones de las Piezas

Diseño de la Máquina Hidráulica.

De acuerdo a los requerimientos (medida del grillete, determinación de fuerza y diseño de la máquina hidráulica) analizados anteriormente se procedió con los planos de la máquina.

A continuación se muestran los planos de la estructura de la máquina hidráulica y las piezas desmontables, donde las medidas presentadas están en centímetros y el espesor del material de construcción de la máquina en pulgadas.

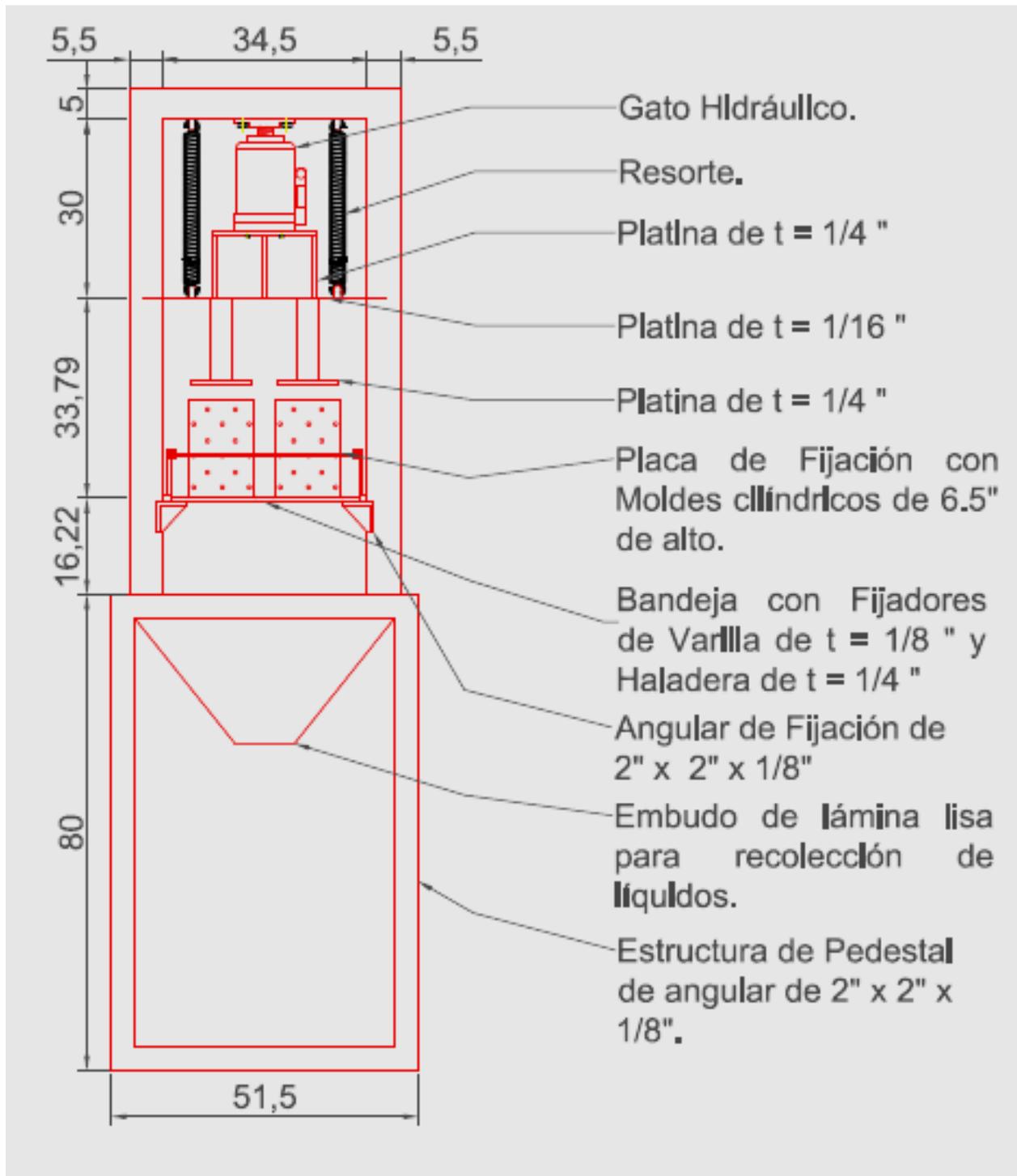
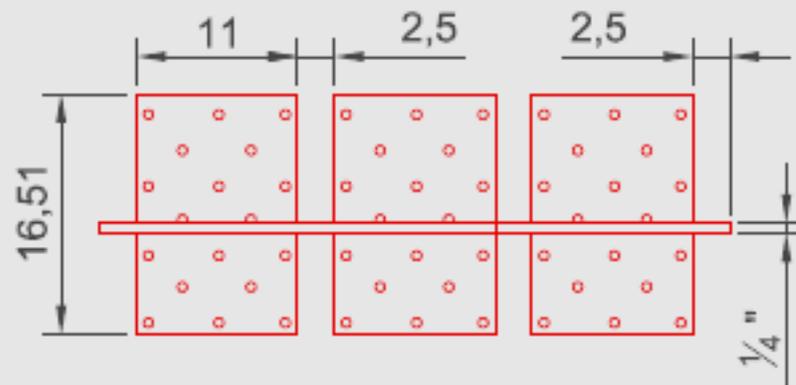


Figura 7. Diseño Inicial de la Máquina

Placa de Fijación de $t = \frac{1}{4}$ " y
Moldes Cilíndricos de $t = \frac{3}{16}$ ".



Vista Horizontal de platina con moldes
cilíndricos.

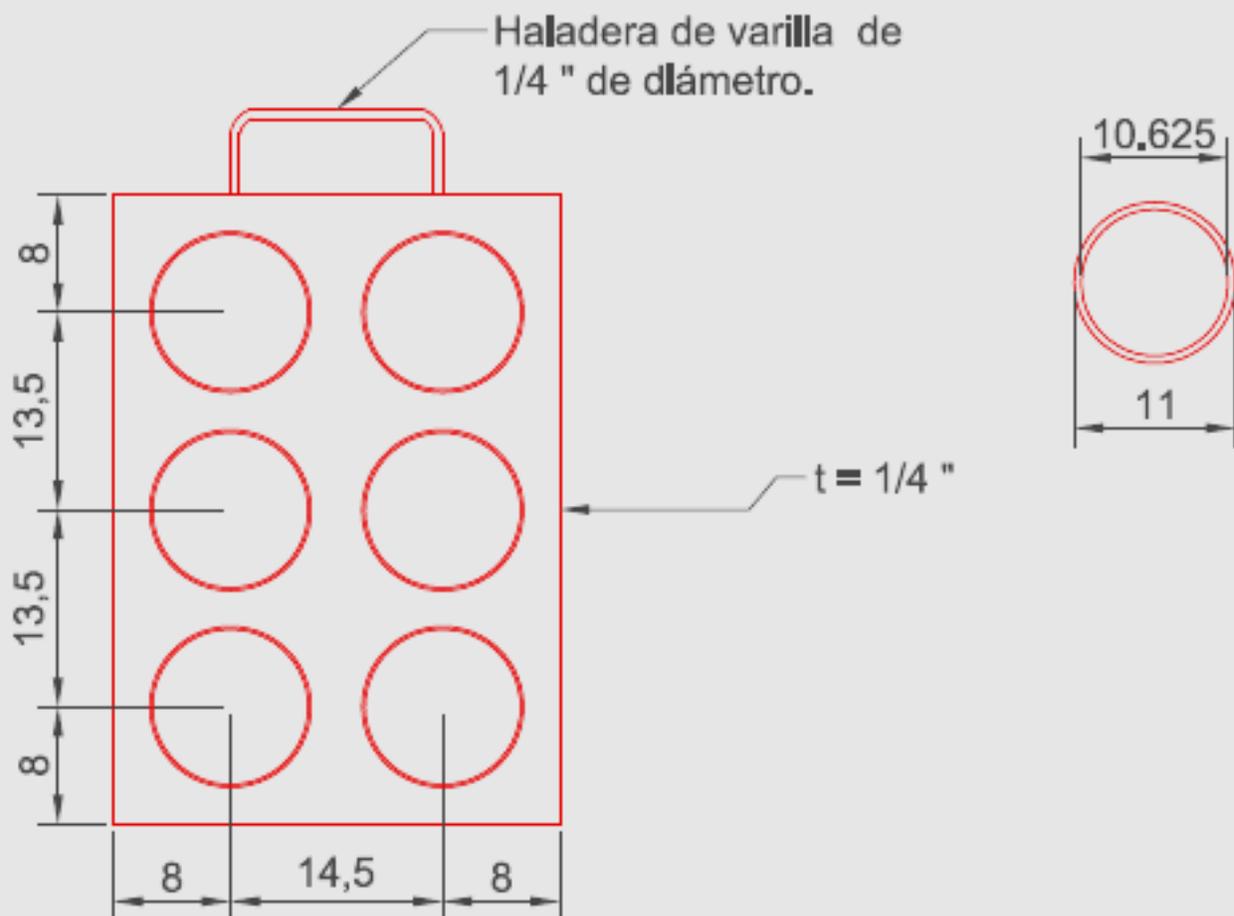


Figura 8. Placa de Fijación y Grilletes

- **Comprobación de funcionamiento del equipo hidráulico.**

Para verificar la funcionalidad de la máquina se realizaron pruebas utilizando la mezcla propuesta por (Amador, Rugama, & Morazán, 2012), que está compuesta por: cascarilla molida (4,000 g), almidón cocido (372 g) y agua (2,306 g); dicha mezcla sirvió de patrón de referencia; esto con el fin de detectar posibles fallas mecánicas del equipo y plantear rediseño de las piezas.

Al realizar pruebas de compactación con la máquina hidráulica, esta presentó dificultad en el operación de extracción de las briquetas, porque el gato hidráulico no recorre toda la distancia de los grilletes, motivo por el cual el operario debió empujar con la mano para extraerla lo que conllevó a que las briquetas presentaran deformidad como se muestra en las figuras 9.



Figura 9. Pruebas con Mezcla Testigo

Con base a estos resultados se determinó realizar mejoras en el equipo a fin de garantizar mejores condiciones de operación, las que se detallan a continuación:

- **1^{ra} Opción:** Sustraer el producto utilizando un disco de comprensión con un mango, de tal manera que las briquetas no se deformaran.
- **2^{da} Opción:** Modificar la altura de los grilletes con el fin de que el gato hidráulico recorriera menos distancia para compactar y extraer la mezcla, sin embargo modificar los grilletes conllevaría a que la briqueta fuese de menor tamaño.
- **3^{era} Opción:** Asimismo se planteó añadirles una mariposa a los grilletes lo que permitiría aflojarlos un poco pero no abrirse en su totalidad, para así levantar el molde y que la briqueta quede sobre la base de fijación y refuerzo.
- **4^{ta} Opción:** Por otro lado se analizó la alternativa de que el producto densificado contara con un orificio concéntrico para una mayor combustión de la briqueta, para ello se propuso añadir unos pin de perforaciones ensambladas a la placa.

Es importante mencionar que estas alternativas no permitirían usar el sistema hidráulico para extraer el producto, esto significa que dicha operación se realizará de manera manual de modo que esto aumentará el esfuerzo físico del operario.

Al analizar las alternativas anteriores, para determinar la más viable en relación al funcionamiento de la máquina, la calidad del producto y esfuerzo humano, se detectaron ventajas y desventajas en relación a los criterios utilizados, en el siguiente cuadro se muestran estas para cada una de las opciones analizadas:

Mejora planteada	Ventajas	Desventajas
1^{ra} opción	<ul style="list-style-type: none"> - Los costos de modificación serían menores. - La briqueta sería de mayor tamaño. - La extracción de la briqueta lleva menos tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> - El operario realizaría mayor esfuerzo físico. - La extracción de la briqueta es sencilla pero con el riesgo de que se fragmente. - La briqueta que se obtiene es totalmente sólida. - No permite el uso del sistema hidráulico para la extracción.
2^{da} opción	<ul style="list-style-type: none"> - El gato hidráulico recorre menos distancia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los costos de modificación serían mayores.
3^{era} opción	<ul style="list-style-type: none"> - Se puede extraer la briqueta sin correr el riesgo de que se fragmente. - Reduce el esfuerzo físico del operario. - Permite abrir un poco los grilletes. 	<ul style="list-style-type: none"> - La briqueta sería de menor tamaño. - El tiempo de extracción de la briqueta es mayor. - No permite el uso del sistema hidráulico para la extracción.
4^{ta} opción	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora el diseño geométrico de la briqueta permitiendo una mejor combustión de la misma. 	

Tabla 3. Análisis de Mejoras Propuestas

De las consideraciones señaladas y de las recomendaciones brindadas por el ingeniero mecánico encargado de la construcción de la máquina, se concluyó que las tres últimas opciones son las más viables en cuanto a funcionamiento del equipo, si bien es cierto no garantizan el uso del gato hidráulico para realizar la extracción del material densificado pero si permitirá obtener una briqueta de calidad y además tendrá un hueco concéntrico, lo que podría facilitar la combustión del producto; por otro lado reducirá el esfuerzo físico del operario porque no tendrá que ejercer fuerza sobre un

objeto como en el caso de la opción número 1, ya que con esta se garantizaría la extracción de la briqueta y la reducción de los costos; el uso de este disco con mango requiere de que el operario ejerza fuerza adicional a la que realiza el gato hidráulico sobre la mezcla y eso conllevaría a mayor esfuerzo físico de este, lo que se pretende evitar en gran medida al no garantizar el uso del sistema hidráulico en la operación de extracción del producto.

De acuerdo al análisis de las opciones de mejoras se modificaron piezas tales como: los moldes o grilletes, donde la altura de estos se redujo de 16.51 cm a 11.5 cm, el DE (Diámetro externo) y el DI (Diámetro interno) sigue siendo igual y por último se les añadió una mariposa que permitiera abrir el molde a una distancia de 0.45 cm antes de accionar la llave de descarga del gato hidráulico, con el fin de que los grilletes no se atoraran en las arandelas; asimismo en las barras de compactación se disminuyó su altura de 26.67 a 13.80 cm, las cuales son huecas, de manera que las arandelas que poseen en el extremo ahora cuentan con un orificio concéntrico que tiene el mismo diámetro de las barras, las modificaciones en esta pieza se realizaron con el propósito de que el pin de perforación entre en las barras. Por otro lado la máquina cuenta con una buena pieza siendo esta el pin de perforación el cual es sólido, de hierro, con una altura de 13.48 cm, su D. es 2.48 cm; este se ensambló a la placa de fijación y refuerzo; su función es dejar el espacio hueco dentro de los moldes que contienen la mezcla, la cual al compactarse da como producto una briqueta con un agujero concéntrico.

En relación a las modificaciones definidas con anterioridad se procedió a realizar pruebas con la mezcla testigo, para detectar posibles fallas en el equipo y así considerar que correcciones podrían hacerse en las piezas si fuese necesario. Durante las pruebas se encontró problemas con los grilletes, como estos están soldados de la parte media del cilindro, integrados como una sola pieza (Ver figura 10) esto hace que no puedan abrirse en su totalidad y al retirarlos queda parte de la briqueta en el molde y el resto sobre la placa de fijación y refuerzo, como se observa en las figuras 11 y 12.



Figura 10. 2do Diseño de los Moldes



Figura 11. 2da Prueba con Mezcla Testigo.



Figura 12. 2da Prueba con Mezcla Testigo

Los grilletes al presentar estas fallas provocó que las briquetas presentaran desperfectos o no se adquieren del tamaño deseado a como se muestra en la figura 13.



Figura 13. 2da Prueba con Mezcla Testigo

A partir de este esto se retomó el diseño de grilletes propuesto por (Amador, Rugama, & Morazán, 2012) en su informe final titulado “**Validación de máquina briqueteadora de tornillo helicoidal para el aprovechamiento de la cascarilla de café como combustible**”; dicho diseño consistió en añadirles una bisagra y un tornillo (Ver figuras 14 y 15) que permitió abrirlos por completo como se muestra en la figura 16, lo que evito que la briqueta quedara adherida.



Figura 14. 3er Diseño de los Moldes



Figura 15. 3er Diseño de los Moldes



Figura 16. 3er Diseño de los Moldes

No obstante se verifico el funcionamiento de la máquina hidráulica utilizando la mezcla testigo (Ver figuras 17 y 18); en las pruebas experimentales los grilletes del centro de la placa presentaron desperfectos las bisagras de estos se desprendieron de las soldaduras que los mantienen unidos; esto se debió a que la presión generada por el gato hidráulico a la mezcla fue suficiente para desprender las bisagras. Razón por lo cual se procedió a cambiar las bisagras por unas de mejor calidad lo cual dio mayor resistencia a la compactación; una vez hecha esta modificación, se sometió nuevamente la máquina hidráulica a operación; obteniendo buenos resultados en la extracción del producto, ya que el cambio de las bisagras permitió que el producto final saliera sin desperfectos (Ver figuras 19 y 20).



Figura 17. 3er Prueba con Mezcla Testigo



Figura 18. 3er Prueba con Mezcla Testigo



Figura 19. 3er Prueba con Mezcla Testigo



Figura 20. 3er Prueba con Mezcla Testigo

De acuerdo a las últimas modificaciones en las piezas y pruebas realizadas para comprobar el funcionamiento de la máquina hidráulica utilizando la mezcla testigo, se determinó que el equipo funcione correctamente; en las figuras 21, 22 y 23 se detallan los diseños finales de la máquina hidráulica, de la placa de fijación y refuerzo y del grillete; las medidas están en cm y el espesor del material de construcción en pulgadas.

