



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE RESIDUOS
FORESTALES Y PAPEL NO RECICLADO PARA SUSTITUIR EL USO DE LA LEÑA, EN EL
MUNICIPIO DE PALIN, ESCUINTLA**

Liliana Waleska González Rosales

Asesorado por el Msc. Ing. José Antonio Rosal

Guatemala, abril de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE RESIDUOS
FORESTALES Y PAPEL NO RECICLADO PARA SUSTITUIR EL USO DE LA LEÑA, EN EL
MUNICIPIO DE PALIN, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LILIANA WALESKA GONZÁLEZ ROSALES
ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSE ANTONIO ROSAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez |
| VOCAL V | Br. Carlos Enrique Gómez Donis |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Laura Geraldina Garcia Alvarez |
| EXAMINADOR | Ing. Luis Pedro Ortiz de León |
| EXAMINADOR | Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE RESIDUOS FORESTALES Y PAPEL NO RECICLADO PARA SUSTITUIR EL USO DE LA LEÑA, EN EL MUNICIPIO DE PALIN, ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela Estudios de Postgrado, con fecha de 1 de julio de 2016.

Liliana Waleska González Rosales



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

ADSE-MEAPP-023-2015

Guatemala, 25 de octubre de 2016.

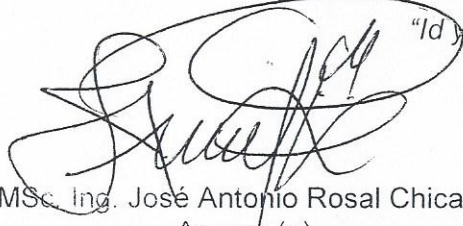
Director
Juan José Peralta Dardón
Escuela de **Ingeniería Industrial**
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Liliana Waleska González Rosales** carné número **200212463**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

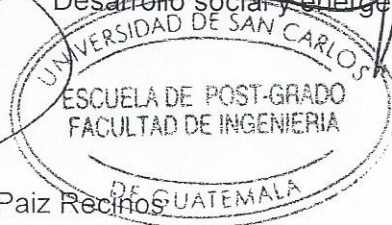

MSc. Ing. José Antonio Rosal Chicas
Asesor (a)

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético

MSc. Ing. Murphy Dlympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



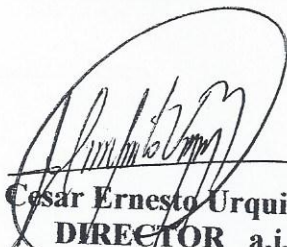
Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.045.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE RESIDUOS FORESTALES Y PAPEL NO RECICLADO PARA SUSTITUIR EL USO DE LA LEÑA, EN EL MUNICIPIO DE PALIN, ESCUINTLA**, presentado por la estudiante universitaria **Liliana Waleska González Rosales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



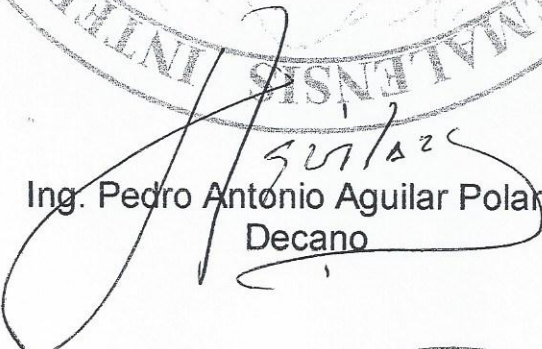
Guatemala, abril de 2018.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE BRIQUETAS DE RESIDUOS FORESTALES Y PAPEL NO RECICLADO PARA SUSTITUIR EL USO DE LA LEÑA, EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, ESCUINTLA**, presentado por la estudiante universitaria: **Liliana Waleska González Rosales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2018



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme llegar hasta aquí, iluminarme cada vez que lo necesitaba y guiarme en las decisiones importantes de mi vida.
- Mis padres** Cristina del Milagro Rosales Cartagena y Eduardo González Orellana. Por inculcarme el deseo de superación, por seguir adelante y nunca rendirme ante las adversidades.
- Mi hermana** Karina Rubí González Rosales. Esto es una muestra que, si siempre se lucha por conseguir una meta, se logra. Sigue luchando por lo que quieres.
- Licda. Lucila Hernández
Oscal** Por ser ejemplo de excelencia profesional y de enseñarme durante todos estos años que se debe de ejercer la profesión de manera honesta y correcta.
- Zaida Lucrecia Cano
Hernández (q. e. p. d.)** Porque desde que te conocí no dudaste en apoyarme cada vez que te necesitaba. Y sé que donde tu alma este, está feliz en este momento especial en mi vida.

Haydee López
(q. e. p. d.)

Por ser una gran influencia en mi vida, si no hubiera sido por su consejo y creer en mí, no estaría donde estoy.

Concepción del Rosario
Serrano López

Por ser mi hermana de lucha en este camino que al fin esta por culminar.

Mi novio

Oliver Fernando Angel Ruiz, por apoyarme, creer en mí y siempre darme aliento en tiempos difíciles.

