



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

**Facultad Regional Multidisciplinaria, *FAREM* -Estelí**

**PROPIEDADES ENERGÉTICAS DE BRIQUETAS, A BASE DE  
ASERRIN DE PINO DURANTE LA COMBUSTIÓN, ESTELÍ,  
NICARAGUA PERIODO 2018-2019**

**Trabajo monográfico para optar al grado de Ingeniero en Energías  
Renovables**

**Autores**

**HÉCTOR ANDRÉS RIVERA LÓPEZ  
DORIAN JOEL FLORES AMPIE**

**Tutor: Msc Edwin Antonio Reyes Aguilera**

---

Estelí, Nicaragua 2019

## **DEDICATORIA**

Al Todo Poderoso

Por habernos permitido llegar hasta este punto de nuestras vidas, brindándonos salud y sabiduría para poder finalizar todos nuestros objetivos, académicos y personales, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros Padres y Familia

Por su apoyo incondicional en todo momento, por sus valores, motivación constante y sus consejos de toda la vida, que lo único que han logrado es permitirnos ser una persona de bien, pero más que nada, por todo su Amor que nos brindan.

A nuestra familia universitaria

En especial a dos colegas y amigos, Orlando Pérez y Cruz Obregón, mártires de la actual crisis socio-política del país y a todos los expulsados de las universidades por ejercer derechos constitucionales como, la libertad de expresión y manifestación, en especial a Grecia Rivera expulsada de su V año universitario por la misma situación.

A docentes, y colegas

Que estuvieron cerca de nosotros contribuyendo en nuestras vidas, académica con su apoyo, emocional e intelectual, que no se pueden nombrar, ya que son muchas personas magnificas que fueron guía de nuestro aprendizaje.

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecimiento por todo lo bueno y malo que pasa en nuestras vidas es la base principal para sentirse bien, y sintiéndote bien es el punto inicial perfecto para lograr el éxito en lo que se desee.

Agradecer infinitamente al universo y ser Supremo; por ponernos por delante este camino y cada circunstancia que se ha presentado, al único autor de todo conocimiento y veracidad, por guiarnos en este proyecto y permitir finalizarlo con éxito; en segundo lugar, pero no menos importante a nuestras Amadas Madres y Padres, Linda Salinas, Rubenía Salinas, Edgar Ramírez y Yaskara Ampié, Antonio Flores por su apoyo incondicional en todo momento y el impulso y sacrificio diario que realizaron para brindarnos una formación.

También en esta ocasión, mi reconocimiento y agradecimiento, a todos mis Asesores, principalmente a Edwin Reyes, Juan Alberto Betanco, Luis Lorenzo Fuentes, José Antonio Hernández, por su oportuna, precisa e instruida orientación. Y, por último, a aquellas personas con anhelo de saber y deseos de superación, que leen hoy estas páginas y reconocen el esfuerzo de este proyecto.

“No importa donde estés, o lo difícil que estén las cosas, siempre debes encaminarte hacia la magnificencia”

## **CARTA AVAL**

Por medio de la presente se hace constar que los bachilleres: Héctor Andrés Rivera López y Dorian Joel Flores Ampie, han incorporado las correcciones sugeridas por el tutor y el jurado evaluador al Informe final de investigación de grado titulado **“PROPIEDADES ENERGÉTICAS DE BRIQUETAS CON DIFERENTES SUSTRATOS, DURANTE LA COMBUSTIÓN Y SU IMPACTO AMBIENTAL, EN ESTELÍ, NICARAGUA PERIODO 2018-2019”**. Por lo antes mencionado y considerando que el documento presenta el orden metodológico según la normativa de esta universidad me permito avalar el presente trabajo investigativo.

En Estelí a los siete días del mes de junio de 2019

**M.Sc Edwin Antonio Reyes Aguilera**  
**Tutor de tesis**  
**UNAN Managua – FAREM Estelí**

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar las propiedades energéticas de briquetas elaboradas a base de aserrín de pino, es una investigación de tipo experimental, descriptiva, correlacional, se utilizó la metodología *wáter boiling test*, medición directa de monóxido con un sistema portátil de emisiones, los cuales se analizaron mediante el software estadístico *Infostat*, mediante la rutina estadística de análisis de varianza (ANOVA). Los resultados obtenidos muestran que en cuanto al tiempo de ebullición la briqueta almidón logro un tiempo de 18.13 minutos, en comparación con la de leña es mayor en cuanto al tiempo con 28.88 minutos, con respecto a la emisión de monóxido de carbono directa en la cámara de combustión, la menor cantidad se dio en la briqueta almidón con una media de 497. 72 ppm en comparación a la leña que logro una mayor emisión de 1687.38 ppm. Se concluye que la briqueta de aserrín con almidón es la más eficiente debido a tener el mejor perfil de medias en cuanto al tiempo de ebullición y de emisiones de monóxido de carbono, con respecto a sus características físicas, las briquetas contribuyen un alto grado a la eficiencia para la combustión y es una alternativa para sustituir el uso de la leña convencional.

Palabras clave: Biomasa, Dendroenergía, Densificación, Briquetas, Eficiencia.

## LISTA DE ACRONIMOS

**CEDIT:** Centro de Desarrollo e Investigación en Termo fluidos

**GIDER:** Grupo de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables

**FAREM:** Facultad Regional Multidisciplinaria

**WBT:** Water Boiling Test

**WWF:** World Wide Fund

**ANACC:** Alianza Nicaragüense Ante Cambio Climático

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**FAO:** Organización de la Agricultura y la Comida

**NSE:** Nivel Sin Efecto

**DCA:** Diseño Completamente al Azar

**PPM:** Partículas por Millón

**CIER:** Centro de Investigación en Energías Renovables

**CO:** Monóxido de Carbono

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono

**H<sub>2</sub>O:** Agua

**Mpa:** Mega Pascales

## INDICE

### Contenido

I.	INTRODUCCION.....	12
II.	ANTECEDENTES.....	13
III.	JUSTIFICACION.....	15
IV.	PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
4.1.	Caracterización del problema.....	16
4.2.	Delimitación del problema.....	16
4.3.	Formulación del problema.....	17
4.4.	Sistematización del problema.....	17
V.	OBJETIVOS.....	18
5.1.	Objetivo General.....	18
5.2.	Objetivos Específicos.....	18
VI.	MARCO TEORICO.....	19
6.1.	Estatus mundial del medioambiente.....	19
6.1.1.	Impacto ambiental en Nicaragua.....	20
6.2.	Desarrollo de Tecnologías Limpias.....	22
6.3.	Dendroenergía.....	24
6.3.1.	Dendrocombustibles.....	24
Sólidos:	.....	24
Líquidos:	.....	24
Gaseosos:	.....	24
6.4.	Producto Forestal.....	24
6.4.1.	Aserrín.....	25
6.5.	Tipos De Conversión de la Biomasa.....	25

6.5.1.	Conversión Termoquímica .....	25
6.5.2.	Conversión Bioquímica .....	26
6.5.3.	Conversión Fisicoquímica (Prensado/Extracción) .....	26
6.6.	Briquetas .....	26
6.6.1.	Formas y tamaño de elaboración de briquetas.....	27
6.6.2.	Características de las briquetas.....	27
6.6.3.	Aglomerantes.....	28
6.6.4.	Aglomeración y Densificación .....	28
6.6.5.	Factores que inciden y regulan este proceso .....	29
6.7.	La combustión y tipos de combustión .....	30
6.7.1.	Elementos necesarios para la combustión .....	30
6.7.1.1.	Combustiones lentas: .....	30
6.7.1.2.	Rápidas: .....	31
6.8.	Propiedades físicas y químicas .....	32
6.8.1.	Poder Calorífico.....	34
6.8.2.	Temperatura.....	35
6.8.3.	Volumen .....	35
6.8.4.	Densidad .....	36
6.8.5.	Humedad.....	36
6.8.6.	Masa .....	37
6.8.7.	Masa total .....	37
6.8.8.	Masa de seca.....	37
6.8.9.	Masa húmeda.....	37
6.8.10.	Masa total de cenizas .....	37
6.8.11.	Sólidos volátiles (SV) .....	37



6.8.12. Sólidos fijos (SF) .....	37
VII. HIPOTESIS DE INVESTIGACION.....	38
VIII. DISEÑO METODOLOGICO.....	39
8.1. Tipo de estudio.....	39
8.2. Área de estudio .....	39
8.2.1. Ubicación geográfica.....	39
8.2.2. Área de conocimiento.....	40
8.3. Universo y muestra .....	40
8.4. Matriz de operación de variables .....	41
8.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos e Información .	43
8.6. Procedimientos para la recolección de datos .....	44
8.7. Plan de tabulación .....	47
X. ANALISIS DE RESULTADOS.....	48
XI. CONCLUSIONES.....	68
XII. RECOMENDACIONES .....	70
Bibliografía.....	71
XIII. ANEXOS .....	73

## **INDICE DE TABLAS**

*Tabla 1 matriz de operación de variables*

*Tabla 2. Homogeneidad de varianza*

*Tabla 3. ANOVA EN DCA*

*Tabla 4. ANOVA EN DCA*

*Tabla 5. Homogeneidad de varianza*

*Tabla 6. ANOVA EN DCA*

*Tabla 7. ANOVA EN DCA*

*Tabla 8. Homogeneidad de varianza*

*Tabla 9. ANOVA EN DCA*

*Tabla 10. ANOVA EN DCA*

*Tabla 11. Homogeneidad de varianza*

*Tabla 12. ANOVA EN DCA*

*Tabla 13. ANOVA EN DCA*

*Tabla 14 cronograma de actividades*

*Tabla 15 presupuesto*

*Tabla 16 Relaciones de relaciones de materia prima*

*Tabla 17 Densificado*

*Tabla 18 Masas*

*Tabla 19 Pruebas de WBT briquetas con papel*

*Tabla 20 Pruebas de WBT briquetas con almidón*

*Tabla 21 Pruebas de WBT briquetas Lignina propia*

*Tabla 22 Pruebas de WBT leña de pino*

*Tabla 23 Emisiones de monóxido en frío por cada briqueta y leña*

*Tabla 24 Emisiones de monóxido en caliente por cada briqueta y leña*

*Tabla 25 Poder calorífico en frío y caliente por briqueta y leña*

*Tabla 26 Resistencias de briquetas*

## **IDICE DE FIGURAS**

*Figura 1. Producto forestal*

*Figura 2. combustion lenta*

*Figura 3. Combustión Rápida*

*Figura 4. Ubicación de FAREM ESTELI*

*Figura 6. Normalidad de residuos*

*Figura 7. Independencia de los residuos*

*Figura 8. Normalidad de los residuos*

*Figura 9. Independencia de los residuos*

*Figura 10. Normalidad de los residuos*

*Figura 11. Independencia de los residuos*

*Figura 12. Normalidad de residuos*

*Figura 13. Independencia de los residuos*

*Figura 14. Briquetadora Splinter*

*Figura 15. Secador Solar de Madera*

*Figura 16. Proceso de densificado*

*Figura 17. Secado de Briquetas en el secador solar*

*Figura 18. Fogón Tradicional*

*Figura 19. Combustión de briquetas (aserrín con papel)*

*Figura 20. Combustión de briquetas (aserrín con almidón)*

*Figura 21. Combustión de briquetas (aserrín con lignina propia)*

*Figura 22. Pesado de cenizas en estado sólido (aserrín con almidón)*

*Figura 23. Pesado de cenizas en estado pulverizada (aserrín lignina)*

*Figura 24. Temperatura de ebullición alcanzada con las briquetas*

*Figura 25. Medición de monóxido de carbono*

*Figura 26. Equipos, balanza, medidor de humedad, termómetros, medidor de monóxido*

*Figura 27. Diseño de prototipo de briquetadora Splinter de propio diseño*

*Figura 28. Partes del prototipo de briquetadora Splinter*

*Figura 29. Partes del prototipo de briquetadora Splinter 2*

## I. INTRODUCCION

En Nicaragua el manejo de los residuos orgánicos ha sido históricamente deficiente, ya que no se ha promovido el uso de tecnologías aplicadas que le den salida o mejoren este problema, existen situaciones donde estos residuos están cerca de los poblados lo cual afecta a la personas que están cerca del lugar causando graves daños a la salud y al no dársele el tratamiento adecuado a los residuos (forestales en este caso), esto causa graves problemas al medioambiente por la descomposición de estos.

El presente documento de investigación se plantea una metodología aplicada en la fabricación y evaluación de briquetas, este ha sido planteado por estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energía Renovables, como iniciativa que es la evaluación de diferentes briquetas que han sido fabricadas por medio de una prensa hidráulica Splinter de diseño propio que, mediante la compactación de aserrín de pino como materia prima y el uso de diferentes aglomerantes se han producido briquetas.

El termino briquetas se refiere al material compactado, que pueden ser de diferentes sustratos orgánicos, pueden tener distinta formas y tamaños, estas se forman mediante procesos termoquímicos y fisicoquímicos. En este caso será procedente de residuos forestales de la industria maderas (aserraderos) específicamente del pino.

El uso de las briquetas es una alternativa sostenible a la combustión convencional en fogones sustituyendo el uso de leña, el uso de este producto ayudara al medioambiente ya que la leña aporta en un alto índice a la deforestación. La promoción y difusión de las tecnologías para su aprovechamiento son necesarias para que la sociedad se involucre en el beneficio que tiene el aprovechar los desechos en la producción de energía y en la contribución a la disminución de la contaminación ambiental.

## II. ANTECEDENTES

La idea de la fabricación de briquetas con residuos de forestales fue iniciada en 1957 en Soria, España con el carácter de ensayo. Se han realizado ensayos sobre combustibles sólidos como alternativas amigables con el medio ambiente, como el elaborado por el Centro de Desarrollo e Investigación en Termo fluidos (CEDIT), Lima Perú que demuestra la viabilidad de fabricación de briquetas y evalúa el desempeño de diferentes materiales biomásicos de los cuales la mejor combinación fue de Aserrín con papel. (Gonzalez, Rosales, & C, 2016)

Se sabe que en otros países latinoamericanos existen empresas que fabrican briquetas de manera industrial, en su mayoría usando residuos de sus propios aserraderos o fábricas de muebles y moldes, como lo son Briquetas Corinay en el Perú o LIPPEL en Brasil. El Grupo de Investigación en Energías Renovables (GIDER) de la facultad de Ingeniería en la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, elaboró briquetas a partir de aserrín de pino blanco, en el cual, considerando que la materia prima de este producto logrado tiene un contenido de humedad entre 8 a 12 %, obtuvieron una eficiencia energética de 4672,45 Kcal/kg o 19562.6 KJ/Kg como poder calorífico superior. (Gonzalez, Rosales, & C, 2016)

La leña es el combustible más antiguo y barato del mundo. La gran demanda ha llevado que en algunos lugares haya escasez de leña. La tecnología aplicada por Legacy Foundation tiene la finalidad de usar residuos agrícolas para generar briquetas como alternativa al uso de leña. El fin práctico de esta tecnología es dar el máximo aprovechamiento a la biomasa como combustible existente en lugares donde no hay accesibilidad a leña y donde su costo es elevado. Esta tecnología pretende disminuir la presión sobre los bosques y aprovechar de mejor manera todos los residuos que se generan en las actividades agrícolas e industriales. Desde el año 1992 hasta el año 2003 Legacy Foundation y sus socios han realizado estudios sobre el uso de la tecnología de briquetas en países asiáticos, africanos y latinoamericanos (Perú, Nicaragua y Haití) en ambientes rurales y suburbanos. Por la escasez y la poca accesibilidad la tecnología de las briquetas. (Ramos, 2010)

Se encontró que hubo una investigación acerca del uso de las briquetas con el tema: Evaluación de los parámetros físicos químicos de las briquetas obtenidas con la maquina briquetadora construida en FAREM-Estelí, en la que el propósito fundamental fue evaluar los parámetros físicos y químicos de las briquetas elaboradas en FAREM-Estelí. Se realizaron Test eficiencia mediante la prueba de ebullición de agua (WBT), se midieron las emisiones de monóxido de carbono (CO) y se calculó el poder calorífico de distintas briquetas. Los resultados obtenidos durante esta investigación fueron los esperados, puesto que, las briquetas emitían menos emisiones de CO a diferencia de la leña. La eficiencia térmica de las briquetas fue mayor que la de la leña, dicho esto la compactación de las briquetas también fue excelente. (Lopez Rivera, y otros, 2015)

### III. JUSTIFICACION

El uso del serrín para la fabricación de briquetas contribuye en gran medida al medio ambiente ya que reducen en una escala significativa, la presión sobre la tala de los bosques, las emisiones de dióxido de carbono, es decir, contrarresta los gases de efecto invernaderos. La producción de briquetas será de gran beneficio no solo para el que use briquetas en su domicilio, sino también para las pequeñas, medianas y grandes empresas aserradoras ya que de utilizarse dicho aserrín se le estaría dando un valor agregado a este y no tendrían el inconveniente de buscar “que hacer” con este desecho ya que por sí solo incurren gastos en su tratamiento y contamina al medioambiente por su descomposición.

Conocer las propiedades energéticas de las briquetas es de gran importancia, para garantizar su uso por sus beneficios y contribuciones a la sociedad, este estudio daría más razones para usar las briquetas en los diferentes fogones mejorados o comunes, que son utilizados para diferentes actividades en la ciudad de Estelí, esto les permitiría a las personas o familias ser más sostenibles y rentables.

Este biocombustible sólido podría ser utilizado por pobladores de las zonas rurales, peri urbanas y urbanas dado que estas briquetas, el contenido de humo en proceso de combustión ser menor que en las leñas tradicionales. Estas pueden tener un mayor rendimiento por su poder calorífico, mermando las emisiones de CO (humo) y garantizando una mayor durabilidad que la leña tradicional.