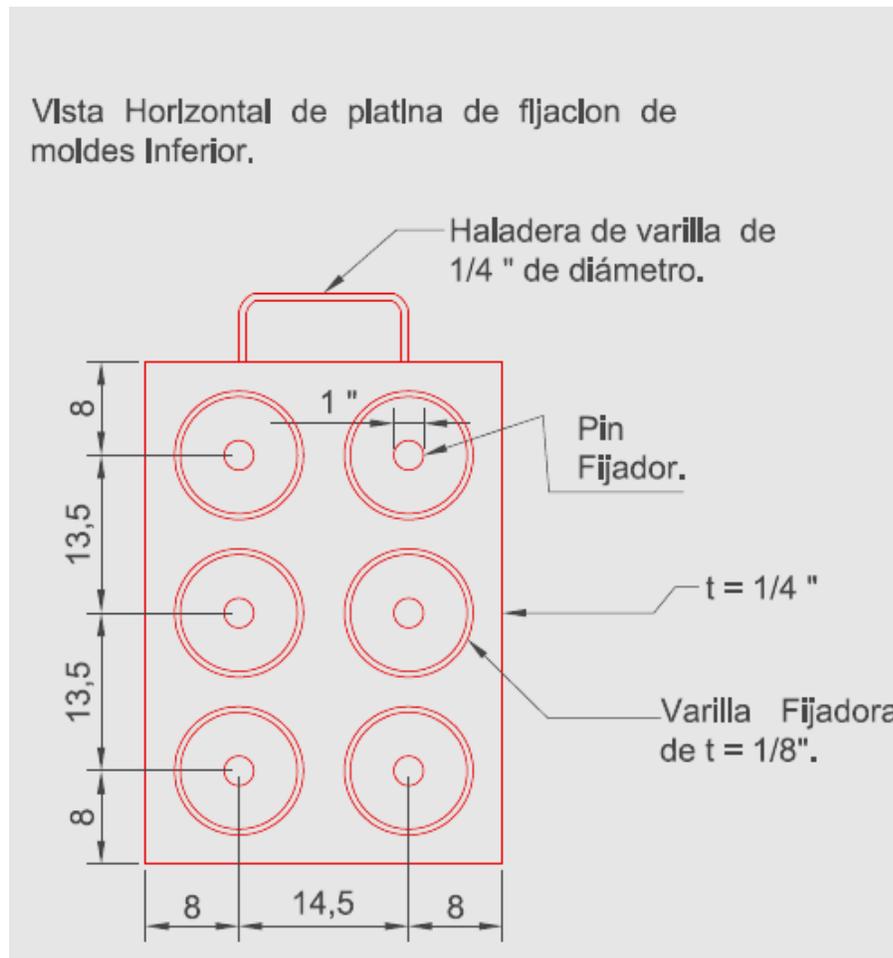
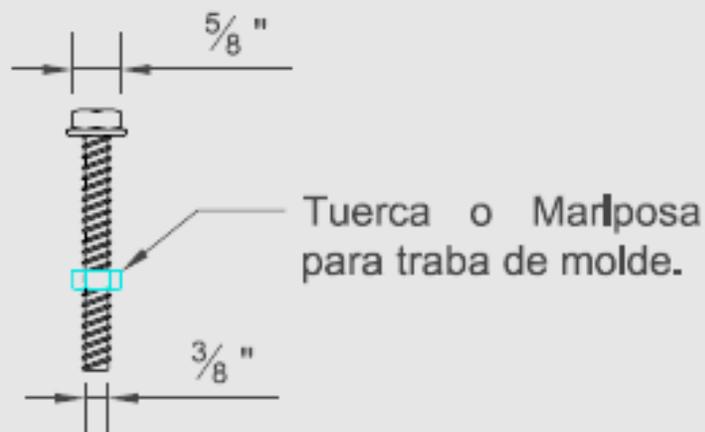
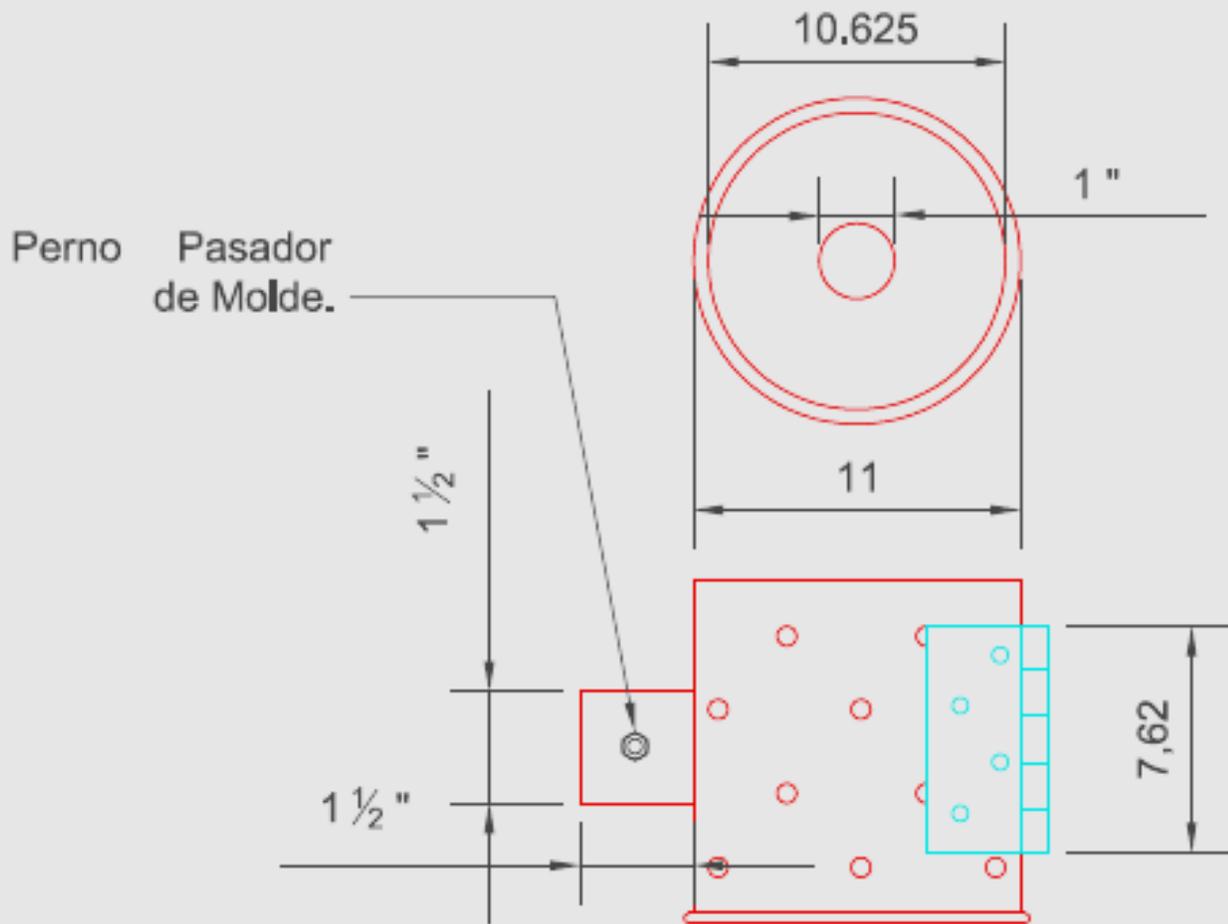


Figura 21. Diseño Final de la Placa de Fijación y Refuerzo

Molde perforado.



Detalle de Perno Pasador.

Figura 22. Diseño Final de los Grilletes

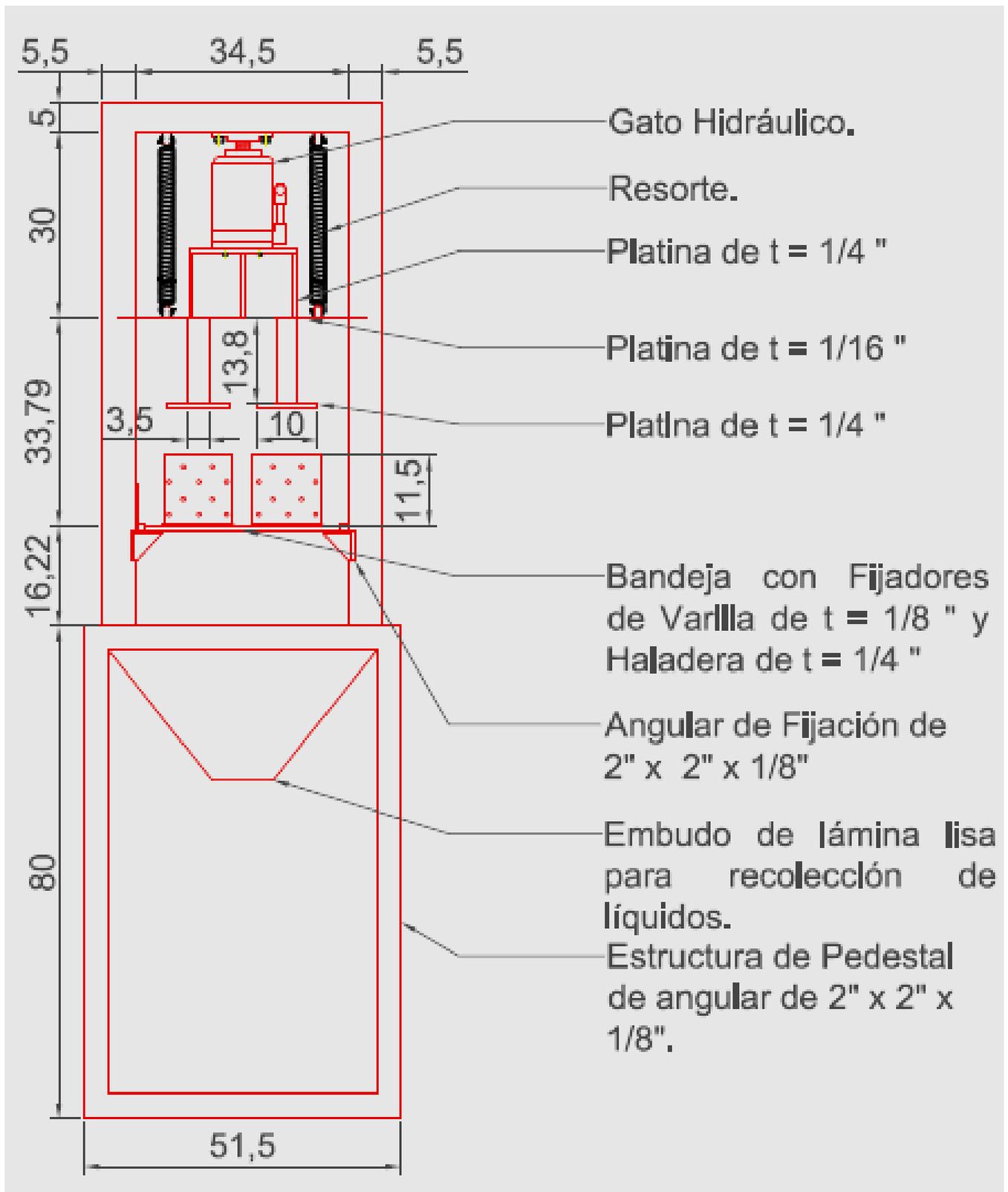


Figura 23. Diseño Final de la Máquina.

- **Determinación del nivel de productividad de la máquina hidráulica.**

Al establecer el diseño y comprobar el funcionamiento de la máquina hidráulica, se determinó su productividad, utilizando la mezcla testigo compuesta por (Cascarilla molida (4,000 g), almidón cocido (372 g) y agua (2,306 g)), se tomó como unidad 6 briquetas que son las que se realizan con la

máquina hidráulica, repitiendo el procedimiento de briqueteado en cinco ocasiones, obteniendo 30 briquetas en total, de igual manera se repitió con la Prensa Manual de Hierro, con el fin de comparar el nivel de productividad de ambos equipos. Durante las pruebas realizadas se registraron los tiempos y las unidades producidas (Ver Anexo 2.) de cada repetición que es la base para medir la productividad de los equipos.

Según los tiempos registrados con la máquina hidráulica el tiempo medio para elaborar 6 briquetas (que corresponden a una unidad) empleando un operario es de 6.33 min, cabe mencionar que este tiempo corresponde solo a la operación de briqueteado que es la que se lleva a cabo en la máquina hidráulica y a partir de este tiempo se realizó el cálculo de productividad del equipo. Dicho cálculo se efectuó en base al tiempo encontrado y se proyectó la producción en: 1 hora, en 8 horas (1 día laboral), semanal (6 días laborales), mensual (26 días laborales) y anual (312 días laborales), para determinar estos niveles de producción se utilizó una regla de tres simple directa (Ver Anexo 3) obteniendo los siguientes resultados:

- En 8 horas se producen (1 día laboral) 455 briquetas.
- En 1 semana se producen (6 días laborales) 2,730 briquetas.
- En un mes se producen (26 días laborales) 11,830 briquetas.
- En un año se producen (312 días laborales) 141,960 briquetas.

Así mismo se realizaron pruebas con la mezcla testigo en la Prensa Manual de Hierro para registrar los tiempos de la operación de briqueteado por unidad (seis briquetas) con lo cual se determinó un tiempo medio de 23.90 min por repetición, realizando el mismo procedimiento de proyección se obtiene que:

- En 8 horas se producen (1 día laboral) 120 briquetas.
- En 1 semana se producen (6 días laborales) 720 briquetas.
- En un mes se producen (26 días laborales) 3,120 briquetas.
- En un año se producen (312 días laborales) 37,440 briquetas.

En base a los cálculos efectuados se encontró que el nivel de producción de la máquina hidráulica anualmente es de 141,953 unidades, en cambio la prensa manual de hierro produce 37,597 unidades anuales, encontrando una diferencia de 104,356 unidades, esto indica que la productividad de la máquina hidráulica es mayor que de la prensa manual de hierro, de esta manera se respondió a la hipótesis planteada **“El funcionamiento de la máquina hidráulica es más eficiente y productivo, que el de la prensa manual de hierro”**.

- **Análisis comparativo entre Prensa Manual de Hierro y Máquina Hidráulica.**

De acuerdo a observaciones durante el proceso de experimentación, en el cual se expusieron las máquinas a operar y cálculos realizados como los mostrados en el acápite anterior, se realizó un análisis de ambas máquinas con el fin de resaltar aspectos importantes de cada equipo. En la siguiente tabla se muestran las diferencias encontradas de cada una de las máquinas:

Máquina Hidráulica	Prensa Manual de Hierro
Su diseño permite la producción de 6 briquetas a la vez, que corresponden a 5 briquetas adicionales que en la prensa manual de hierro.	Su diseño permite la producción de 1 briqueta.
Permite mejorar el diseño geométrico de la briqueta lo que posiblemente mejore la combustión y secado de la misma.	Las briquetas se obtienen con las características que se esperan, pero no puede mejorarse el diseño geométrico ya que el diseño de la máquina no lo permite.
El esfuerzo físico del operario es menor ya que no necesita realizar fuerza, porque la gata hidráulica es la que ejerce presión sobre la mezcla.	El esfuerzo del operario es mayor porque este debe girar una palanca que permite bajar el cilindro de compresión.
Según los cálculos de producción por jornadas laborales se producen: <ul style="list-style-type: none"> - En 8 horas se producen (1 día laboral) 455 unidades. - En 1 semana se producen (6 días laborales) 2,730 unidades. - En un mes se producen (26 días laborales) 11,829 unidades. - En un año se producen (312 días laborales) 141,953 unidades. 	La producción de briquetas por jornada laboral es: <ul style="list-style-type: none"> - En 8 horas se producen (1 día laboral) 121 unidades. - En 1 semana se producen (6 días laborales) 723 unidades. - En un mes se producen (26 días laborales) 3,133 unidades. - En un año se producen (312 días laborales) 37,597 unidades.
Las briquetas que se obtienen son de menor tamaño ya que el grillete tiene una altura de 4.5 pulg.	Las briquetas son de mayor tamaño porque el grillete tiene una altura de 6 pulg.
Mejora las posturas de trabajo.	Las posturas de trabajo se ven mucho más afectadas.

Tabla 4. Análisis de Productividad.

De las consideraciones planteadas anteriormente se concluyó que la máquina hidráulica es más productiva en comparación con la prensa manual de hierro, además mejora otros aspectos como el diseño geométrico de las briquetas y favorece el manejo del operario. Por otro lado la prensa manual

de hierro cumple con su función básica “compactar la mezcla”, pero perjudica otros aspectos como la ergonomía postural porque el operario realiza su trabajo en posición encorvada y esto también se debe de tomar en cuenta durante la producción, ya que puede disminuir la productividad del trabajador.

Luego de definir todos los requerimientos técnicos – mecánicos de la máquina hidráulica se procedió a elaborar un manual de uso y mantenimiento que facilite información necesaria para operar el equipo, a continuación se muestra dicho manual.

- **Manual de mantenimiento y uso de la máquina hidráulica.**

Para la correcta y segura utilización de la máquina briqueteadora hidráulica se elaboró un manual tomando como referencia la metodología usada por (GRUPO CAAMAÑO, 2011), donde muestra los aspectos esenciales para conseguir el mantenimiento y uso de una máquina hidráulica. Asimismo se tomó en cuenta las actividades anteriormente planteadas para la redacción del manual.

Es conveniente que se efectúen las indicaciones que se plantearon en el presente manual dado que esto garantizara el rendimiento, la productividad y la vida útil de la máquina. Toda alteración en el diseño de la máquina puede afectar su seguridad de forma inaceptable y por ende perdería toda validez en cuanto a su funcionamiento.

- **Fabricante.**

La máquina en objeto de estudio fue fabricada por:

Taller Lovil, encargado de su ejecución el Ing. Yoland López.

Esquina sur oeste Colegio Marista, 1c. Al oeste. Estelí, Nicaragua.

- **Seguridad.**

- ✓ **Seguridad ambiental.**

El método de trabajo de la máquina hidráulica es semimanual, esto permite que se evite el consumo de energía eléctrica y por consiguiente la emisión de CO₂ hacia el medio ambiente. También permite la reutilización del agua que se utiliza durante el proceso de briquetado.

- ✓ **Transporte, manejo y mantenimiento de la máquina.**

Para el transporte, manejo y mantenimiento de la máquina solo se permite personal formado, calificado y autorizado. Es necesario que se lean las instrucciones antes de operar la misma. Las cuales se plantean a continuación:

- ✓ **Equipo de protección y herramientas necesarias para el uso de la máquina hidráulica**

Durante el uso de la máquina hidráulica es importante establecer el equipo de trabajo que se debe utilizar para la seguridad del operario. A continuación se menciona el equipo de protección que debe utilizar el operario:

1. Guantes de Goma.

2. Botas de hule.
3. Mascarilla.
4. Lentes de protección.
5. Botas de trabajo.

✓ **Medidas preventivas durante el transporte.**

1. Se debe desmontar la placa que es la base de los grilletes y la pieza que los contiene los grilletes, ya que estas son piezas que no están unidas a la estructura de la máquina.
2. El transporte de la máquina de un área a otra debe ejecutarse entre dos personas o en un vehículo de carga de manera segura para evitar el deslizamiento durante el transporte.

✓ **Medidas preventivas durante su utilización.**

1. Queda prohibido el manejo de la briqueteadora hidráulica a personal no autorizado.
2. Mantenga las manos lejos de todas las partes móviles mientras la máquina hidráulica esté en operación.

Prescripciones de seguridad de carácter general.

1. Cada vez que vaya a utilizar la máquina revise previamente todas las partes móviles para comprobar que se encuentren en condiciones de operación apropiadas.
2. Si algún componente presenta daños visibles o no se desplaza correctamente durante la inspección, no utilice la briqueteadora hasta que se corrija esta deficiencia.
3. Utilice sólo piezas de repuesto del mismo material con el que está elaborada la máquina. Cualquier otro tipo de material compromete seriamente la calidad y seguridad diseñada en este equipo.
4. No debe dar un mal uso al equipo. Sólo realice las funciones para las cuales está diseñada.
5. No permita que los niños operen la unidad y manténgalos siempre alejados de las áreas de trabajo.
6. Mantenga el área de trabajo limpia y libre de obstrucciones en todo momento.

Condiciones de utilización.

Se recomienda trabajar en superficies niveladas y que no sean lisas para evitar que la máquina se vuelque sobre el operario y esté sufra lesiones.

- **Descripción del equipo.**

La máquina en objeto de estudio es una briqueteadora hidráulica, que permite compactar residuos de café y de madera, con el fin de elaborar briquetas que sean un sustituyente de la leña y a su vez puedan aprovecharse estos residuos para minimizar el impacto que estos general al medio ambiente.

El equipo está elaborado de acero A-36 de la normativa ASTM, cuenta con un armazón y 10 piezas que son base para llevar a cabo el proceso de elaboración. Al cuerpo de la máquina está soldado el gato hidráulico y a su vez este está soldado a una placa que distribuye la presión que este ejerce, dicha placa es sostenida por unos resortes que permiten el deslizamiento de la misma; las demás piezas son ensambladas al cuerpo de la máquina.

✓ **Piezas de la briqueteadora.**

Pieza	Núm. de Piezas	Peso	Medidas en Pulgadas.			
			Diámetro	Altura	Largo	Ancho
Cuerpo de la máquina	1	-	-	165.01	-	51.5
Gato hidráulico	1	12 ton	-	-	-	-
Resortes que sostienen la placa de distribución de presión	2	-	-	-	22.09 (Sin estiramiento)	-
Placa de distribución de presión	1	-	-	-	40.69	21.88
Barras de compactación	6	-	DI: 3.5 DE: 10	13.80	-	-
Guía horizontal de la placa de refuerzo	2	-	-	-	43.51	5.10
Molde o grillete	6	-	DI (10.625) DE (11)	11.5	-	-
Pin de Perforación	6	-	2.48	13.48	-	-
Placa de fijación y refuerzo	1	-	-	-	43	30.5
Embudo	1	-	-	29.28	43	40.01

Tabla 5. Piezas de la Máquina.

- **Instrucciones de Utilización.**

1. La máquina hidráulica permite compactar mezclas de diferentes tipos de materiales orgánicos y así facilitar la gestión de residuos dependiendo del lugar en el que se trabaje.
2. Esta máquina es apta para realizar pruebas en el caso de que se encuentren nuevas mezclas.

✓ **Condiciones de Utilización**

1. Queda terminantemente prohibido el uso de la máquina hidráulica a personal no autorizado.
2. No se permiten niños en el ara de trabajo o uso de la máquina hidráulica.

Prescripciones de seguridad de carácter general.

1. Cada vez que vaya a utilizar la máquina hidráulica, revise previamente todas las partes móviles para comprobar que se encuentren en condiciones de operación apropiadas.
2. Si algún componente presenta daños visibles o no se desplaza correctamente durante la inspección, no utilice la máquina hidráulica hasta que se subsane esta deficiencia.
3. Utilice sólo piezas de repuesto originales del mismo material. Cualquier otro tipo de pieza compromete seriamente la calidad y seguridad diseñada en este equipo.
4. No debe dar un mal uso a la unidad. Sólo realice las funciones para las cuales está diseñada.
5. No permita que los niños operen esta unidad y manténgalos siempre alejados de las áreas de trabajo.
6. Mantenga el área de trabajo limpia. Debe mantener el área limpia y libre de obstrucciones en todo momento.
7. Opere la máquina hidráulica sólo en superficies niveladas.
8. Utilice la unidad en superficies lisas y niveladas para evitar que la unidad se voltee y que el operador salga lastimado.
9. No utilice la máquina nunca en un ambiente con peligro de explosión.

- Mantenimiento.