Mi familia

A mis abuelas, abuelos, tíos, tías primos y primas. Por siempre ser ese empuje extra para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser mi alma máter. |
| Facultad de Ingeniería | Donde la enseñanza no fue solo académica, sino también de vida. |
| Mis padres | Cristina del Milagro Rosales Cartagena y Eduardo González Orellana, por todo el apoyo emocional en estos años de vida académica. |
| Mi hermana | Karina Rubí González Rosales. Porque sé que somos un equipo en tiempos difíciles, Dios me bendijo con una gran hermana. |
| Mi novio | Oliver Fernando Angel Ruiz. Por ser mi alma gemela, estar a mi lado en este camino hacia el éxito profesional, por todo el amor incondicional que me das. |
| Mi familia | A mis abuelas, abuelos, tíos, tías primos y primas. Por todo el cariño y consejos en este camino a la realización profesional. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| INTRODUCCIÓN..... | VII |
| 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 2.1. Descripción del problema | 5 |
| 2.1.1. Uso doméstico de la leña en Palín, Escuintla | 5 |
| 2.1.2. Consecuencias en la salud por el uso de leña en Escuintla. | 6 |
| 2.2. Formulación del problema | 6 |
| 2.2.1. Preguntas de investigación..... | 6 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 9 |
| 4. OBJETIVOS | 11 |
| 4.1. Objetivo general | 11 |
| 4.2. Objetivos específicos..... | 11 |
| 5. NECESIDAD A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN | 13 |
| 6. MARCO TEÓRICO..... | 15 |
| 6.1. Briqueta | 15 |
| 6.2. Briquetado | 16 |
| 6.3. Composición física y química de las briquetas | 16 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6.3.1. | Forma, tamaño y color..... | 16 |
| 6.3.2. | Tipos de residuos para la fabricación de briquetas..... | 17 |
| 6.3.3. | Densidad de la briqueta | 18 |
| 6.3.4. | Humedad de una briqueta | 19 |
| 6.3.5. | Poder calorífico | 20 |
| 6.3.6. | Cenizas | 22 |
| 6.3.7. | Emisión de humo..... | 22 |
| 6.4. | Fabricación de una briqueta..... | 23 |
| 6.4.1. | Forma artesanal de fabricación de briquetas | 23 |
| 6.4.2. | Fabricación industrial de briquetas..... | 24 |
| 6.5. | Beneficios del uso de las briquetas | 25 |
| 7. | ÍNDICE PROPUESTO | 27 |
| 8. | METODOLOGÍA | 29 |
| 8.1. | Tipo de estudio..... | 29 |
| 8.2. | Fases de estudio | 29 |
| 8.2.1. | Fase 1: exploración bibliográfica | 29 |
| 8.2.2. | Fase 2: estudio de materias primas | 29 |
| 8.2.3. | Fase 3: obtención de materia prima y fabricación de la briqueta..... | 30 |
| 8.2.4. | Fase 4: definición de variables y obtención de datos | 32 |
| 8.2.5. | Fase 4: Análisis de resultados..... | 35 |
| 9. | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN..... | 37 |
| 10. | CRONOGRAMA | 39 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO | 41 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 43 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Briquetas | 15 |
| 2. | Briquetas fabricadas artesanalmente | 23 |
| 3. | Moldes artesanales | 31 |
| 4. | Cronograma de actividades | 39 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Composición de briquetas para diferentes tamaño | 32 |
| II. | Datos obtenidos del análisis de laboratorio de la briqueta elaborada con residuos forestales | 33 |
| III. | Datos obtenidos del análisis de laboratorio de la briqueta elaborada con papel no reciclado | 33 |
| IV. | Datos obtenidos del análisis de laboratorio de un trozo de leña | 34 |
| V. | Tiempos de combustión de las diferentes briquetas y leña..... | 34 |
| VI. | Recursos necesarios para la investigación | 41 |

INTRODUCCIÓN

Según el Ministerio de Energía y Minas (2012), en Guatemala la leña es la fuente de energía más consumida. El uso de la leña ocupa más del 55 % del total del consumo energético del país. Las familias guatemaltecas, por lo general utilizan la leña para cocinar los alimentos y no cuentan con una chimenea adecuada para la extracción del humo, causando enfermedades respiratorias agudas o crónicas. Otro problema que causa es la deforestación, se consumen cerca 16 millones de toneladas de leña seca, esto impacta en forma directa en la cobertura forestal.

Las briquetas de residuos forestales y papel no reciclado, son cilindros de biomasa, la materia prima es utilizar residuos forestales de la poda de árboles que realiza la municipalidad de Palín, Escuintla y de papel que no se pueda reciclar, esto es importante porque el uso de las briquetas puede sustituir al uso de la leña.

Los resultados que se obtendrá de la investigación, al fabricar las briquetas de residuos forestales y papel no reciclado, será el poder calorífico, contenido de humedad, ceniza y combustión. Estos resultados se compararon con los mismos que se obtendrán de la leña, para así demostrar que es mejor el uso de las briquetas que el uso de la leña. Los beneficios que se obtendrán es que, si se puede sustituir el uso de la leña con el de las briquetas, ayudará a la cobertura forestal y a la salud de las familias guatemaltecas.

Para obtener los datos que anteriormente se describieron, se fabricará de forma artesanal las briquetas, dichas briquetas de diferentes tamaños y la

materia prima se obtendrá con la colaboración de la municipalidad de Palín, Escuintla. Las briquetas ya fabricadas se analizarán en la unidad de laboratorio del Ministerio de Energía y Ambiente y se obtendrá los resultados que servirá para concluir. Si será factible la realización de los diferentes análisis con los recursos propios del investigador.

En el capítulo 1, se recopilará de diferentes fuentes, la información sobre las briquetas, cómo se fabrica, de qué material se pueden fabricar, los datos que se puede obtener, los beneficios del uso de las briquetas, entre otros. En el capítulo 2, se describirá cómo se fabricará la briqueta de forma artesanal, cuánta materia prima se utilizará, qué dimensiones tendrá, cuánto tiempo se tardará en fabricar una. En el capítulo 3, se recopilará los datos experimentales, se llevará la leña y las briquetas al Ministerio de Energía y Ambiente y se obtendrá el poder calorífico, cantidad de humedad, cantidad de ceniza. Estos resultados se desplegarán en tablas comparativas. El capítulo 4, se analizará los datos obtenidos del experimento y se darán conclusiones y recomendaciones.

1. ANTECEDENTES

A nivel mundial existen varios estudios sobre la manufactura de briquetas de diferentes materiales y Latinoamérica no se queda rezagada en dichos estudios, a continuación, mencionamos algunos.

Para reducir el consumo de leña e incluso ya no depender de ella, está el uso de briquetas de residuos sólidos orgánicos, las briquetas están hechas de diferentes materiales, son cilindros de 3.5 pulgadas de diámetro y 3.5 pulgadas de longitud, se fabrican por medio de prensa y puede estar elaborada con residuos sólidos orgánicos como cáscara de papa, arveja, olote de maíz, estiércol, aserrín, cal, arcilla y agua. Se determinó que dichas briquetas pueden tardar una hora y cuarenta minutos ardiendo aproximadamente. Estas briquetas las fabricaron en Perú, (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy y Gallo, s. f., p.27).