El uso de las briquetas generalizan más el concepto de dendro-combustible, estas permitirán a las generaciones futuras ser más eficientes y sostenibles en el aprovechamiento de la energía contenida en estos desechos sólidos (biomasa), la fabricación de briquetas a través de esta tecnología reduce problemas de erosión del suelo, la desertificación, la degradación de bosques y mejora la salud al proporcionar una combustión más limpia. También brinda oportunidades de crear microempresas, en la recolección de materiales y en la fabricación de las briquetas que mejorarían la economía, es decir el fin práctico de esta tecnología es dar el máximo aprovechamiento a la biomasa como dendro-combustible existente, en remplazo al uso de la leña.



## **IV. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **4.1. Caracterización del problema**

En el mundo un promedio de tres mil millones de personas utiliza leña como combustible para fines de cocina y calefacción, de los cuales dos mil millones de personas se encuentran en áreas rurales y suburbanas (SHE, 2004). En América Latina y el Caribe cada año se consume 254 millones de m<sup>3</sup> de leña ((FAO) C. F., 1999). De manera que los más afectados resultan ser las personas que habitan en zonas rurales principalmente las mujeres y niños que ahora tienen que recorrer mayor distancia para recolectar leña, generando problemas sociales y ambientales ((FAO), 1981).

La sociedad actual genera una gran cantidad de residuos que afectan a los distintos elementos del medio ambiente; aire, agua y suelo, esta contaminación afecta también la salud y economía de las personas, que contaren enfermedades e incurren gastos extras a sus básicos por diferentes factores que condicionan su entorno debido a la misma contaminación. La correcta gestión de los residuos, solidos, urbanos o industriales, asegurando su oportuno tratamiento, es una de las claves para conseguir un ambiente sano y saludable.

### **4.2. Delimitación del problema**

Nicaragua es uno de los países con mayor índice de deforestación, esta actividad es una de las principales aportadoras al cambio climático, según la matriz energética del país la leña es una de las materias primas más utilizada esta sobrepasa el 50 % que es utilizada para la cocción de alimentos así como también el gas licuado de petróleo con un promedio del 11 %. Recalcando que por cada árbol cortado por las distintas empresas madereras es aprovechado aproximadamente el 20 %, el otro 80 % es tirado en los lugares de despales sin darle ni un uso. Mientras tanto el aserrín que es el desecho forestal, es utilizado para cubrir el terreno dentro de las granjas porcinas y de gallinas, lo cual no contribuye el uso en estos lugares.

La falta del aprovechamiento de este recurso como es el producto forestal de los residuos de las madereras en algunas empresas madereras, suele ser un problema el tratamiento de estos

desechos, lo cual implica gastos económicos para el transporte y reducción, estos en forma directa contaminan al medio ambiente por medio de la quema y descomposición, convirtiéndose en un problema social ya que muchas veces la quema de estos desechos afecta la salud, principalmente las vías respiratorias a causa del humo, también afecta la flora y fauna de las comunidades cercanas a estos lugares. La combustión de estos desechos también contribuye al deterioro de las viviendas a causa del humo, destruye la pintura, paredes y afecta a la madera del techo ya que el hollín hace que se pique la misma.

#### **4.3. Formulación del problema**

A partir de la caracterización y delimitación del problema, antes expuesta, se plantea la siguiente pregunta rectora del presente estudio. ¿Cuáles son las propiedades energéticas de las briquetas elaboradas a base de aserrín de pino durante combustión, Estelí, Nicaragua, 2018-2019?

#### **4.4. Sistematización del problema**

1. ¿Cuáles serían las propiedades fisicoquímicas y energéticas que poseen las briquetas?
2. ¿Cuál es la cantidad de emisión de monóxido de carbono generado por la combustión de las briquetas?
3. ¿Cómo comparar la eficiencia de briquetas y otra especie tradicional utilizada en la cocción de alimentos?

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

Evaluar las propiedades energéticas de diferentes briquetas durante la combustión, que permita la cuantificación de gases emitidos al ambiente.

### **5.2. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar las propiedades Físicas, químicas y energéticas de las briquetas.
2. Comparar mediante test ebullición de agua, la eficiencia energética de las briquetas y otra especie de leña utilizada.
3. Cuantificar la emisión de monóxido de carbono en (ppm) generado por la combustión de las briquetas y otra especie de leña.

## **VI. MARCO TEORICO**

En el siguiente marco teórico se abordarán los temas específicos acorde a lo principal que se deben conocer para la fabricación y rama científica de las briquetas.

### **6.1. Estatus mundial del medioambiente**

La capacidad de la naturaleza para absorber el impacto ejercido por el ser humano tiene límites, actualmente, nuestras actividades y el nivel de explotación de los recursos han aumentado drásticamente y el ambiente se está deteriorando más allá de su capacidad para regenerarse.

De los nueve límites planetarios, el ser humano ya ha superado cuatro de estos sistemas más allá de su espacio operativo seguro. Estos límites son el cambio climático, la pérdida de la integridad de la biosfera, los flujos de nutrientes y el cambio del uso del suelo, es responsabilidad de todos respetar estos límites.

Nuestra forma de consumir es insostenible y está afectando al planeta, un ejemplo de esto es que, en 2012, se necesitaron 1,6 planetas Tierra para generar los recursos que los seres humanos necesitaron. Esto significa que la humanidad necesitó 1,6 veces el área productiva de la Tierra para suministrar los recursos y absorber los residuos de aquel año. La huella ecológica del consumo está compuesta de seis componentes, pero el que domina con creces es el carbono. De hecho, representa actualmente el 60% del total (WWF, 2016).

El impacto ambiental del planeta está estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del petróleo, en el transporte y generación de energía, el uso irracional de los recursos naturales, esto aumenta los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados "gases de efecto invernadero", y los niveles de ruido.

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado "efecto invernadero", provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como: CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso y los cloro-fluorocarbonatos, reflejan la necesidad de

un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global (Torres , 2005).

### **6.1.1. Impacto ambiental en Nicaragua**

La crisis ambiental más profunda de la historia reciente del país, desencadenada a partir de 2 factores principales: la gestión inadecuada del medioambiente y los recursos naturales promovida por un modelo productivo extractivista y depredador, y los efectos adversos del cambio climático que han comenzado a manifestarse en nuestros territorios profundizado por un intenso fenómeno de El Niño entre el 2014 y el 2016. El modelo de producción ha promovido actividades extensivas y extractivitas, tales como: ganadería, monocultivos, minería metálica industrial y artesanal, ligados a paquetes tecnológicos altamente contaminantes que deterioran sustancialmente la base material de recursos naturales y ambiente, en especial el agua y el suelo.

Se han identificado afectaciones directas sobre 12 áreas protegidas, bajo diferentes categorías de manejo, entre ellas se encuentran: las Reservas de Biósferas del Sureste y BOSAWAS, el Archipiélago de Solentiname y las Reservas Naturales El Tisey- Estanzuela, Punta Gorda, Cerro Silva, Cordillera Dipilto y Jalapa, Volcán Yalí, Volcán Cosigüina, Complejo Volcánico San Cristóbal -Casita, Mesas de Mirafior -Moropotente y Tepesomoto-La Patasta. Entre 2011 y 2016 hubo una reducción de más de 666,836.29 hectáreas de bosque latifoliado cerrado, principalmente en áreas protegidas de Reserva de Biosfera; para este mismo periodo en la Reserva de Biosfera BOSAWAS se han reducido 92,157.67 hectáreas y en la Reserva Biosfera del Sureste 163,598.59 hectáreas de bosque latifoliado cerrado. Actualmente los bosques representan el 16.26% del territorio nacional, esto indica que en menos de 5 años se ha perdido aproximadamente un tercio de la cobertura boscosa del país (ANACC, 2016).

La sequía hidrológica ha tenido efectos directos en los volúmenes de agua disponible de las principales fuentes superficiales y subterráneas del país, en especial de territorios ambientalmente frágiles como las zonas de humedales (aproximadamente el 20% del territorio nacional), principales ecosistemas que ayudan al control de inundaciones,

mejoramiento de la calidad del agua y en la recarga de los acuíferos. Ejemplo de ello es la completa desecación que se ha presentado en los últimos días en las fuentes de agua superficiales del Sitio RAMSAR Sistema Lagunar de Tisma, mismo que contribuye a la recarga de 914 millones de mt<sup>3</sup> anuales del acuífero subterráneo.

ha habido un proceso de pérdida del volumen de agua y calidad en los principales cuerpos de agua superficiales como el gran lago Cocibolca, que ha perdido hasta 2% en su nivel en comparación con su promedio histórico, y el lago Xolotlán que ha sufrido una reducción de aproximadamente 4% en su nivel, en ambos casos, este fenómeno es un indicador relevante en cuanto a reducción de agua en el país, que se puede convertir en una limitante para el desarrollo de diversos rubros de la economía nacional.

Producto del impacto del cambio climático y ausencia de buenas prácticas ambientales, al finalizar abril del 2016, se contabilizan 34 ríos que han disminuido significativamente su caudal, entre los principales que podemos mencionar se encuentran el Río Coco, Río Negro, Río Grande de Matagalpa y Río San Juan. Así mismo, se ha profundizado la contaminación de fuentes de agua por desarrollo de la minería metálica y expansión de monocultivos con paquetes agro tóxicos asociados, lo que sumado a los efectos del cambio climático, agudizan el nivel crítico que vive el país en materia ambiental. A nivel nacional, al menos el 31% de los municipios presenta problemas de escasez de agua, de estos el 27% son municipios que se localizan dentro del Corredor Seco Centroamericano.

En el 2015, todos los meses reportaron un incremento de temperaturas medias de al menos 1°C con respecto a sus normas históricas. Los meses de agosto y septiembre presentaron más de 3°C de alteración, Con respecto a las temperaturas hemos llegado al punto donde “romper los records es lo normal”. El año 2015 fue el año más caluroso en la historia, desde que se tienen registros. 14.79 °C fue la temperatura global en el 2015, 0.91°C por encima de la norma. Las altas temperaturas podrán continuar registrándose cada vez que se presente El Niño, ya que da un impulso al calentamiento global generado por el cambio climático.

En Nicaragua la principal fuente de energía es la biomasa, depende mayormente del uso de leña y residuos vegetales, lo que representa el 66% de la energía primaria, seguida del

petróleo que representa el 26% del mismo. Nuestras dos principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero son el uso de hidrocarburos y el cambio de uso de suelo, ambos vinculados al tema energético.

En materia ambiental esto significa que el incremento de la producción de leña, tiende a la desaparición de varias especies valiosas de las formaciones forestales del trópico seco (madero negro, acacia amarilla, espino de playa, entre otros). Así mismo, el uso de leña genera un impacto significativo en la salud humana, principalmente mujeres y niñas.

Se observa que el cambio en la matriz de generación eléctrica está basado principalmente en mega proyectos de energías renovables los cuales superan los 20 MW, algunos con capacidad de 100 y hasta 250 MW en el caso de las hidroeléctricas. No obstante, las proyecciones y escenarios de CEPAL, así como la primera comunicación del país, indican que el cambio climático impactará con una reducción mayor al 20% de la capacidad de generación en el medio plazo y será más dramática la situación al 2050. El sector transporte, aún depende en su totalidad de combustibles fósiles, no hay iniciativas bajas en carbono para este sector. La producción de biocombustibles de Nicaragua se ha limitado a la exportación para la satisfacción del mercado europeo, principalmente.

El cambio climático tiene efecto en todo el territorio nacional, presentándose con mayor intensidad en el corredor seco, áreas sensibles a la reducción de precipitación, territorios marinos costeros, cuenca de los lagos, áreas protegidas y de biodiversidad (Humboldt, 2016).

## **6.2. Desarrollo de Tecnologías Limpias**

La búsqueda de tecnologías limpias está basada en el “Desarrollo Sostenible”, por lo que pretende desarrollar nuevas herramientas para mejorar la relación entre la naturaleza y el ser humano, brindando soluciones innovadoras que sustituyan tecnologías que usan recursos agotables. Dicho concepto se centra en la satisfacción de la sociedad actual sin comprometer ni condicionar la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. La sostenibilidad debe seguir lineamientos basados en tres aspectos: ambiental, social y

económica, las que deben estar integradas en un modelo que busque rentabilidad y equilibrio socio ambiental a corto y largo plazo.

El desarrollo de estas tecnologías deberá tener como consecuencia algunos cambios positivos como los descritos a continuación:

- Uso eficiente de los medios de transporte y cocción de alimentos.
- Reducción del volumen de los residuos agrícolas, industriales y forestales.
- Acciones y actividades que contaminan la sociedad.
- Reducción de la utilización de energías no renovables.
- Mejor calidad del medio ambiente en la sociedad.
- Menos índice de enfermedades respiratorias y pulmonares.
- 

Sin embargo, para el cumplimiento de estos cambios, es necesario que se fijen inicialmente los objetivos principales de las tecnologías limpias, los cuales se describirán a continuación:

- Reinserción de la producción en su base ecológica local, generando un valor agregado dentro de la cadena de valor del producto.
- Globalización industrial en el marco del desarrollo sostenible.
- Reducción de la contaminación de la industria tradicional, diseñando un nuevo destino para los desechos.
- Renovación tecnológica – ambiental en procesos industriales y mecánicos.

Algunos ejemplos de tecnologías limpias pueden ser:

- Aprovechamiento de los cursos de agua a través de la extracción de canales apacibles.
- Reutilización de desechos sólidos dentro de una cadena de valor.
- Uso de compresores libre de aceite.
- Procesadores de computadoras que no tiene estaño.
- Calderas que ocupan gas natural o metano, en vez de diésel.

Dentro de los ejemplos que se mostraron previamente, la reutilización de desechos sólidos dentro de la cadena de valor de cierto producto es una alternativa interesante debido a que se aprovecha un residuo y se reinserta a un proceso industrial. Como se mencionó



anteriormente, la biomasa 8 Ref. Mitos y Realidad del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 2004. 16 está compuesta por residuos agrícolas, los cuales se pueden ser aplicados por diversas tecnologías para la fabricación de productos, como biocombustibles, que pueden sustituir recursos tradicionales contaminantes como la leña. Uno de estos biocombustibles es la briqueta, la cual ha sido una alternativa en muchos países del mundo, donde el enfoque hacia una mejora del medio ambiente es lo primordial, muy por encima del aspecto económico (HIJAR, 2018 ).

### **6.3. Dendroenergía**

La madera es considerada la primera fuente de energía de la humanidad, siendo una fuente de energía renovable. La Dendroenergía es la única fuente de energía asequible para la cocción de alimentos y la calefacción, esta misma responsable de un tercio del consumo mundial de energía renovable, siendo la madera la energía más descentralizada del mundo. Las sociedades, en cualquier nivel socioeconómico, vuelven a utilizar fácilmente la Dendroenergía cuando se enfrentan a dificultades económicas, desastres naturales, situaciones de conflicto o escasez de suministro de energía fósil (FAO, 2017).

#### **6.3.1. Dendrocombustibles**

Los Dendrocombustibles son la biomasa combustible forestal y pueden ser:

**Sólidos:**

Leña, astillas, aserrín, costaneras, despuntes, briquetas, pellets, carbón y carbonilla.

**Líquidos:**

Licor, etanol, metanol y aceite pirolítico.

**Gaseosos:**

Gas pirolítico (cpcfch, 2017).

### **6.4. Producto Forestal**

Es aquel elemento de material lignocelulósico, que en su condición natural sólida, partículas o fibras, una vez extraído del medio ambiente y transformado a través de procesos artesanales o industriales (labrado mecanizado, aserrado, conservación, secado, prensado en frío o calor,

lijado y acabado superficial) en elementos primarios, secundarios, de valor agregado y/o de alto valor agregado, puede ser usado solo o mezclado con otras materias primas de formas y condiciones físicas diferentes, que posteriormente son empleados en la elaboración de una diversidad de objetos de uso doméstico, y de componentes constructivos para sistemas de cerramientos y sistemas estructurales de un determinado bien mueble o inmueble. ( Contreras Miranda, Owen de C, & Cloquell Ballester, 2005)

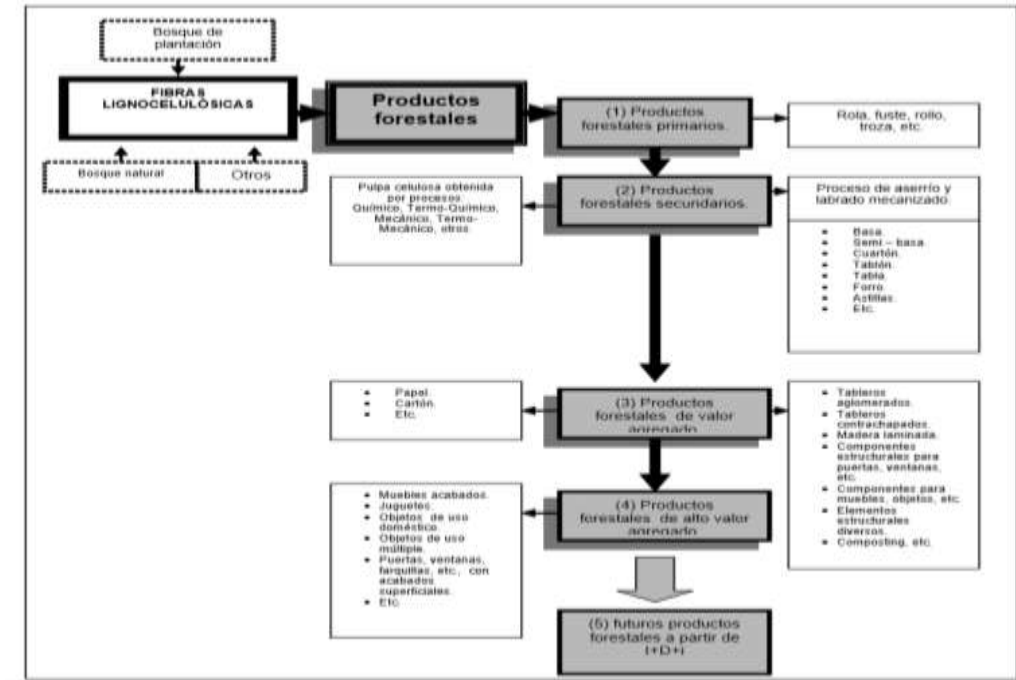


Figura 1. producto forestales ( Contreras Miranda, Owen de C, & Cloquell Ballester, 2005)

### 6.4.1. Aserrín

El serrín o aserrín es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. Los residuos forestales, sobre todo el aserrín, son altamente contaminantes para el Medio ambiente. No son pocos los expertos y las instituciones a nivel global y local, incluida la FAO que, de un tiempo a la fecha, advierten sobre el impacto del aserrín como agente contaminante del suelo y del agua (ECURED, 2018).