1. Cada operación de mantenimiento deberá ejecutar por el personal capacitado.
2. Respete los intervalos de mantenimiento indicados, un mantenimiento atrasado puede resultar en altos costos de reparaciones.
3. Utilice siempre piezas, materiales, lubricantes y técnicas de servicio aprobados por el fabricante.
4. No dejar herramientas en la máquina.

✓ **Ajustes y Reglajes.**

a. Antes de cada uso.

Antes de cada uso de la máquina hidráulica verificar que la llave de descarga esté cerrada a tope en el sentido de las agujas del reloj y que no hallan fugaz de aceite en el gato hidráulico.

b. Revisiones Mensuales.

Verificar el nivel de aceite, limpiar y engrasar los ejes y las partes móviles del gato hidráulico y de la máquina.

c. Revisiones Anuales.

Después de un uso intensivo del gato hidráulico, cambiar el aceite para entender su vida útil. Es importante que sea de uso hidráulico, evitar su exceso sobre el uso requerido y por último evitar la entrada de suciedad. Así mismo debe revisarse las partes atornilladas para comprobar su desgaste y así realizar los debidos reemplazos o socar las piezas flojas.

d. Registro de Revisiones.

Para las operaciones de inspección y mantenimiento del equipo es importante llenar un informe que contenga los siguientes aspectos:

1. Nombre del equipo.
2. Fecha de la inspección/ajuste.
3. Nombre y firma de las personas que realizan la inspección.
4. Verificación de los puntos a inspeccionar e indicar los motivos de no hacer la inspección de algunos.
5. Descripción de los defectos encontrados y clasificarlos en:
 - Leve: la dificultad encontrada no representa peligro alguno para el operario y el equipo puede seguir funcionando.
 - Medio: el problema detectado en el equipo puede poner al operario en peligro o herirlo levemente y tomando medidas provisionales puede seguir en funcionamiento la máquina.
 - Grave: el problema detectado pone en riesgo al operario y se debe suspender su funcionamiento hasta realizar las debidas modificaciones.

e. Puntos de Inspección.

A continuación se presentan los puntos de inspección a tratar con sus debidas operaciones y medidas de seguridad a aplicar.

Pieza	Inspección	Seguridad
Gato Hidráulico	<ul style="list-style-type: none">- Verificar pérdidas de aceite.- Comprobar el nivel de aceite.	Cerrar llave de descarga.
Piezas atornilladas y ensambladas	<ul style="list-style-type: none">- Revisar si las piezas tienen desgastes.- Verificar que las piezas estén socadas.- Comprobar que las piezas estén limpias y engrasadas.	Desmontar las piezas de la máquina.

Tabla 6. Puntos de Inspección.

Cabe mencionar que el periodo de las revisiones será definido en la tabla de mantenimiento programado.

✓ **Mantenimiento Correctivo.**

A continuación se muestran las posibles averías o defectos que pueden aparecer en el equipo y que puedan generar algún problema a la hora de realizar las debidas reparaciones.

a. Localización de Averías.

Dificultad	Causa
El gato hidráulico no se eleva.	El nivel de aceite es muy bajo, está sucio o no tiene aceite. La llave de descarga está dañada.
Pérdidas de Aceite.	El cilindro está dañado.
Daño en los grilletes.	Muy débil la bisagra para soportar la presión. Mala colocación del grillete.

Tabla 7. Localización de Averías.

✓ Mantenimiento Programado.

En la siguiente tabla se muestra el periodo de mantenimiento que se le dará al equipo durante su vida útil.

Revisión	Elementos	Personal	Periodo
Inspección visual. Funcionamiento general.	Todas las piezas de la máquina.	Personal de mantenimiento u operario que opera la máquina.	Diario.
Comprobar el nivel de aceite del gato hidráulico.	Deposito.	Personal de mantenimiento u operario que opera la máquina.	1 vez al mes
Verificar perdidas de aceite.	Deposito.	Personal de mantenimiento u operario que opera la máquina.	1 vez a la semana.
Revisar que las piezas no estén desgastadas o, aflojadas, que estén limpias y engrasadas.	Piezas atornilladas y ensambladas.	Personal de mantenimiento u operario que opera la máquina.	1 vez al mes
Cambio de aceite del gato hidráulico.	Deposito.	Personal de mantenimiento.	Cada 4 o 5 años.

Tabla 8. Mantenimiento Programado.

✓ Piezas de Repuesto.

Las piezas de repuesto serán proporcionadas por el fabricante de la máquina.

✓ Fin de su vida útil.

La vida útil del equipo será determinada cuando este ya no cumpla con las funciones para las que fue diseñada, debe de ser retirada y reciclar las partes que se estime conveniente.

VI.II Caracterización de las briquetas elaboradas con la máquina hidráulica.

Para la realización de esta fase primeramente se definió los porcentajes de los residuos a utilizar y el tiempo de estado de putrefacción de la materia, lo cual se determinó mediante la observación y el tacto de algunas mezclas, para posteriormente establecer las formulaciones con las distintas mezclas (Ver Anexo 4).

• **Elaboración de Briquetas.**

Para las mezclas planteadas se realizaron 6 briquetas (5 repeticiones) para un total de 30 briquetas para cada una utilizando la máquina hidráulica, con el fin de determinar cuáles presentaban mejores niveles de compactación y para ello se siguió una serie de procedimientos, los cuales se detallan a continuación:

- **Adquisición de materia prima:** para la elaboración del producto la materia prima se adquirió de la Cooperativa UCOSEMUN, así como también de aserríos y de PYMES que trabajan con madera de la ciudad de Estelí.
- **Control de calidad de la materia prima:** una vez adquirida la materia prima se llevó a cabo el control de calidad a través de la observación y el tacto de materiales, tomando en cuenta las condiciones físicas de estos con el fin de eliminar todos aquellos desechos (pedazos de leña, objetos extraños, etc.) que eran aptos o no para elaborar el producto.
- **Pesaje y medición:** después de efectuar el control de calidad se procedió a pesar las cantidades de los residuos establecidos según la formulación, para ello se utilizó una balanza analítica y una balanza de reloj. Así mismo se midió con un pichel calibrado de un litro, la cantidad de agua para homogenizar la mezcla y para la cocción del almidón.

Dentro de esta operación surge una sub operación que es la cocción del almidón, donde primeramente se pesó el aglutinante, luego se depositó en un recipiente y se le añadió el agua, se mezcló y posteriormente se efectuó la cocción durante 15 minutos mezclando constantemente el almidón para que no se pegara.

Es importante mencionar que para determinar la cantidad de agua a utilizar en cada tratamiento se siguió la siguiente formula:

$$\text{Masa} = \text{Densidad} \times \text{Volumen}$$

$$\text{Masa} = (1 \text{ g/cm}^3)(13,500 \text{ cm}^3) = 13,500 \text{ g}$$

Este dato corresponde para la producción de 30 briquetas.

- **Mezclado de materiales:** Se colocaron en una pana los residuos que se pesaron y se homogenizaron, se añadió el agua y el almidón cocido, agregándolos poco a poco y mezclando todos los ingredientes para lograr la homogeneización de los materiales.

- **Briqueteado:** una vez que la mezcla tuvo la consistencia requerida se procedió a efectuar el briqueteado en la máquina hidráulica. Esta operación inicio con el llenado de los grilletes, seguido por la compactación y por último la extracción de la briqueta; cabe mencionar que antes de accionar la llave de descarga del gato para elevarlo, se debe aflojar las mariposas de los grilletes con el fin de evitar que se atoren en las arandelas que se encuentran soldadas a las barras de compactación.
- **Secado:** luego de ser extraídas las briquetas se trasladan al área de secado, disponiendo de un espacio libre de objetos para lograr un secado rápido; es importante mencionar que en esta operación influyo la variabilidad climática ya que habían días soleados y otros nublados con lloviznas lo que se reflejó a la hora del pesaje de las briquetas, las que mostraron variabilidad en su pesaje.
- **Almacenamiento:** por ultimo las briquetas al estar secas se almacenaron en un espacio bajo techo.

A continuación se muestran las operaciones descritas anteriormente en el siguiente diagrama de procesos:

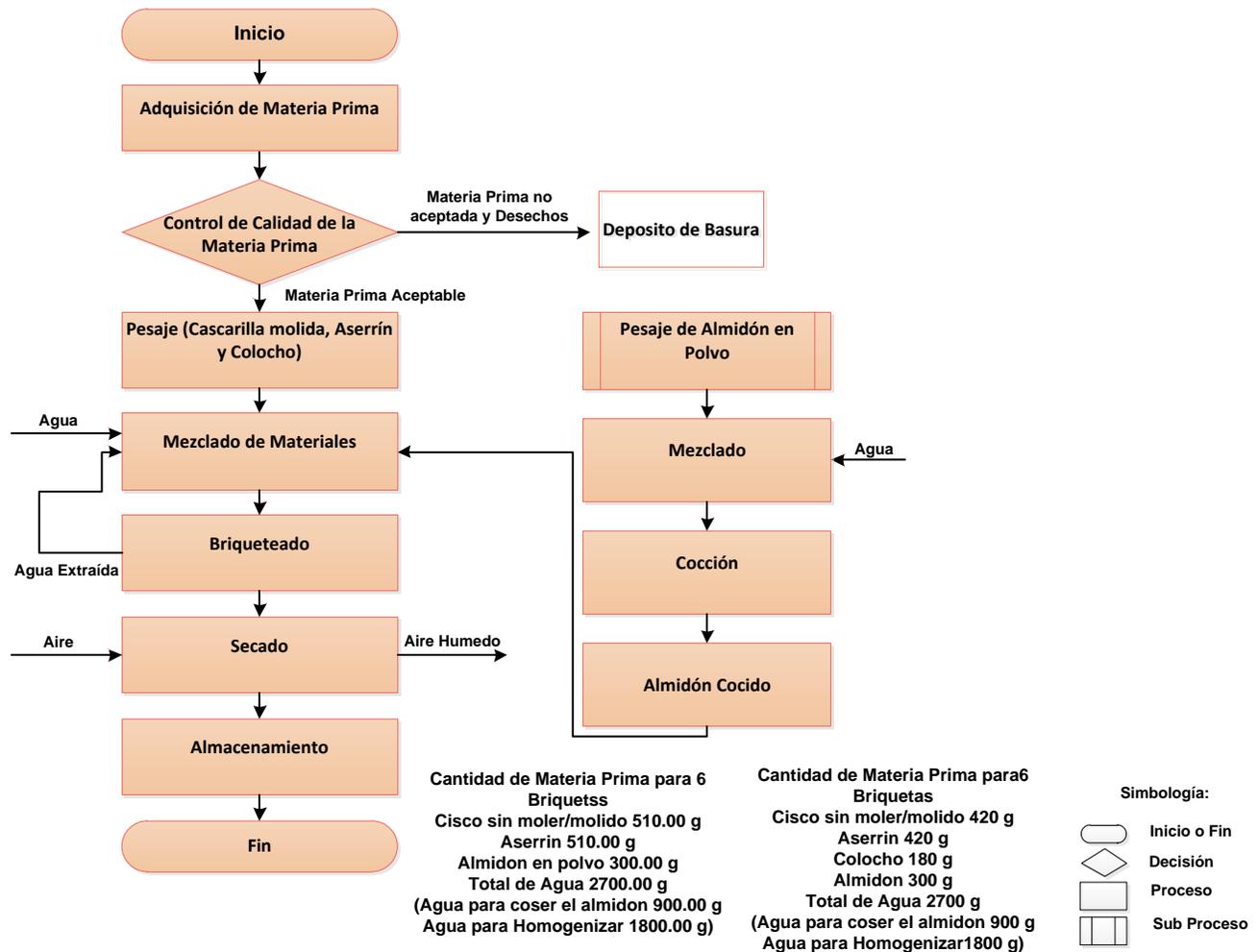


Figura 24. Diagrama de Procesos

Así mismo se experimentó con cada una de las mezclas descritas en el anexo 4, cabe destacar que con algunas mezclas no se obtuvo producto densificado, entre estas aquellas formulaciones que no contenían almidón; no se utilizó aglutinante con la finalidad de reducir su uso y verificar si se lograba densificar el material solo con la presión ejercida por el gato hidráulico. En la medida en que se elaboró el producto se evidenciaron algunos inconvenientes con este tipo de mezcla por la falta del aglutinante, las briquetas al ser extraídas del equipo se desintegraban como se puede apreciar en las Figuras 25 y 26.



Figura 25. Briquetas sin Almidón



Figura 26. Briquetas sin Almidón

Otra de las formulaciones fue incorporar el cisco sin moler, con aglutinante, agua y aserrín, con la finalidad de comprobar si este tipo de mezcla el equipo las compactaba y si se extraían con facilidad, de estas, se observó que la máquina compactaba la mezcla y se extraían fácilmente sin deteriorarse y durante el secado no se dañaron, presentando sólidos del material densificado.

Asimismo se planteó formulaciones usando el cisco sin moler, con aserrín, colochó, agua y almidón, con objeto de reutilizar otro residuo de madera (colochó) y poner a prueba la resistencia de compactación en la máquina, como resultado se obtuvo que esta formulación es compactada, se extrae sin defectos y en el secado no hubo inconvenientes. Por otro lado las mezclas elaboradas con materiales triturados (cisco molido y aserrín) poseen una buena compactación y solidez; así como también las mezclas que poseen estos materiales triturados con colochó.

En cuanto a las formulaciones de cisco molido y sin moler en estado de putrefacción no fueron lo que se esperaba; se plantearon para lograr una mejor consolidación del producto y el resultado no fue el deseado debido a que las briquetas que se obtuvieron con estos materiales no presentaban la consistencia ni solidez requerida para trabajar con ellas.

- **Identificación de mezclas con mejores niveles de compactación.**

Para identificar las mezclas con mejores niveles de compactación se tomó en cuenta el tamaño de la materia prima, el tamaño de la briqueta después de ser compactada y la fragilidad que esta presentaba al ser extraída; de las formulaciones experimentadas se comprobó que las mezclas con código: EXPM1, EXPM2, EXPM4 Y EXPM5 (Código descrito en el Anexo 4), tienen los mejores niveles de compactación, extracción y secado como se pueden apreciar en las figuras 27, 28, 29 y 30.



Figura 27. Briquetas de la EXPM1



Figura 28. Briquetas de la EXPM2



Figura 29. Briquetas de la EXPM4



Figura 30. Briquetas de la EXPM5

Posteriormente a estas mezclas se le realizaron una serie de pruebas físicas a fin de determinar la más óptima y establecer comparaciones entre las mismas; la metodología empleada se apoyó en la investigación efectuada por (Amador, Rugama, & Morazán, 2012). A continuación se puntualizan los datos obtenidos durante las pruebas.

- **Pruebas físicas de las briquetas resultantes.**

Para la ejecución de estas pruebas las briquetas se sometieron bajo las mismas condiciones (espacios de trabajo) y utilizando los mismos recursos (mufla, medidores de CO₂, juego de tamices,

fogón, fósforos, ocote, hojas de llenado de datos, cronometro digital con vuelta a cero, un reloj para medición de tiempos prolongados).

- **Análisis Granulométrico.**

Para este análisis se colocó una muestra de 500 g de cisco molido y 500 g de aserrín, en seis tamices con numeración 8, 10, 16, 20, 30, 100 de la norma ASTM, ordenados de forma vertical/descendente (de malla mayor a menor), los cuales fueron agitados durante 10 minutos (Ver Figuras 31 y 32). Posteriormente se pesó la cantidad de residuo que quedo en cada malla con el fin de calcular el porcentaje retenido en cada tamiz en base al total de la muestra y el diámetro promedio de partículas de las muestras.

De acuerdo con los resultados se obtuvo la mayor cantidad de cisco molido en los tamices 16, 20 y 100, pero la mayoría se encontraba en la malla 16. En cuanto al aserrín los datos estaban más concentrados en los tamices 10, 16 y 100, siendo mayor los datos de la malla 16.



Figura 31. Prueba de Granulometría del Aserrín.



Figura 32. Prueba de Granulometría del Cisco.

Para el cálculo del diámetro promedio de las partículas de la cascarrilla de café y el aserrín, se utilizó la siguiente fórmula planteada por (HERMIDA BUN, 2000)

$$d_{pm} = \frac{1}{\sum \Delta X / D_{pi}}$$

Los resultados de la aplicación de esta fórmula para cada residuo se muestran en las tablas siguientes:

Calculo del Diámetro Promedio de Partícula para el Cisco					
Malla	Masa en gramos (g)	ΔX	Dp Sup (pulg)	Dpi (pulg)	$\Delta X/ Dpi$
8	4.40	0.0088	0.0917	0.0852	0.1033
10	10.30	0.0206	0.0787	0.0626	0.3293
16	442.70	0.8854	0.0464	0.0398	22.2742
20	16.30	0.0326	0.0331	0.0283	1.1540
30	7.50	0.015	0.0234	0.0147	1.0239
100	14.30	0.0286	0.0059	0.0030	9.6949
Total					34.5796
Diámetro Promedio					0.0289 pulg

Tabla 9. Calculo Granulométrico del Cisco.

Calculo del Diámetro Promedio de Partícula para el Aserrín					
Malla	Masa en gramos (g)	ΔX	Dp Sup (pulg)	Dpi (pulg)	$\Delta X/ Dpi$
8	4.60	0.0092	0.0917	0.0852	0.1080
10	102.40	0.2048	0.0787	0.0626	3.2742
16	339.00	0.678	0.0464	0.0398	17.0566
20	16.50	0.033	0.0331	0.0283	1.1681
30	2.20	0.0044	0.0234	0.0147	0.3003
100	29.30	0.0586	0.0059	0.0030	19.8644
Total					41.7717
Diámetro Promedio					0.0239 pulg

Tabla 10. Calculo Granulométrico del Aserrín.

- Pruebas de Compactación.

Para las pruebas de compactación se utilizó una máquina de compresión con una capacidad de 150bar (Ver Figura 33) con el fin de medir la resistencia de las briquetas. La compactación se realizó 5 veces para cada uno de los tratamientos con el fin de obtener datos más concretos; donde se obtuvo que en la EXPM1 la presión promedio fue de 30.5 bar; en la EXPM2 fue de 32.48 bar; en la EXPM4 fue de 30 bar. y en la EXPM5 fue de 30 bar. De esta manera los tratamientos que presentaron mejor resistencia fueron la EXPM1 y la EXPM2 (Código descrito en el Anexo 4).



Figura 33. Pruebas de Compactación

- **Tiempo de durabilidad de Combustión.**

La combustión se realizó quemando dos briquetas de cada mezcla en el fogón; para encenderlas se utilizó, fósforos y ocote, una vez encendidas se cronometra el tiempo que estas permanecieron así. De acuerdo a los resultados las briquetas elaboradas con cisco sin moler y residuos de madera (aserrín y colocho) presentan mayor tiempo en la durabilidad de combustión (EXPM1 32.1 min y EXPM2 25.35 min), que las briquetas elaboradas con cisco molido y residuos de maderas (aserrín y colocho) (EXPM4 22.89 min y EXPM5 21.58 min).

- **Porcentaje de Humedad.**

Para medir los porcentajes de humedad de las briquetas se tomó durante quince días su peso dos veces al día con una diferencia de 12 horas, esto con el fin de obtener datos más precisos y determinar la variabilidad en relación a la humedad. Para realizar este cálculo se empleó la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Final}} \times 100$$

Tomando como referencia una muestra de 30 briquetas por mezcla, a continuación se presenta los porcentajes de humedad por tratamiento:

% Promedio de Humedad		
Mezcla	Para 30	Para 1
EXPM1	69.20	2.31
EXPM2	92.73	3.09
EXPM4	109.52	3.65
EXPM5	78.34	2.61

Tabla 11. % Promedio de Humedad

Es importante mencionar que briquetas de la EXPM5 se dañaron en el transcurso de las pruebas de humedad y es por ello que para calcular el porcentaje de humedad estas briquetas no se tomaron en cuenta. En el anexo 5 se puede observar los diferentes pesajes y porcentajes de humedad obtenidos por briqueta.

- Porcentaje de Cenizas.

Para llevar a cabo esta prueba se utilizó una mufla a una temperatura de 500°C en la cual se introdujeron 4 muestras de cada mezcla; teniendo que para la EXPM1 el % promedio de ceniza fue de 1.89 para la EXPM2 fue de 3.28 el % promedio de ceniza para la EXPM4 fue de 2.81 y por último en la EXPM5 fue de 2.89 como promedio también para estas dos últimas.