La dimensión de las briquetas es importante porque se quiere maximizar el poder calorífico y su aprovechamiento. En este estudio se determinó cuánto tiempo pueden durar las mismas para su uso domiciliario y utilizaron una gran variedad de residuos sólidos orgánicos que hace analizar que se puede aprovechar todo tipo de basura orgánica para la elaboración de las briquetas.

También están las briquetas elaboradas a base de aserrín, tienen una energía calorífica de 4728 kcal/kg, en proporción a otro tipo de madera, es fácil de empacar y transportar, baja emisión de humareda y el inflamado es casi inmediato por su baja humedad y es un producto ambiental, porque sus porcentajes de azufre son cero por ciento partes por millón, punto quince por ciento partes por millón de cloro, frente a un punto cero tres por ciento partes

por millón y cero punto treinta y tres por ciento partes por millón que presenta la leña que se utiliza en ese sector. (García, 2014, p. 60)

Las briquetas del estudio que realizó García, muestran que son ecológicas, emanan poco humo, dato que es importante para la salud del ser humano, son realizadas con aserrín y no utiliza otro residuo sólido orgánico. Lo característico de este estudio es que hacen pruebas para deducir el porcentaje de azufre y cloro de las briquetas y comparan estos datos con azufre y cloro que presenta la leña de Algarrobo, dicha leña proviene de un árbol que crece en Perú. (García, 2014, p. 60)

No se puede elaborar briquetas con materiales de cualquier tipo, en Ecuador se tienen briquetas a base de cascarilla de arroz y aserrín para aglutinarlo se utiliza goma o almidón de yuca, el tamaño promedio de dichas briquetas es 70 centímetros de diámetro con 80 centímetros de largo, teniendo una energía calorífica de 25, 623 Megajoule por kilogramo, (Fonseca, Tierra, 2011, p. 86).

Las briquetas de la investigación que realizaron Fonseca y Tierra, no necesitaron altas temperaturas o presiones altas (170 °C y 500 kilogramo/centímetro cuadrado respectivamente como esta detallado en otro estudio en el siguiente párrafo), ya que utilizaron almidón de yuca y cola blanca (goma) para compactarla y dejarla secar a temperatura ambiente.

Otro estudio que se realizó en Ecuador fue la utilización de cáscaras de la semilla de la nuez, en la elaboración de las mismas utilizaron diferentes temperaturas de compresión 70, 150 y 170 grados centígrados ejerciendo 500 kilogramos por centímetro cuadrado de presión, concluyendo que las de mejor

propiedad fueron las que se realizaron a temperaturas de 170 °C, lo cual se obtuvo 1.328 gramos por centímetro cúbico de densidad. (Tirado, 2015, p. 15).

Los métodos para la fabricación de briquetas son muy similares, pero un aspecto importante es la forma en que se realiza el método de compactación. Se puede realizar con una prensa artesanal o por una prensa industrial, en la investigación que realizó Tirado utilizó diferentes temperaturas de compactación antes mencionado. En los estudios anteriores hicieron una compactación manual y a temperatura ambiente.

Se puede provechar diferentes fuentes de residuos sólidos orgánicos y más si se quiere trabajar a nivel agroindustrial, con la colaboración con diferentes empresas privadas en la que podríamos utilizar sus desechos. Este indica que, si se trabaja con cascarillas de café, de cebada y viruta de madera, este tipo de briqueta tiene una durabilidad mayor del 97 %, mayor poder calorífico y resistencia al deterioro, con tamaños promedio entre 30-40 centímetros de altura con un diámetro de 3.6 centímetros, (Assureira, s.f., p.10)

Estos cinco estudios muestran briquetas fabricadas de diferentes residuos orgánicos, para mi investigación aporta datos como que tipo de residuos se deben de utilizar en la fabricación de la misma, ya que eso dependerá que potencial energético lleguen a tener al momento de utilizarlos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

2.1.1. Uso doméstico de la leña en Palín, Escuintla

Escuintla se encuentra ubicado en la región central de Guatemala teniendo el 47 % de pobreza total rural estas familias no tienen acceso a la educación, servicios básicos como agua, luz, gas, entre otros. Por lo que una forma de obtener luz y calor es la utilización de la leña. Según el Instituto Nacional de Bosques la demanda en el departamento es de 626,632 toneladas, pero existe escasez, ya que hay un déficit de 415,837 toneladas anuales, donde hay más demanda, según los censos es en el área domestica siendo esta de 501, 243 toneladas y en el área industrial con 125,389 toneladas.

En el municipio de Palin la pobreza es de un 45 %, sus habitantes dichas familias palinecas únicamente utilizan el recurso de la leña con fines energéticos para las labores domésticas. Esta actividad la pueden realizar a lo que llaman ellos “El Astillero” que es realizado por familias que pertenecen a una comunidad indígena llamada El Chilar, ellos promueven el uso adecuado de la leña, y permiten que solo los asociados puedan recoger cierta cantidad de la leña en el sector.

2.1.2. Consecuencias en la salud por el uso de leña en Escuintla.

En Escuintla según el Instituto Nacional de Estadística, INE, en el año 2014 las muertes a causa de enfermedades respiratorias son de 4.5 por cada 100,000 habitantes. De estas un porcentaje es causado por el uso de leña en los hogares, ya que no cuentan con la ventilación adecuada y después de los 30-40 años las personas se ven afectadas por fibromas en los pulmones a causa del humo y hollín causado por el uso de leña.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Preguntas de investigación

- Pregunta central

¿Qué características debe tener la briqueta de residuos forestales y papel no reciclado para tener el máximo potencial energético y tiempo de utilización?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Qué potencial energético deben tener las briquetas de residuos forestales y papel no reciclado para la sustitución del uso de leña fabricación de briquetas en el municipio de Palin, Escuintla?
 - ¿Cuál es la factibilidad técnica para la producción a gran escala de briquetas de residuos forestales y papel no reciclado?