## 6.5. Tipos De Conversión de la Biomasa

### 6.5.1. Conversión Termoquímica

La conversión termoquímica está basada en la descomposición de la biomasa por medio de calor. Esta transforma a la biomasa en productos con un alto valor o más convenientes y, dependiendo de las condiciones del proceso, se obtienen diferentes proporciones de productos sólidos, líquidos y gaseosos. Los procesos son: Combustión directa, Pirolisis, Gasificación.

### **6.5.2. Conversión Bioquímica**

Consisten en la transformación de la biomasa por la acción de microorganismos o enzimas, que son añadidas a los medios de reacción como catalizadores. Los métodos bioquímicos son más adecuados a biomazas con un alto contenido de humedad, debido a que tanto los microorganismos como las enzimas sólo pueden ejercer sus acciones en ambientes acuosos, entre los procesos de conversión bioquímica se encuentran: Digestión anaerobia, aeróbica, fermentación alcohólica.

### **6.5.3. Conversión Físicoquímica (Prensado/Extracción)**

La ruta de conversión físicoquímica produce un biocombustible líquido a partir de la biomasa que contiene aceite vegetal. Esta tecnología es similar a las rutas de conversión para producir aceite vegetal en la industria alimenticia. El aceite vegetal se produce al prensar y/o extraer el aceite de la semilla, de manera que sólo se pueden usar especies que contienen aceite, como la semilla de colza, el girasol, el fríjol de soya y el aceite de palma, etc (Gonzalez, Rosales, & C, 2016).

## **6.6. Briquetas**

Las briquetas son un conjunto de mezcla de distintas sustancias orgánicas que puede tener diferente geometría y tamaño. Tienen una densidad elevada (entre 1.000 y 1.300 kg/m<sup>3</sup>) y se fabrican por medio de prensas, en las que el material es sometido a altas presiones y se calienta, produciendo en su interior procesos termoquímicos que generan productos adherentes que favorecen la cohesión del material. También se pueden añadir adherentes artificiales para facilitar la cohesión de prensado. Es una forma normal de tratar el aserrín procedente de las industrias del mueble y la madera (Fernandez, s.f.).

En conclusión viene a ser es un producto renovable y ecológico, que por lo general se elabora de forma cilíndrica o de ladrillo pero también se les puede hacer de diferentes formas similares como plaquetas o discos dependiendo el uso que se le quiere adoptar, estas briquetas son 100% naturales, varios se fabrican de desperdicios forestales primordialmente el aserrín, la viruta, chips, ramas, restos de poda, raleo fino, etc., estos residuos son triturados, secados a un 10% de humedad y luego se compactan por medios mecánicos (Guzman, 2017).

### **6.6.1. Formas y tamaño de elaboración de briquetas**

existe muchos aspectos como la maquinaria y equipos a utilizar para su obtención, pero sin embargo casi todas ellas son elaboradas de una forma cilíndrica, y claro que también es común que tengas una sección ortogonal con un agujero circular por medio, de esta forma las briquetas se consiguen una combustión mucho más rápida. Así, “otra manera de su elaboración es insertar la 22 sección rectangular, ligeramente redondeada en las cuatro esquitan, todo ello con la única finalidad que imposibilite la desunión con los impactos.

Este modelo de briquetas se consume más pausadamente pero se aglomera mucho mejor, pues ocupan menos volumen e igual que la cilíndrica o primas ortogonal agujereada; Las dimensiones de las briquetas cambia dependiendo al uso que le queremos dar, pues existen maquinas briqueteadoras, y que éstas solamente definen el grosor, mas no el largo, para tema industrial varía entre un 30 y 100 cm, y personas de uso menor, entre 10 a 50 cm y para las familias es de 2 a 6 cm (Guzman, 2017).

### **6.6.2. Características de las briquetas**

La características de las briquetas es su alta densidad, su forma puede ser cilíndrica o no siempre puede ser así. Esta terminación es una expresión algo desordenada, ya que briqueta puede estar conformada o fabricada con uno o más materiales ligeramente compactados (residuos de biomasa). La base fundamental de las briquetas puede estar conformada de material forestal, biomasa residual industrial, biomasa residual urbana, carbón vegetal o simplemente una mezcla de todas ellas. La fabricación de briquetas más empleadas es la que está hecha de aserrín, no llegan a emplear ningún tipo de aglomerante ya que la humedad y la propia lignina de la madera funcionan como adhesivo natural.

Así, “Las briquetas o leñitas son una fuente de energía calorífica cambiante, ya que son sistematizados como bioenergía sólida que tiene la utilidad como comburente (biocombustible) en diferentes actividades como en calderas, hornos, parrillas, cocinas, etc. Estos sobrantes de biomasa compactas son empleados en diferentes usos como cocinas, calefacción y uso industrial como cementeras, ladrilleras metalurgias, tostadores, secadores, y demás procesos que consumen grandes cantidades de madera (Guzman, 2017).

### **6.6.3. Aglomerantes**

Los Materiales aglutinantes son productos pulverizados que, cuando se mezclan con agua, sufren unas transformaciones químicas que producen su endurecimiento al aire o bajo el agua. La fabricación de briquetas a bajas presiones suele requerir de aglutinantes como arcilla, almidón, alquitrán. Aunque el aglutinante no combustible disminuye el valor calorífico de la briqueta y aumenta el contenido de cenizas, proporciona un combustible que de otra manera no podría aprovecharse (Gonzalez, Rosales, & C, 2016).

### **6.6.4. Aglomeración y Densificación**

Ni la madera ni los desechos agrícolas, como serrín y cáscaras de café, cascarilla de arroz, etc. pueden quemarse directamente en estufas domésticas. Tales materiales arden con dificultad, producen mucho humo y no son apropiados para cocinar. Lo mismo puede decirse del polvo de carbón vegetal. Uno de los mejores métodos para aprovechar dichos residuos consiste en la aglomeración de pequeñas partículas en briquetas. Existen dos métodos principales para fabricar briquetas, con aglutinante o sin él. Es más conveniente sin aglutinante, pero para ello se requieren prensas complicadas y costosas, equipo de secado y mucha energía.

Los aspectos fundamentales en la densificación Se deben tener en cuenta fundamentalmente a la hora de la densificación de biomasa, los siguientes aspectos:

- Que los productos (pellets, briquetas, etc.) mantengan sus propiedades como sólidos compactados hasta que cumplan su función (durante su manipulación, transporte, almacenaje, dosificación y combustión).
- Que se comporten satisfactoriamente como combustibles, dentro de un sistema integral concebido.
- Las biomásas como la paja de caña, la cáscara de arroz y el aserrín con su “elasticidad natural”, requieren para su densificación en briquetas, mayores presiones que los materiales inorgánicos, debido a la necesidad de romper las paredes celulares mediante presión y temperatura. Idealmente, se analizan los requerimientos del transporte, manipulación, almacenaje y combustión, calidad del servicio energético, impactos al medio y sobre los productos, residuales y desechos, etc., y luego, a partir de las características físicas y químicas del combustible sólido de baja densidad disponible, se escoge el método de preparación y densificación óptima y la máquina capaz de lograrlo, la transportación y el almacenaje, el sistema de combustión.

#### **6.6.5. Factores que inciden y regulan este proceso**

- La composición física y química del material.
- La presión
- La temperatura durante el proceso.

Por lo general, las biomásas residuales como compuestos ligno-celulósicos, aportan la lignina propia como aglutinante, no comportándose así el serrín que necesita de un aglutinante para que mantengan sus propiedades como sólidos compactados durante su manipulación, transporte, almacenaje, dosificación y combustión. La temperatura, dependiendo de la briqueteadora, se relaciona con la presión debido a la fricción interna entre las partículas y con la pared del molde y algunas veces se usan fuentes externas de calor (se calienta el molde en su sección de entrada). El que se use un aglutinante externo o no depende de la briqueteadora que se utilice y del material original. En máquinas de alta presión (>100 MPa), raramente se usa aglutinante externo, en medias presiones (5-100 MPa) depende del material y su compactación, en bajas presiones hasta 5 MPa siempre es necesario añadir aglutinante. Por ejemplo, cuando se calienta la madera (serrín) sobre su rango de temperatura de plasticidad (165 C) se pierde su elasticidad y se comprime más fácilmente.

La humedad, desempeña un importante papel en la densificación, ayuda a la transferencia del calor y mejora la plasticidad del material. Si el material está muy húmedo o muy seco las presiones necesarias se incrementan drásticamente. Algunas veces se usan aditivos para facilitar el encendido uniforme y mejorar las características del combustible. (Gonzalez, Rosales, & C, 2016)

## **6.7. La combustión y tipos de combustión**

Una combustión es toda reacción creada entre el material combustible y el comburente, activados por una cierta cantidad de energía, creando y desprendiendo calor, llamado reacción exotérmica.

Los materiales sólidos, sufren una destrucción de su estructura molecular cuando se eleva la temperatura, formando vapores que se oxidan durante el proceso de la combustión. Los materiales líquidos, en contacto con la cantidad de energía necesaria se vaporizan mezclándose con el comburente (oxígeno) para dar paso a la llama creándose así el inicio del incendio.

### **6.7.1. Elementos necesarios para la combustión**

Las combustiones dependiendo de la velocidad de propagación, se pueden clasificar en varios tipos:

#### **6.7.1.1. Combustiones lentas:**

Las combustiones lentas no producen emisiones de luz generando poca emisión de calor. Se suelen producir en lugares poco ventilados con escasez de comburente o sobre combustibles muy densos. Se trata de fuegos muy peligrosos ya que al darse en condiciones de poca aireación cuando entra aire nuevo en la habitación se produce un aumento del comburente activando el incendio rápidamente.



*Figura 2. combustion lenta (Castellon, s.f.)*

#### **6.7.1.2. Rápidas:**

En las combustiones rápidas se produce una gran emisión de calor y luz con un fuego intenso. Si una combustión es muy rápida se puede producir una explosión. Las explosiones se consideran combustiones instantáneas.

Podemos distinguir entre dos tipos de explosiones:

- Deflagración: La velocidad de propagación del frente de llamas no supera la velocidad del sonido.
- Detonación: Una detonación se da cuando la velocidad de propagación del frente de llamas es superior a la velocidad del sonido (340 m/s). (Castellon, s.f.)





*Figura 3. Combustión Rápida (Castellon, s.f.)*

### **6.8. Propiedades físicas y químicas**

La sustancia del mundo real, tal y como las percibimos con nuestros sentidos, se caracterizan por sus propiedades físicas o químicas, es decir, cómo reaccionan a los cambios que se realicen sobre ellas.

Las propiedades físicas son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia. Ejemplo de estas propiedades son la densidad, el punto de fusión, el punto de ebullición, entre otras.

También existen las propiedades químicas, las cuales se observan cuando una sustancia sufre un cambio químico, es decir, una transformación de su estructura interna, convirtiéndose en otras sustancias nuevas. Dichos cambios químicos, pueden ser reversibles o irreversibles, cuando éstos últimos ocurren en una sola dirección (como en la combustión de la madera).

Las propiedades de las sustancias también se pueden clasificar como extensivas e intensivas. Las propiedades extensivas se caracterizan porque dependen de la cantidad de sustancia considerada (como la masa y el volumen), Las propiedades intensivas no dependen de la cantidad de sustancia (como la densidad y la temperatura).

Si se electriza un pedazo de cobre, se imanta un trozo de hierro, se calienta una cierta masa de azufre o se comprime un volumen determinado de cloro, las propiedades físicas de estas sustancias varían tan sólo en lo que respecta a la modificación producida y en una extensión que depende de ella, pero las propiedades químicas de estas sustancias permanecen inalteradas; ha tenido lugar en cada caso un fenómeno físico. Si se llega a fundir el pedazo de azufre o si el cloro se licúa, las propiedades físicas cambian totalmente pero el comportamiento químico del azufre fundido o el del cloro líquido es el mismo que el del azufre sólido o el del cloro gaseoso, por lo que el proceso de fusión o el de licuefacción es también un cambio físico que afecta únicamente al estado de agregación de la sustancia correspondiente. En cambio, si se calienta óxido mercuríco, polvo rojo, en un tubo de ensayo, se desprende oxígeno y en la parte superior del tubo se condensa mercurio en forma de minúsculas gotas: ha tenido lugar un cambio químico.

Los procesos físicos y químicos se diferencian fundamentalmente en los siguientes aspectos: Los cambios químicos van acompañados por una modificación profunda de las propiedades del cuerpo o cuerpos reaccionantes; los cambios físicos dan lugar a una alteración muy pequeña y muchas veces parcial de las propiedades del cuerpo.

Los cambios químicos tienen casi siempre carácter permanente mientras que, en general, los cambios físicos persisten únicamente mientras actúa la causa que los origina.

Los cambios químicos van acompañados por una variación importante de energía mientras que los cambios físicos van unidos a una variación de energía relativamente pequeña. Así, por ejemplo, la formación de 1.0 g de agua a temperatura ambiente, a partir de hidrógeno y oxígeno, se desprenden cerca de 3800 calorías, mientras que la solidificación a hielo de 1.0 g de agua o la condensación a agua líquida a 100 °C de 1.0 g de vapor de agua desprende tan sólo, respectivamente, cerca de 80 ó de 540 calorías.

En algunos casos, tal como en la disolución del cloruro de hidrógeno gaseoso o incluso del cloruro sódico en agua o la simple dilución del ácido sulfúrico concentrado, parece difícil decidir claramente si un proceso es químico o físico, ya que ofrece aspectos de uno y otro tipo de transformaciones (Botta, 2018).

### 6.8.1. Poder Calorífico

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa de combustible.

Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa.

El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible, menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formada en la combustión.

La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida. Según la forma de medir se utiliza la expresión poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI).

*Poder calorífico superior (PCS):* Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 Kg de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y se contabiliza, por consiguiente, el calor desprendido en este cambio de fase.

*Poder calorífico inferior (PCI):* Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 kg de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor (Botta, 2018).

Calor específico de combustión, calor de combustión, valor calórico, o potencia calórica es la cantidad de calor que se desprende cuando ocurre la combustión completa de una unidad de masa y se expresa en KJ/Kg en el caso de los combustibles sólidos y líquidos. En condiciones de laboratorio se determina la totalidad del calor específico hasta enfriar los productos a la temperatura ambiente se obtendrá el llamado calor específico de combustión superior.

El contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa; y está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado

porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material. El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible (energía de enlace), menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formadas en la combustión.

La mayoría de los combustibles usuales son compuestos de carbono, que al arder se combinan con el oxígeno formando dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y agua ( $H_2O$ ) respectivamente. El poder calorífico superiores el calor verdaderamente producido en la reacción de combustión y poder calorífico inferior es el calor realmente aprovechable, este último es calor producido sin aprovechar la energía de la condensación del agua y otros procesos de pequeña importancia (Gonzalez, Rosales, & C, 2016).

### **6.8.2. Temperatura**

La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, sin embargo, su significado formal en termodinámica es más complejo, a menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica, que con la temperatura real. Fundamentalmente, la temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula.

La temperatura es la medida de la cantidad de energía de un objeto. Ya que la temperatura es una medida relativa, las escalas que se basan en puntos de referencia deben ser usadas para medir la temperatura con precisión. Hay tres escalas comúnmente usadas actualmente para medir la temperatura: la escala Fahrenheit ( $^{\circ}F$ ), la escala Celsius ( $^{\circ}C$ ), y la escala Kelvin (K) (ECURED, 2018).

### **6.8.3. Volumen**

El volumen es una propiedad física que me permite conocer el total en las tres dimensiones de un objeto, asociándolo a las briquetas básicamente es lo ancho, largo, y lo alto de la briqueta.

#### **6.8.4. Densidad**

Una de las características que las briquetas tienen, es que éstas muestran una densidad mayor que otros combustibles fabricados a raíz de residuos. Por lo cual nos hace más óptimo llevarlo, almacenarlo y usarlo, de esta manera resulta ventajoso compararlo con las fabricaciones de otros productos que se elaboraron. El objetivo en conclusión es la transformación del briquetado es lograr una creación final de mayor consistencia que los productos básicos, por que como sabemos que a mayor densidad nuestra briqueta ocupará un volumen menor (a igualdad de peso) que la leña por lo tanto su manipulación será más asequible (Guzman, 2017).

La densidad puede obtenerse de varias formas. Por ejemplo, para objetos macizos de densidad mayor que el agua, se determina primero su masa en una balanza, y después su volumen; éste se puede calcular a través del cálculo si el objeto tiene forma geométrica, o sumergiéndolo en un recipiente milimetrado el cual contenga agua en un nivel previamente establecido y luego se puede observar la diferencia en el volumen que muestra el recipiente el cual será el volumen del objeto o material agregado (Gonzalez, Rosales, & C, 2016).

#### **6.8.5. Humedad**

El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%.

La humedad de la briqueta es una peculiaridad que está basada en función al secado del aserrín, ya que este proceso se puede hacer de dos formas; tanto natural que es al ambiente; o de manera artificial utilizando algún tipo de horno; después para el proceso de briquetado la materia prima poseerá una humedad alrededor del 20%, ya que después de la prensada disminuirá el porcentaje de humedad a la salida de la prensa.

Para combustibles de biomasa, este es el factor más crítico, pues determina la energía que se puede obtener por medio de la combustión. Cuando se quema la biomasa, primero se necesita

evaporar el agua antes de que el calor esté disponible; por eso, cuanto más alto el contenido de humedad, menos el valor calorífico (Guzman, 2017).

#### **6.8.6. Masa**

Las unidades de masa a lo largo de la historia también presentan gran variedad. Lo primero a señalar es que hasta época tan reciente como 1901, no se distinguía claramente entre las magnitudes de masa y de peso. La masa es una magnitud medible, la materia aparte de ser algo concreto también se puede expresar como una explicación cualitativa de un cuerpo cualquiera. La unidad de medida de masa es el kilogramo, también se usa el gramo, donde un gramo es la milésima parte de un kilogramo ( $1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}$ ) e incluso toneladas (ECURED, 2018).