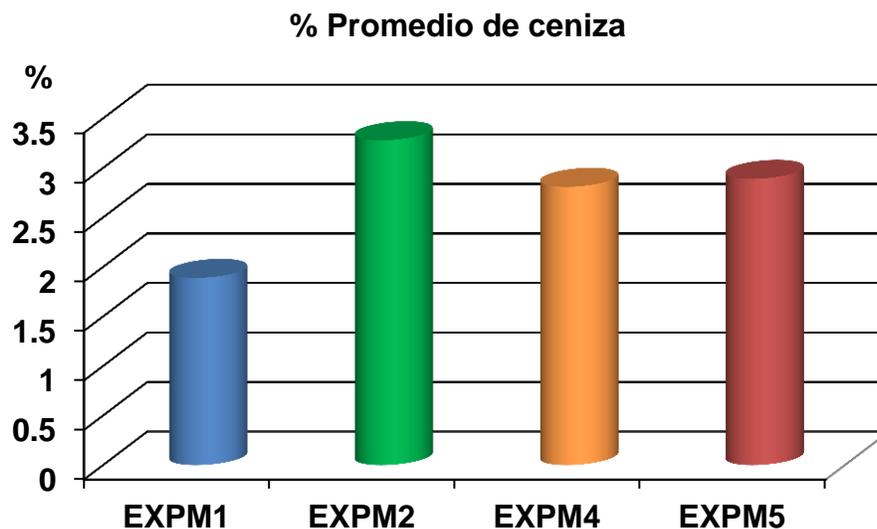


Figura 34. % Promedio de Ceniza

Como se puede apreciar en figura 34 la EXPM1 es el tratamiento que menor porcentaje promedio de ceniza posee en comparación a las demás mezclas.

- Poder Calorífico.

Para determinar el poder calorífico se utilizó como referencia el punto de ebullición del agua, tomando para cada prueba un litro de agua y se utilizó el mismo recipiente para someterla a esta operación, se cronometró el tiempo que el agua alcanzó el punto de ebullición para cada una de las mezclas, dando como resultados que la EXPM1 demoro 13 min en alcanzar el punto de ebullición en cambio con la EXPM2 tardo alrededor de 16.25 min, por otro lado con la EXPM4 Y EXPM5 se llevó más tiempo, registrando 19.50 min y 17.75 min respectivamente. Como se puede apreciar en el gráfico 35.

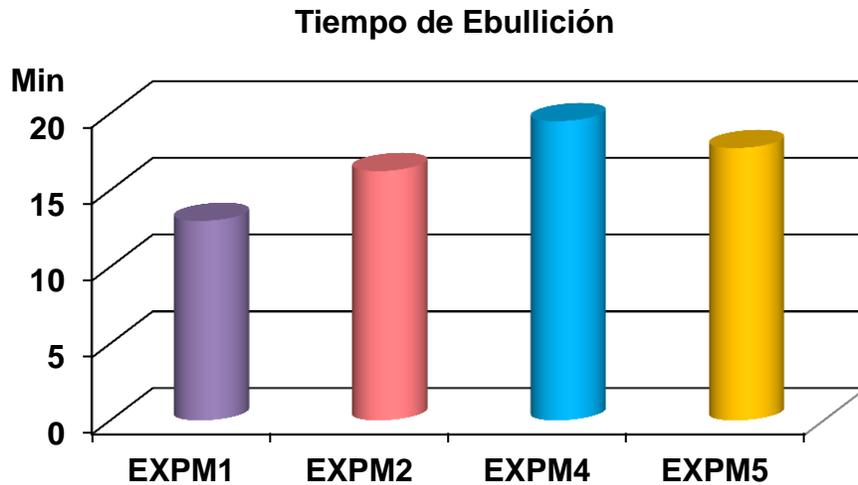


Figura 35. Prueba de Punto de Ebullición

En el gráfico 35 se puede observar que la EXPM1 posee el menor tiempo de ebullición (13 min) en comparación a las demás mezclas.

- Pruebas de Emisión de CO₂.

Para realizar esta prueba, se combustionaron dos briquetas de cada una de las mezclas y se midió la ppm que estas generaban en distintos puntos del fogón, obteniendo los siguientes resultados:

Prueba de Emisión de CO ₂		Prueba de Emisión de CO ₂	
Mezcla EXPM1	Emisión en ppm	Mezcla EXPM2	Emisión en ppm
Repetición 1	551.00	Repetición 1	546.00
Repetición 2	524.00	Repetición 2	517.00
Repetición 3	543.00	Repetición 3	526.00
Repetición 4	525.00	Repetición 4	515.00
Emisión de Co2 promedio	535.75	Emisión de Co2 promedio	526
Prueba de Emisión de CO ₂		Prueba de Emisión de CO ₂	
Mezcla EXPM1	Emisión en ppm	Mezcla EXPM1	Emisión en ppm
Repetición 1	670.00	Repetición 1	605.00

Repetición 2	610.00	Repetición 2	630.00
Repetición 3	570.00	Repetición 3	596.00
Repetición 4	590.00	Repetición 4	600.00
Emisión de Co2 promedio	610	Emisión de Co2 promedio	607.75

Tabla 12. Pruebas de Emisión de CO2

Como se puede observar en los resultados hay mayor variabilidad de emisión en las briquetas elaboradas con cisco molido en comparación a las briquetas elaboradas con cisco sin moler. Por lo tanto las briquetas elaboradas con cisco sin moler producen menos dióxido de carbono.

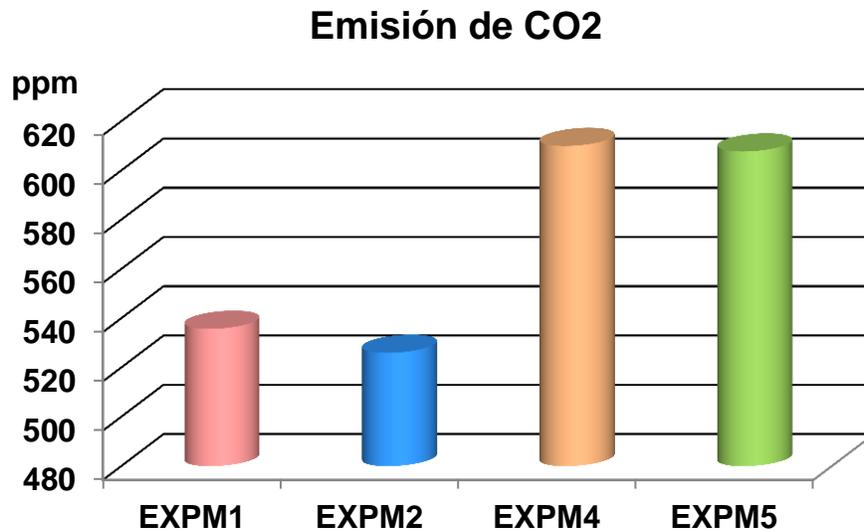


Figura 36. Emisión de CO2

En la figura 36 se puede apreciar que la EXPM2 genera menor dióxido de carbono en comparación a las demás mezclas; pero la diferencia que existe con respecto a la EXPM1 es mínima.

- **Análisis comparativo entre las mezclas óptimas, con la mezcla testigo y la leña.**

Al concluir las pruebas a las mezclas resultantes se procedió a efectuar un análisis a los resultados obtenidos para determinar cuáles de estos 4 tratamientos son los más óptimos y más amigables con el medio ambiente, asimismo se compararon con la mezcla testigo y la leña, a esta última se le realizaron las pruebas de: tiempo de durabilidad de combustión, poder calorífico y emisión de CO₂, en proporciones similares al tamaño de las briquetas, para mayor detalle de estas pruebas ver el anexo 6. Los datos de las pruebas para la mezcla testigo fueron tomados del informe elaborado por (Amador, Rugama, & Morazán, 2012). A través de la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos obtenidos:

Tratamiento	% promedio de Cenizas	% promedio de Humedad	Emisión de CO2 (ppm)	Tiempo de Ebullición (min)	Tiempo de Combustión (min)
EXPM1	1.9	2.77	535.75	13	32.41
EXPM2	3.28	3.09	526	16.25	25.35
EXPM4	2.81	3.77	610	19.5	22.89
EXPM5	2.89	2.61	607.75	17.75	21.58
Mezcla Testigo	1	7	700	20	15
Leña	1	-	955.5	32.25	48.25

Tabla13. Comparación de Combustibles

En la Tabla 11 se muestra la comparación entre los tratamientos efectivos, la mezcla testigo y la leña donde se observa que: la mezcla testigo es la que produce menor porcentaje de cenizas, la EXPM5 posee el menor porcentaje de humedad, la EXPM2 genera menor cantidad de CO₂, la EXPM1 tiene el menor tiempo de ebullición y la leña posee el mayor tiempo de combustión; pero la EXPM1 posee una diferencia mínima en comparación con los datos de la mezcla testigo, la leña, la EXPM5 y EXPM2 lo que significa que la mejor de las opciones para consumo como combustible es la EXPM1

- **Nivel de productividad de la máquina en base a la cantidad de briquetas obtenidas y el tiempo total.**

Tomando de referencia las mezclas óptimas “Cisco sin moler + aserrín + almidón en polvo + agua y Cisco sin moler + aserrín + colcho + almidón en polvo + agua”, se calculó el nivel de productividad de la máquina en base a la cantidad de briquetas obtenidas y tiempo que tomo ejecutar la operación de briqueteado; los datos se muestran en la siguiente tabla:

EXPM1		
Núm. de Repetición	Briquetas Obtenidas	Tiempo de Elaboración
1	6 briquetas	6.83 min
2	6 briquetas	6.59 min
3	6 briquetas	7.09 min
4	6 briquetas	7.42 min
5	6 briquetas	6.18 min
Total	30 briquetas	34.11 min

Tiempo Medio	6.96 min
Tiempo Promedio	6.82 min

Tabla 14. Tiempo de Operación y Unidades Producidas EXPM1

EXPM2		
Núm. de Repetición	Briquetas Obtenidas	Tiempo de Elaboración
1	6 briquetas	7.29 min
2	6 briquetas	7.88 min
3	6 briquetas	7.56 min
4	6 briquetas	7.59 min
5	6 briquetas	7.69 min
Total	30 briquetas	38.01 min
Tiempo Medio		7.43 min
Tiempo Promedio		7.60 min

Tabla 15. Tiempo de Operación y Unidades Producidas EXM2

Tomando como referencia el tiempo medio (6.96 min) de la EXPM1 se calculó el nivel de producción de la máquina hidráulica, aplicando una regla de tres simple directa (Para mayor detalle de los cálculos ver el anexo 7) se obtuvo que:

- En 8 horas se producen (1 día laboral) 416 briquetas.
- En 1 semana se producen (6 días laborales) 2,496 briquetas.
- En un mes se producen (26 días laborales) 10,816 briquetas.
- En un año se producen (312 días laborales) 129,792 briquetas.

Siguiendo el mismo procedimiento para la EXPM2 se tiene que se producirá:

- En 8 horas se producen (1 día laboral) 384 briquetas.
- En 1 semana se producen (6 días laborales) 2,304 briquetas.
- En un mes se producen (26 días laborales) 9,984 briquetas.
- En un año se producen (312 días laborales) 119,808 briquetas.

En base a las unidades producidas y el tiempo empleado se tiene que en la máquina hidráulica se produce 32 unidades más de la EXPM1 que de la EXPM2, como se puede observar no se encuentra una diferencia significativa de producción entre ambas mezclas. Tomando como referencia estos datos y los resultados obtenidos de las pruebas anteriores se calculó los cálculos de costo de producción para estos dos tratamientos, los cuales se muestran en el siguiente acápite:

VI.III Cálculo de los costos de producción para la EXPM1.

Tomando de referencia los datos obtenidos del cálculo de productividad de la máquina hidráulica utilizando la mezcla óptima “Cisco sin moler + aserrín + almidón + agua” (EXPM1), se tiene primeramente que el nivel de producción será la siguiente:

Al día	Mensual	Anual
416.00 briquetas	10,816 briquetas	129,792 briquetas

La efectividad de mano de obra que se tomó es del 85 % teniendo que al día se producirían 353 briquetas, mensualmente 9,193 briquetas y anualmente 110,323, de acuerdo a estos datos a continuación se muestran los resultados de los cálculos efectuados en base al nivel de producción de la máquina y la efectividad de mano de obra tomada.

- **Materia Prima.**

Para los costos de materia prima se tomó en cuenta la cantidad promedio de materiales que son necesarios para realizar una unidad (6 briquetas) en la máquina hidráulica. Según estos datos la cantidad de materia prima a utilizar en cada tratamiento es la siguiente:

Materia Prima	Cantidad en Gramos (g)			
	Para 6 Briqueta	Al día	Mensual	Anual
Cascarilla molida	510.00	30,005.00	781,405.00	9377,455.00
Aserrín	510.00	30,005.00	781,405.00	9377,455.00
Almidón en Polvo	300.00	17,650.00	459,650.00	5516,150.00
Gas Butano	498.96	29,355.48	764,489.88	9174,460.68
Total	1818.96	107,015.48	2786,949.88	33445,520.68

Tabla 16. Materia Prima para la EXPM1

Según los resultados obtenidos de la tabla anterior y retomando el nivel de producción se determinó que al procesar 9,377,455.00 g de cascarilla y 9,377,455.00 g de aserrín se obtendrían 110,323 briquetas, considerando esta producción anual se estima que mensualmente se elaboran 9,193 briquetas con una producción diaria de 353

Dado los datos anteriormente mencionados a continuación se presentan los costos de materia prima:

Costos de Materia Prima (C\$)						
Materia	Consumo * briqueta	Consumo * día	Consumo * mes	Costos Peso/g	Consumo anual	Costo total anual
Cascarilla	510.00	30,005.00	781,405.00	0.0004	9377,455.00	4,134.68
Aserrín	510.00	30,005.00	781,405.00	0.001	9377,455.00	8,269.36
Almidón	300.00	17,650.00	459,650.00	0.03	5516,150.00	145,929.89
Gas Butano	498.96	176,132.88	764,489.88	0.02	9174,460.68	194,168.48
Total						352,502.42

Tabla 17. Costo de Materia P. EXPM1

- **Mano de Obra.**

Para el cálculo de mano de obra se tomó en cuenta el nivel de producción de una máquina hidráulica, el cual corresponde a 110, 323 briquetas anuales, donde la capacidad de producción efectiva (85 %) en 8 horas laborales es de 353 briquetas, tomando que equivale a la adquisición de 1 máquina hidráulica para llevar a cabo dicha producción.

En la realización del producto se consideró que dos operarios son necesarios para llevar a cabo las actividades productivas. Cabe mencionar que los salarios corresponden al salario mínimo industrial vigente desde el primero de enero del año 2014, según el Acuerdo Ministerial No. ALTB-01-03-2014, Sobre la aplicación de los salarios mínimos aprobados por el Ministerio del Trabajo. Dicho esto a continuación se muestra la tabla resumen de los costos de mano de obra, para mayor detalle ver el anexo 8.

Resumen de los Costos de Mano de Obra		
	Costos Mensuales	Costos Anuales
Salarios	C\$ 7,326.00	C\$ 87,912.00
INSS	C\$ 457.88	C\$ 5,494.50
Aguinaldo	C\$ 610.50	C\$ 7,326.00
Vacaciones	C\$ 610.50	C\$ 7,326.00
INSS Patronal	C\$ 1,172.16	C\$ 14,065.92
INATEC	C\$ 146.52	C\$ 1,758.24
Indemnización Laboral	C\$ 610.50	C\$ 7,326.00
Total		C\$ 131,208.66

Tabla 18. Costos de Mano de Obra EXPM1

- **Depreciación de Equipos.**

Para determinar la depreciación de los equipos se realizó mediante el método de línea recta, a continuación se muestra los resultados obtenidos:

Equipo	Cantidad	Valor del equipo	Valor total del equipo	Valor residual	# años	Depreciación Anual
Máquina Hidráulica	1	C\$ 9,447.25	C\$ 9,447.25	C\$ 1,889.45	10.00	C\$ 755.78
Cocina	1	C\$ 6,000.00	C\$ 6,000.00	C\$ 600.00	3.00	C\$ 1,800.00
Pesa Digital	1	C\$ 800.00	C\$ 800.00	C\$ 160.00	10.00	C\$ 64.00
Balanza	1	C\$ 550.00	C\$ 550.00	C\$ 110.00	10.00	C\$ 44.00
Total						C\$ 2,663.78

Tabla 19. Resumen de Depreciación EXPM1

Cabe mencionar que para el cálculo del valor residual se tomó un 10% del valor del equipo.

- **Servicios.**

- **Agua.**

El agua es uno de los insumos más importantes para la realización de las actividades de producción, iniciando desde la producción de la mezcla hasta las actividades de limpieza del equipo.

Sabiendo que la densidad del agua es de 1 g/cm³ a 22°C y el dato que se muestra en el anexo 4, donde se establece que el porcentaje de agua a utilizar para 30 briquetas es de 67.16 % que corresponden a 13,500 g, esto se determinó mediante la siguiente operación:

1.00 Lt	1000.00 ml
13.50 Lt	x
Cantidad de agua usada en ml	13,500.00 ml

1.00 cm ³	1.00 ml
X	13,500.00 ml
Cantidad de agua usada en cm³	13,500.00 cm³

Para determinar el consumo diario en m³ se realizó la siguiente operación:

1.00 m ³	1000,000.00 cm ³
X	13,500.00 cm ³
Cantidad de agua usada en m³	0.01 m³

De acuerdo a los cálculos realizados se necesitan 0.01 m³ para la producción de 30 briquetas, por ende el consumo diario es de 0.17 m³, de estos solo se ocupan 0.10 m³ porque en la etapa de briqueteado se extrae agua que se reutiliza en las siguientes producciones de 30; en base a este dato los costos y el consumo de agua se describen con mayor detalle en la siguiente tabla:

Materia	Consumo al día m ³	Consumo mensual m ³	Costo del m ³ C\$	Costo del consumo mensual	Consumo anual	Costo del consumo anual
Producción	0.10 m ³	2.52 m ³	C\$ 5.89	C\$ 14.85	30.26 m ³	C\$ 178.25
Limpieza de equipo	0.01 m ³	0.26 m ³	C\$ 5.89	C\$ 1.53	3.12 m ³	C\$ 18.38
Total						C\$196.63

Tabla 20. Costo de los Servicios EXPM1

- **Suministros.**

Dentro de estos tenemos artículos para limpieza, utensilios que contribuyen el desarrollo del producto y mantenimiento de la máquina.

Concepto	Consumo al Día	Consumo Mensual	Consumo Anual	Costo Unitario C\$	Costo Mensual C\$	Costo Anual C\$
Escoba	1	2	24	50.00	100.00	1,200.00
Pichel calibrado	1	2	24	50.00	100.00	1,200.00
Tinas	1	5	60	75.00	375.00	4,500.00
Porras	1	1	12	155.00	155.00	1,860.00
Cucharones	1	2	24	30.00	60.00	720.00
Cepillos	1	2	24	25.00	50.00	600.00
Aceite de Engrase	0	1	12	45.00	45.00	540.00
Aceite del Gato Hidráulico	0	1	12	45.00	45.00	540.00
Total		16.00	192.00	475.00	930.00	11,160.00

Tabla 21. Costo de los Suministros EXPM1

- **Presupuesto de Producción Anual.**

Los costos totales de producción se muestran a continuación:

Presupuesto de Producción Anual	
Materia Prima	C\$ 352,502.42
Mano de Obra	C\$ 131,208.66
Depreciación de Equipos	C\$ 2,663.78
Servicios	C\$196.63
Suministros	C\$ 11,160.00
Total	C\$ 497,731.49

Tabla 22. Presupuesto A. de Prod. EXPM1

La tabla anterior nos muestra que para la producción de 110, 323 briquetas anuales se generarían un costo total de producción C\$ 497,731.49 por ende se obtiene un costo de producción de C\$ 4.51 por unidad de producción (6 briquetas), que equivale a un costo unitario de C\$ 0.75 por briqueta.

- **Inversión Inicial.**

Para la determinación de la inversión inicial se tomó en cuenta el precio de adquisición del equipo de compactación hidráulico es de C\$ 9,275, con lo cual se determinó que el costo de producción anual para elaborar briquetas es de C\$ 497,731.49 por ende se obtiene un costo de producción unitario de C\$ 0.75 por briqueta.

VI.III Cálculo de los costos de producción para la EXPM2.

Tomando de referencia los datos obtenidos del cálculo de productividad de la máquina hidráulica utilizando la mezcla óptima número dos “Cisco sin moler + aserrín + colocho + almidón + agua” (EXPM2), se tiene primeramente que el nivel de producción será la siguiente:

Al día	Mensual	Anual
384. 00 briquetas	9,984 briquetas	119,808 briquetas

La efectividad de mano de obra que se tomo es del 85 % teniendo que al día se producirían 326 briquetas, mensualmente 8,486 briquetas y anualmente 101,836 de acuerdo a estos datos a continuación se muestran los resultados de los cálculos efectuados en base al nivel de producción de la máquina y la efectividad de mano de obra tomada.