- ¿Cuáles es el impacto económico del uso energético de briquetas de residuos forestales y papel no reciclado en los hogares municipio de Palin, Escuintla?
- ¿Cuáles son los beneficios ambientales asociados al uso de briquetas de residuos forestales y papel no reciclado?

3. JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre la fabricación de briquetas de residuos forestales y papel no reciclado, aportará información para la gestión y manejo adecuado de la basura orgánica de dicho municipio, otro dato importante será el tipo de residuo orgánico que se utilizará para encontrar el potencial energético para la fabricación de las mismas.

En el ámbito socioeconómico, si se lograra industrializar la fabricación de briquetas, se generaría empleo y se podría ayudar a la economía familiar por la compra de este producto. Se podrán beneficiar aldeas como: Montecristo, Periquera, San Pedro El Cerro, entre otros. Los beneficios están enfocados para todo el municipio, pero en especial a las familias que no pertenecen a La Asociación El Chilar, ya que en dicha asociación solo pueden pertenecer pobladores que hayan nacido en Palín y que sean indígenas.

La investigación presentada se desarrolla en el área de gestión energética, en la línea de investigación de energía renovables está involucrando a los futuros maestros a que se pueda encontrar una solución a una problemática ambiental y social como lo es el alto consumo de la leña como recurso energético.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar qué características deben de tener las briquetas de residuos forestales y papel no reciclado para alcanzar el máximo potencial energético y tiempo de utilización

4.2. Objetivos específicos

- Determinar el potencial energético de briquetas elaboradas, a partir de residuos forestales y papel no reciclado para la reducción del uso de la leña en el municipio de Palin, Escuintla.
- Calcular la factibilidad técnica para la producción a gran escala de briquetas de residuos forestales y papel reciclado.
- Evaluar el impacto económico del uso energético de briquetas de residuos forestales y papel no reciclado en los hogares del municipio de Palin, Escuintla.
- Determinar los beneficios ambientales asociados al uso de briquetas de residuos forestales y papel no reciclado.

5. NECESIDAD A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El alto consumo de leña como fuente de energía calorífica domiciliar es un problema que causa deforestación, problemas respiratorios en los seres humanos y dependencia de un solo recurso energético.

En la investigación se busca determinar una briqueta que contenga el mayor potencial calorífico, menor costo de fabricación y mayor durabilidad, de igual forma abarcar la mayor cantidad de residuo sólido forestal y papel sin reciclar, esto para que los habitantes del municipio decidan consumir la briqueta de residuos forestales y papel no reciclado para uso domiciliar sobre la leña.

La fabricación de briquetas se puede realizar de diferentes maneras:

- Artesanal
- Semi-industrial
- Industrial

Para este trabajo de investigación se realizarán las briquetas en forma artesanal y con residuos forestales y papel no reciclado y para la compactación usará algún tipo de aglutinante para que no se necesiten altas temperaturas para el momento de la compactación. Si no se diseñarán moldes de madera para que puedan ser secados a temperatura ambiente como se pueden observar en la siguiente figura.

El trabajo de investigación se delimitará al área urbana del municipio de Palín, Escuintla, ya que allí se cuenta con la materia prima para la fabricación

de la briqueta y así realizar un estudio del manejo de residuos forestales y papel no reciclado para realizar las briquetas de ese material.

La investigación se enfocara en Palín, Escuintla, ya que en el lugar se ha detectado familias completas que esperan a las orillas de la autopista Palín-Escuintla a que las trasladen con cargamento de leña.

Al fabricar la briqueta con las características antes mencionadas ayudará a reducir el uso de la leña y la cantidad de residuo forestal y papel no reciclado en el casco urbano del municipio de Palín, en el departamento de Escuintla.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Briqueta

La briqueta es un tipo de biomasa en forma de bloques sólidos, fabricados de diferentes materiales como forestales, agroindustriales o residuales y que los mismos son una buena fuente para generar de calor, por lo general son utilizadas en estufas, calderas, etc. (Vera, 2014).

La briqueta puede sustituir a la leña y así ayudar detener la deforestación en los países que tienen como principal fuente de energía calorífica y lumínica la leña.

Figura 1. **Briquetas**



Fuente: *Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín*, pág. 17.

Fecha de consulta: 12 de agosto de 2016

6.2. Briquetado

Es el proceso de la elaboración de briquetas, tiene como finalidad la compactación de los residuos de manera uniforme (Endesa Energía, 2014).

6.3. Composición física y química de las briquetas

6.3.1. Forma, tamaño y color

Las briquetas no tienen un tamaño o forma especial, pero se utiliza una forma estándar y esta es la cilíndrica. Dicha forma es fácil de almacenar y transportar, pueden variar su diámetro o altura, pueden tener forma octogonal con un espacio en el centro, esta característica podría servir para una ignición más rápida. Otra presentación que tienen las briquetas es rectangular, estas para no desintegrarse con algún golpe, son ligeramente redondeadas de las esquinas, estas son de fácil almacenaje ocupan menos espacio a igualdad de peso con los de tipo cilíndrico o de tipo octogonal (Martín, s.f.).

El tamaño de la briqueta dependerá de la forma en que sea fabricada. Una briqueta puede ser fabricada de las siguientes maneras:

- Artesanal
- Semi-industrial
- Industrial

Para la forma artesanal su dimensión puede oscilar entre 2 a 6 centímetros de largo, la forma semi-industrial entre 10 a 15 centímetros y de forma industrial su largo oscila entre 30 a 100 centímetros. (García, 2014).

La briqueta adapta su color dependiendo del material con que se fabrica. García (2014) en su investigación indica que el color de la briqueta debe ser similar al color de la leña, esto es para que el cliente prefiera su uso, esta situación es en Europa, ya que la utilizan para las chimeneas. Para este caso ayudará ese color para crear confianza en las personas en querer sustituir el uso de la leña con las briquetas de residuos sólidos orgánicos.

6.3.2. Tipos de residuos para la fabricación de briquetas

Las briquetas pueden ser fabricadas de diferentes residuos entre ellas se tiene:

- Residuos forestales

Son los residuos que se obtiene a través de restos de podas, aserrín, virutas, recortes y cortezas (García, 2014).