#### **6.8.7. Masa total**

Esta masa es la total que se obtiene entre la mezcla de la materia prima, el aglomerante y el agua.

#### **6.8.8. Masa de seca**

Esta masa es la que se obtiene, después del secado de las briquetas, ya sea natural por el sol directamente y por algún otro método de secado de esta forma.

Suele ser equivalente al peso en seco (sin embargo, si se secan los materiales al sol, es de suponer que aun contendrán, cerca del 30% de humedad)

#### **6.8.9. Masa húmeda**

Esta masa es la diferencia que se obtiene entre la resta de la masa total y la masa seca.

#### **6.8.10. Masa total de cenizas**

Es la materia orgánica sin humedad, el sólido total, incluye componentes digeribles o “sólidos volátiles” y residuos no digeribles o “sólidos fijos”.

#### **6.8.11. Sólidos volátiles (SV)**

Los sólidos volátiles son considerados como la materia que realmente es transformada por las bacterias. Es el peso de los sólidos orgánicos quemados cuando el material seco se enciende.

#### **6.8.12. Sólidos fijos (SF)**

Material que no será transformado durante el proceso y es el peso que queda después del encendido (cenizas), se trata de material biológicamente inerte (Reyes, 2017 ).

## **VII. HIPOTESIS DE INVESTIGACION**

El uso de briquetas a base de aserrín de pino podría disminuir el consumo de leña, las emisiones de monóxido de carbono siempre y cuando la propiedad física (humedad) se encuentre en el rango óptimo de operación de no mayor a 10 % humedad después del secado.

## VIII. DISEÑO METODOLOGICO

### 8.1. Tipo de estudio

En cuanto al enfoque filosófico, por el uso de los instrumentos de recolección de la información, análisis y sistematización de datos, el presente estudio se fundamenta en la integración sistémica de los métodos cuantitativos de investigación, por tanto, se realiza mediante un Enfoque cuantitativo de Investigación. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014)

De acuerdo al método de investigación el presente estudio es **experimental** (pedroza pacheco, 1993) y según el nivel de profundidad del conocimiento es **descriptivo** (Piura Lopez, 2006 ). Según a la clasificación de (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014), el tipo de estudio es **correlacional**. De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es **prospectivo**, por el período y secuencia del estudio es **transversal** y según el análisis y alcance de los resultados el estudio es **analítico y predictivo**. (Pineda, De Alvarado, & Hernandez de Canales, 1994)

### 8.2. Área de estudio

#### 8.2.1. Ubicación geográfica

El estudio de este proceso investigativo se llevó a cabo en el laboratorio de energías renovables de la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELI), donde se fabricaron y evaluaron las briquetas.



*Ilustración 5 ubicación de FAREM ESTELI*

Dirección: Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENEL tomado de Google Maps 2018.



### 8.2.2. Área de conocimiento

El área de estudio a la que pertenece el tema de la presente investigación es, **Eficiencia energética dentro de la línea 4**, de investigación del Centro de Investigación en Energías Renovables (CIER).

### 8.3. Universo y muestra

El universo de este estudio son todos los residuos forestales, que pueden ser utilizados para la fabricación de briquetas, estos residuos se originan de la manufactura maderera industrial. Los tipos de madera que usan estas industrias pueden variar, por lo tanto, solo se aplicó de un tipo (pino) para la fabricación de las briquetas y evaluarlas en los test.

La muestra se basa en tres tipos de briquetas, que se originan de un mismo sustrato (residuo forestal del pino) con diferentes aglomerantes durante la densificación. Estas son, aserrín de pino con papel, aserrín de pino con almidón, y aserrín de pino con lignina propia como aglutinante.

La unidad experimental se basa en los equipos y materiales a utilizar para la realización de este estudio, cuyo los resumimos en; prensa briquetadora Splinter de propio diseño donde se fabricaron las Briquetas y el fogón tradicional utilizado para la cocción de alimentos.

#### 8.4. Matriz de operación de variables

**Objetivo general:** Evaluar las propiedades energéticas de briquetas de diferentes sustratos durante la combustión, que permita la cuantificación de gases emitidos al ambiente.

Tabla 1. Matriz de operación de variables

<i>Objetivos específicos</i>	<i>Variable conceptual</i>	<i>Subvariables o dimensiones</i>	<i>Variables operativas o indicador</i>	<i>Técnicas de recolección de datos e información y actores participantes</i>				
<b>Objetivo Especifico 1.</b> Caracterizar las propiedades Físicas, químicas y energéticas de briquetas.	1. Propiedades fisicoquímicas de las briquetas.	1.1. Masa de densificación, secado y cenizas.	1.1.1. Masa medible de la briketa en kg. 1.2.2. Medidas de la briketa en m <sup>3</sup> . 1.3.3. Relación entre masa y volumen en la briketa.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>experimental</th> <th>laboratorio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	experimental	laboratorio	X	X
		experimental	laboratorio					
X	X							
1.2. volumen 1.3. Densidad 1.4. masa seca 1.5. masa húmeda 1.6. masa cenizas 1.7. temperaturas 1.8. Poder calorífico. 1.9. Tiempo.	1.4.4. Cantidad de materia que queda después del secado briquetas. 1.5.5. Cantidad de masa de densificado existente en materia antes del secado. 1.6.6. Es la cantidad de materia inerte 1.7.7. Son los grados a los que ha sido sometidas las briquetas. 1.8.8. Energía total de la briketa. 1.9.9. Los intervalos en que se realizaran los test de las briquetas.							
<b>Objetivo Especifico 2.</b>		2.1. Temperatura						

<p>Comparar mediante test la eficiencia de briquetas y otra especie (leña), utilizadas en la cocción de alimentos en fogones.</p> <p><b>Objetivo Especifico 3.</b></p> <p>Cuantificar la emisión de monóxido de carbono generado por la combustión de briquetas.</p>	<p>2. Test de the Water boiling test (WBT)</p> <p>3. Cantidad de monóxido de carbono emitido por la briquetas</p>	<p>2.2. peso</p> <p>2.3. humedad</p> <p>3.1. Emisiones CO</p>	<p>2.1.1. Temperatura ambiente y final del agua.</p> <p>2.2.2 peso de las Briquetas.</p> <p>Peso de la olla, el peso del recipiente para el carbón y ceniza.</p> <p>Peso del material para encender que puede ser un combustible diferente al evaluado.</p> <p>2.3.3 humedad de las Briquetas.</p> <p>3.1.1.Cantidad de monóxido de carbono emitido por las Briquetas</p>	<p>X</p> <p>X</p>
--	---	---	---	-------------------

## 8.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos e Información

### **Cuantitativo:**

*Diseño Completamente al Azar DCA:* El Diseño Experimental se estableció en un DCA. Las características técnicas-experimentales, para el diseño, análisis e interpretación de los datos a obtenerse, se realizarán de acuerdo al método de Fischer, y Contrastes Ortogonales siguiendo los procedimientos estadísticos establecidos en. (Pedroza, 2007)

*Se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA)* para comprobar si existen diferencias en las medias. Fundamentalmente este análisis consiste en separar la contribución de cada fuente de variación en la variación total observada. Sin embargo, éste ANOVA está supeditado a los siguientes supuestos que deben verificarse:

- Normalidad de los residuos
- Varianza constante (igual varianza en los tratamientos)
- Independencia

*La prueba del agua hirviendo (“The Water Boiling Test” WBT):* Es un protocolo desarrollado para simular el proceso de cocción, que ayuda a los diseñadores de estufas a comprender la transferencia de energía del combustible a la olla y al producto final en este caso el alimento. Se puede realizar en la mayoría de estufas del mundo. Esta prueba no pretende sustituir otras formas de evaluar una estufa, sin embargo, es un método sencillo que permite evaluar las estufas hechas en diferentes lugares para diferentes propósitos.

Esta prueba es un test estandarizado y reproducible, pero tiene puntos fuertes y débiles que debemos comprender (Bailis, Smith, & R, 2007). Mediante la WBT se puede entender el comportamiento de cualquier estufa o combustible para tener un mejor diseño de la estufa y nos permite predecir más o menos cuanto se utilizará de combustible durante la cocción. Sin embargo, el test también tiene debilidades, ya que solo se trata de una aproximación de lo real. El test se debe realizar en condiciones controladas y tratar que todas las repeticiones

tengan condiciones similares para que las diferencias de las variables sean mínimas (Bailis, Smith, & R, 2007).

*Sistema portátil de emisiones:* El sistema portátil de medición de emisiones (BK-PRECISIÓN 627) es un instrumento de medición, que permite cuantificar las emisiones de los combustibles mediante la recolección, medición y análisis de emisiones de monóxido de carbono (CO).

Es necesario recopilar datos de los contaminantes que se liberan sin los efectos de la ventilación y la dilución en el aire de una cocina o combustible. Se considera que la eficiencia de una estufa está relacionada con la cantidad de emisiones que genera. Las emisiones por cada tarea completada y las emisiones por kilogramo de combustible consumido permiten calcular el factor de eficiencia (Aprovecho, 2008).

#### **8.6. Procedimientos para la recolección de datos**

**Para lograr el primer objetivo: Caracterizar las propiedades Físicas, químicas y energéticas de las briquetas.**

Masa de densificado y secado solar por convección forzada, Volumen, Densidad, humedad, Masa seca, Masa húmeda, Masa de cenizas, Temperatura, Poder calorífico, Tiempo.

Para la caracterización de las propiedades básicas como lo son las físicas, se calculó a partir de la comprensión de los métodos y ecuaciones físicas en las cuales se mide la dimensión de la briqueta con una cinta métrica, es decir el volumen de la briqueta.

En cuanto a las masas de las briquetas se usó una balanza analítica digital marca KERN EMB5.2KI y consecuentemente se hicieron los cálculos correspondientes para calcular la densidad.

Con la formula  $D = m/V$

Para saber el valor de la cantidad de agua existente en la materia a utilizar, se utilizó un medidor de humedad Laserliner.

Para determinar las temperaturas en las que las briquetas se vieron involucradas se utilizaron dos termómetros, uno de alta temperatura para monitorear la temperatura en las que se

estaban secando las briquetas en el horno y otro tipo tester para monitorear las temperaturas durante las pruebas de WBT.

Dado que también existen propiedades químicas y energéticas en las briquetas que cambian de acuerdo a las condiciones en que se expongan, sobre la cual se realizara un análisis cuantitativo con el objeto de conocer el tipo y grado de alteración que ha sufrido bajo las condiciones en las que se exponga.

Para la obtención de la masa total se realizó con la suma de masa de materia prima, masa de aglomerante y masa del agua.

$$Mt = Mp + Ma + Mh2o$$

Para la obtención de la masa seca se pesó la masa final de la total que se ingresó en el horno solar durante una semana a una temperatura promedio de 60 grados Celsius.

Para la obtención de la masa húmeda se realizó con la resta de la masa total y masa seca.

$$Mh = Mt - Ms$$

Para la medición de material inerte o masa de cenizas se obtienen los sólidos totales estos se separan en dos partes: Sólidos Volátiles y Sólidos Fijos. Al suceder la gasificación de la material se espera que los Sólidos Fijos que son los quedan y los Sólidos Volátiles se escapen en forma de gas. Una vez finalizada la combustión del material se procederá a medir los Sólidos Fijos. La diferencia de Solido Total menos los Sólidos Volátiles:

$$Sv = St - Sf$$

El poder calorífico de las briquetas elaboradas de aserrín, se determinara mediante el cálculo aplicando la fórmula de calor dada por James Prescott Joule (1818-1989).

$$Q = m * Ce * \Delta T$$

Dónde: Q es la cantidad de calor (que se gana o se pierde), expresada en calorías. M es la masa del cuerpo en estudio (1 litro de agua 1000g). Se expresa en gramos Ce es el calor específico del cuerpo (agua en este caso 1 cal/g\*°c), Su valor se encuentra en tablas conocidas. Se expresa en cal / gr ° C, t es la variación de temperatura = Tf - T0. Léase Temperatura final (Tf) menos Temperatura inicial (T0).

**Para alcanzar el segundo objetivo: Comparar mediante test WBT la eficiencia energética de briquetas y otra especie (leña), utilizada en la cocción de alimentos en fogones.**

Para el estudio se decidió usar el WBT por los siguientes motivos: se trata de una prueba de fácil aplicación, utiliza agua en las fases de evaluación de eficiencia en cocinas como en combustibles.

El WBT está compuesto por fases. Sin embargo, antes de comenzar con estas fases es necesario haber pesado el combustible, conocer su humedad, el peso de la olla, el peso del recipiente para el carbón y ceniza, y el peso del material para encender que puede ser un combustible diferente al evaluado. Posteriormente damos inicio a las diferentes fases:

***Prueba de arranque en frío de alta potencia:*** La prueba empieza con una estufa a temperatura ambiente, éste utiliza combustible que ha sido pre-pesado para hervir cinco litros de agua en una olla normal como se utilizaría en cualquier hogar. Una vez llegue el agua al punto de ebullición se toman los datos de peso del agua más la olla, del recipiente con ceniza que se obtenga, el tiempo total de combustión cuando llega al punto de ebullición. Después se remplace el agua hervida con otros 5 litros de agua en otra olla a temperatura ambiente para llevar a cabo el siguiente paso.

***Prueba de arranque en caliente de alta potencia:*** La prueba se lleva a cabo cuando la estufa aún está caliente, se trata del mismo procedimiento anterior, excepto que ahora se realiza con la estufa caliente (Aprovecho, 2008).

**Para alcanzar el tercer objetivo: Cuantificar la emisión de monóxido de carbono generado por la combustión de las briquetas.**

Durante las pruebas en el laboratorio es posible observar en tiempo real lo que sucede cuando se agrega más combustible a la estufa y cuando hay variación en el fuego. En la pantalla del medidor se observan las oscilaciones de las emisiones. Lo cual permite observar los momentos de elevadas concentraciones del **ppm** y de los gases, lo cual puede servir como enseñanza para el diseño de nuevas estufas y el uso de determinados combustibles (Aprovecho, 2008).

### **8.7. Plan de tabulación**

Se realizó una tabla de datos en el software Excel que será la base, de las propiedades y características tomadas durante los procesos de construcción, pre-evaluación, y evaluación mediante los test de mediciones.

A partir de los datos recolectados, se realizó una base de datos en el software estadístico InfoStat para Windows, para realizar comparaciones mediante la técnica Fisher para llegar a una media de las variables independiente y dependiente, realizar gráficos y ver las correlaciones correspondientes.



## **X. ANALISIS DE RESULTADOS**

Este capítulo tiene el objetivo de dar a conocer de forma detallada los hallazgos que se obtuvieron durante el proceso de investigación.

En la fabricación de briquetas se lubricó la parte de la cámara de depósito de la materia para su prensado, lo cual se hizo con aceite vegetal en pequeñas cantidades, sin mezclarse con nuestra materia por el agua, se observó que las briquetas hechas en la prensa resulta más fácil hacerlas con el menor volumen que se pueda, esto permite un mejor tratamiento, secado y posterior encendido.

El horno secador de madera solar, se mantuvo en una temperatura promedio de 60-65 grados Celsius, estas las mantuvimos durante una semana por cada tipo.

Con los datos obtenidos en el proceso de recolección de la información se realizaron dos Análisis de la Varianza (ANOVA), que permitió probar hipótesis referidas a los parámetros de posición (esperanza) de dos o más distribuciones. La hipótesis que se somete a prueba generalmente se establece con respecto a las medias de las poblaciones en estudio o de cada uno de los tratamientos evaluados en un experimento, Este es un experimento con fines comparativos, usualmente se realiza la aplicación de varios tratamientos a un conjunto de unidades experimentales para valorar y comparar las respuestas obtenidas bajo cada tratamiento.

Antes de realizar el ANOVA, se realizó el Diagnóstico de la Normalidad, Homogeneidad e Independencia de residuos. Para tal efecto se obtuvieron previamente las variables RDUO de las variables y PRED. A partir de los residuos y sus transformaciones se puede verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas.

## **Caracterizar las propiedades Físicas, químicas y energéticas de las briquetas.**

### **ANOVA 1**

Antes de realizar el ANOVA, se realizó el Diagnóstico de la Normalidad, Homogeneidad e Independencia de residuos. Para tal efecto se obtuvieron previamente las variables *RDUO de las variables* y *PRED*.

### **Normalidad de residuos**

Se realizó LA prueba de Shapiro Francia para el diagnóstico de normalidad de los residuos de manera que se examinó el grado de asociación que existe entre la variable respuesta *RDUO\_MASA DE COMBUSTIBLE* y la función normal, la cual es linealizada mediante la función log. y se realiza mediante el gráfico del QQ.

El grado de asociación se mide por el coeficiente de correlación “**r**” de Shapiro Francia. Debe obtenerse un  $r \geq 0.94$ , para aceptar la Normalidad de los residuos, lo que demuestra que existe un correlación significativa entre los residuos y la función normal, (Casanoves, 2007). En la figura 6, se muestra el gráfico de el QQ, de la prueba de Normalidad de los residuos realizada mediante la variable respuesta *RDUO masa de combustible*, según el resultado queda demostrado que cumple con la condición de normalidad de los residuos, dado que se alcanzó un  $r = 0.963$ , se cumple con el supuesto de normalidad para realizar correctamente el Modelo del DCA.