- **Materia Prima.**

Para los costos de materia prima se tomó en cuenta la cantidad promedio de materiales que son necesarios para realizar una unidad (6 briquetas) en la máquina hidráulica. Según estos datos la cantidad de materia prima a utilizar en cada tratamiento es la siguiente:

Materia Prima	Cantidad en Gramos			
	Para 6 Briquetas	Al día	Mensual	Anual
Cisco sin moler	420.00	22,820.00	594,020.00	7128,520.00
Aserrín	420.00	22,820.00	594,020.00	7128,520.00
Colocho	180.00	9,780.00	254,580.00	3055,080.00
Almidón en Polvo	300.00	16,300.00	424,300.00	5091,800.00
Gas Butano	498.96	27,110.16	705,695.76	8468,681.76
Total	1,818.96	98,830.16	2572,615.76	30872,601.76

Tabla 23. Materia Prima para la EXPM2

Según los resultados obtenidos de la tabla anterior y retomando el nivel de producción se determinó que al procesar 7, 128,520.00 g de cascarilla, 7, 128,520.00 g de aserrín y 3, 055,080.00 g de colocho se obtendrían 101, 836 briquetas, considerando esta producción anual se estima que mensual se elaboran 8, 486 briquetas con una producción diaria de 326.

Dado los datos anterior mente mencionados a continuación se presentan los costos de materia prima:

Costos de Materia Prima						
Materia	Consumo * briqueta	Consumo * día	Consumo * mes	Costos Peso/g	Consumo anual	Costo total anual
Cisco sin moler	420.00	22,820.00	594,020.00	0.0004	7128,520.00	3,143.09
Aserrín	420.00	22,820.00	594,020.00	0.001	7128,520.00	6,286.17
Colocho	180.00	9,780.00	254,580.00	0.001	3055,080.00	2,694.07
Almidón	300.00	16,300.00	424,300.00	0.03	5091,800.00	134,703.70
Gas Butano	498.96	27,110.16	705,695.76	0.02	8468,681.76	179,231.36
Total						326,058.40

Tabla 24. Costo de Materia Prima EXPM2

- **Mano de Obra.**

Para el cálculo de mano de obra se tomó en cuenta el nivel de producción de una máquina hidráulica, el cual corresponde a 101, 836 briquetas anuales, donde la capacidad de producción efectiva (85 %) en 8 horas laborales es de 326 briquetas, tomando que equivale a la adquisición de 1 máquina hidráulica para llevar a cabo dicha producción.

En la realización del producto se consideró que dos operarios son necesarios para llevar a cabo las actividades productivas. Cabe mencionar que los salarios corresponden al salario mínimo industrial vigente desde el primero de enero del año 2014, según el Acuerdo Ministerial No. ALTB-01-03-2014, Sobre la aplicación de los salarios mínimos aprobados por el Ministerio del Trabajo. Dicho esto a continuación se muestra la tabla resumen de los costos de mano de obra, para mayor detalle ver el anexo 8.

Resumen de los Costos de Mano de Obra		
	Costos Mensuales	Costos Anuales
Salarios	C\$ 7,326.00	C\$ 87,912.00
INSS	C\$ 457.88	C\$ 5,494.50
Aguinaldo	C\$ 610.50	C\$ 7,326.00
Vacaciones	C\$ 610.50	C\$ 7,326.00
INSS Patronal	C\$ 1,172.16	C\$ 14,065.92
INATEC	C\$ 146.52	C\$ 1,758.24
Indemnización Laboral	C\$ 610.50	C\$ 7,326.00
Total		C\$ 131,208.66

Tabla 25. Costos de Mano de Obra EXPM2

- **Depreciación de Equipos.**

Para determinar la depreciación de los equipos se realizó mediante el método de línea recta, a continuación se muestra los resultados obtenidos:

Equipo	Cantidad	Valor del equipo	Valor total del equipo	Valor residual	# años	Depreciación Anual
Máquina Hidráulica	1	C\$ 9,447.25	C\$ 9,447.25	C\$ 1,889.45	10.00	C\$ 755.78
Cocina	1	C\$ 6,000.00	C\$ 6,000.00	C\$ 600.00	3.00	C\$ 1,800.00
Pesa Digital	1	C\$ 800.00	C\$ 800.00	C\$ 160.00	10.00	C\$ 64.00
Balanza	1	C\$ 550.00	C\$ 550.00	C\$ 110.00	10.00	C\$ 44.00
Total						C\$ 2,663.78

Tabla 26. Resumen de Depreciación EXPM2

Cabe mencionar que para el cálculo del valor residual se tomó un 10% del valor del equipo.

- **Servicios.**
- **Agua.**

El agua es uno de los insumos más importantes para la realización de las actividades de producción, iniciando desde la producción de la mezcla hasta las actividades de limpieza del equipo.

Sabiendo que la densidad del agua es de 1 g/cm³ a 22°C y el dato que se muestra en el anexo 4, donde se establece que el porcentaje de agua a utilizar para 30 briquetas es de 67.16 % que corresponden a 13,500 g, esto se determinó mediante la siguiente operación:

$$\begin{array}{rcl}
 1.00 \text{ Lt} & & 1000.00 \text{ ml} \\
 13.50 \text{ Lt} & & \times \\
 \text{Cantidad de agua usada en ml} & & \mathbf{13,500.00 \text{ ml}} \\
 \\
 1.00 \text{ cm}^3 & & 1.00 \text{ ml}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} X \\ \text{Cantidad de agua usada en cm}^3 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 13,500.00 \text{ ml} \\ \mathbf{13,500.00 \text{ cm}^3} \end{array}$$

Para determinar el consumo diario en m³ se realizó la siguiente operación:

$$\begin{array}{r} 1.00 \text{ m}^3 \\ X \\ \text{Cantidad de agua usada en m}^3 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1000,000.00 \text{ cm}^3 \\ 13,500.00 \text{ cm}^3 \\ \mathbf{0.01 \text{ m}^3} \end{array}$$

De acuerdo a los cálculos realizados se necesitan 0.01 m³ para la producción de 30 briquetas, por ende el consumo diario es de 0.17 m³, de estos solo se ocupan 0.10 m³ porque en la etapa de briquetado se extrae agua que se reutiliza en las siguientes producciones de 30; en base a este dato los costos y el consumo de agua se describen con mayor detalle en la siguiente tabla:

Materia	Consumo al día m ³	Consumo mensual m ³	Costo del m ³ C\$	Costo del consumo mensual	Consumo anual	Costo del consumo anual
Producción	0.10 m ³	2.52 m ³	C\$ 5.89	C\$ 14.85	30.26 m ³	C\$ 178.25
Limpieza de equipo	0.01 m ³	0.26 m ³	C\$ 5.89	C\$ 1.53	3.12 m ³	C\$ 18.38
Total						C\$196.63

Tabla 27. Costo de los Servicios EXPM2

- **Suministros.**

Dentro de estos tenemos artículos para limpieza, utensilios que contribuyen el desarrollo del producto y mantenimiento de la máquina.

Concepto	Consumo al Día	Consumo Mensual	Consumo Anual	Costo Unitario C\$	Costo Mensual C\$	Costo Anual C\$
Escoba	1	2	24	50.00	100.00	1,200.00
Pichel medidor	1	2	24	50.00	100.00	1,200.00
Tinas	1	5	60	75.00	375.00	4,500.00
Porras	1	1	12	155.00	155.00	1,860.00
Cucharones	1	2	24	30.00	60.00	720.00
Cepillos	1	2	24	25.00	50.00	600.00
Aceite de Engrase	0	1	12	45.00	45.00	540.00
Aceite del Gato Hidráulico	0	1	12	45.00	45.00	540.00
Total		16.00	192.00	475.00	930.00	11,160.00

Tabla 28. Costo de los Suministros EXPM2

- **Presupuesto de Producción Anual.**

Los costos totales de producción se muestran a continuación:

Presupuesto de Producción Anual	
Materia Prima	C\$ 326,058.40
Mano de Obra	C\$ 131,208.66
Depreciación de Equipos	C\$ 2,663.78
Servicios	C\$196.63
Suministros	C\$ 11,160.00
Total	C\$ 471,287.47

Tabla 29. Presupuesto A. de Prod. EXPM2

La tabla anterior nos muestra que para la producción de 101, 836 briquetas anuales se generarían un costo total de producción C\$ 471,287.47 por ende se obtiene un costo de producción de C\$ 4.62 por unidad de producción (6 briquetas), que equivale a un costo unitario de C\$ 0.77 por briketa.

- **Inversión Inicial.**

Para la determinación de la inversión inicial se tomó en cuenta el precio de adquisición del equipo de compactación hidráulico es de C\$ 9,275, con lo cual se determinó que el costo de producción anual para elaborar briquetas es de C\$ 471,287.47 por ende se obtiene un costo de producción unitario de C\$ 0.77 por briketa.

VIII. Conclusiones.

De acuerdo con las pruebas experimentales efectuadas en la presente investigación a las máquinas (Máquina Hidráulica y Prensa Manual de Hierro) y al producto final (Briquetas), se concluye que:

La máquina hidráulica es más productiva en comparación a la prensa manual de hierro, ya que produce mayor cantidad de briquetas en un tiempo de trabajo (6.33 min produce 1 unidad) menor; siendo 141,953 unidades de briquetas anuales para la máquina hidráulica y 37,597 unidades de briquetas para la prensa manual de hierro. La máquina hidráulica supera a la prensa manual de hierro en aproximadamente 4 veces la cantidad de briquetas producidas al año, además con la misma se logró mejorar la geometría de la briqueta, que en consecuencia favorece la operación de secado y la combustión de las mismas.

Así mismo cabe destacar que la máquina hidráulica mejora la ergonomía postural del operador mientras que en la prensa manual de hierro hay defectos en las posturas de trabajo; otra observación es que reduce el esfuerzo físico que se ejerce en la máquina hidráulica y en la prensa manual de hierro se requiere del máximo esfuerzo físico para la elaboración de las briquetas. La máquina hidráulica es de fácil manipulación, alimentación, el espacio de trabajo que ocupa es poco y la limpieza del equipo no es complicada.

Por otra parte las briquetas elaboradas con cisco molido y sin moler más residuos de madera (Aserrín y Colocho) fueron sometidas a diferentes pruebas físicas (Durabilidad de Combustión, Porcentaje de Humedad, Porcentaje de Ceniza, Poder Calorífico y Emisión de CO₂), resultando que los tratamientos: EXPM1 Y EXPM2 son mejores que la leña y la mezcla testigo ya que producen menos dióxido de carbono, su tiempo de durabilidad es mayor, su tiempo de encendido es menor pero su poder calorífico es mayor debido al diseño geométrico de la briqueta (Ver tabla 11)

Por último se determinaron los costos de producción teniendo como resultado que las briquetas de la EXPM1 cuestan C\$ 4.51 por unidad (6 briquetas) y las de la EXPM2 cuestan C\$ 4.62 (6 briquetas), en cambio 1 briqueta producida en la prensa manual de hierro cuesta C\$ 4.50 .

IX. Recomendaciones.

En base al análisis de los resultados obtenidos de la investigación en cuestión, se recomiendan los siguientes aspectos:

Mejorar el sistema de desagüe que permite que el agua extraída de las mezclas al ser compactadas llegue a un depósito, actualmente la máquina cuenta con un embudo que realiza dicha función pero mejorar este sistema ayudaría a evitar menos pérdida de agua y por ende se ensuciaría menos el espacio de trabajo.

Se sugiere realizar otras pruebas con otros tipos de residuos con el fin de encontrar si la máquina es apta para compactarlos y así aprovecharlos para disminuir su impacto al medio ambiente. Por otro lado se sugiere usar mayor cantidad de agua para una mejor solidificación de las briquetas.

En cuanto a las mezclas en descomposición se recomienda dar un lapso mayor de tiempo de putrefacción con el fin de determinar si funcionan para la dosificación de los materiales.

Se propone un estudio de pre factibilidad para determinar la rentabilidad y mercado de las briquetas; así como también hacer un estudio del impacto ambiental que generan al medio ambiente y por ultimo validar las briquetas con el propósito de disminuir el uso de la leña en todas aquellas PYMES de la ciudad de Estelí que la utilizan.

X. Bibliografía.

- Amador, A., Rugama, J., & Morazán, F. (2012). Validación de un prototipo de una máquina briqueteadora industrial para el aprovechamiento de la cascarilla de café en CISA, Exportadora, Sébaco-Matagalpa. Estelí, Nicaragua: UNI.
- Baca, G. (2013). Evaluación de Proyectos. Séptima Edición. Mexico: McGraw-Hill.
- Baca, U. G. (2006). Evaluacion de proyectos. Quinta Edición. Mexico: McGraw Hill.
- Baca, U. G. (2013). Evaluación de Proyectos. Séptima Edición . Mexico: McGraw-Hill.
- Cabildo, M., Claramunt, R., & Col. (2010). Reciclado y Tratamiento de Residuos. Madrid: UNED.
- Capuz, R. (2005). Materiales Orgánicos: Maderas. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Castells, E. X. (2012). RECICLAJE DE RESIDUOS INDUSTRIALES . Ediciones Díaz de Santos.
- FAO. (1991). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 30 de Enero de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/t0269s/t0269S10.htm>
- FAO. (1998). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 17 de Junio de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s05.htm>
- FAO. (1998). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 17 de Junio de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s06.htm>
- FAO. (s.f.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 30 de Enero de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s06.htm>
- FAO. (s.f.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 17 de Junio de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s06.htm>
- FAO. (s.f.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 30 de Enero de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s06.htm>

- FAO. (s.f). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 17 de Junio de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s06.htm>
- FAO. (s.f). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO). Recuperado el 30 de Enero de 2014, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s06.htm>
- Federacion Austriana de Consejos. (2006). Guia de buenas practicas para la gestion de residuos industriales. Recuperado el 23 de Marzo de 2014, de Federacion Austriana de Consejos: http://www.facc.info/programas/COVER%20II/DOC_documentos/Buenas%20Practicas%20Gestion%20Residuos%20Industriales.pdf
- Fundación Progresar . (2005). Fundación Progresar . Recuperado el 20 de Enero de 2014, de Fundación Progresar : <http://www.fundacionprogresarguatemala.org/index.php?num=2>
- García, D. R. (1998). Manual de fórmulas de ingeniería. México: Limusa .
- Gitman, L. J., & Elisa, N. R. (2003). Principios de administración financiera . México: Pearson Educación.
- González, I. M. (2012). Elaboración de soluciones constructivas y preparación de muebles. España: AULA MENTOR .
- GRUPO CAAMAÑO. (8 de 2 de 2011). GRUPO CAAMAÑO sistemas metálicos, s.l. Recuperado el 25 de Noviembre de 2014, de GRUPO CAAMAÑO sistemas metálicos, s.l.: http://www.grupocaamano.com/a_iap=55/a_itp=2/a_id=2/a_vbo=1/o_cfp=2/p_rpp=1/s_idm=1/2.m anual.de.operacion.y.mantenimiento.pdf
- HERMIDA BUN, J. (2000). Fundamentos de Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios. En J. HERMIDA BUN, Fundamentos de Ingeniería de los Procesos Agroalimentarios (pág. 392). México, D. F: S.A MUNDI - PRENSA.
- Horngren, C., & Harrison, W. (2003). Contabilidad. Pearson Educación.
- Horngren, T. C., & Harrison, T. W. (2003). Contabilidad . Pearson Educación.
- Horngren, T. C., Sundem, L. G., & Elliott, A. J. (2000). Introduccion a la Contabilidad Financiera . Pearson Educación.

- Instituto Nacional de la Tecnología de Industria (INTI). (s.f.). Instituto Nacional de la Tecnología de Industria (INTI). Recuperado el 3 de Diciembre de 2014, de Instituto Nacional de la Tecnología de Industria (INTI): http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/tabla_conversion.pdf
- Legacy Foundation. (2010). Legacy Foundation. Recuperado el 19 de Enero de 2014, de Legacy Foundation: <http://www.legacyfound.org/>
- Lorío, A. (07 de Diciembre de 2007). Promueven ecofogón que consume cascarillas. La Prensa, pág. http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2007/diciembre/07/noticias/campoyagro/231341_print.shtml.
- Martín, M. F. (Septiembre de 1994). Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera: AITIM. Recuperado el 23 de Marzo de 2014, de AITIM: http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2293_9990.pdf
- Meigs, R., Williams, J., Haka, S., & Bettner, M. (2000). Contabilidad. La base para decisiones gerenciales. Colombia: McGraw Hill.
- Orozco, S. C., Cantarero, P. V., & Rodríguez, M. J. (s.f.). Tratamientos de residuos del café PROMEcafé_ILCA PELCCE ICAFE. PROMECAFE, ILCA, PEICCE E ICAFE. Matagalpa, Nicaragua.
- Palacios, L., & Betancurt, E. (2005). Caracterización de propiedades fluidodinámicas de lechos fluidizados en frío con mezclas de carbon - biomas, usados en procesos de co- gasificación. . Medellín, Medellín, Colombia.
- Rojas, M. R. (2007). Sistemas de Costos. Un proceso para su implementación. Colombia : Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia .
- SINIA - MARENA. (2009). Sistema Nacional de Información Ambiental • NICARAGUA. Recuperado el 30 de Enero de 2014, de Sistema Nacional de Información Ambiental • NICARAGUA: <http://www.sinia.net.ni/descarga/Capitulo%206%20Produccion%20y%20Consumo%20Sustentable.pdf>
- Sinisterra, V. G., & Polanco, E. L. (2007). Contabilidad Administrativa . Bogotá: ECOE EDICIONES.
- Soldovieri, C. T. (2011). Física General. Venezuela : Preprint.

XI. Anexos.

Anexo 1.

Descripción de Mezclas.				
Materias Primas				
Cisco sin moler	Aserrín	Almidón cocido	Agua	-
Cisco sin moler	Aserrín	Colocho	Almidón en Polvo	Agua
Cisco sin moler	Aserrín	Colocho	Agua	-
Cisco molido 60	Aserrín	Almidón cocido	Agua	-
Cisco molido	Aserrín	Colocho	Almidón en Polvo	Agua
Cisco molido	Aserrín	Colocho	Agua	-
Cisco sin moler en estado de descomposición	Aserrín	Almidón cocido	Agua	-
Cisco sin moler en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Almidón en Polvo	Agua
Cisco sin moler en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Agua	-
Cisco molido en estado de descomposición	Aserrín	Almidón cocido	Agua	-
Cisco molido en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Almidón en Polvo	Agua
Cisco molido en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Agua	-
Cisco sin moler en estado de descomposición	Aserrín	Almidón cocido	Agua	-
Cisco sin moler en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Almidón en Polvo	Agua
Cisco sin moler en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Agua	-
Cisco molido en estado de descomposición	Aserrín	Almidón cocido	Agua	-
Cisco molido en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Almidón en Polvo	Agua
Cisco molido en estado de descomposición	Aserrín	Colocho	Agua	-

Tabla 30. Descripción de Mezclas

Anexo 2.

Máquina Hidráulica		
Núm. de Repetición	Briquetas Obtenidas	Tiempo de Elaboración
Primera Repetición	6	6.49 min
Segunda Repetición	6	6.23 min
Tercera Repetición	6	6.17 min
Cuarta Repetición	6	6.48 min
Quinta Repetición	6	6.21 min
Total	30	31.58 min
Tiempo Medio	-	6.33 min
Tiempo Promedio	-	6.32 min

Tabla 31. Tiempos y Unidades Máquina H.

Prensa Manual de Hierro		
Núm. de Repetición	Briquetas Obtenidas	Tiempo de Elaboración
Primera Repetición	6	21.46 min
Segunda Repetición	6	20.41 min
Tercera Repetición	6	21.41 min
Cuarta Repetición	6	27.39 min
Quinta Repetición	6	24.38 min
Total	30	115.05 min
Tiempo Medio	-	23.90 min
Tiempo Promedio	-	23.01 min

Tabla 32. Tiempos y Unidades Prensa M.DH

Anexo 3.

En 1 hora		En 8 horas		En 1 semana		Al mes		Anual	
6.33 min	6 briq.	1.00 hora	56 briq.	1.00 día	455 briq.	6 días	2,730 briq.	26 días	11,830 briq.
60.00 min	X	8.00 horas	X	6.00 días	X	26.00 días	x	312.00 días	X
x	56 briq.	x	455 briq.	x	2,730 briq.	x	11,830 briq.	x	141,960 briq.