Estos residuos se pueden obtener durante las labores de tala, los residuos de ramas, al igual que de la industria maderera o aserraderos. En dichos aserraderos, solo el 30 % es aprovechable al momento de transformarla en tabla. (Barrera, s.f.)

- Residuos agrícolas

Son las briquetas que sus residuos vienen de desechos de las cosechas, como el bagazo de caña, cafetales, arrozales, etc. (García, 2014).

6.3.3. Densidad de la briqueta

Martín (s.f.) indica que la densidad es una característica muy importante de la briqueta, ya que se debe tener un producto con mayor densidad con el material inicial. Los factores que influyen en la densidad de la briqueta son:

- La materia prima.
- La presión practicada en el proceso de fabricación por la prensa.

Ortíz, Tejada, Vásquez y Piñeiro, (s.f.), indican que existen diferentes tecnologías de briquetado, como:

- Densificación por impacto-briquetadora de pistón

La compresión de los materiales para la elaboración de la briqueta se realiza por medio de golpes producidos por el pistón ejecutado por un volante de inercia. Las densidades logradas suelen estar entre 1,000 y 2,000 kg/m^3 (Ortíz, et. al., s.f.).

- Densificación por extrusión-briquetadora de tornillo

Este método de densificación la presión ejercida es por medio de un tornillo sin fin, esto ocasiona que la briqueta contenga un agujero en el centro, dicho agujero ayuda a que la briqueta tenga una mejor combustión. Con este método de densificación se pueden obtener briquetas con mejores densidades que oscilan entre 1,300 y 1,400 kg/m^3 , el costo de mantenimiento y el uso de energía de dicha briquetadora son elevados. (Ortíz, et. al., s.f.).

- Briquetadoras hidráulicas o neumáticas.

Este método utiliza máquinas donde la presión es realizada por cilindros activados por procedimientos hidráulicos o neumáticos, apenas se logran tener densidades de 700 y 800 kg/m^3 , estos equipos son de poco mantenimiento y consumo de energía. (Ortíz, *et. al.*, s.f.).

- Comprensión manual

Es la forma artesanal de realizar las briquetas, utilizando el mismo principio de la briquetadora hidráulica, solo que para este método se utiliza la fuerza ejercida por una persona, esto hace que salga una pasta húmeda y luego de secarla de forma natural después de dos o tres días ya se puede usar como combustible.

6.3.4. Humedad de una briqueta

La humedad de una briqueta dependerá del tipo de secado que se le realice al mismo. Hay dos tipos de secado:

- Secado natural

Este tipo de secado se basa en las condiciones del clima para deshidratar la cantidad de humedad en la briqueta, la biomasa residual forestal por ejemplo presenta un alto contenido de humedad. Para este secado es necesario tener una construcción adecuada que permita almacenar a largo plazo. Con un buen clima y una buena infraestructura, las briquetas no pueden alcanzar una humedad menor a la del 20 %. (Ortíz, *et. al.*, s.f.).

- Secado forzado

Este tipo de secado se aplica, cuando las condiciones climatológicas no son las adecuadas para realizar el secado natural. Los equipos utilizados para este tipo de secado son (Ortíz, *et. al.*, s.f.):

- Secadores directos

Este tipo de secado el calor se aplica directamente sobre el material húmedo (Ortíz, *et. al.*, s.f.).

- Secadores indirectos

Este secado el calor es aplicado por medio de una pared de retención. (Ortíz, *et. al.*, s.f.).

6.3.5. Poder calorífico

Es la propiedad que indica que, entre mayor poder calorífico mejor, y eso dependerá de la materia prima. Se puede indicar que en una briqueta es la energía total desprendida por un kg de biomasa al quemarse (Martín, s.f.).

El poder calorífico de una briqueta duplica el de la leña convencional, en algunos casos es de 4500 a 4500 Kcal/kg. Es importante que la briqueta tenga un alto poder calorífico viéndolo desde un punto de vista económico, ya que de eso depende de la rentabilidad (Barrera, s.f.)

- Cálculo de poder calorífico

Fonseca y Tierra (2011) en su investigación indicaron que no son accesibles los equipos adecuados para el cálculo del poder calorífico, para realizar los cálculos podemos utilizar los siguientes análisis:

- Análisis bromatológico o de alimentos

La siguiente fórmula se utiliza para realizar este análisis:

$$\text{Poder Calorifico} \left(\frac{\text{kcal}}{100\text{g}} \right) = X + Y + Z$$

Donde:

X = (4 kilocalorías) (% total de carbohidratos)

Y = (9 kilocalorías) (% grasas)

Z = (4 kilocalorías) (% proteína)

Con la siguiente fórmula se pueden calcular con los carbohidratos totales:

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Grasas} + \% \text{ Cenizas})$$

- Análisis aproximado

Con la siguiente fórmula se puede realizar el siguiente análisis

$$PCS_{BS} \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) = 356,3 Cf + 175,5 V$$

Donde:

Cf = Porcentaje de carbono

V = Porcentaje de Materia volátil

6.3.6. Cenizas

Las cenizas son inorgánicas, si la combustión ha sido completa, el porcentaje de la misma, muestra la cantidad de materia sólida. Cuando ya hay mucha ceniza depositada en la estufa, horno, etc., debe ser retirada, ya que la ceniza reduce el poder calorífico de la briqueta y si se está utilizando en un horno también reduce el rendimiento térmico. (Gallipoliti, Martina, Corace, Aerberhardt, Garcia, s.f)

Después de realizar la combustión las briquetas, la cantidad de cenizas no debería de ser superior al 20 %.(Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy, Gallo, 2011).

Hay briquetas, que comparándola con la leña la cantidad de ceniza que producen es mucho menor, la leña produce un 10 %, mientras que la briqueta solo un 2 % (Barrera, s.f.).

6.3.7. Emisión de humo

En comparación de la leña, las briquetas emanan poca cantidad de humo, esto es beneficioso para el consumidor, ya que se evitarían muchas enfermedades respiratorias con el uso de la briqueta. (Vera, 2014).