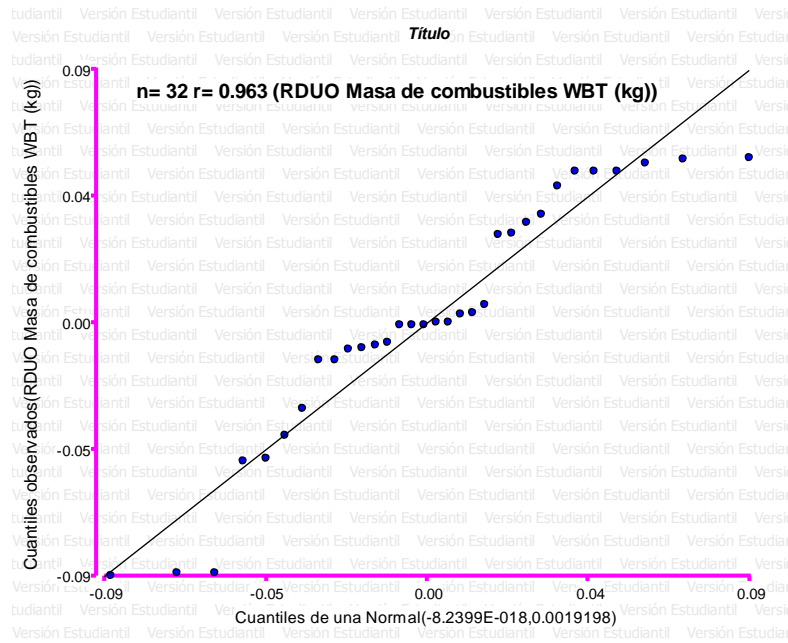


Figura 6. Normalidad de residuos

### Homogeneidad de varianza de los residuos con respecto a las pruebas

Para comprobar la homogeneidad de la varianza se realiza a través de la *prueba de Levene* que consiste en realizar un análisis de varianza a los residuos de la variable respuesta que se desea diagnosticar y se realiza bajo la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, el resultado debe ser *ns* para que se demuestre la Homogeneidad de Varianza, (Casanoves, 2007).

Dado el resultado obtenido en la tabla 2, se afirma que se acepta la **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, con la obtención de un  $p = 0,9999$ , el cual es mayor que el nivel crítico de comparación establecido de  $\alpha = 0,05$ . Claramente se ve que es una respuesta *ns*, aquí se cumple con uno de los supuestos fundamentales para realizar correctamente el Modelo del DCA.

Tabla 2. Homogeneidad de varianza

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RDUO Masa de combustibles	32	0	0	1.16498809637824E18

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0	3	0	0	>0.9999
Combustible (sustrato)	0	3	0	0	> <b>0.9999 ns</b>
Error	6.0E-02	28	2.1E-03		
Total	6.0E-02	31			

**Independencia de los residuos**

La independencia de los residuos se realizó **mediante un gráfico de dispersión** para observar y determinar la tendencia de respuesta entre los residuos y los predichos **RDUO masa combustible y PRED masa combustible**.

Este gráfico permite visualizar una tendencia de respuesta o patrón de comportamiento de los datos. En la figura 7, se muestra el gráfico de dispersión entre **RDUO masa combustible y PRED masa combustible**, se observa claramente que *no hay patron o tendencia de respuesta de los residuos*. Por lo tanto, se procede a realizar el ANOVA en DCA.

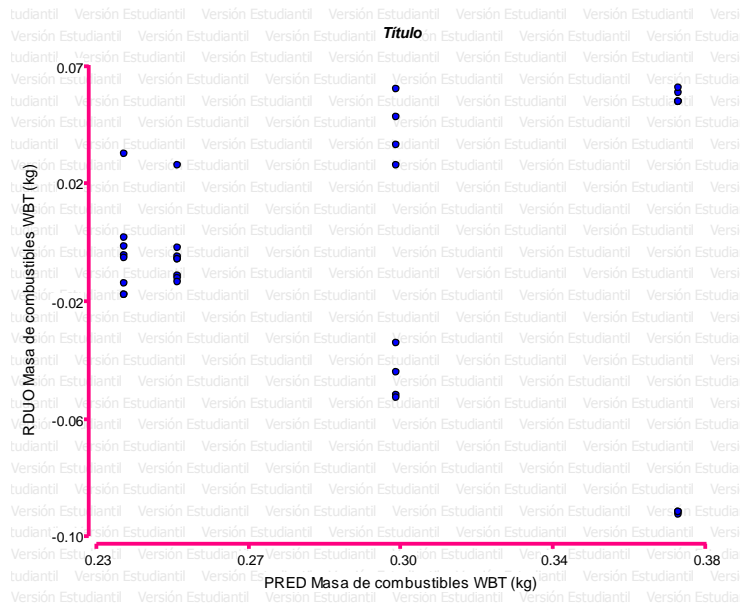


Figura 7. Independencia de los residuos

**El ANOVA EN DCA**, permite determinar si existe o no, la relación de causa-efecto de los tratamientos, (efecto de diferentes sustratos o combustible), sobre la variable respuesta **masa de combustible**.

Tabla 3. ANOVA EN DCA

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Masa de combustibles WBT (..	32	0.61	0.57	15.95

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	3	0.03	14.54	<0.0001
Combustible (sustrato)	0.09	3	0.03	14.54	<0.0001
Error	0.06	28	2.1E-03		
Total	0.15	31			

**El ANOVA** realizado, para evaluar el efecto de los diferentes sustratos sobre la masa de combustible, demostró lo siguiente:

Existe un **efecto significativo** del tratamiento (diferentes sustratos o combustibles), sobre la variable respuesta masa de combustible, lo cual se evidencia con un **p = 0,0001**, que resultó ser **menor** que el nivel crítico de comparación **α = 0.05**. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>: μ<sub>1</sub> = μ<sub>2</sub> = μ<sub>3</sub> = μ<sub>4</sub> ..... = μ<sub>n</sub>**. Esto quiere decir que la respuesta estadística es significativa, lo cual demostró que existe una relación de causa-efecto de los tratamientos (diferentes sustratos o combustibles, como; leña de pino, aserrín, aserrín con papel, aserrín con almidon), sobre la variable respuesta **masa de combustible**.

Posterior al ANOVA, se realizó la prueba LSD Fisher (**Diferencia Mínima Significativa**), **con un Alfa = 0.05**, permitió demostrar que, los sustratos de aserrín con almidón y pino no tienen diferencias estadísticas entre sí, con respecto a la **variable** dependiente de masa de combustible, sin embargo si existen diferencias significativas con respecto a los combustibles de aserrín y aserrín con papel, para la cual se obtuvo un valor promedio máximo de **0.37 Kg** para el sustrato de *aserrín con papel* y un valor mínimo de **0.23 Kg** para el sustrato de *aserrín con almidón*. . Por lo tanto, se recomienda usar el sustrato aserrín almidón y el pino por haber obtenido menor consumo de combustible.

Tabla 4. ANOVA EN DCA

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04722

Error: 0.0021 gl: 28

Combustible (sustrato)	Medias	n	E.E.	
Aserrín Almidón	0.23	8	0.02	A
Pino	0.25	8	0.02	A
Aserrín	0.30	8	0.02	B
Aserrín Papel	0.37	8	0.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## ANOVA 2

Antes de realizar el ANOVA, se realizó el Diagnóstico de la Normalidad, Homogeneidad e Independencia de residuos. Para tal efecto se obtuvieron previamente las variables **RDUO de las variables** y **PRED**.

### Normalidad de residuos

Se realizó LA prueba de Shapiro Francia para el diagnóstico de normalidad de los residuos de manera que se examinó el grado de asociación que existe entre la variable respuesta **RDUO\_PODER CALORIFICO** y la función normal, la cual es linealizada mediante la función log. y se realiza mediante el gráfico del QQ.

El grado de asociación se mide por el coeficiente de correlación “**r**” de Shapiro Francia. Debe obtenerse un  $r \geq 0.94$ , para aceptar la Normalidad de los residuos, lo que demuestra que existe un correlación significativa entre los residuos y la función normal, (Casanoves, 2007). En la figura 8, se muestra el gráfico de el QQ, de la prueba de Normalidad de los residuos realizada mediante la variable respuesta **RDUO poder calorífico**, según el resultado queda demostrado que cumple con la condición de normalidad de los residuos, dado que se alcanzó un  $r = 0.988$ , se cumple con el supuesto de normalidad para realizar correctamente el Modelo del DCA.

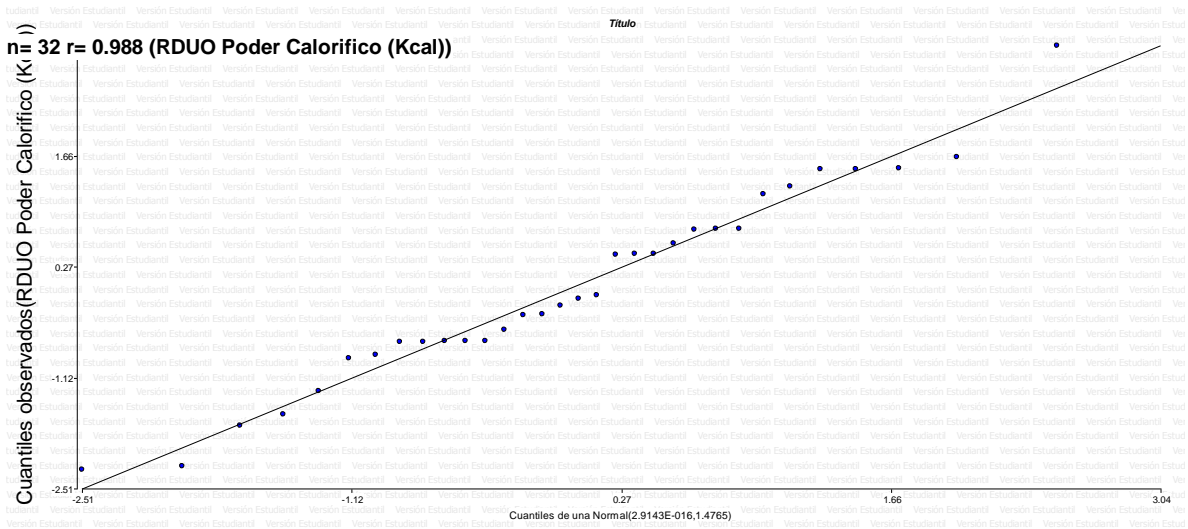


Figura 8. Normalidad de los residuos

**Homogeneidad de varianza de los residuos con respecto a los tratamientos**

Para comprobar la homogeneidad de la varianza se realiza a través de la *prueba de Levene* que consiste en realizar un análisis de varianza a los residuos de la variable respuesta que se desea diagnosticar y se realiza bajo la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, el resultado debe ser *ns* para que se demuestre la Homogeneidad de Varianza, (Casanoves, 2007).

Dado el resultado obtenido en la tabla 5, se afirma que se acepta la **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, con la obtención de un *p* = **0,9999**, el cual es mayor que el nivel crítico de comparación establecido de **α = 0,05**. Claramente se ve que es una respuesta *ns*, aquí se cumple con uno de los supuestos fundamentales para realizar correctamente el Modelo del DCA.

Tabla 5. *Homogeneidad de varianza*

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RDUO Poder Calorífico (Kca..	32	0.00	0.00	541940400021077000.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	3	0.00	0.00	>0.9999
Combustible (sustrato)	0.00	3	0.00	0.00	<b>&gt;0.9999 ns</b>
Error	45.77	28	1.63		
Total	45.77	31			

**Independencia de los residuos**

La independencia de los residuos se realizó **mediante un gráfico de dispersión** para observar y determinar la tendencia de respuesta entre los residuos y los predichos **RDUO poder calorífico** y **PRED poder calorífico**.

Este gráfico permite visualizar una tendencia de respuesta o patrón de comportamiento de los datos. En la figura 9, se muestra el gráfico de dispersión entre **RDUO poder calorífico** y **PRED poder calorífico**, se observa claramente que *no hay patron o tendencia de respuesta de los residuos*. Por lo tanto, se procede a realizar el ANOVA en DCA.

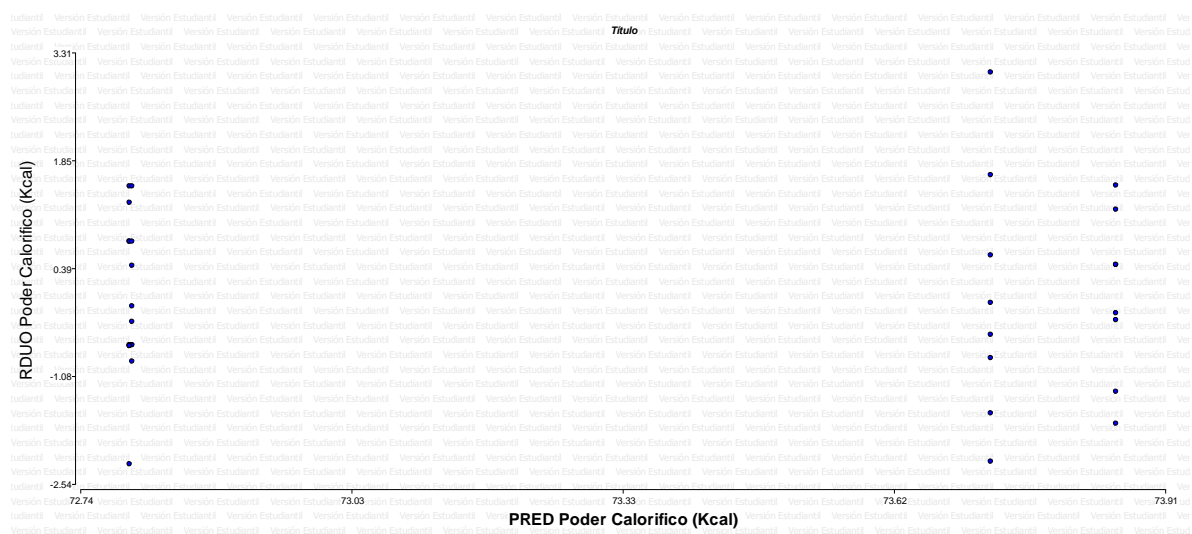


Figura 9. *Independencia de los residuos*



**El ANOVA EN DCA**, permite determinar si existe o no, la relación de causa-efecto de los tratamientos, (efecto de diferentes sustratos o combustible), sobre la variable respuesta **poder calorífico**

Tabla 6. ANOVA EN DCA

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Poder Calorífico (Kcal)	32	0.15	0.06	1.74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.01	3	2.67	1.63	0.2039
Combustible (sustrato)	8.01	3	2.67	1.63	<b>0.2039</b>
Error	45.77	28	1.63		
Total	53.78	31			

El ANOVA realizado, para evaluar el efecto de los diferentes combustibles sobre el poder calorífico, demostró lo siguiente:

Existe un **efecto significativo** del tratamiento (diferentes sustratos o combustibles), sobre la variable respuesta poder calorífico, lo cual se evidencia con un **p = 0,2039**, que resultó ser **menor** que el nivel crítico de comparación **α = 0.05**. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>: μ<sub>1</sub> = μ<sub>2</sub> = μ<sub>3</sub> = μ<sub>4</sub> ..... = μ<sub>n</sub>**. Esto quiere decir que la respuesta estadística es significativa, lo cual demostró que existe una relación de causa-efecto de los tratamientos (de diferentes sustratos o, combustibles, como; leña de pino, aserrín, aserrín con papel, aserrín con almidón), sobre la variable respuesta **poder calorífico**.

Posterior al ANOVA, se realizó la prueba LSD Fisher (**Diferencia Mínima Significativa**), **con un Alfa = 0.05**, permitió demostrar que, los sustratos de leña de pino, aserrín, aserien con papel y aserrín con almidón, no tienen diferencias estadísticas entre sí, con respecto a la **variable dependiente de poder calorífico**, sin embargo, existen diferencias significativas con respecto a los combustibles, aserrín y aserrín con papel y leña de pino, para la cual se obtuvo un valor promedio máximo de **73.86 Kcal** para el sustrato de *aserrín* y un valor mínimo de **72.80 Kcal** para los combustibles de *aserrín con papel* y *leña de pino*.

*Por ser estos de igual poder calorífico se recomienda cualquiera de ellos, la explicación de este resultado se debe a que se utilizó la misma materia prima es decir la especie de pino.*

Tabla 7. ANOVA EN DCA

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.30950

Error: 1.6347 gl: 28

Combustible (sustrato)	Medias	n	E.E.	
Pino	72.80	8	0.45	A
Aserrín Papel	72.80	8	0.45	A
Aserrín Almidón	73.73	8	0.45	A
Aserrín	73.86	8	0.45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## **Eficiencia energética de los diferentes tipos de briquetas y compararlas con otra especie de leña utilizada en la zona rural.**

### **ANOVA 3**

Comparar mediante test ebullición de agua, la eficiencia energética de las briquetas y otra especie de leña utilizada.

Antes de realizar el ANOVA, se realizó el Diagnóstico de la Normalidad, Homogeneidad e Independencia de residuos. Para tal efecto se obtuvieron previamente las variables ***RDUO de las variables y PRED.***

### **Normalidad de residuos**

Se realizó la prueba de Shapiro Francia para el diagnóstico de normalidad de los residuos de manera que se examinó el grado de asociación que existe entre la variable respuesta ***RDUO\_TIEMPO DE EBULLICION*** y la función normal, la cual es linealizada mediante la función log. y se realiza mediante el gráfico del QQ.

El grado de asociación se mide por el coeficiente de correlación “**r**” de Shapiro Francia. Debe obtenerse un  **$r \geq 0.94$** , para aceptar la Normalidad de los residuos, lo que demuestra que existe un correlación significativa entre los residuos y la función normal, (Casanoves, 2007). En la figura 10, se muestra el gráfico de el QQ, de la prueba de Normalidad de los residuos realizada mediante la variable respuesta ***RDUO tiempo de ebullición***, según el resultado queda demostrado que cumple con la condición de normalidad de los residuos, dado que se alcanzó un  **$r = 0.984$** , se cumple con el supuesto de normalidad para realizar correctamente el Modelo del DCA.