Tabla 33. Calculo de Productividad Máq.H

En 1 hora		En 8 horas		En 1 semana		Al mes		Anual	
23.90 min	6 briq	1.00 hora	15 briq.	1.00 día	120 briq.	6 días	720 briq.	26 días	3,120 briq.
60.00 min	X	8.00 horas	X	6.00 días	x	26.00 días	x	312.00 días	x
x	15 briq.	x	120 briq.	x	720	x	3,120 briq.	x	37,440 briq.

Tabla 34. Calculo de Productividad Prensa Manual de Hierro

Anexo 4.

Mezcla	Código
Cisco sin moler (12.69 %), aserrín (12.69 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM1
Cisco sin moler (10.45 %), aserrín (10.45 %), colochó (4.48 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM2
Cisco sin moler (14.89 %), aserrín (14.89 %), colochó (6.38 %) y agua (63.83 %).	EXPM3
Cisco molido (12.69 %), aserrín (12.69 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM4
Cisco molido (10.45 %), aserrín (10.45 %), colochó (4.48 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM5
Cisco molido (14.89 %), aserrín (14.89 %), colochó (6.38 %) y agua (63.83 %).	EXPM6
Cisco sin moler en estado de descomposición de 1 semana (12.69 %), aserrín (12.69 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM7
Cisco sin moler en estado de descomposición de 1 semana (10.45 %), aserrín (10.45 %), colochó (4.48 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM8
Cisco sin moler en estado de descomposición de 1 semana (14.89 %), aserrín (14.89 %), colochó (6.38 %) y agua (63.83 %).	EXPM9
Cisco molido en estado de descomposición de 1 semana (12.69 %), aserrín (12.69 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM10
Cisco molido en estado de descomposición de 1 semana (10.45 %), aserrín (10.45 %), colochó (4.48 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM11
Cisco molido en estado de descomposición de 1 semana (14.89 %), aserrín (14.89 %), colochó (6.38 %) y agua (63.83 %).	EXPM12
Cisco sin moler en estado de descomposición de 2 semanas (12.69 %), aserrín (12.69 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM13
Cisco sin moler en estado de descomposición de 2 semanas (10.45 %), aserrín (10.45 %), colochó (4.48 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM14
Cisco sin moler en estado de descomposición de 2 semanas (14.89 %), aserrín (14.89 %), colochó (6.38 %) y agua (63.83 %).	EXPM15

Cisco molido en estado de descomposición de 2 semanas (12.69 %), aserrín (12.69 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM16
Cisco molido en estado de descomposición de 2 semanas (10.45 %), aserrín (10.45 %), colochó (4.48 %), almidón en polvo (7.46 %) y agua (67.16 %).	EXPM17
Cisco molido en estado de descomposición de 2 semanas (14.89 %), aserrín (14.89 %), colochó (6.38 %) y agua (63.83 %).	EXPM18

Tabla 35. Mezclas y sus %

Anexo 5.

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Almidón + Agua											
Código:	EXPM1											
Número de Repetición:	1											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas						
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado	10.08	1	478.80	265.10	213.70	80.61		
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	450.40	250.24	200.16	79.98		
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado	5.56	3	451.70	241.88	209.82	86.75		
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	449.00	239.12	209.88	87.77		
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	6.83	5	440.20	250.16	190.04	75.97		
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78			6	435.40	236.65	198.75	83.98		
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total	22.47	Porcentaje promedio de Humedad:				82.51		
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	478.80		450.40		451.70		449.00		440.20		435.40	
Peso día 1	427.50	390.40	409.30	372.70	402.70	359.20	407.20	374.00	407.50	378.20	386.80	347.60
Peso día 2	381.80	338.90	365.30	325.00	350.70	309.30	366.80	317.70	372.40	335.00	340.30	301.70

Peso día 3	330.00	304.40	315.70	287.50	300.50	273.90	306.90	278.50	325.20	293.60	293.50	267.90
Peso día 4	299.10	277.80	281.80	263.50	268.50	251.80	272.50	251.00	287.40	267.90	263.40	246.30
Peso día 5	275.10	262.20	260.50	248.00	249.10	238.00	247.40	234.50	264.20	251.50	244.10	233.30
Peso día 6	262.20	251.90	247.70	237.70	237.80	228.50	234.10	223.50	250.60	234.90	233.30	224.10
Peso día 7	250.10	242.80	235.70	228.10	227.30	221.10	221.70	214.60	237.50	229.80	222.90	217.10
Peso día 8	238.70	237.30	223.60	222.80	216.70	216.60	210.80	209.60	224.80	222.90	212.90	212.50
Peso día 9	233.30	233.90	219.00	219.60	212.80	213.70	206.00	206.60	218.30	218.80	208.30	209.50
Peso día 10	234.30	230.50	220.00	215.80	213.70	210.50	206.80	203.60	218.00	213.40	209.50	206.40
Peso día 11	229.40	226.30	214.90	211.90	210.60	207.20	202.30	199.70	212.20	208.20	206.60	203.40
Peso día 12	228.40	225.60	213.60	210.90	208.50	206.00	201.40	198.70	209.40	206.30	204.50	202.20
Peso día 13	226.20	228.80	211.70	214.10	206.60	208.80	199.50	201.70	207.00	209.10	203.10	205.30
Peso día 14	224.70	222.70	210.20	208.00	205.30	201.10	197.90	194.00	205.30	200.20	201.80	198.80
Peso día 15	220.00	218.70	207.30	205.40	200.30	199.60	193.60	191.00	198.30	196.80	197.10	195.30
Total	270.72	259.48	255.75	244.73	247.41	236.35	244.99	233.25	255.87	244.44	241.87	231.43

Tabla 36. Calculo de Humedad EXPM1

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental										
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Almidón + Agua									
Código:	EXPM1									
Número de Repetición:	2									
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas				
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado		1	456.80	248.99	207.81	83.46
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	440.00	248.49	191.51	77.07
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado		3	443.80	223.65	220.15	98.44
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	459.70	247.97	211.73	85.38
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	6.59	5	466.20	257.15	209.05	81.29
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78			6	0.00	0.00	0.00	0.00

Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total			6.59	Porcentaje promedio de Humedad:			70.94	
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	456.80		440.00		443.80		459.70		466.20		0.00	
Peso día 1	416.30	384.50	405.80	375.70	389.20	345.40	419.70	388.70	424.40	386.70	0.00	0.00
Peso día 2	377.60	330.80	369.80	332.50	337.10	293.30	381.20	333.20	379.30	338.70	0.00	0.00
Peso día 3	320.10	290.70	323.60	292.60	284.90	256.30	322.20	291.20	328.60	297.20	0.00	0.00
Peso día 4	284.20	262.50	286.10	266.00	251.70	233.40	284.50	260.90	291.40	272.40	0.00	0.00
Peso día 5	259.10	245.50	262.50	250.10	231.10	220.60	257.10	243.30	269.10	255.60	0.00	0.00
Peso día 6	244.80	233.50	249.20	237.60	220.60	212.00	242.90	232.00	254.90	244.40	0.00	0.00
Peso día 7	231.60	223.90	235.60	227.70	210.90	105.70	230.10	222.20	243.00	235.10	0.00	0.00
Peso día 8	220.10	218.30	222.90	220.80	201.40	201.30	218.70	217.10	231.30	229.10	0.00	0.00
Peso día 9	214.90	215.60	216.40	216.90	198.00	198.90	213.10	213.80	224.90	225.50	0.00	0.00
Peso día 10	215.60	212.40	216.10	211.50	199.10	196.30	213.30	210.10	225.00	220.70	0.00	0.00
Peso día 11	211.30	208.10	210.30	206.20	196.70	193.60	208.80	206.10	219.90	216.50	0.00	0.00
Peso día 12	209.70	207.20	207.00	204.00	194.70	192.50	207.20	204.60	217.20	214.40	0.00	0.00
Peso día 13	207.80	210.10	204.40	206.30	193.40	195.70	205.50	207.70	215.30	217.50	0.00	0.00
Peso día 14	206.30	204.80	202.30	200.00	192.00	189.70	203.70	201.40	213.30	211.90	0.00	0.00
Peso día 15	202.90	199.50	198.80	195.90	188.00	185.90	200.20	198.70	210.40	200.90	0.00	0.00
Total	254.82	243.16	254.05	242.92	232.59	214.71	253.88	242.07	263.20	251.11	0.00	0.00

Tabla 37. Calculo de Humedad EXPM1

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Almidón + Agua											
Código:	EXPM1											
Número de Repetición:	3											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas						
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado		1	450.30	246.47	203.83	82.70		
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	449.00	238.71	210.29	88.09		
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado		3	453.50	236.98	216.52	91.36		
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	435.20	240.47	194.73	80.98		
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	7.09	5	448.90	241.10	207.80	86.19		
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78			6	440.50	230.02	210.48	91.51		
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total	7.09	Porcentaje promedio de Humedad:				86.80		
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	450.30		449.00		453.50		435.20		448.90		440.50	
Peso día 1	409.20	381.10	409.20	376.50	395.10	356.20	397.70	370.40	411.00	377.40	385.50	347.50
Peso día 2	373.00	327.40	368.70	325.80	348.00	306.00	362.50	321.40	369.70	329.50	338.60	297.30
Peso día 3	317.10	288.40	314.20	280.20	296.70	269.60	311.70	283.90	318.10	284.00	288.00	262.50
Peso día 4	282.30	260.60	273.50	252.20	264.70	244.80	277.70	255.30	277.10	256.30	257.80	238.10
Peso día 5	257.30	243.20	248.70	235.50	242.30	231.40	251.60	237.90	252.20	239.20	235.10	225.40
Peso día 6	242.40	232.00	234.80	224.90	231.40	222.10	237.20	227.00	238.40	228.00	225.00	215.80
Peso día 7	230.30	222.10	222.90	214.60	221.40	214.20	225.40	217.60	226.20	218.70	214.80	208.50
Peso día 8	219.10	217.30	210.90	208.80	210.60	210.20	214.50	212.50	214.10	211.80	204.50	204.30
Peso día 9	213.20	213.70	204.60	205.20	206.60	208.00	208.20	208.90	207.10	207.70	200.50	201.90

Peso día 10	213.40	209.70	204.60	200.20	208.00	205.00	208.40	204.70	207.10	202.60	202.00	198.90
Peso día 11	208.30	205.50	199.60	196.10	205.80	202.40	203.00	200.20	202.30	198.30	199.80	196.30
Peso día 12	206.60	204.10	196.80	194.10	203.90	208.80	200.90	198.00	198.70	195.90	196.90	194.90
Peso día 13	204.90	207.00	194.90	196.80	202.00	203.80	199.00	200.90	197.00	198.70	195.90	197.70
Peso día 14	203.40	202.00	193.00	192.60	200.00	198.20	197.00	195.60	194.60	191.90	194.00	192.80
Peso día 15	200.40	199.00	191.30	190.20	197.00	195.30	193.20	191.90	190.70	188.60	191.00	189.30
Total	252.06	240.87	244.51	232.91	242.23	231.73	245.87	235.08	246.95	235.24	235.29	224.75

Tabla 38. Calculo de Humedad EXPM1

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Almidón + Agua											
Código:	EXPM1											
Número de Repetición:	4											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas						
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado		1	515.00	282.26	232.74	82.46		
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	470.50	254.68	215.82	84.74		
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado		3	466.60	243.31	223.29	91.77		
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	461.40	255.24	206.16	80.77		
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	7.42	5	472.50	250.33	222.17	88.75		
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78			6	434.10	225.97	208.13	92.10		
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total	7.42	Porcentaje promedio de Humedad:				86.77		
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	515.00		470.50		466.60		461.40		472.50		434.10	
Peso día 1	464.20	441.30	421.40	399.00	395.10	366.80	415.40	396.80	424.50	403.00	366.00	340.20

Peso día 2	432.40	380.90	391.30	348.10	357.80	311.60	387.90	342.00	395.00	347.70	331.60	291.10
Peso día 3	267.90	334.90	335.40	300.80	301.70	275.40	330.40	301.20	334.50	297.00	282.40	259.20
Peso día 4	327.30	304.30	293.50	271.90	270.20	251.50	294.70	272.80	289.40	266.00	254.60	235.70
Peso día 5	299.90	284.70	267.40	254.60	248.50	238.90	268.60	254.90	261.30	248.90	232.60	223.90
Peso día 6	283.40	272.10	253.30	242.50	238.10	228.70	253.00	242.90	247.20	236.90	222.90	214.20
Peso día 7	269.90	260.40	240.40	231.80	228.00	221.80	240.70	232.30	234.80	226.10	213.50	207.30
Peso día 8	256.70	253.40	227.30	224.40	217.80	217.80	228.60	225.60	221.20	218.30	203.50	202.60
Peso día 9	248.80	249.30	219.80	220.20	213.90	215.00	221.10	221.60	213.80	214.10	199.10	200.10
Peso día 10	248.60	244.00	220.50	214.80	215.20	212.00	220.90	216.80	217.10	209.60	200.30	197.30
Peso día 11	242.20	238.50	214.40	209.80	212.60	209.30	215.50	212.30	208.90	204.00	197.40	192.90
Peso día 12	238.40	235.20	209.20	206.50	209.40	207.50	212.30	209.50	203.30	200.60	192.80	190.90
Peso día 13	235.80	237.70	207.10	208.80	208.70	210.50	210.30	212.20	201.30	203.00	192.10	193.40
Peso día 14	233.70	229.70	204.70	202.10	206.50	204.00	208.20	204.80	199.00	196.00	189.00	186.00
Peso día 15	226.80	225.40	200.00	199.50	203.70	201.20	203.50	200.40	195.20	192.30	184.90	181.70
Total	285.07	279.45	260.38	248.99	248.48	238.13	260.74	249.74	256.43	244.23	230.85	221.10

Tabla 39. Calculo de Humedad EXPM1

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental										
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Almidón + Agua									
Código:	EXPM1									
Número de Repetición:	5									
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas				
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado		1	413.20	129.56	283.64	0.00
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	398.40	33.26	365.14	0.00
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado		3	406.20	113.56	292.64	0.00
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	390.20	32.64	357.56	0.00

Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado				6.18	5	401.00	187.43	213.57	113.95
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78						6	392.50	60.74	331.76	0.00
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total				6.18	Porcentaje promedio de Humedad:			18.99	
Pesado de Humedad de las Briquetas													
Pesos por día	Número de Briqueta												
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6		
Peso Inicial	413.20		398.40		406.20		390.20		401.00		392.50		
Peso día 1	342.50	324.60	348.00	329.30	315.10	292.20	340.30	323.70	350.00	331.20	322.00	303.90	
Peso día 2	315.10	267.90	320.60	0.00	283.40	239.10	315.30	0.00	322.00	273.00	294.10	250.70	
Peso día 3	257.00	230.10	0.00	0.00	228.10	204.20	0.00	0.00	263.10	243.80	239.90	209.80	
Peso día 4	224.30	203.80	0.00	0.00	198.80	180.70	0.00	0.00	229.40	211.90	201.90	0.00	
Peso día 5	196.00	186.40	0.00	0.00	175.60	165.40	0.00	0.00	206.30	197.80	0.00	0.00	
Peso día 6	184.90	175.50	0.00	0.00	163.00	153.40	0.00	0.00	195.00	187.60	0.00	0.00	
Peso día 7	173.20	166.20	0.00	0.00	151.70	145.70	0.00	0.00	186.20	181.60	0.00	0.00	
Peso día 8	163.10	160.70	0.00	0.00	140.90	127.00	0.00	0.00	179.10	176.00	0.00	0.00	
Peso día 9	157.00	158.50	0.00	0.00	120.50	122.00	0.00	0.00	173.80	175.30	0.00	0.00	
Peso día 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	174.80	173.50	0.00	0.00	
Peso día 11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	172.60	170.30	0.00	0.00	
Peso día 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	170.70	169.60	0.00	0.00	
Peso día 13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	169.60	170.40	0.00	0.00	
Peso día 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	168.20	0.00	0.00	0.00	
Peso día 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total	134.21	124.91	44.57	21.95	118.47	108.65	43.71	21.58	197.39	177.47	70.53	50.96	

Tabla 40. Calculo de Humedad EXPM1

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental

Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua										
Código:	EXPM2										
Número de Repetición:	1										
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	%	de Hum.
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo						
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado	9.09	1	413.20	201.53	211.67	105.03	
Aserrín	420	2100	10.45			2	398.40	207.67	190.73	91.85	
Colocho	180	900	4.48	Mezclado	7.05	3	406.20	212.11	194.09	91.51	
Almidón	300	1500	7.46			4	390.20	201.24	188.96	93.90	
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado	7.29	5	401.00	223.98	177.02	79.04	
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			6	392.50	193.29	199.21	103.06	
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total	23.43	Porcentaje promedio de Humedad				94.06	
Total	4020	20100	100								

Pesado de Humedad de las Briquetas

Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	413.20		398.40		406.20		390.20		401.00		392.50	
Peso día 1	357.10	334.30	344.10	323.20	364.30	347.10	346.10	328.80	360.10	344.50	341.00	320.50
Peso día 2	324.60	268.20	314.80	265.80	338.00	287.50	320.60	272.90	337.60	294.50	311.70	255.80
Peso día 3	257.60	230.70	257.10	233.30	277.10	245.40	262.60	232.90	285.80	258.80	245.60	219.20
Peso día 4	225.60	208.80	229.00	214.00	239.50	221.30	227.10	210.00	253.60	236.50	214.30	198.90
Peso día 5	204.20	195.80	210.00	201.40	216.50	206.90	205.30	196.00	232.50	222.20	195.40	186.60
Peso día 6	193.90	187.00	199.90	193.10	204.40	197.40	193.40	186.90	220.30	212.30	184.90	178.30
Peso día 7	184.60	180.50	191.40	187.50	196.00	191.50	185.20	181.10	210.80	206.30	176.60	172.40
Peso día 8	178.50	176.50	185.60	184.20	189.30	185.70	178.90	175.50	204.20	200.50	170.50	168.00
Peso día 9	174.50	174.30	182.10	183.10	183.50	183.80	173.50	173.70	198.40	198.50	165.80	166.70
Peso día 10	173.00	171.00	182.70	181.50	182.40	179.90	172.30	170.00	196.90	194.00	165.80	164.30

Peso día 11	169.00	166.60	180.70	178.50	178.90	175.40	169.00	165.80	193.00	188.80	164.30	161.10
Peso día 12	166.30	165.40	178.80	177.90	175.10	173.60	165.50	163.80	188.30	185.90	161.10	159.80
Peso día 13	165.30	166.40	177.80	179.10	173.30	174.00	163.70	164.50	185.60	186.20	159.90	160.70
Peso día 14	164.20	161.90	177.10	173.70	172.10	169.90	162.80	160.40	184.40	180.50	159.10	157.60
Peso día 15	161.20	159.00	172.50	170.10	168.00	165.40	160.20	168.70	179.80	178.50	157.10	155.80
Total	206.64	196.43	212.24	203.09	217.23	206.99	205.75	196.73	228.75	219.20	198.21	188.38

Tabla 41. Calculo de Humedad EXPM2

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua											
Código:	EXPM2											
Número de Repetición:	2											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo							
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado		1	408.60	210.18	198.42	94.40		
Aserrín	420	2100	10.45			2	399.10	206.79	192.31	93.00		
Colocho	180	900	4.48	Mezclado		3	419.00	210.68	208.32	98.88		
Almidón	300	1500	7.46			4	388.50	197.58	190.92	96.63		
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado	7.88	5	408.80	213.10	195.70	91.83		
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			6	401.30	194.20	207.10	106.65		
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total	7.88	Porcentaje promedio de Humedad				96.90		
Total	4020	20100	100									
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	408.60		399.10		419.00		388.50		408.80		401.30	
Peso día 1	354.30	332.60	349.20	329.70	363.70	342.30	332.80	310.60	351.50	328.60	339.50	313.60
Peso día 2	324.40	272.50	321.00	271.50	333.20	278.40	301.70	251.80	318.80	271.00	303.80	248.50
Peso día 3	262.90	237.90	261.50	235.30	267.90	239.90	243.00	220.00	261.60	238.80	238.90	215.30
Peso día 4	233.20	217.60	230.30	214.40	234.70	218.60	216.00	201.90	234.20	219.90	211.20	196.80