6.4. Fabricación de una briqueta

Como anteriormente se indicó hay diferentes formas de fabricar una briqueta: artesanal, semi-industrial e industrial.

6.4.1. Forma artesanal de fabricación de briquetas

En general de la manera artesanal se tritura cajas de cartón, papel, aserrín residuos de madera, cáscara de arroz, residuos forestales, etc. se les añade agua, cal para que se compacte más, así se obtiene una pulpa o pasta que se comprime para extraer el líquido y se deja secar de forma natural, y cuando ya estén completamente secas, ya se podrán utilizar.

Figura 2. **Briquetas fabricadas artesanalmente**

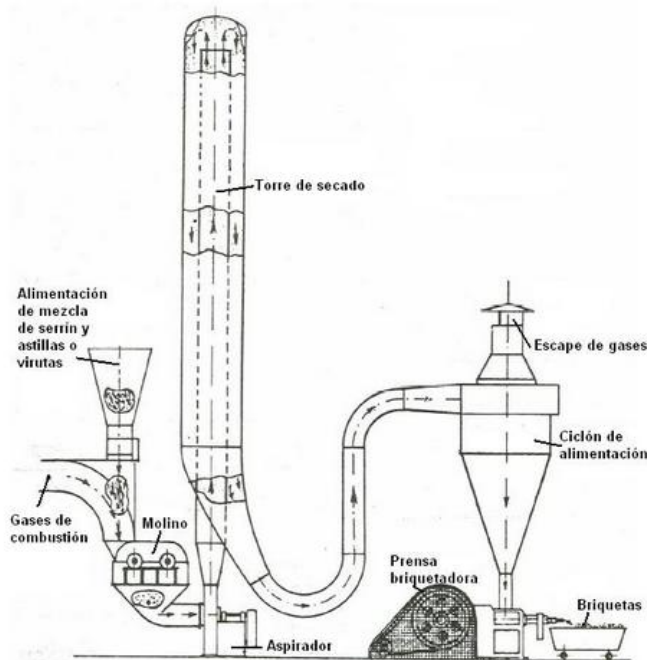


Fuente: *Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía caloríficas en cocinas no convencionales*, pág. 60. Fecha de consulta: 16 de agosto de 2016.

6.4.2. Fabricación industrial de briquetas

En su mayoría a nivel industrial la fabricación de briquetas se realiza utilizando como materia prima residuos forestales (madera, aserrín, astillas, etc.) estas se trituran hasta tener un tamaño menor a 5 mm de longitud, esto se realiza con un molino para triturar y un molino que gira en sentido contrario, luego pasan por un tamiz y luego se aspiran para que no vuelvan hacer trituradas. Aquí la humedad es muy importante, ya que no debe de sobrepasar el 15 % y para eso utilizan un sistema de secadores. Después la mezcla pasa por la prensa briquetadora, allí se comprime a alta presión para llegar a altas temperaturas así se active la lignina de la madera y actué como aglutinante. (Endesa Energía, 2014).

Figura 3. Proceso industrial para fabricación de briquetas de madera



Fuente: Endesa Energía.

6.5. Beneficios del uso de las briquetas

Barrera (s.f.) indica que las briquetas tiene muchos beneficios para los usuarios, entre ellas se tiene:

- No contienen aditivo tóxico.
 - Bajo nivel de emisión de humo u olor.
 - Son considerados como energía limpia.
 - Su materia prima es de residuos forestales, esto ayuda a la limpieza y protección del medio ambiente.
 - Tanto en la industria como en el hogar es fácil y seguros de usar, ya que no tienen riesgo de combustión instantánea.
 - Arden más lento por su alta densidad, lo cual se mantiene encendido por más tiempo.
 - El precio es más bajo a comparación del precio de la leña.
 - Menor porcentaje de ceniza.
 - CO2 neutro, lo que evita el calentamiento global y efecto invernadero.
 - Se puede fabricar y vender briquetas todo el año.
 - Se pueden usar en horno o estufas domésticas.
- La inversión para iniciar una fábrica de briquetas es bajo.

7. INDICE PROPUESTO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Briqueta
- 1.2. Briquetado
- 1.3. Composición física y química de las briquetas
 - 1.3.1. Forma, tamaño y color
 - 1.3.2. Tipos de residuos para la fabricación de briquetas
 - 1.3.3. Densidad de la briqueta
 - 1.3.4. Humedad de una briqueta
 - 1.3.5. Poder calorífico
 - 1.3.6. Cenizas
 - 1.3.7. Emisión de humo
- 1.4. Fabricación de una briqueta
 - 1.4.1. Fabricación de briquetas de forma artesanal
 - 1.4.2. Fabricación industrial de briquetas
- 1.5. Beneficios del uso de las briquetas

2. FABRICACIÓN DE BRIQUETA

- 2.1. Estudio de materias primas
- 2.2. Cantidad de materia prima
- 2.3. Procedimiento para fabricación de briqueta
- 2.4. Composición de briquetas de diferentes tamaños.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Datos obtenidos del análisis de laboratorio de la briqueta elaborada con residuos forestales.
- 3.2. Datos obtenidos del análisis de laboratorio de la briqueta elaborada con papel no reciclado.
- 3.3. Datos obtenidos del análisis de laboratorio de un trozo de leña.
- 3.4. Tiempos de combustión de las diferentes briquetas y leña

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 4.1. Análisis comparativo entre la briqueta de residuos forestales y la leña.
- 4.2. Análisis comparativo entre la briqueta de papel no reciclado y la leña.
- 4.3. Análisis comparativo entre la briqueta de residuos sólidos forestales y la briqueta de papel no reciclado.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

8. METODOLOGÍA

8.1. Tipo de estudio

El presente estudio se considera de tipo cuantitativo descriptivo, ya que se desea establecer cuál es la mejor materia prima y el tamaño ideal para la fabricación de briquetas de residuos forestales y papel no reciclado para sustituir el uso de leña como fuente calorífica.

8.2. Fases de estudio

8.2.1. Fase 1: exploración bibliográfica

En esta primera fase, se revisará toda la bibliografía pertinente para la explicación del tema de estudio y con todos sus componentes.