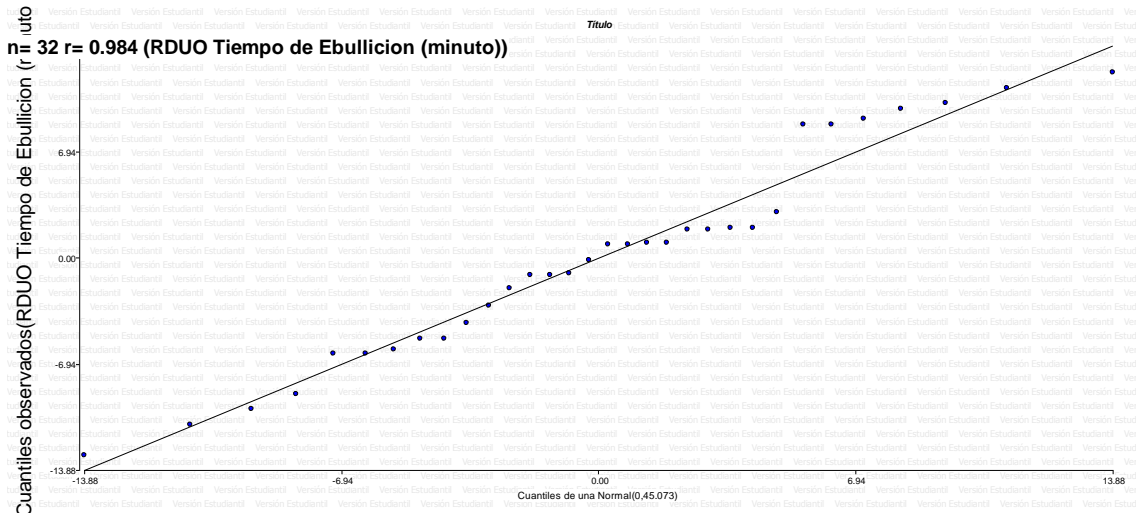


Figura 10. Normalidad de los residuos

### Homogeneidad de varianza de los residuos con respecto a los tratamientos

Para comprobar la homogeneidad de la varianza se realiza a través de la *prueba de Levene* que consiste en realizar un análisis de varianza a los residuos de la variable respuesta que se desea diagnosticar y se realiza bajo la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, el resultado debe ser *ns* para que se demuestre la Homogeneidad de Varianza, (Casanoves, 2007).

Dado el resultado obtenido en la tabla 8, se afirma que se acepta la **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, con la obtención de un  $p = 0,9999$ , el cual es mayor que el nivel crítico de comparación establecido de  $\alpha = 0,05$ . Claramente se ve que es una respuesta *ns*, aquí se cumple con uno de los supuestos fundamentales para realizar correctamente el Modelo del DCA.

Tabla 8. Homogeneidad de varianza

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj CV
RDUO Tiempo de Ebullición ..	32	0.00	0.00 sd

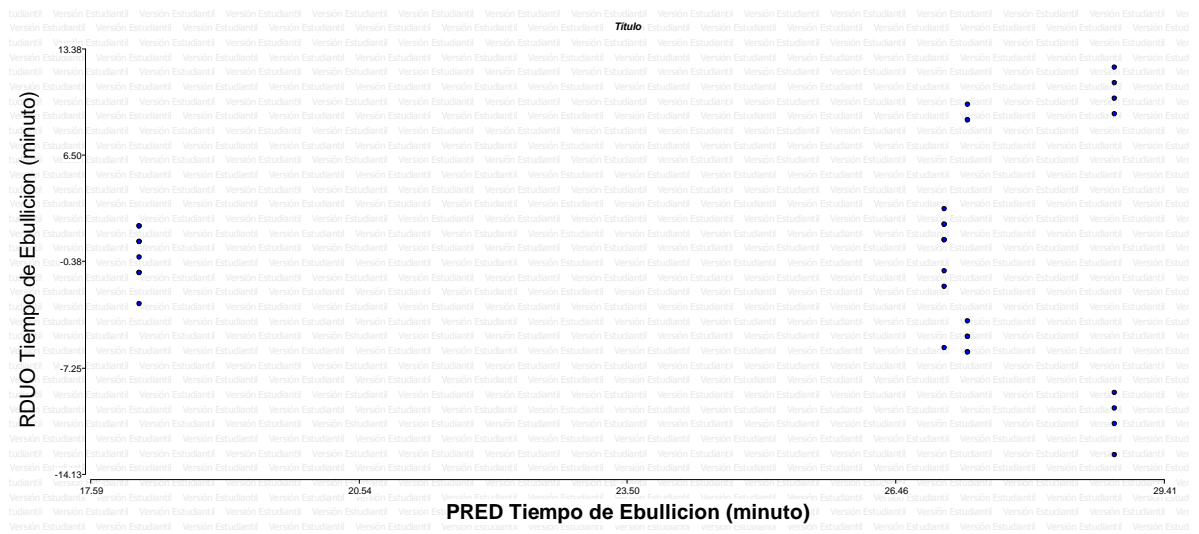
#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	3	0.00	0.00	>0.9999
Combustible (sustrato)	0.00	3	0.00	0.00	>0.9999 ns
Error	1397.25	28	49.90		
Total	1397.25	31			

### Independencia de los residuos

La independencia de los residuos se realizó **mediante un gráfico de dispersión** para observar y determinar la tendencia de respuesta entre los residuos y los predichos **RDUO tiempo de ebullición y PRED tiempo de ebullición.**

Este gráfico permite visualizar una tendencia de respuesta o patrón de comportamiento de los datos. En la figura 11, se muestra el gráfico de dispersión entre **RDUO tiempo de ebullición y PRED tiempo de ebullición.**, se observa claramente que *no hay patron o tendencia de respuesta de los residuos.* Por lo tanto, se procede a realizar el ANOVA en DCA.



**Figura 11. Independencia de los residuos**

**El ANOVA EN DCA**, permite determinar si existe o no, la relación de causa-efecto de los tratamientos, (efecto de diferentes sustratos o combustible), sobre la variable respuesta **tiempo de ebullición**.

Tabla 9. ANOVA EN DCA

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tiempo de Ebullición (minu..	32	0.29	0.21	27.91

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	567.63	3	189.21	3.79	0.0212
Combustible (sustrato)	567.63	3	189.21	3.79	<b>0.0212</b>
Error	1397.25	28	49.90		
Total	1964.88	31			

El ANOVA realizado, para evaluar el efecto de los diferentes sustratos sobre la masa de combustible, demostró lo siguiente:

Existe un *efecto significativo* del tratamiento (diferentes sustratos o combustibles), sobre la variable respuesta tiempo de ebullición, lo cual se evidencia con un  $p = 0,0212$ , que resultó ser **menor** que el nivel crítico de comparación  $\alpha = 0.05$ . Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 \dots = \mu_n$** . Esto quiere decir que la respuesta estadística es significativa, lo cual demostró que existe una relación de causa-efecto de los tratamientos (diferentes sustratos o combustibles; leña de pino, aserrín, aserrín con papel, aserrín con almidón,), sobre la variable respuesta **tiempo de ebullición**.

Posterior al ANOVA, se realizó la prueba LSD Fisher (**Diferencia Mínima Significativa**), **con un Alfa = 0.05**, permitió demostrar que, los sustratos de aserrín, aserrín con papel y pino, no tienen diferencias estadísticas entre sí, con respecto a la **variable** dependiente de tiempo de ebullición, sin embargo si existen diferencias significativas con respecto a los combustibles de aserrín y aserrín con almidón para la cual se obtuvo un valor promedio máximo de **28.88 minutos** para el combustible de aserrín y un valor mínimo de **18.13 minutos** para el combustible de aserrín con almidón. Por lo tanto, se recomienda la briqueta de aserrín con almidón debido a obtenerse menor tiempo para la ebullición del agua.

Tabla 10. ANOVA EN DCA

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.23509

Error: 49.9018 gl: 28

Combustible (sustrato)	Medias	n	E.E.	
Aserrín Almidón	18.13	8	2.50	A
Pino	27.00	8	2.50	B
Aserrín Papel	27.25	8	2.50	B
Aserrín	28.88	8	2.50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

La **Briqueta de aserrín con papel** el encendido fue casi instantáneo, el fuego se comportó inestable, hubo necesidad de más oxígeno y las cenizas quedaron pulverizadas.

#### **Briqueta de aserrín con almidón**

El encendido fue casi instantáneo, el fuego fue estable, no se necesitó más oxígeno que del ambiente, las cenizas quedaron en forma de carbón sólido.

#### **Briqueta de aserrín con lignina propia**

El encendido no fue tan rápido, el fuego estuvo en un rango intermedio de estabilidad, las cenizas quedaron pulverizadas.

#### **Leña de pino**

El tiempo de encendido en este fue mayor de 9 minutos, se necesitó el triple de chispa de encendido, el fuego fue estable y sus cenizas quedaron en forma de carbón sólido, de igual manera fue la de mayor cantidad de masa de cenizas.

**Emisión de monóxido de carbono generado por la combustión de las briquetas y otra especie de leña.**

#### **ANOVA 4**

Cuantificar la emisión de monóxido de carbono generado por la combustión de las briquetas y otra especie de leña.

Antes de realizar el ANOVA, se realizó el Diagnóstico de la Normalidad, Homogeneidad e Independencia de residuos. Para tal efecto se obtuvieron previamente las variables ***RDUO de las variables y PRED.***

#### **Normalidad de residuos**

Se realizó LA prueba de Shapiro Francia para el diagnóstico de normalidad de los residuos de manera que se examinó el grado de asociación que existe entre la variable respuesta ***RDUO\_EMISIONES DE CO*** y la función normal, la cual es linealizada mediante la función log. y se realiza mediante el gráfico del QQ.

El grado de asociación se mide por el coeficiente de correlación “**r**” de Shapiro Francia. Debe obtenerse un  $r \geq 0.94$ , para aceptar la Normalidad de los residuos, lo que demuestra que existe un correlación significativa entre los residuos y la función normal, (Casanoves, 2007). En la figura 12, se muestra el gráfico de el QQ, de la prueba de Normalidad de los residuos realizada mediante la variable respuesta ***RDUO emisiones de CO***, según el resultado queda demostrado que cumple con la condición de normalidad de los residuos, dado que se alcanzó un  $r = 0.9882$ , se cumple con el supuesto de normalidad para realizar correctamente el Modelo del DCA.



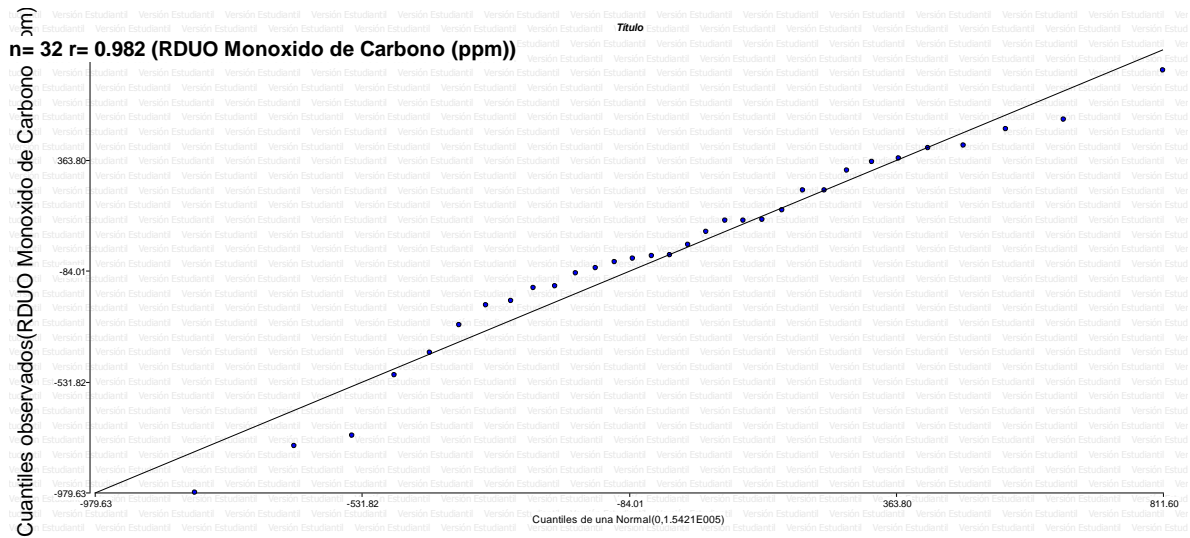


Figura 12. Normalidad de residuos

### Homogeneidad de varianza de los residuos con respecto a los tratamientos

Para comprobar la homogeneidad de la varianza se realiza a través de la *prueba de Levene* que consiste en realizar un análisis de varianza a los residuos de la variable respuesta que se desea diagnosticar y se realiza bajo la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, el resultado debe ser *ns* para que se demuestre la Homogeneidad de Varianza, (Casanoves, 2007).

Dado el resultado obtenido en la tabla 11, se afirma que se acepta la **H<sub>0</sub>: Los errores tienen varianzas homogéneas**, con la obtención de un  $p = 0,9999$ , el cual es mayor que el nivel crítico de comparación establecido de  $\alpha = 0,05$ . Claramente se ve que es una respuesta *ns*, aquí se cumple con uno de los supuestos fundamentales para realizar correctamente el Modelo del DCA.

Tabla 11. Homogeneidad de varianza

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RDUO Monóxido de Carbono (..	32	0.00	0.00	sd

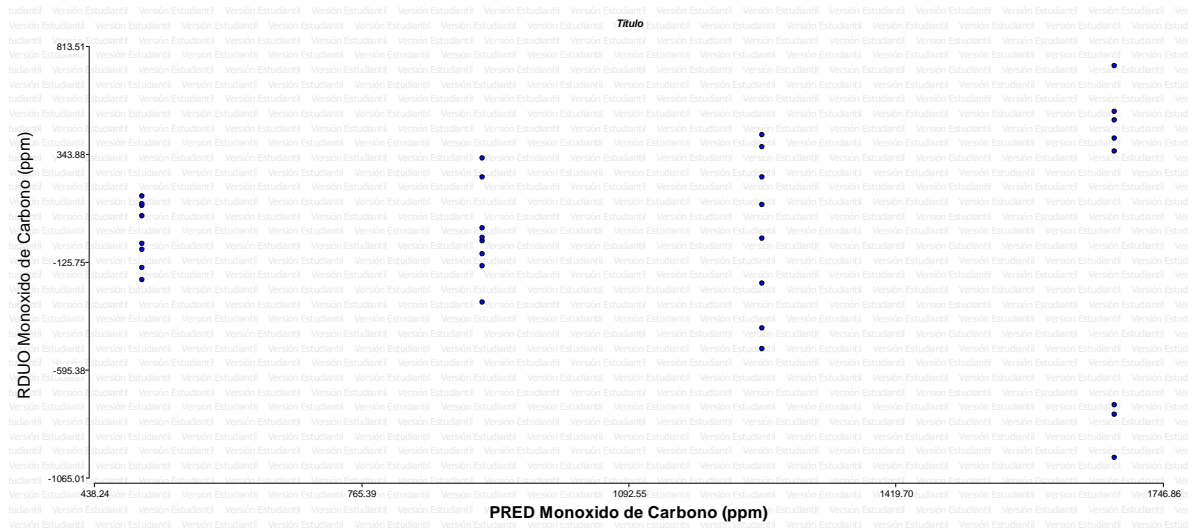
#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	3	0.00	0.00	>0.9999
Combustible (sustrato)	0.00	3	0.00	0.00	>0.9999 ns
Error	4780615.05	28	170736.25		
Total	4780615.05	31			

### Independencia de los residuos

La independencia de los residuos se realizó **mediante un gráfico de dispersión** para observar y determinar la tendencia de respuesta entre los residuos y los predichos **RDUO emisiones y PRED emisiones**.

Este gráfico permite visualizar una tendencia de respuesta o patrón de comportamiento de los datos. En la figura 13, se muestra el gráfico de dispersión entre **RDUO emisiones y PRED emisiones**. Se observa claramente que *no hay patrón o tendencia de respuesta de los residuos*. Por lo tanto, se procede a realizar el ANOVA en DCA.



**Figura 13. Independencia de los residuos**

**El ANOVA en DCA**, permite determinar si existe o no, la relación de causa-efecto de los tratamientos, (efecto de diferentes sustratos o combustible), sobre la variable respuesta **emisiones**.

Tabla 12. ANOVA EN DCA

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Monóxido de Carbono (ppm)	32	0.56	0.51	37.95

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6129060.72	3	2043020.24	11.97	<0.0001
Combustible (sustrato)	6129060.72	3	2043020.24	11.97	<b>&lt;0.0001</b>
Error	4780615.05	28	170736.25		
Total	10909675.78	31			

El ANOVA realizado, para evaluar el efecto de los diferentes sustratos sobre la masa de combustible, demostró lo siguiente:

Existe un **efecto significativo** del tratamiento (diferentes sustratos o combustibles), sobre la variable respuesta masa de combustible, lo cual se evidencia con un **p = 0,0001**, que resultó ser **menor** que el nivel crítico de comparación **α = 0.05**. Por lo tanto, no se acepta la hipótesis nula de **H<sub>0</sub>: μ<sub>1</sub> = μ<sub>2</sub> = μ<sub>3</sub> = μ<sub>4</sub> ..... = μ<sub>n</sub>**. Esto quiere decir que la respuesta estadística es significativa, lo cual demostró que existe una relación de causa-efecto de los tratamientos (diferentes sustratos o combustibles; leña de pino, aserrín, aserrín con papel, aserrín con almidón,)), sobre la variable respuesta **emisiones de CO**

Posterior al ANOVA, se realizó la prueba LSD Fisher (**Diferencia Mínima Significativa**), con un **Alfa = 0.05**, permitió demostrar que, los sustratos de (aserrín con almidón y aserrín) y (aserrín y aserrín con papel) no tienen diferencias estadísticas entre sí, con respecto a la **variable** dependiente emisiones de CO, sin embargo si existen diferencias significativas con respecto a los combustibles de leña de pino y aserrín con almidón, para la cual se obtuvo un valor promedio máximo de **1687.38 ppm** para el combustible de leña de pino y un valor mínimo de **497.72 ppm** para el combustible de aserrín con almidón.

Por lo tanto, por ser estos los de menor emisión de monóxido de carbono CO se recomienda El uso de las briquetas de Aserrín con almidón y la briqueta de Aserrín.