Peso día 5	214.20	204.70	210.60	201.50	214.30	204.90	199.00	190.40	216.40	207.90	193.80	185.10
Peso día 6	203.00	196.00	199.20	193.10	202.90	195.90	189.20	182.80	205.50	199.60	184.40	177.90
Peso día 7	195.00	190.50	192.30	187.50	194.50	190.40	182.10	178.50	199.00	194.90	177.20	173.80
Peso día 8	188.50	185.70	185.70	182.70	188.40	185.60	177.00	175.20	193.10	190.50	172.30	171.30
Peso día 9	183.70	184.20	180.70	180.10	183.30	183.10	173.20	174.10	188.40	188.90	169.30	170.30
Peso día 10	183.30	181.50	179.30	177.40	181.80	179.70	173.60	172.40	188.10	186.50	169.90	168.80
Peso día 11	180.80	177.80	176.70	173.80	178.90	175.80	172.20	169.60	185.80	183.10	168.50	166.50
Peso día 12	178.20	176.30	173.80	172.30	176.20	174.20	170.40	168.70	183.30	181.40	166.70	164.90
Peso día 13	176.70	177.70	172.50	173.40	174.50	175.40	169.20	170.10	181.60	182.40	165.30	166.00
Peso día 14	175.90	173.80	171.50	169.50	173.60	170.10	168.50	164.90	180.60	178.10	164.50	161.40
Peso día 15	172.10	170.50	169.40	167.80	170.00	168.30	164.50	163.90	177.80	175.80	160.50	159.90
Total	215.08	205.29	211.58	202.00	215.86	205.51	202.16	192.99	217.71	208.49	199.05	189.34

Tabla 42. Calculo de Humedad EXPM2

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental										
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua									
Código:	EXPM2									
Número de Repetición:	3									
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo					
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado		1	422.00	220.17	201.83	91.67
Aserrín	420	2100	10.45			2	412.50	223.40	189.10	84.64
Colocho	180	900	4.48	Mezclado		3	425.00	220.32	204.68	92.90
Almidón	300	1500	7.46			4	411.00	216.72	194.28	89.64
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado	7.56	5	420.50	225.87	194.63	86.17
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			6	405.00	222.65	182.35	81.90
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total	7.56	Porcentaje promedio de Humedad			87.82	
Total	4020	20100	100							
Pesado de Humedad de las Briquetas										

Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	422.00		412.50		425.00		411.00		420.50		405.00	
Peso día 1	376.80	358.40	371.90	355.40	386.50	369.70	371.70	354.30	387.00	372.00	370.50	355.20
Peso día 2	348.10	298.30	345.30	300.40	359.60	309.20	344.50	299.40	362.80	318.00	345.50	302.60
Peso día 3	286.00	255.80	289.70	261.10	296.10	261.50	287.30	254.40	306.30	268.90	290.80	260.30
Peso día 4	249.30	231.70	254.80	237.70	254.10	231.70	247.00	228.90	260.70	240.70	253.70	236.40
Peso día 5	225.10	216.80	231.30	222.70	224.50	215.10	222.00	213.50	233.10	223.80	230.00	221.50
Peso día 6	212.80	204.80	218.90	210.80	211.60	203.20	209.20	201.50	219.20	211.00	217.50	210.20
Peso día 7	201.70	196.90	207.70	202.50	200.40	194.70	198.80	193.60	208.00	202.20	207.60	202.20
Peso día 8	194.30	191.40	199.70	196.10	191.80	188.60	186.90	187.70	199.20	195.20	199.10	196.00
Peso día 9	188.10	189.20	192.80	193.50	185.00	185.90	184.60	185.40	191.60	192.20	192.30	192.90
Peso día 10	188.10	186.20	192.10	189.60	184.70	182.50	186.30	182.50	190.80	187.90	191.70	189.00
Peso día 11	184.20	181.90	187.00	184.60	180.70	178.00	180.30	177.50	185.60	182.50	186.80	183.90
Peso día 12	181.60	180.70	184.00	183.00	178.30	177.30	177.20	176.10	181.60	180.30	183.00	181.90
Peso día 13	181.10	182.40	183.20	184.20	177.70	178.80	176.20	177.30	180.30	181.20	181.60	182.80
Peso día 14	180.40	178.60	182.20	180.60	176.90	176.20	175.50	174.90	179.30	178.70	180.90	179.10
Peso día 15	178.20	176.20	180.10	179.20	175.90	173.40	174.10	173.10	178.10	177.80	178.40	176.10
Total	225.05	215.29	228.05	218.76	225.59	215.05	221.44	212.01	230.91	220.83	227.29	218.01

Tabla 43. Calculo de Humedad EXPM2

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental

Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua											
Código:	EXPM2											
Número de Repetición:	4											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo							
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado		1	422.10	218.74	203.36	92.97		
Aserrín	420	2100	10.45				Mezclado		2	424.90	236.13	188.77
Colocho	180	900	4.48	Briqueteado		3			431.10	226.82	204.28	90.06
Almidón	300	1500	7.46			Total	7.59	4	410.20	220.85	189.35	85.74
Total de Agua	2700	13500	67.16	7.59	7.59			5	412.60	216.59	196.01	90.50
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			Porcentaje promedio de Humedad	87.79	6	423.30	225.69	197.61	87.56
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84									
Total	4020	20100	100									

Pesado de Humedad de las Briquetas

Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	422.10		424.90		431.10		410.20		412.60		423.30	
Peso día 1	378.80	361.80	387.30	372.20	390.40	373.10	368.10	349.40	374.60	357.10	386.80	368.40
Peso día 2	351.10	301.70	362.50	320.10	362.50	313.30	337.40	294.00	346.20	300.20	356.50	309.00
Peso día 3	288.30	256.50	308.70	278.60	300.70	268.00	281.40	255.50	286.00	255.20	294.80	265.20
Peso día 4	248.70	231.30	271.10	253.20	260.00	241.60	248.60	233.80	247.00	230.40	257.00	241.00
Peso día 5	224.40	216.30	246.40	237.90	234.40	225.90	227.80	219.60	224.30	215.90	235.60	226.70
Peso día 6	211.50	204.30	233.20	224.90	221.50	214.10	215.50	208.70	211.70	203.90	222.00	214.30
Peso día 7	201.40	195.90	221.80	215.80	210.90	204.90	206.10	200.60	201.00	195.00	211.10	204.80
Peso día 8	192.80	189.40	212.70	208.30	201.40	197.50	197.90	194.50	192.00	188.10	201.40	197.70
Peso día 9	186.10	186.60	204.20	204.50	193.70	194.20	191.60	192.10	184.50	185.20	193.70	194.40
Peso día 10	185.40	183.10	203.10	200.30	192.80	189.80	190.90	188.90	183.80	181.00	192.90	190.00

Peso día 11	181.30	178.40	198.10	194.70	187.30	184.00	187.40	184.70	179.30	175.90	187.70	183.60
Peso día 12	178.30	177.00	193.90	192.30	183.00	181.60	184.30	183.10	175.50	173.90	182.80	181.30
Peso día 13	177.10	177.90	192.20	192.60	181.20	182.30	182.90	183.40	174.00	174.70	180.80	181.60
Peso día 14	176.30	174.80	190.80	188.60	180.30	179.10	181.90	179.30	173.20	170.90	179.90	177.70
Peso día 15	173.90	171.90	187.60	186.40	178.20	176.90	178.70	177.40	169.00	168.30	176.60	175.40
Total	223.69	213.79	240.91	231.36	231.89	221.75	225.37	216.33	221.47	211.71	230.64	220.74

Tabla 44. Calculo de Humedad EXPM2

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco sin moler + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua											
Código:	EXPM2											
Número de Repetición:	5											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo							
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado		1	438.20	222.04	216.16	97.35		
Aserrín	420	2100	10.45			2	425.80	212.62	213.18	100.26		
Colocho	180	900	4.48	Mezclado		3	426.70	211.26	215.44	101.98		
Almidón	300	1500	7.46			4	419.60	211.99	207.61	97.93		
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado	7.69	5	418.10	215.50	202.60	94.01		
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			6	425.40	222.66	202.74	91.05		
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total	7.69	Porcentaje promedio de Humedad				97.10		
Total	4020	20100	100									
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	438.20		425.80		426.70		419.60		418.10		425.40	
Peso día 1	378.60	352.70	375.90	355.10	379.20	357.80	367.70	346.60	371.00	352.80	378.50	359.60
Peso día 2	340.50	286.10	344.80	288.00	347.50	291.40	335.50	279.90	343.20	290.00	349.50	296.70
Peso día 3	274.80	251.10	274.00	245.20	278.80	246.00	267.30	242.60	278.40	250.30	284.60	254.60

Peso día 4	245.40	229.10	239.20	221.60	240.20	223.10	236.80	220.00	244.20	226.20	248.60	230.70
Peso día 5	222.70	215.00	214.60	206.70	216.90	209.00	213.70	206.40	219.60	211.60	224.40	216.40
Peso día 6	210.80	205.10	202.40	196.10	205.00	198.50	202.00	196.80	207.00	200.60	212.00	205.40
Peso día 7	203.70	199.80	194.00	189.80	196.80	192.20	194.40	190.40	197.70	193.10	203.80	198.70
Peso día 8	195.70	194.50	185.60	183.00	188.30	178.40	186.70	185.10	188.70	187.60	194.70	194.20
Peso día 9	191.60	193.30	179.80	181.20	175.20	176.50	182.40	183.40	184.20	185.50	191.20	192.50
Peso día 10	192.70	192.20	179.50	179.00	174.40	173.60	182.10	181.50	183.50	182.50	191.40	190.50
Peso día 11	191.20	189.90	176.70	176.00	170.90	170.30	179.70	178.20	180.20	178.90	188.60	187.70
Peso día 12	190.20	189.40	175.40	175.20	169.80	169.60	178.20	177.60	178.40	177.80	187.20	187.10
Peso día 13	189.20	190.70	175.40	176.70	176.70	171.60	177.50	171.90	177.80	179.00	187.60	189.30
Peso día 14	188.30	186.30	174.30	172.40	169.10	165.30	176.70	174.20	176.70	174.30	187.00	183.90
Peso día 15	185.90	184.60	171.70	169.40	164.70	161.10	173.80	170.60	172.90	171.40	183.00	180.40
Total	226.75	217.32	217.55	207.69	216.90	205.63	216.97	207.01	220.23	210.77	227.47	217.85

Tabla 45. Calculo de Humedad EXPM2

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental										
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Almidón + Agua									
Código:	EXPM4									
Número de Repetición:	1									
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas				
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.
Cisco molido	510.00	2,550.00	12.69	Pesado	9.33	1	394.30	181.70	212.60	117.01
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	392.10	183.59	208.51	113.58
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado	5.26	3	394.40	176.23	218.17	123.80
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	406.00	187.40	218.60	116.65
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	7.63	5	381.50	177.25	204.25	115.23
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78			6	392.50	175.10	217.40	124.16
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total	22.22	Porcentaje promedio de Humedad:				118.41

Pesado de Humedad de las Briquetas

Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	394.30		392.10		394.40		406.00		381.50		392.50	
Peso día 1	329.30	309.90	334.90	315.80	326.20	303.40	333.10	312.60	310.70	290.70	313.60	290.10
Peso día 2	289.30	252.20	296.40	257.50	282.10	245.40	291.60	255.30	271.60	238.00	268.50	233.10
Peso día 3	237.10	218.90	241.20	221.60	231.40	215.40	239.40	222.40	224.50	209.40	220.10	206.20
Peso día 4	209.10	207.00	212.00	210.30	206.70	204.80	213.00	211.00	201.70	200.00	198.10	196.60
Peso día 5	200.80	189.70	203.20	192.50	199.10	189.40	205.00	195.20	194.60	185.90	191.20	182.90
Peso día 6	185.80	175.90	188.50	178.80	185.30	176.40	191.50	182.00	182.50	174.10	179.10	171.20
Peso día 7	171.80	165.30	174.50	168.20	172.60	167.10	178.30	172.10	170.70	165.00	167.70	162.90
Peso día 8	160.30	159.40	162.70	161.50	162.30	161.60	166.80	165.90	160.20	159.60	158.40	154.30
Peso día 9	155.80	153.20	157.40	155.00	157.00	155.30	162.10	159.80	155.90	150.10	153.40	150.30
Peso día 10	152.80	149.70	152.70	149.30	149.60	135.40	158.90	156.90	148.90	146.60	149.50	146.30
Peso día 11	148.00	145.80	145.30	143.50	134.00	132.80	155.70	153.20	145.70	143.10	145.90	142.10
Peso día 12	144.60	140.10	142.80	140.00	131.00	129.90	152.90	148.30	142.10	139.50	141.00	138.60
Peso día 13	139.70	135.90	138.60	136.30	128.20	125.00	147.70	142.60	138.00	136.10	137.30	133.50
Peso día 14	133.70	131.50	133.40	132.90	123.50	120.00	141.50	137.50	135.60	133.80	132.50	130.90
Peso día 15	130.40	127.90	130.40	130.40	118.90	117.00	136.40	133.20	132.70	130.20	129.90	127.80
Total	185.90	177.49	187.60	179.57	180.53	171.93	191.59	183.20	181.03	173.47	179.08	171.12

Tabla 46. Calculo de Humedad EXPM4

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental

Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Almidón + Agua											
Código:	EXPM4											
Número de Repetición:	2											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones				Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas				
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
Cisco molido	510.00	2,550.00	12.69	Pesado			1	432.60	200.63	231.97	115.62	
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69				2	404.90	194.22	210.68	108.47	
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado			3	398.00	185.24	212.76	114.85	
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16				4	387.50	183.71	203.79	110.93	
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado		7.55	5	403.00	194.38	208.62	107.32	
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78				6	413.10	193.85	219.25	113.10	
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total		7.55	Porcentaje promedio de Humedad:				111.72	

Pesado de Humedad de las Briquetas

Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	432.60		404.90		398.00		387.50		403.00		413.10	
Peso día 1	371.90	350.10	337.80	319.70	323.50	303.40	331.90	315.70	342.20	326.10	348.10	328.80
Peso día 2	329.80	290.00	303.40	272.00	285.40	253.10	298.40	265.90	309.00	277.70	310.00	273.70
Peso día 3	270.10	249.30	255.30	237.40	236.60	220.70	247.40	224.90	259.90	237.50	254.90	234.60
Peso día 4	238.80	236.50	227.80	225.80	211.20	209.50	214.40	211.90	226.30	223.60	223.20	220.90
Peso día 5	230.10	219.50	220.20	210.10	204.50	195.60	205.10	194.40	217.10	206.00	214.60	205.00
Peso día 6	213.20	203.80	203.60	194.30	189.50	181.70	188.10	178.60	199.00	189.00	198.10	189.20
Peso día 7	198.90	193.00	189.50	183.60	177.40	172.70	173.40	167.80	183.50	177.20	183.90	178.40
Peso día 8	186.50	184.90	177.70	176.10	166.90	165.90	161.40	159.30	170.60	168.40	172.00	170.60
Peso día 9	180.50	174.70	172.20	170.70	162.40	158.50	155.00	151.80	164.10	161.30	166.30	163.20

Peso día 10	170.90	162.40	166.20	161.50	157.40	154.70	150.20	146.90	160.10	158.10	162.70	158.30
Peso día 11	159.70	153.70	148.70	148.50	153.60	150.20	145.90	143.20	157.90	154.20	156.80	153.10
Peso día 12	149.10	144.60	146.10	147.00	148.70	145.10	142.40	139.40	153.60	150.60	151.90	148.30
Peso día 13	141.10	140.70	145.60	142.00	144.90	140.00	138.70	135.10	149.20	145.20	147.20	144.60
Peso día 14	133.40	119.60	139.00	136.50	139.10	136.60	134.70	130.90	144.30	141.10	142.80	139.70
Peso día 15	114.20	107.80	135.40	133.00	135.20	133.30	130.00	128.40	140.20	138.50	138.50	136.20
Total	205.88	195.37	197.90	190.55	189.09	181.40	187.80	179.61	198.47	190.30	198.07	189.64

Tabla 47. Calculo de Humedad EXPM4

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Almidón + Agua											
Código:	EXPM4											
Número de Repetición:	3											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas						
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado		1	413.60	192.68	220.92	114.66		
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	410.20	199.69	210.51	105.42		
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado		3	399.20	171.36	227.84	132.96		
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	414.60	189.47	225.13	118.82		
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	6.55	5	408.10	195.79	212.31	108.44		
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78			6	424.50	194.48	230.02	118.27		
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total	6.55	Porcentaje promedio de Humedad:				116.43		
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	413.60		410.20		399.20		414.60		408.10		424.50	
Peso día 1	358.90	341.30	358.20	342.60	342.80	324.00	356.70	334.70	350.50	329.10	360.70	336.20

Peso día 2	322.70	288.00	323.70	289.70	299.50	258.50	311.40	270.80	308.80	273.30	311.20	271.70
Peso día 3	268.60	244.30	272.70	251.70	240.50	220.60	252.60	232.60	257.70	240.20	255.40	238.80
Peso día 4	232.60	229.70	241.20	238.60	210.30	207.80	223.00	220.80	230.60	228.90	229.50	227.70
Peso día 5	222.50	210.80	232.10	221.20	201.60	191.40	214.70	205.10	223.30	214.00	222.20	213.40
Peso día 6	204.00	193.70	214.20	203.70	184.80	176.30	199.10	190.00	207.80	198.90	207.10	198.50
Peso día 7	187.90	181.70	196.60	190.60	171.20	166.20	185.10	180.20	193.70	188.50	193.40	188.90
Peso día 8	174.10	171.30	184.20	182.10	160.10	158.70	173.90	162.30	182.50	181.10	182.80	181.40
Peso día 9	166.20	160.80	177.30	168.10	154.40	146.10	167.70	161.80	176.40	168.90	177.00	168.20
Peso día 10	155.30	148.10	162.60	155.40	141.00	128.80	159.00	152.40	165.90	159.80	164.90	156.20
Peso día 11	145.80	140.80	153.10	147.70	122.70	118.00	148.90	142.80	155.50	152.70	154.20	148.20
Peso día 12	138.70	136.90	143.70	140.80	111.80	106.80	139.00	136.30	149.10	147.80	144.30	143.10
Peso día 13	132.60	129.30	137.90	137.10	105.10	101.10	133.40	130.00	142.20	136.80	140.80	139.70
Peso día 14	126.00	124.30	136.60	132.80	98.50	98.30	128.40	125.60	133.00	129.80	134.90	120.50
Peso día 15	122.70	120.80	129.90	124.50	96.30	97.60	123.80	122.00	124.40	122.40	115.10	108.40
Total	197.24	188.12	204.27	195.11	176.04	166.68	194.45	184.49	200.09	191.48	199.57	189.39

Tabla 48. Cálculo de Humedad EXPM4

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental										
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Almidón + Agua									
Código:	EXPM4									
Número de Repetición:	4									
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas				
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado		1	438.00	211.25	226.75	107.34
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69			2	457.60	235.85	221.75	94.02
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado		3	419.20	197.30	221.90	112.47
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16			4	435.70	208.91	226.79	108.56
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	7.36	5	443.40	217.93	225.47	103.46

Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78			6	426.60	212.93	213.67	100.34		
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total	7.36	Porcentaje promedio de Humedad:				104.37		
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	438.00		457.60		419.20		435.70		443.40		426.60	
Peso día 1	370.20	348.70	390.80	372.00	352.40	331.00	373.80	353.20	382.60	366.00	366.80	347.80
Peso día 2	328.40	293.90	355.20	323.20	309.40	273.10	334.30	297.80	350.30	319.90	328.80	291.80
Peso día 3	278.70	260.50	311.00	292.80	261.10	243.70	280.90	260.70	307.00	287.30	278.90	259.80
Peso día 4	251.20	249.40	282.90	281.10	234.30	232.60	250.50	248.00	277.20	274.80	249.50	247.50
Peso día 5	241.90	234.30	273.90	265.60	226.40	219.50	239.80	231.20	267.20	258.20	240.70	233.00
Peso día 6	228.00	219.70	258.90	250.10	213.20	206.00	224.40	216.20	250.70	242.00	226.10	218.80
Peso día 7	214.40	208.70	244.50	238.50	201.00	196.30	210.60	205.00	236.20	230.50	213.20	207.90
Peso día 8	203.80	201.80	232.60	230.10	190.70	188.40	199.40	197.30	195.70	193.90	202.30	204.00
Peso día 9	198.40	185.40	226.60	215.80	186.20	185.30	193.50	192.20	190.10	187.10	196.80	192.60
Peso día 10	178.20	169.60	210.00	192.90	180.40	164.10	187.00	169.80	181.10	165.80	185.40	175.20
Peso día 11	164.10	157.70	185.70	176.60	159.90	150.60	164.30	155.10	157.70	149.90	171.60	164.40
Peso día 12	155.70	150.50	173.20	166.80	148.00	139.60	150.80	143.40	146.80	140.50	162.30	156.20
Peso día 13	146.90	144.20	163.80	158.10	137.80	132.60	140.50	135.10	138.00	133.60	151.60	148.20
Peso día 14	140.60	141.30	153.80	151.20	125.10	117.80	130.30	129.00	129.90	128.10	145.00	143.90
Peso día 15	137.20	134.00	150.90	146.90	107.90	104.50	127.10	126.00	125.30	124.50	140.80	137.10
Total	215.85	206.65	240.92	230.78	202.25	192.34	213.81	204.00	222.39	213.47	217.32	208.55