Con esta información ayudará a entender mejor el tema sobre los materiales con que se podrá realizar las briquetas de residuos forestales y papel no reciclado.

8.2.2. Fase 2: estudio de materias primas

En esta fase, se realizará un estudio sobre la cantidad de residuos forestales y papel que no se puede reciclar que se pueda obtener para el proceso de la fabricación de la briqueta.

- Cantidad de residuos forestales: en este apartado se realizará una reunión con el coordinador del departamento de Gestión Ambiental de la municipalidad de Palín, para determinar la cantidad de residuo forestal que ellos obtienen a través de la poda.
- Cantidad de papel no reciclado: en este apartado se realizará un estudio de campo del número de lugares, donde reciclan papel para determinar cuánto papel que no pueden reciclar.

8.2.3. Fase 3: obtención de materia prima y fabricación de la briqueta

- Materia prima

La obtención de los diferentes materiales para la elaboración de briquetas de residuos sólidos, se abocará a diferentes instituciones que a continuación se enlistan.

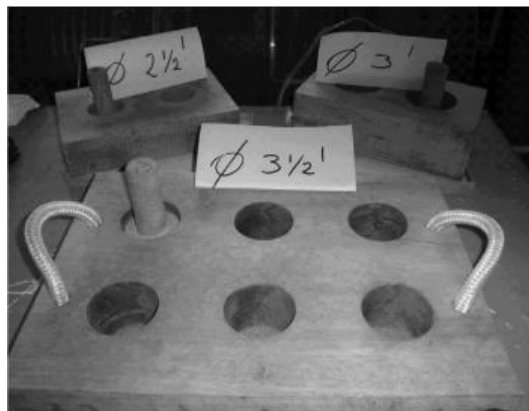
- Residuos forestales la cual se obtendrá de la poda de árboles que realiza la municipalidad de la localidad.
- Papel que no sirva para reciclaje la cual se obtendrá de alguna recicladora del sector.

Otra materia prima que se necesita es un tipo de aglutinante, los más comunes son los almidones de yuca, maíz, arroz, resina, melaza o parafina, se utilizará el aglutinante que sea más fácil de obtener y que contamine menos.

- Fabricación de las briquetas

Para la fabricación de las briquetas se utilizará diferentes moldes artesanales para su compactación, estas serán realizadas por un carpintero.

Figura 1. **Moldes artesanales**



Fuente: *Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía caloríficas en cocinas no convencionales*, pág. 28. Fecha de consulta: 16 de mayo 2016

Luego de adquirirse los diferentes tipos de materia prima y determinar la cantidad, se procederá a la mezcla de las mismas pulverizando todos los materiales. Se dejará registrar por medio de la siguiente tabla la cantidad de materia prima que se necesitará para la fabricación de los diferentes tamaños de la briqueta.

Tabla I. **Composición de briquetas para diferentes tamaño**

| Materia Prima | Dimensiones de la briqueta, diámetro X altura | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|
| | 2.5" X 2.5" | 3.0" X 3.0" | 3.5" X 3.5" |
| Residuos forestales | | | |
| Papel no reciclable | | | |
| Aglutinante | | | |
| Agua | | | |
| Total | | | |

Fuente: elaboración propia.

Luego se compactará la mezcla y se pondrán a secar a la intemperie.

8.2.4. Fase 4: definición de variables y obtención de datos

Las variables que se determinaran en el experimento son el poder calorífico, contenido de humedad y generación de ceniza que se obtendrá llevando las muestras a la unidad de laboratorio del Ministerio de Energía y Minas, ubicado en la ciudad de Guatemala.

- Poder calorífico

Esta variable indicará la cantidad de calor que entrega un kilogramo de la briqueta al oxidarse (Felix, s.f.).

- Contenido de humedad

Esta variable indicará la humedad eliminada durante el proceso de secado por convección libre de la briqueta. (Valderrama, Curo, Quispe, Llantoy y Gallo, s.f.).

- Ceniza

Es la cantidad de ceniza generada después del proceso de combustión de la briqueta o de la leña. (Vera, 2014).

Tabla II. **Datos obtenidos del análisis de laboratorio de la briqueta elaborada con residuos forestales**

| | Dimensiones de la briqueta, diámetro X altura | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|
| Tipo de Análisis | 2.5" X 2.5" | 3.0" X 3.0" | 3.5" X 3.5" |
| Poder Calorífico | | | |
| Cantidad de humedad | | | |
| Cantidad de ceniza | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Datos obtenidos del análisis de laboratorio de la briqueta elaborada con papel no reciclado**

| | Dimensiones de la briqueta, diámetro X altura | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|
| Tipo de Análisis | 2.5" X 2.5" | 3.0" X 3.0" | 3.5" X 3.5" |
| Poder Calorífico | | | |
| Cantidad de humedad | | | |
| Cantidad de ceniza | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Datos obtenidos del análisis de laboratorio de un trozo de leña**

| Tipo de Análisis | Dimensiones de la briqueta, diámetro X altura | | |
|-------------------------|--|--------------------|--------------------|
| | 2.5" X 2.5" | 3.0" X 3.0" | 3.5" X 3.5" |
| Poder Calorífico | | | |
| Cantidad de humedad | | | |
| Cantidad de ceniza | | | |

Fuente: elaboración propia.

- Ensayos de combustión

Se pondrá a combustionar las diferentes briquetas en una estufa tradicional para determinar el tiempo en que tarda en consumirse por completo. Se realizarán diferentes pruebas para registrar un dato promedio de cada tipo, estas mismas pruebas se realizará para la leña.

Tabla V. **Tiempos de combustión de las diferentes briquetas y leña**

| Materia Prima | Dimensiones de la briqueta, diámetro X altura | | |
|----------------------|--|--------------------|--------------------|
| | 2.5" X 2.5" | 3.0" X 3.0" | 3.5" X 3.5" |
| Residuos forestales | | | |
| Papel no reciclable | | | |
| Leña | | | |

Fuente: elaboración propia.

8.2.5. Fase 4: Análisis de resultados

Con los datos de la briqueta y de la leña que se obtuvieron en la fase 3 se determinará cuál de los dos productos es el que tiene mayor potencial energético, así concluir si utilizar la briqueta de residuos forestales y papel no reciclado es mejor que utilizar leña.