Tabla 13. ANOVA EN DCA

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=423.20330

Error: 170736.2520 gl: 28

Combustible (sustrato)	Medias	n	E.E.		
Aserrín Almidón	497.72	8	146.09	A	
Aserrín	914.38	8	146.09	A	B
Aserrín Papel	1256.25	8	146.09		B
Pino	1687.38	8	146.09		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Las pruebas de emisiones, se realizaron directo al encenderse, luego ya encendido y posterior al apagado de cada combustible, cabe destacar que se hicieron pruebas directas en cámara de combustión del fogón, por esta situación se reflejan altos porcentajes de emisiones, el fogón, que se utilizo es convencional utilizado por una familia, para preparar sus alimentos a diario, este no cuenta con chimenea, las medidas promedio de las briquetas son de 7 cm de largo, 7 cm de ancho y 7 cm alto.

Se observó que la resistencia hacia la manipulación y transporte de las briquetas varían en su contextura según el aglomerante, la que mejor se comporta a estas actividades es de aserrín con almidón que tiene una contextura mucho más sólida que las demás, ver la tabal 26 resistencia de briquetas en anexos.

## **XI. CONCLUSIONES**

El análisis de propiedades de las briquetas de diferentes substratos (aserrín de pino con almidón, aserrín de pino con papel y aserrín de lignina propia, también de pino) en comparación con la leña tradicional de pino, sirvió para tener una noción, tanto físico, químicas y energéticas.

1. Con respecto al primer objetivo se cumplió la caracterización de cada uno de los tres tipos de briquetas (Aserrín de Pino, Aserrín de Pino con Papel y aserrín de Pino con almidón), mediante simples cálculos y la realización de análisis estadísticos de ANOVA se dio un resultado demostrativo, donde estadísticamente no hay diferencias en pruebas como el de poder calorífico ya que todas las materias primas usadas durante estas pruebas son de Pino, a excepción de los que llevan aglomerantes, más sin embargo hay diferencias mínimas significativas a tomar en cuenta entre cada briquetas, por el uso de diferentes aglomerantes con respecto a la leña de pino.
2. El segundo objetivo se realizó mediante el test de ebullición, el cual comparaba las briquetas de tres tipos (Aserrín de Pino, Aserrín de Pino con Papel y aserrín de Pino con almidón) y la leña convencional de pino, este objetivo es uno de los más importantes, ya que mediante las pruebas y repeticiones se permite conocer el grado que tiene cada uno de los combustibles, en cuanto a la eficiencia energética durante el encendido, se logró comprobar la hipótesis de que las briquetas serían más eficientes que la leña tradicional de pino en cuanto al tiempo de ebullición durante la combustión y la briqueta que contiene aserrín y almidón logro un tiempo de 18.13 minutos durante la ebullición en la olla con agua, en comparación con la de leña convencional, que es mayor en cuanto al tiempo, con 28.88 minutos durante el tiempo de ebullición.

3. El tercer objetivo se llevó a cabo con un medidor de monóxido de carbono para cuantificar la cantidad de emisiones durante el proceso de combustión de las briquetas y otra especie de leña, los datos durante la recolección fueron cambiantes, por lo que se eligieron rangos entre las menores y las mayores cantidades de emisión de monóxido de carbono durante la combustión, calculando una media con cada uno de los datos recolectados en cada uno de los combustibles (Aserrín de Pino, Aserrín de Pino con Papel y aserrín de Pino con almidón) y la leña convencional de pino, los resultados fueron satisfactorios, ya que la menor cantidad de emisión se dio en la briqueta de aserrín y almidón con una media de 497.72 ppm en comparación a la leña que logro una mayor emisión de 1687.38 ppm.

Los resultados fueron Satisfactorios siendo la briqueta de aserrín con almidón la más eficiente obteniendo un menor tiempo de ebullición y de emisiones de monóxido de carbono, con respecto a sus características físicas, entonces las briquetas si contribuyen un alto grado a la eficiencia para la combustión y también es una alternativa para sustituir el uso de la leña convencional.

## **XII. RECOMENDACIONES**

1. Como recomendaciones generales, dado que este trabajo investigativo es meramente experimental, se comparte el pensamiento de otros aspectos a evaluar a mayor profundidad, se deben hacer otras pruebas, con otro tipo de leña con quien referirlas, por otra parte, sabemos que es necesario la evaluación de estos combustibles con respecto a la salud (calidad de aire interior donde se usa el combustible) para analizar el impacto sobre las personas que se ven involucradas en las actividades cotidianas diarias de la familia, en principal la mujer que es la que se encarga en la mayoría de los casos de la preparación de los alimentos para la familia.
2. Otro aspecto a evaluar con respecto este combustible (briquetas) es el efecto económico ocasionado a ser comercializado, como podría contribuir a las empresas u personas que depende de la leña como combustible para la cocción de alimentos, los gastos que incurren por el uso leña y los que incurren por el uso de briquetas, un aspecto social importante a evaluar es donde existe mayormente el trabajo duro infantil por la cargas de leña que tiene que ir a buscar o si no comprar muchas veces muy largo de casa.
3. Las percepciones de cada persona son muy importantes, tanto para evaluación del mercado, así como del impacto social, ambiental y salud, lo que cada persona piensa con respecto a este combustible como un producto en remplazo a la leña, mediante entrevistas y encuestas.

## Bibliografía

- Contreras Miranda, W., Owen de C, M. E., & Cloquell Ballester, V. (Julio de 2005). Conceptualización y propuesta taxonómica de productos. España: AITIM.
- (FAO). (1981). *madera para producir energia:organizacion de la naciones unidas para la agricultura y la alimentacion*.
- (FAO), C. F. (1999). [www.fao.org/docrep/meeting/x6004s.htm](http://www.fao.org/docrep/meeting/x6004s.htm).
- ANACC, A. N. (2016). *CRISIS SOCIO-AMBIENTAL DE NICARAGUA POST SEQUIA 2016*. Managua.
- Aprovecho. (2008). Obtenido de <http://aprovecho.org/portfolio-item/portable-emissions-monitoring-system/>
- Bailis, R., Smith, K., & R, E. (2007). *Kitchen Perfomance Test*.
- Botta, A. (25 de Mayo de 2018). *redproteger*. Obtenido de [http://www.redproteger.com.ar/poder\\_calorifico.htm](http://www.redproteger.com.ar/poder_calorifico.htm)
- Castellon. (s.f.). *Tipos de combustibles*. Obtenido de <http://www.expower.es/tipos-combustion-combustible.htm>
- cpcfch. (2017). Obtenido de <http://www.cpcfch.org.ar/introjornadas>
- ECURED. (27 de Julio de 2018). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Aserrín>
- FAO. (31 de Mayo de 2017). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/forestry/energy/es/>
- Fernandez, J. (s.f.). *BIOMASA*. Sacal.
- Gonzalez, A. J., Rosales, R., & C. (2016). Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1169/1/80489.pdf>
- Guardino Sola, X. (s.f.). *Calidad de Aire*. Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/44.pdf>
- Guzman, W. E. (2017). *determinacion del poder calorifico de las briquetas de carbon utilizando residuos de biomasa*. Peru Chiclayo.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2014). *Metodologia De La investigacion*. Mc Graw Hill.
- HIJAR, J. M. (2018). *diseño de un sistema integrado para la produccion de briquetas* . Lima Peru .



- Humboldt, C. (2016). *AGENDA AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE NICARAGUA 2020*. Managua.
- Lopez Rivera, J. D., Cajina Valdivia, C. E., Ramirez Camas, J. U., Reyes Aguilera, E. A., Olivas Reyes, N. R., & Molina Cruz, L. d. (2015). *Evaluacion de los parametros fisicos y quimicos de las briquetas obtenidas con la maquina briquetadora construida en FAREM-Esteli*. Esteli.
- McArty. (2010). *The Portable Emissions Measurement System. Aprovecho Research*.  
Obtenido de [http://stovetec.net/emissions/images/stories/emissions%20brochure\\_PEMS.pdf](http://stovetec.net/emissions/images/stories/emissions%20brochure_PEMS.pdf).
- OMS. (2018). *OMS*. Obtenido de OMS: [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- pedroza pacheco, M. E. (1993). *Fundamentos de Experimentación Agrícola (Primera ed.)*.  
*Editora de Arte S.A.*
- Pedroza, H. (2007).
- Pineda, De Alvarado, & Hernandez de Canales. (1994). *Metodologia de la investigacion*.
- Piura Lopez, J. (2006 ). *Metodología de la investigación científica PAVSA*. managua .
- Ramos, L. A. (2010). *Fabricación y evaluación de eficiencia y emisiones de briquetas*.  
Zamorano Honduras .
- Reyes, M. E. (2017 ). *Generacion de biogas mediante el proceso de digestion anaerobia*.  
Esteli .
- SHE, S. H. (2004). [www.she-inc.org/crisis\\_s.php](http://www.she-inc.org/crisis_s.php).
- Tienda Biomasa. (s.f.). Obtenido de <https://tiendabiomasa.com/briqueta>
- Torres , M. (2005). [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos21/petroleo-y-medio/petroleo-y-medio.shtml>
- WWF, N. W. (2016). [allyouneedisbiology.wordpress.com](http://allyouneedisbiology.wordpress.com). Obtenido de <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2016/11/19/informe-planeta-vivo-2016-wwf/>

### XIII. ANEXOS

Tabla 14 cronograma de actividades

ETAPAS	ACTIVIDAD	mar-18	oct-18	22-nov-18	01/3/2019	24/3/2019	25-3-19	05-4-19	20-4-19 defensa
ETAPA #1	Recopilación de información para la elaboración del protocolo de tesis								
ETAPA #2	Defensa del protocolo de investigación								
ETAPA #3	Fabricación y secado de briquetas								
ETAPA #4	Pre-evaluación de briquetas								
ETAPA #5	Defensa de tesis de grado								

Tabla 15 Presupuesto

Ítems	Proyecto	Actividad	Descripción	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidad	Costo total
1	evaluación de briquetas	viajes	traslado de equipos, muestras y personal	x	15 CS	15	1000 CS
2		alimentación	alimentación del equipo de trabajo	x	70 CS	15	1,050 CS
3		materiales y equipos	materia prima aserrín	50 kg	40 CS	2	80 CS
4			Aglutinante	1 kg	15 CS	8	120 CS
5			balde	m3	100 CS	1	100 CS
6			guantes	x	80 CS	4	320 CS
7			mascarilla	x	50 CS	4	200 CS
8			gafas	x	100 CS	2	200 CS
9			pana	m3	50 CS	1	50 CS
10			Olla	m3	150 CS	1	150 CS
12			termómetros	x	X	2	x
15			cinta métrica	m	100 CS	1	100 CS
16			cuchara para batir	x	50 CS	1	50 CS
17			briquetadora splinter con mejoras	180 Watt	9,600 CS	1	10,600 CS
19			sistema portátil de emisiones	x	X		
			Medidor de humedad				
			Balanza				
20			Fogón tradicional y secador solar	x	X		
Total							14,020 CS



*Figura 14. Briquetadora Splinter*



*Figura 15. Secador Solar de Madera*



*Figura 16. Proceso de densificado*



*Figura 17. Secado de Briquetas en el secador solar*



*Figura 18. Fogón Tradicional*



*Figura 19. Combustión de briqueta (aserrín con papel)*



*Figura 20. Combustión de briquetas (aserrín con almidón)*



*Figura 21. Combustión de briquetas (aserrín con lignina propia)*



*Figura 22. Pesado de cenizas en estado sólido (aserrín con almidón)*



*Figura 23. Pesado de cenizas en estado pulverizada (aserrín lignina)*





*Figura 24. Temperatura de ebullición alcanzada con las briquetas*



*Figura 25. Medición de monóxido de carbono*



*Figura 26. Equipos de Mediciones, balanza, medidor de humedad, termómetros, medidor de monóxido*

## Relaciones de relaciones de materia prima

Tabla 16 Relaciones de materia prima

ITEMS	MATERIA PRIMA	PORCETAJE %	MASA (KG)	AGLOMERANTE	PORCETAJE	MASA (KG)	%AGUA	MASA (KG)	TOTAL %	TOTAL( KG)
1	ASERRIN PINO	30%	4.8	PAPEL	20%	1.2	50%	6	100%	12
2	ASERRIN PINO	30%	4.8	ALMIDON	20%	1.2	50%	6	100%	12
3	ASERRIN PINO	100%	6	X	X	0	50%	6	100%	12
4	LEÑA		X	X	X	X	X	X	100%	12

## Densificado

Tabla 17 Densificado

ITEMS	TIPO DE BRIQUETA	HUMEDAD %	T AMBIENTE (°C)	T HORNO (°C)	MASA BRUTA (KG)	PERDIDAS (KG)	FECHA
1	ASERRIN CON PAPEL	55.2	27.3	65	12	0.96	Marzo (2019)
2	ASERRIN CON ALMIDON	63	28	63	12	0.72	Marzo (2019)
3	ASERRIN	52.6	29	60	12	1.04	Marzo (2019)

Masas (total, seca, humedad)

Tabla 18 Masas

ITEMS	TIPO DE BRIQUETAS	MASA HUMEDA TOTAL (KG)	MASA SECA TOTAL (KG)	VARIACION DE MASA TOTAL (KG)	HUMEDAD %	PROMEDIO DE MASA DE CADA BRQUETA KG	PROMEDIO DE VOLUMEN DE CADA BRIQUETA m3	DENSIDADES DE CADA BRIQUETAS Kg/m3
1	ASERRIN CON PAPEL	11.04	4.54	6.5	4.15	0.097	0.000343 m3	282.7988
2	ASERRIN CON ALMIDON	11.28	5.6	5.68	9.16	0.104	0.000343 m3	303.2069
3	ASERRIN	10.96	4.4	6.44	5.47	0.070	0.000343 m3	204.08
4	LEÑA DE PINO CONVENCIONAL				9.8			

Pruebas de WBT arranque en frio y caliente de las briquetas con papel 4 repeticiones

Tabla 19 Pruebas de WBT briquetas con papel

#1									
ITEMS	BRIQUETAS CON PAPEL	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA (KG)	MASA INICIAL DE AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA (KG)	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS) (KG)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.425	0.002	1	27	36	94	0.914	0.067
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.279	0.004	1	25.7	21	94	0.897	0.021

#2									
ITEMS	BRIQUETAS DE PAPEL	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.428	0.002	1	26.7	37	94	0.915	0.068
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.28	0.002	1	27	22	93.8	0.898	0.023

#3									
ITEMS	BRIQUETAS DE PAPEL	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.43	0.002	1	25	36	94	0.917	0.07
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.28	0.002	1	26.9	23	94.4	0.899	0.025

#4									
ITEMS	BRIQUETAS DE PAPEL	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.425	0.002	1	27	36	94	0.915	0.066
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.276	0.002	1	26	22	94	0.898	0.02

NOTA. SU ENCENDIDO FUE CASI INSTANTANEO, EL FUEGO SE COMPORTO INESTABLE, HUBO NECESIDAD DE MAS OXIGENO Y LAS CENIZAS QUEDARON PULVERIZADAS.

Pruebas de WBT, arranque en frío y calor de las briquetas con almidón 4 repeticiones

Tabla 20 Pruebas de WBT briquetas con almidón

#1									
ITEMS	BRIQUITAS CON ALMIDON	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DE AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.237	0.002	1	23.7	19	95	0.839	0.017
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.224	0.002	1	26	17	94	0.77	0.015

#2									
ITEMS	BRIQUETAS CON ALMIDON	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.24	0.002	1	25	20	95	0.842	0.019
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.22	0.002	1	27	19	96	0.79	0.016

#3									
ITEMS	BRIQUETAS CON ALMIDON	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.234	0.002	1	26	17	94.4	0-835	0.016
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.27	0.002	1	28	15	95	0.76	0.014

#4									
ITEMS	BRIQUETAS CON ALMIDON	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.233	0.002	1	26.3	20	94	0-83	0.018
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.22	0.002	1	28	18	94.4	0.75	0.015

NOTA. EL ENCENDIDO FUE CASI INSTANTANEO, EL FUEGO FUE ESTABLE, NO NECESITAMOS DE MAS OXIGENO QUE DEL AMBIENTE LAS CENIZAS QUEDARON EN FORMA DE CARBON SOLIDO.



Pruebas de WBT, arranque en frio y calor de las briquetas de lignina propia 4 repeticiones

Tabla 21 Pruebas de WBT briquetas Lignina propia

#1									
ITEMS	BRIQUETAS DE LIGNINA APROPIA	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA Hervir 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.333	0.003	1	24.6	41	93	0.83	0.024
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.252	0.002	1	26.3	16	96	0.913	0.022

#2									
ITEMS	BRIQUETAS DE LIGNINA PROPIA	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA Hervir 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.35	0.003	1	25	40	94	0.85	0.026
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.26	0.003	1	26.7	18	95	0.8	0.02

#3

ITEMS	BRIQUETAS DE LIGNINA PROPIA	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	ARRANQUE EN FRIO	0.34	0.002	1	24	38	94	0.84	0.025
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.251	0.002	1	27	19	94.4	0.82	0.023

#4

ITEMS	BRIQUETA DE LIGNINA PROPIA	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DEL AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS)
1	BRIQUETAS CON PAPEL	0.36	0.002	1	25	39	94	0.8	0.023
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.27	0.002	1	28	20	95	0.79	0.02

NOTA. EL, ENCENDIDO NO FUE TAN RAPIDO, EL FUEGO ESTUBO EN UN RAGO INTERMEDIO DE ESTABILIDAD, LAS CENIZAS QUEDARON PULVERIZADAS.