Tabla 49. Calculo de Humedad EXPM4

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Almidón + Agua											
Código:	EXPM4											
Número de Repetición:	5											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones				Porcentaje Final de Humedad de las Briquetas				
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo	Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
Cisco sin moler	510.00	2,550.00	12.69	Pesado				1	410.90	49.67	361.23	0.00
Aserrín	510.00	2,550.00	12.69					2	423.60	199.21	224.39	112.64
Almidón en polvo	300.00	1,500.00	7.46	Mezclado				3	417.20	194.61	222.59	114.38
Total de Agua	2700.00	13,500.00	67.16					4	419.10	194.68	224.42	115.27
Agua para coser el almidón	900.00	4,500.00	22.39	Briqueteado	7.03			5	420.10	194.18	225.92	116.34
Agua para Homogenizar	1800.00	9,000.00	44.78					6	425.90	192.44	233.46	121.31
Total	4020.00	20,100.00	100	Tiempo Total	7.03	Porcentaje promedio de Humedad:					96.66	
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	410.90		423.60		417.20		419.10		420.10		425.90	
Peso día 1	350.40	322.30	366.30	348.40	363.00	342.40	354.00	331.30	363.00	343.00	368.00	346.40
Peso día 2	303.10	265.90	331.40	297.60	322.70	278.10	311.90	277.60	324.80	286.40	324.60	278.10
Peso día 3	248.50	0.00	283.30	260.90	263.50	242.30	262.20	243.90	269.80	247.20	261.90	241.00
Peso día 4	0.00	0.00	249.90	247.30	231.20	229.50	234.20	232.10	236.40	234.10	229.90	228.00
Peso día 5	0.00	0.00	239.10	229.60	222.50	214.90	224.80	216.90	226.10	217.20	220.80	213.00
Peso día 6	0.00	0.00	222.20	213.30	208.20	200.80	210.70	203.00	210.00	201.50	205.90	198.50
Peso día 7	0.00	0.00	207.60	201.70	195.80	190.90	198.30	193.10	196.20	190.70	193.20	188.20
Peso día 8	0.00	0.00	224.30	222.10	185.40	183.70	187.80	186.50	184.90	183.20	182.40	180.90
Peso día 9	0.00	0.00	218.40	177.90	180.30	178.10	182.50	177.40	179.20	174.70	177.30	171.30

Peso día 10	0.00	0.00	168.40	146.10	172.80	155.50	161.00	153.00	168.90	152.50	165.80	149.60
Peso día 11	0.00	0.00	130.40	123.50	150.60	141.30	145.00	142.70	146.60	138.80	145.20	136.00
Peso día 12	0.00	0.00	120.20	114.40	136.80	129.80	136.90	134.40	134.10	125.90	132.80	127.10
Peso día 13	0.00	0.00	111.40	107.60	127.00	122.40	129.30	125.40	123.00	118.20	125.30	120.20
Peso día 14	0.00	0.00	104.80	104.00	118.30	118.10	124.40	121.40	113.70	113.10	116.80	116.60
Peso día 15	0.00	0.00	101.80	102.50	115.50	116.80	122.40	116.40	110.50	111.80	113.60	114.90
Total	60.13	39.21	205.30	193.13	199.57	189.64	199.03	190.34	199.15	189.22	197.57	187.32

Tabla 50. Calculo de Humedad EXPM4

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua											
Código:	EXPM5											
Número de Repetición:	1											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.		
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo							
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado	10.13	1	416.40	201.11	215.29	107.05		
Aserrín	420	2100	10.45			2	422.50	214.86	207.64	96.64		
Colocho	180	900	4.48	Mezclado	5	3	417.80	218.62	199.18	91.11		
Almidón	300	1500	7.46			4	421.90	214.22	207.68	96.94		
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado	7.46	5	402.80	208.43	194.37	93.25		
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			6	406.30	213.50	192.80	90.30		
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total	22.59	Porcentaje promedio de Humedad				95.88		
Total	4020	20100	100									
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	416.40		422.50		417.80		421.90		402.80		406.30	
Peso día 1	357.80	333.10	367.70	348.00	366.40	344.80	370.50	347.50	362.50	343.30	362.00	340.80
Peso día 2	312.00	275.70	330.50	294.10	324.90	289.00	328.00	286.60	326.60	287.20	321.70	285.20

Peso día 3	262.40	247.00	279.50	261.40	275.40	259.30	273.30	256.40	273.20	254.00	272.50	255.20
Peso día 4	237.10	233.60	250.40	247.90	249.30	247.10	246.20	244.20	242.70	240.20	245.30	243.20
Peso día 5	225.40	216.40	238.80	229.00	238.90	229.80	235.50	226.90	231.60	221.20	234.70	224.70
Peso día 6	211.90	203.70	223.90	214.80	224.30	216.60	222.40	213.40	217.30	207.70	220.40	211.30
Peso día 7	198.70	192.20	209.30	202.90	211.60	206.30	208.90	202.30	203.00	197.10	206.40	201.30
Peso día 8	185.40	184.40	195.50	194.10	199.40	198.00	195.40	189.80	189.60	183.50	194.20	188.60
Peso día 9	179.70	172.40	188.70	181.30	193.50	187.50	188.40	183.50	181.20	178.30	186.80	184.70
Peso día 10	170.10	166.20	180.10	175.40	186.20	183.50	181.30	177.20	172.20	170.20	184.00	180.10
Peso día 11	160.90	157.80	173.50	170.50	182.10	179.60	175.60	172.30	168.80	165.20	178.80	174.90
Peso día 12	155.20	150.30	169.80	166.10	178.40	176.00	171.10	168.70	163.10	160.00	172.70	170.00
Peso día 13	147.40	142.50	165.20	160.30	174.80	171.70	166.90	163.80	158.90	155.60	167.90	163.90
Peso día 14	140.10	139.60	159.10	157.30	169.10	166.30	161.20	158.40	153.70	150.20	161.90	159.00
Peso día 15	138.40	136.00	156.10	154.70	165.10	163.70	156.90	154.10	148.80	146.10	157.80	155.10
Total	205.50	196.73	219.21	210.52	222.63	214.61	218.77	209.67	212.88	203.99	217.81	209.20

Tabla 51. Calculo de Humedad EXPM5

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental										
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua									
Código:	EXPM5									
Número de Repetición:	2									
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo					
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado		1	447.10	240.62	206.48	85.81
Aserrín	420	2100	10.45			2	441.60	205.50	236.10	114.89
Colocho	180	900	4.48	Mezclado		3	437.00	232.48	204.52	87.97
Almidón	300	1500	7.46			4	415.20	219.46	195.74	89.19
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado	8.08	5	427.40	212.73	214.67	100.91
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			6	414.00	204.56	209.44	102.39

Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total				8.08		Porcentaje promedio de Humedad		96.86	
Total	4020	20100	100										
Pesado de Humedad de las Briquetas													
Pesos por día	Número de Briqueta												
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6		
Peso Inicial	447.10		441.60		437.00		415.20		427.40		414.00		
Peso día 1	392.50	367.30	400.00	377.50	390.50	366.10	361.90	335.20	384.00	357.00	360.80	332.60	
Peso día 2	347.30	308.70	359.90	322.90	345.70	303.70	316.40	281.00	336.60	288.50	311.30	270.10	
Peso día 3	295.50	279.10	309.00	290.10	289.30	260.30	268.60	254.20	272.20	251.60	256.50	239.60	
Peso día 4	269.20	267.20	279.40	277.00	260.20	258.30	244.60	243.20	240.50	238.10	230.40	228.70	
Peso día 5	259.60	251.50	269.00	259.60	250.30	241.70	263.30	229.00	230.10	221.70	221.70	214.20	
Peso día 6	246.80	236.70	255.20	243.90	237.60	226.90	223.80	214.30	216.20	206.40	209.40	200.80	
Peso día 7	232.70	226.80	239.70	232.50	223.00	217.20	209.50	204.10	201.40	196.00	196.60	190.90	
Peso día 8	218.90	213.90	225.30	224.10	209.90	205.10	198.20	193.60	189.00	183.20	185.00	179.80	
Peso día 9	212.10	210.70	220.10	118.10	204.20	201.80	192.40	190.10	182.10	179.80	178.20	175.30	
Peso día 10	209.30	206.80	116.90	113.40	200.30	198.10	189.70	187.40	178.30	175.70	174.10	171.60	
Peso día 11	204.70	202.30	112.20	109.30	197.20	195.40	185.60	183.40	174.20	172.40	169.90	166.70	
Peso día 12	201.10	199.00	107.80	105.30	192.90	190.00	182.30	180.40	171.50	168.30	165.40	163.60	
Peso día 13	197.80	195.60	104.10	101.80	189.20	187.50	179.50	177.10	167.20	164.40	162.10	160.40	
Peso día 14	194.20	191.90	100.40	98.10	185.90	183.60	176.10	174.80	162.90	159.30	158.80	155.20	
Peso día 15	190.20	189.10	97.20	95.30	182.40	180.10	172.90	171.20	157.80	155.60	154.60	152.50	
Total	244.79	236.44	213.08	197.92	237.24	227.72	224.32	214.6	217.6	207.86	208.98	200.13	

Tabla 52. Calculo de Humedad EXPM5

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua											
Código:	EXPM5											
Número de Repetición:	3											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones			Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.	
	6 Briq	30 Briq		Operación		Tiempo						
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado			1	449.50	239.53	209.97	87.66	
Aserrín	420	2100	10.45				Mezclado			2	453.70	142.35
Colocho	180	900	4.48	Briqueteado						3	442.90	230.36
Almidón	300	1500	7.46				8.36			4	428.70	228.16
Total de Agua	2700	13500	67.16	8.36						5	434.20	238.53
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39				8.36			6	433.20	119.01
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total						8.36	Porcentaje promedio de Humedad	
Total	4020	20100	100									
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	449.50		453.70		442.90		428.70		434.20		433.20	
Peso día 1	400.70	372.60	412.90	389.20	393.90	368.70	385.40	360.90	400.00	379.50	388.70	366.80
Peso día 2	349.00	310.00	367.30	333.10	342.50	303.70	339.10	300.70	357.50	315.80	342.60	307.10
Peso día 3	293.70	277.00	317.50	299.70	286.70	268.10	284.30	265.90	296.60	282.70	289.80	269.20
Peso día 4	267.70	266.00	290.30	288.40	258.60	256.70	256.30	254.40	271.70	269.30	259.80	257.90
Peso día 5	256.90	248.70	279.00	270.40	247.40	240.00	245.70	236.50	259.40	249.00	248.50	239.40
Peso día 6	243.70	235.40	249.30	203.50	234.60	225.80	232.20	223.70	244.40	234.30	235.60	187.40
Peso día 7	231.00	225.00	197.00	190.60	221.20	215.30	219.40	212.90	229.50	223.10	177.60	0.00
Peso día 8	217.90	211.90	182.20	0.00	208.10	201.50	206.70	201.00	215.40	209.00	0.00	0.00
Peso día 9	210.30	208.10	0.00	0.00	200.00	197.80	199.80	196.70	207.80	205.10	0.00	0.00
Peso día 10	207.40	204.30	0.00	0.00	196.50	194.20	195.40	193.20	204.20	201.40	0.00	0.00

Peso día 11	203.20	200.90	0.00	0.00	193.10	191.40	192.10	189.80	199.60	196.40	0.00	0.00
Peso día 12	199.00	197.20	0.00	0.00	190.20	187.40	188.20	185.60	195.30	193.10	0.00	0.00
Peso día 13	196.70	193.50	0.00	0.00	186.10	183.50	184.30	182.40	191.90	188.30	0.00	0.00
Peso día 14	192.30	190.00	0.00	0.00	182.20	180.00	181.20	178.40	187.00	184.30	0.00	0.00
Peso día 15	189.10	186.70	0.00	0.00	179.20	176.30	177.10	175.50	183.10	181.20	0.00	0.00
Total	243.91	235.15	153.03	131.66	234.69	226.03	232.48	223.84	242.89	234.17	129.51	108.52

Tabla 53. Calculo de Humedad EXPM5

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental												
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua											
Código:	EXPM5											
Número de Repetición:	4											
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones				Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.
	6 Briq	30 Briq		Operación		Tiempo						
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado				1	453.10	233.85	219.25	93.76
Aserrín	420	2100	10.45									
Colocho	180	900	4.48	Mezclado				3	439.20	130.83	308.37	0.00
Almidón	300	1500	7.46									
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado				5	441.70	228.12	213.58	93.63
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39									
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total				6.26	Porcentaje promedio de Humedad			62.23
Total	4020	20100	100									
Pesado de Humedad de las Briquetas												
Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	453.10		447.70		439.20		439.80		441.70		432.90	
Peso día 1	409.20	382.00	410.10	386.80	395.80	371.30	0.00	0.00	397.70	373.80	385.20	361.80
Peso día 2	359.80	313.60	365.40	325.40	346.70	307.40	0.00	0.00	352.00	311.60	338.80	302.30
Peso día 3	294.00	271.40	307.00	282.90	288.30	264.90	0.00	0.00	292.30	271.50	284.20	262.40

Peso día 4	260.60	258.70	259.30	257.30	255.10	252.80	0.00	0.00	259.10	256.30	252.50	250.40
Peso día 5	250.40	242.20	249.10	240.60	243.70	234.80	0.00	0.00	247.30	238.60	242.70	234.60
Peso día 6	237.20	227.80	235.30	225.70	229.60	219.70	0.00	0.00	232.40	223.20	228.40	220.30
Peso día 7	222.30	217.00	220.10	215.00	176.90	172.40	0.00	0.00	216.50	211.10	213.70	208.70
Peso día 8	210.10	203.60	208.00	201.30	165.50	0.00	0.00	0.00	203.40	196.30	201.80	194.70
Peso día 9	202.30	200.10	199.80	196.70	0.00	0.00	0.00	0.00	195.30	193.10	191.90	188.30
Peso día 10	199.00	196.70	195.30	193.10	0.00	0.00	0.00	0.00	191.90	188.30	187.00	184.30
Peso día 11	195.30	192.30	191.90	188.30	0.00	0.00	0.00	0.00	187.00	184.30	183.10	181.20
Peso día 12	191.10	188.20	187.00	184.30	0.00	0.00	0.00	0.00	183.10	181.20	180.00	178.10
Peso día 13	187.10	184.70	183.10	181.20	0.00	0.00	0.00	0.00	180.00	178.10	177.00	175.60
Peso día 14	183.20	180.80	180.00	178.10	0.00	0.00	0.00	0.00	177.00	175.60	174.20	171.40
Peso día 15	178.90	175.90	177.00	175.60	0.00	0.00	0.00	0.00	174.20	171.40	169.20	166.00
Total	238.70	229.00	237.89	228.82	140.11	121.55	0.00	0.00	232.61	223.63	227.31	218.67

Tabla 54. Calculo de Humedad EXPM5

Hoja de Llenado de Datos de la Fase Experimental											
Mezcla:	Cisco molido + Aserrín + Colocho + Almidón + Agua										
Código:	EXPM5										
Número de Repetición:	5										
Materia Prima	Peso (g)		%	Tiempo Total de las Operaciones		Núm. de Briq	Peso inicial	Peso Final	Peso de la Hum.	% de Hum.	
	6 Briq	30 Briq		Operación	Tiempo						
Cisco sin moler	420	2100	10.45	Pesado		1	433.50	226.24	207.26	91.61	
Aserrín	420	2100	10.45			2	435.90	218.80	217.10	99.22	
Colocho	180	900	4.48	Mezclado		3	433.20	221.11	212.09	95.92	
Almidón	300	1500	7.46			4	402.70	208.23	194.47	93.40	
Total de Agua	2700	13500	67.16	Briqueteado	6.99	5	424.10	123.19	300.91	0.00	
Agua para coser el almidón	900	4500	22.39			6	411.30	215.97	195.33	90.45	
Agua para Homogenizar	1800	6600	32.84	Total	6.99	Porcentaje promedio de Humedad				78.43	
Total	4020	20100	100								
Pesado de Humedad de las Briquetas											

Pesos por día	Número de Briqueta											
	Briq 1		Briq 2		Briq 3		Briq 4		Briq 5		Briq 6	
Peso Inicial	433.50		435.90		433.20		402.70		424.10		411.30	
Peso día 1	377.50	356.40	384.50	364.20	378.70	358.80	346.40	327.10	371.40	350.50	357.70	336.70
Peso día 2	334.30	301.90	343.10	307.40	337.00	306.30	309.40	284.10	321.90	293.30	318.30	292.20
Peso día 3	282.30	265.20	287.20	264.20	289.00	268.50	264.50	249.10	277.40	257.50	278.50	260.90
Peso día 4	255.60	253.50	252.50	249.50	259.00	256.40	240.80	238.90	247.20	244.00	252.00	250.00
Peso día 5	244.60	236.20	239.30	229.40	248.00	239.30	230.80	222.70	218.40	206.60	242.10	233.00
Peso día 6	230.30	220.80	222.40	212.30	232.40	222.70	216.30	207.30	198.30	187.50	225.10	215.30
Peso día 7	215.40	211.00	206.10	200.80	217.00	211.90	201.40	196.90	179.80	174.20	208.40	203.70
Peso día 8	205.40	198.30	194.50	188.40	191.70	198.30	167.90	184.40	167.80	0.00	197.40	189.40
Peso día 9	199.00	196.70	187.10	184.70	187.10	184.70	183.20	180.80	0.00	0.00	187.10	184.70
Peso día 10	195.30	192.30	183.20	180.80	183.20	180.80	178.90	175.90	0.00	0.00	183.20	180.80
Peso día 11	191.10	188.20	178.90	175.90	178.90	175.90	174.10	171.30	0.00	0.00	178.90	175.90
Peso día 12	187.10	184.70	174.10	171.30	174.10	171.30	169.90	166.40	0.00	0.00	174.10	171.30
Peso día 13	183.20	180.80	169.90	166.40	169.90	166.40	165.30	162.10	0.00	0.00	169.90	166.40
Peso día 14	178.90	175.90	165.30	162.10	165.30	162.10	160.00	158.60	0.00	0.00	165.30	162.10
Peso día 15	174.10	171.30	160.00	158.60	160.00	158.60	157.10	155.20	0.00	0.00	160.00	158.60
Total	230.27	222.21	223.21	214.40	224.75	217.47	211.07	205.39	132.15	114.24	219.87	212.07

Tabla 55. Calculo de Humedad EXPM5

Anexo 6.

Prueba de Poder Calorífico	
Leña	Tiempo en min
Repetición 1	35.00
Repetición 2	30.00
Repetición 3	28.00
Repetición 4	36.00
Tiempo Promedio	32.25

Tabla 56. Poder Calórico de la Leña

Tiempo de durabilidad de Combustión	
Leña	Tiempo en min
Repetición 1	47.00
Repetición 2	51.00
Repetición 3	45.00
Repetición 4	50.00
Tiempo Promedio	48.25

Tabla 55. Prueba de Combustión Leña

Prueba de Emisión de CO2	
Leña	Emisión en ppm
Repetición 1	935.00
Repetición 2	927.00
Repetición 3	897.00
Repetición 4	880.00
Emisión de Co2 promedio	909.75

Tabla 57. Prueba de Emisión de CO2 Leña

Anexo 7.

Nómina de Pago										
Núm.	Cargo	Salario mensual	Horas extras	Ingreso de horas extras	Comisiones	Antigüedad	Deducciones	Total de ingresos	Retenciones	
									INSS	IR
1	Operario	3,663.00						3,663.00	228.94	0.00
2	Operario	3,663.00						3,663.00	228.94	0.00
Totales		7,326.00						7,326.00	457.88	0.00

Tabla 58. Nómina de Pago

Núm.	Total de Retenciones	Neto a recibir	Firma	Provisiones		Aportaciones		Indemnización Laboral
				Aguinaldo	Vacaciones	INSS Patronal	INATEC	
1	228.94	3,434.06		305.25	305.25	586.08	73.26	305.25
2	228.94	3,434.06		305.25	305.25	586.08	73.26	305.25
Totales	457.88	6,868.13		610.50	610.50	1,172.16	146.52	610.50

Tabla 59. Nómina de Pago