9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN

La recolección de datos en la fabricación de briquetas se utilizará las siguientes herramientas:

- Tabla de composición de briquetas para diferentes tamaños
- Tabla de tiempos de combustión para diferentes briquetas
- Tabla de poder calorífico, porcentaje de ceniza y porcentaje de humedad

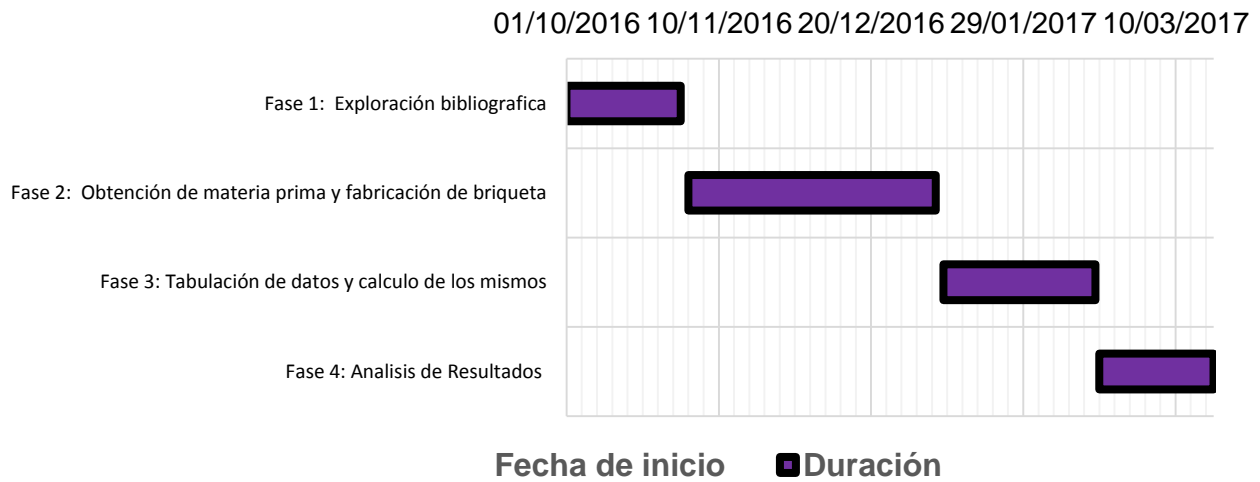
Las herramientas estadísticas a utilizar al momento de tener tabulado los datos serán:

- Promedio y coeficiente de variación de los tiempos de combustión
- Gráfica de barras, tipo de briqueta versus la humedad eliminada
- Gráfica de barras, tipo de briqueta versus poder calorífico
- Gráfica de barras, tipo de briqueta versus ceniza obtenida

10. CRONOGRAMA

A continuación se describe el calendario de actividades que serán realizados durante la investigación:

Figura 4. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El siguiente trabajo de investigación, se realizará con los recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla VI. **Recursos necesarios para la investigación**

| Recurso | Costo |
|------------------------|-------------------|
| Materiales consumibles | Q 1 000.00 |
| Análisis de muestras | Q 1 500.00 |
| Asesor | Q 2 500.00 |
| Total | Q 5 000.00 |

Fuente: elaboración propia.

Se considera factible la investigación, ya que son suficiente los recursos aportados para el mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Assureira, M., (s.f.). *Transformación de masas residuales en bio-combustibles sólidos*. Perú.
2. Curo, H., Gallo, J., Llantoy, V., Quispe, C., Valderrama, A., (s.f.). *Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía calorífica en cocinas no convencionales*. Perú.
3. Felix Fonseca, J, (s.f.) *Poder calorífico*. Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/maquinas_termicas/01-poder_calorifico.pdf.
4. Fonseca, E., Tierra, L., (2011). *Desarrollo de un proceso tecnológico para la obtención de briquetas de aserrín de madera y cascarilla de arroz, y pruebas de producción de gas pobre*. Ecuador.
5. Fredes, N., (2014). *Evaluación técnica y económica de una planta de producción de combustible sólido a partir de biomasa forestal en la región de Los Lagos*. Chile.
6. García, M. (2014). *Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín*. Perú.
7. Instituto Nacional de Bosques. *Estrategia Nacional de producción sostenible y uso eficiente de la leña 2013-2024*, 2015. Guatemala.

Recuperado de <http://www.usaid-cncg.org/wp-content/uploads/2015/07/Estrategia-produccion-y-uso-le%C3%B1a-v6.pdf>.

8. Instituto Nacional de Estadística. *Mapas de pobreza rural en Guatemala 2011*. 2013. Guatemala. Recuperado de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/09/28/V3KUHMhfgLJ81djtDdf6H2d7eNm0sWDD.pdf>
9. Martin, F., (1994). *Pélets y briquetas*. Argentina.
10. Ministerio de Energía y Minas. *Plan estratégico nacional para el uso sostenible de la leña, 2013*. Guatemala. Recuperado de https://issuu.com/mem_gt/docs/plan_estrat_gico_nacional_para_el_
11. Ortiz, L., (s.f.). *Fabricación de combustibles densificados a partir de residuos forestales y de industrias de la madera*. España.
12. Paico, J. (2014). *Proyecto briquetas es finalista del concurso nacional de Graña y Montero*. Consultado el 29 de abril de 2016. <http://udep.edu.pe/hoy/2014/proyecto-briquetas-finalista-del-concurso-nacional-de-grana-y-montero/>. Ecuador.
13. Tirado, P. (2015). *Estudio de compactación de la cáscara de nuez para mejorar la calidad de las briquetas de biomasa*. Ecuador.
14. Vera, A. (2014). *Diseño de briquetas ecológicas para la generación de energía calorífica y mejoramiento de ecosistemas en el*

*corregimiento de Nabusimake, Municipio de pueblo Bello-Cesar.
Colombia.*

15. Vines, R., Pogy, J. (2014). *Aprovechamiento sostenible de los residuos forestales para la producción de pellets de biomasa leñosa torrefactada.* Perú.