Pruebas de WBT, arranque en frio y calor de leña de pino 4 repeticiones

Tabla 22 Pruebas de WBT leña de pino

#1									
ITEMS	LEÑA CONVENCIONAL	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DE AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS) KG
1	ARRANQUE EN FRIO	0.246	0.009	1	25.2	28	94	0.92	0.159
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.279	0.004	1	25.7	21	94	0.897	0.14

#2									
ITEMS	LEÑA	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DE AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS) KG
1	ARRANQUE EN FRIO	0.25	0.009	1	27	29	94	0.93	0.16
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.24	0.009	1	28.5	25	94	0.9	0.15

#3									
ITEMS	LEÑA	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DE AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS) KG
1	ARRANQUE EN FRIO	0.247	0.009	1	26	30	95	0.91	0.155
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.239	0.009	1	28	28	95	0.899	0.139

#4									
ITEMS	LEÑA	MASA REQUERIDA DE BRIQUETAS PARA HERVIR 1LT DE AGUA = 1KG	MASA DE CHISPA KG	MASA INICIAL DE AGUA KG	To DEL AGUA (°C)	TIEMPO EN LLEGAR AL PUNTO DE EBULLICION (MINUTOS)	Tf DEL AGUA (°C)	MASA FINAL DEL AGUA KG	MASA FINAL DE BRIQUETAS (CENIZAS) KG
1	ARRANQUE EN FRIO	0.246	0.009	1	25.7	29	94	0.92	0.156
2	ARRANQUE EN CALIENTE	0.238	0.009	1	27	26	94	0.91	0.14

NOTA. EL TIEMPO DE ENCENDIDO EN ESTAS FUE MAYOR 9 MINUTOS, SE NECESITO EL TRIPE DE MASA DE CHISPA, EL FUEGO FUE ESTABLE, SUS CENIZAS QUEDARON EN FORMA DE CARBON SOLIDO DE IGUAL MANERA FUE LA DE MAYOR CANTIDAD.

Emisiones de dióxido de carbono en prueba de arranque en frío 4 repeticiones por cada briqueta y leña.

Tabla 23 Emisiones de monóxido en frío por cada briqueta y leña

Primera prueba									
Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión									
Arranque en Frío	Briquetas	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas							
	Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta			Total ppm	
		Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio		
			220	1385	1495	356	756	934	1681.5
		Aserrín y Almidón	40	100	120	130	220	285	345
		Lignina	160	900	980	50	256	281	771
	Leña Pino	173	839	925.5	279	1385	1524.5	2217	
Segunda Prueba									
Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión									
Arranque en Frío	Briquetas	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas							
	Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta			Total ppm	
		Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio		
			150	725	800	344	928	1100	1500
		Aserrín y Almidón	100	285	335	197	352	450.5	618
		Lignina	85	286	328.5	256	321	449	613.25
	Leña Pino	245	522	644.5	322	456	617	939.25	

Tercer Prueba

Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión								
Arranque en Frio	Briquetas	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas						
	Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta			Total ppm
Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio		
		344	532	704	125	818	880.5	1232.5
	Aserrín y Almidón	215	352	459.5	114	285	342	571.75
	Lignina	232	826	942	142	281	352	823
	Leña Pino	311	955	1110.5	281	505	645.5	898

Cuarta Prueba

Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión								
Arranque en Frio	Briquetas	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas						
	Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta			Total ppm
Mínimo		Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio		
		12	1385	1391	356	756	934	1629.5
	Aserrín y Almidón	36	118	136	266	421	554	622
	Lignina	192	996	1092	135	323	390.5	936.5
	Leña Pino	215	322	429.5	144	421	493	707.75

Emisiones de dióxido de carbono en prueba de arranque en caliente 4 repeticiones por cada briqueta y leña

Tabla 24 Emisiones de monóxido en caliente por cada briqueta y leña

Primer Prueba									
Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión									
Arranque en Caliente	Materia	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas						Total ppm	
	Briqueta Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta				
		Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio		
			268	300	434	79	586	625.5	842.5
		Aserrín y Almidón	83	187	228.5	220	226	336	450.25
		Lignina	122	1422	1483	110	442	497	1238.5
	Leña Pino	250	1132	1257	231	1300	1415.5	2044	

Segunda Prueba									
Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión									
Arranque en Caliente	Briquetas	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas						Total ppm	
	Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta				
		Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio		
			123	856	917.5	121	233	293.5	752.25
		Aserrín y Almidón	10	160	165	43	188	209.5	292
		Lignina	222	1235	1346	125	423	485.5	1158.5
	Leña Pino	197	1123	1221.5	187	1473	1566.5	2177.25	

Tercer Prueba

Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión								
Arranque en Caliente	Briquetas	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas						
	Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta			Total ppm
		Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	
		37	354	372.5	185	756	848.5	1034.75
	Aserrín y Almidón	51	125	150.5	128	285	349	424.25
Lignina	125	962	1024.5	172	281	367	879.25	
Leña	235	456	573.5	427	1600	1813.5	2100.25	

Cuarta Prueba

Emisiones de monóxido de carbono en Briquetas en combustión								
Arranque en Caliente	Briquetas	Cantidad de ppm de CO durante la combustión de Briquetas						
	Aserrín y Papel	Encendido de Briqueta			Apagado de Briqueta			Total ppm
		Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	
		154	465	542	344	934	1106	1377
	Aserrín y Almidón	288	244	388	153	388	464.5	658.5
Lignina	158	979	1058	110	311	366	895	
Leña Pino	125	856	918.5	856	1325	1753	2415.5	



## Poder calorífico en caliente y frío por cada briqueta y leña

Tabla 25 Poder calorífico en frío y caliente por briquetas y leña

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN FRIO	BRIQUETA DE LIGNINA PROPIA	73.64
2			74.29
3			75.37
4			74.29

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN CALIENTE	BRIQUETA DE LIGNINA PROPIA	75.04
2			73.54
3			72.57
4			72.14

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN FRIO	BRIQUETA CON PAPEL	72.14
2			72.46
3			74.29
4			72.14

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN CALIENTE	BRIQUETA CON PAPEL	73.54
2			71.92
3			72.67
4			73.22

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN FRIO	BRIQUETA CON ALMIDON	76.77
2			75.37
3			73.64
4			72.89

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN CALIENTE	BRIQUETA CON ALMIDON	73.21
2			74.29
3			72.14
4			71.49

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN FRIO	LEÑA DE PINO	74.07
2			72.13
3			74.29
4			73.54

ITEMS	PRUEBA	TIPO DE BRIQUETA	PODER CALORIFICO (KCal)
1	ARRANQUE EN CALIENTE	LEÑA DE PINO	73.54
2			70.52
3			72.14
4			72.13

Nota: Una kilocaloría es una unidad de energía térmica donde 1 kilocaloría equivale a 4,1868 kilojulio (KJ), y, asimismo, a 1000 calorías (cal)

## Resistencias de briquetas

Tabla 26 Resistencias de briquetas

	A (ALTA)	B(MEDIA)	C(BAJA)
	VALORACION		
TIPOS	A	B	C
BRIQUETAS CON PAPEL		X	
BRIQUETAS CON ALMIDON	X		
BRIQUETAS DE LIGNINA PROPIA			X

A	SU CONTEXTURA ES MAS FIRME RECISTE MUY BIEN A LA MANIPULACION Y TRANSPORTE
B	SU CONTEXTURA ES FIRME RECISTE DE BUENA MANERA A LA MANIPULACION Y TRANSPORTE
C	SU CONTEXTURA NO ES TAN FIRME PERO DELICADA RECISTE MUY POCO A LA MANIPULACION Y TRANSPORTE

## Prensa Splinter de diseño propio

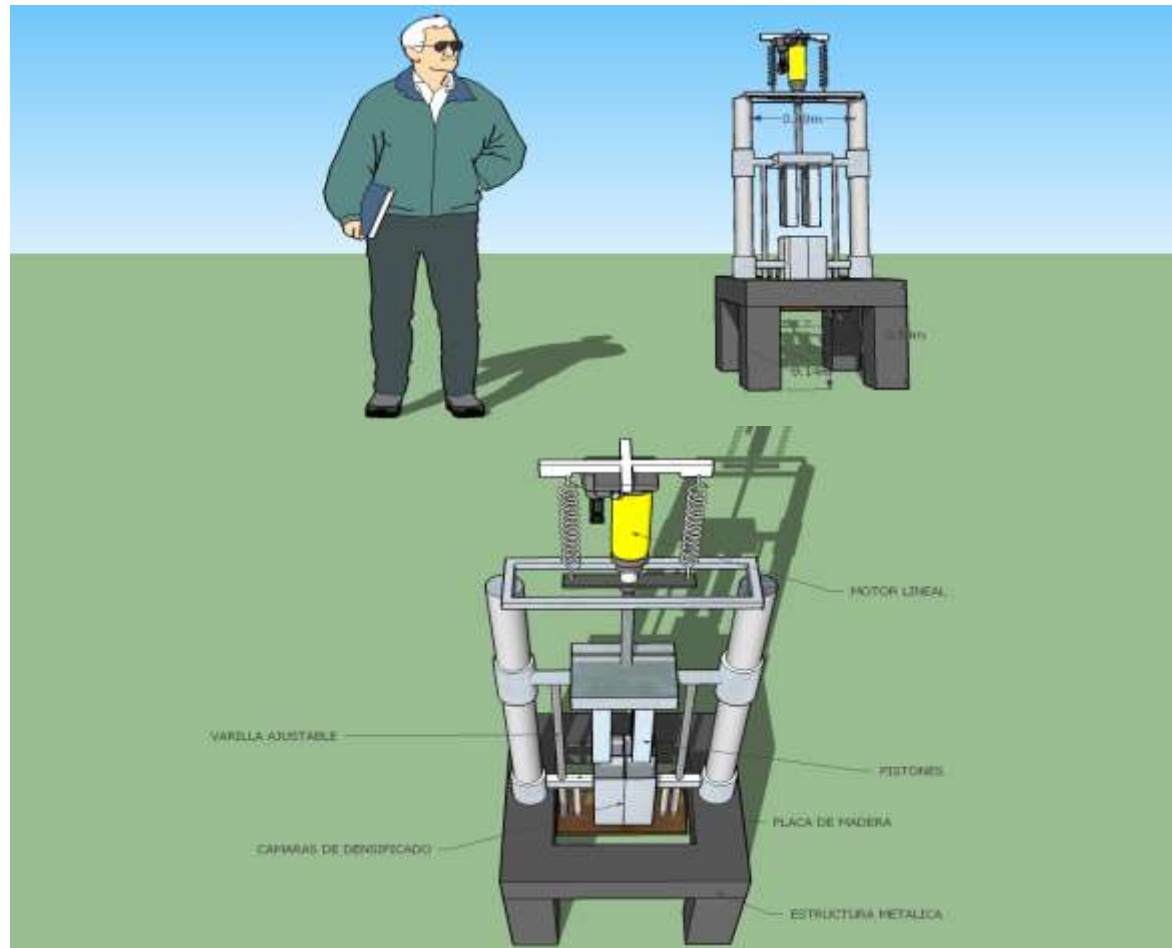


Figura 27. Diseño de prototipo de briquetadora Splinter de propio diseño

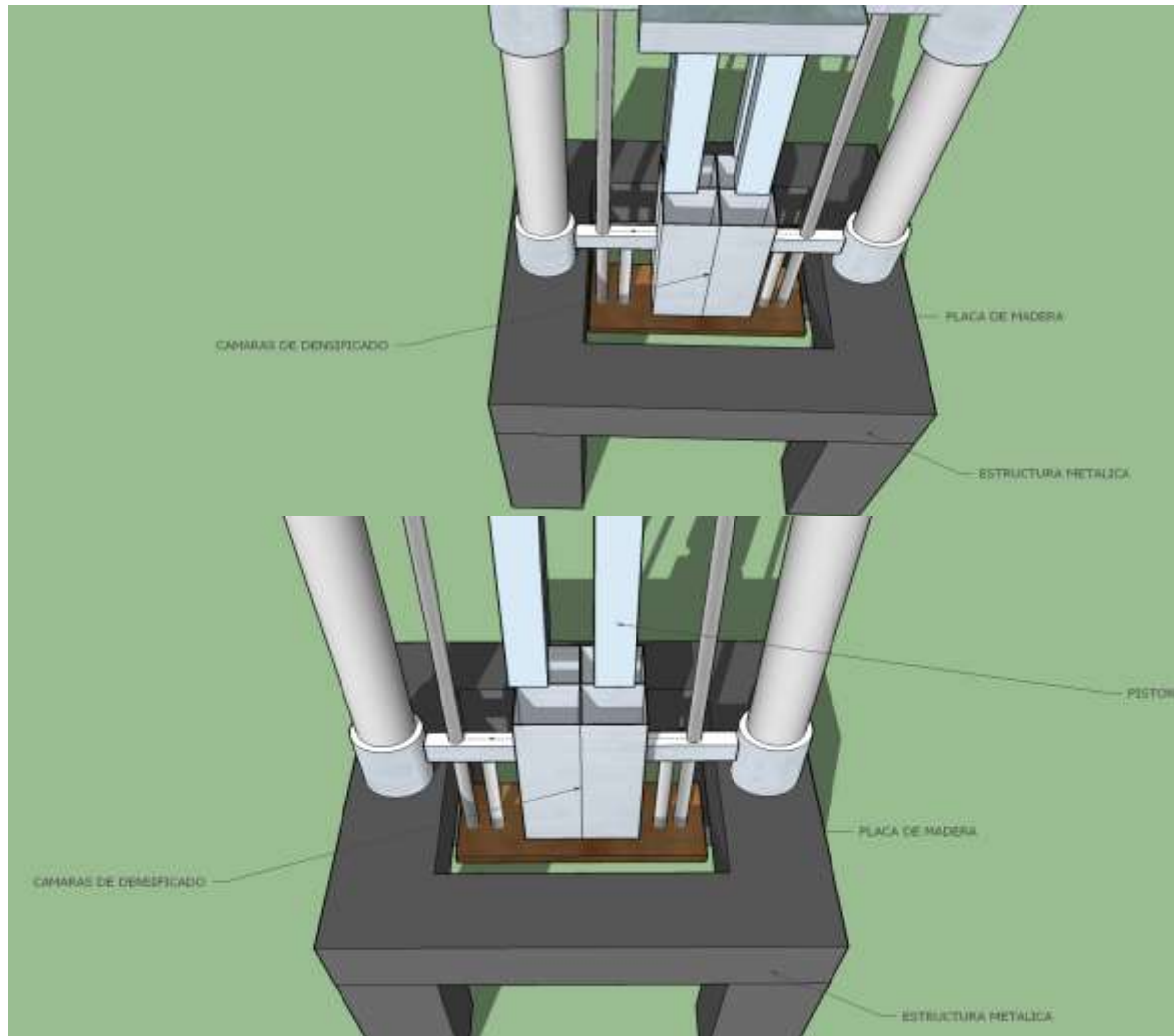


Figura 28. Partes del prototipo de briquetadora Splinter

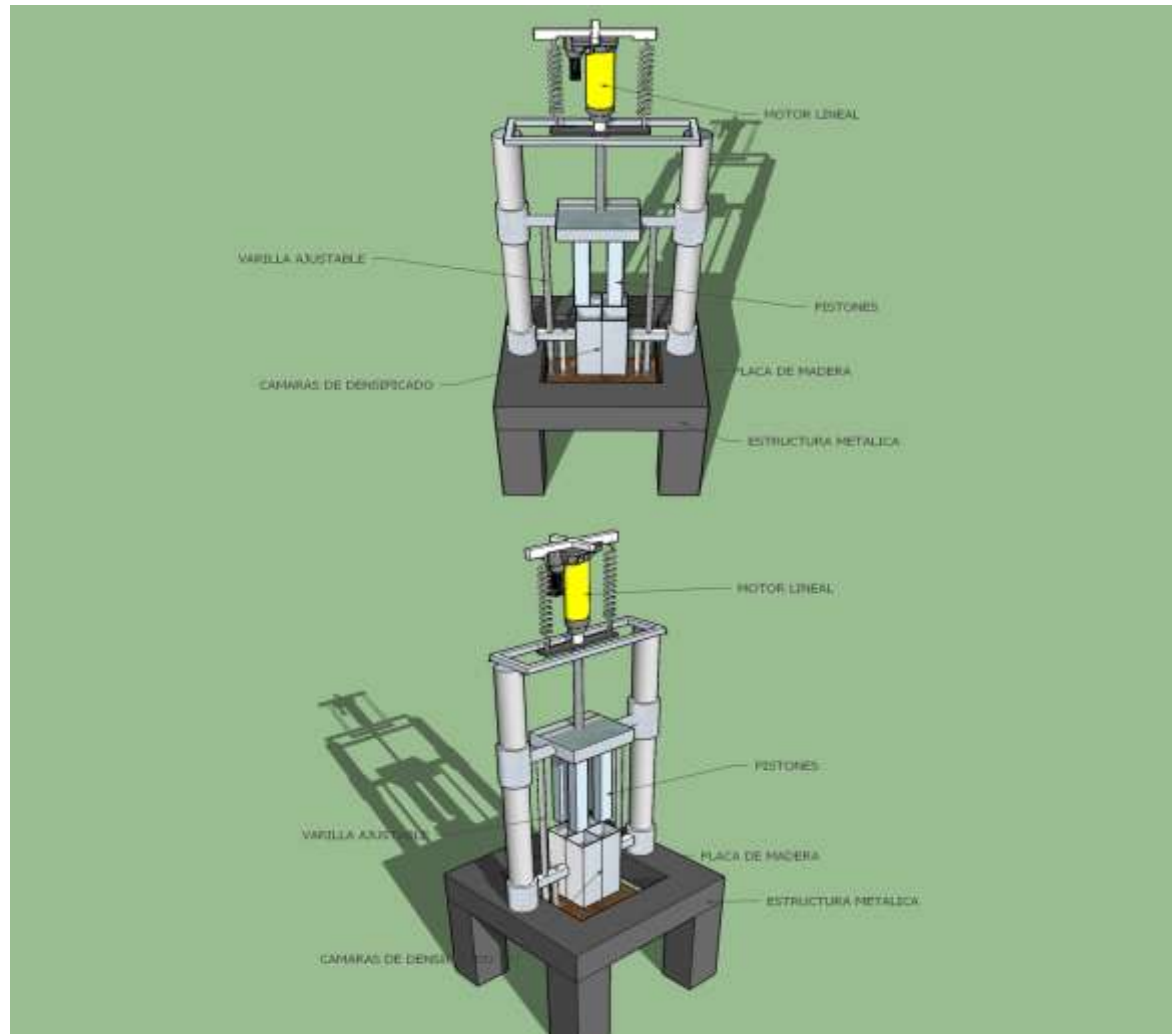


Figura 29. Partes del prototipo de briquetadora Splinter 2