



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO**  
**DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**Título:**

---

**“Diseño de un horno eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga”.**

---

**Autor: Ing. Salazar Corrales Marcelo Fabián**

**Tutor: PhD. Gustavo Rodríguez Bárcenas.**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Julio – 2013**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

---

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Salazar Corrales Marcelo Fabián, con el título de tesis: “**Diseño de un horno eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga julio 2013

Para constancia firman:

.....  
Lic. M.Sc. Nelson Corrales  
PRESIDENTE

.....  
Mg.Sc. Giovana Parra  
MIEMBRO

.....  
PhD. Secundino Marrero Ramírez  
PROFESIONAL EXTERNO

.....  
PhD. Arístides Alejandro Legrá Lobaina  
OPONENTE

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, Julio del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Salazar Corrales Marcelo Fabián, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Diseño de un horno eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

PhD. Gustavo Rodríguez Bárcenas.

**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo, Marcelo Fabián Salazar Corrales, portador del número de cédula 0501719728, declaro que la presente Tesis de Grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente

Marcelo Fabián Salazar Corrales

C. I. 0501719728

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la fortaleza física y espiritual para terminar este trabajo, a mi madre Santísima de Las Lajas, a mi esposa Johanna, que es mi complemento mi amante y compañera tierna, a mis hijos Matías y Lucianita, por cederme el tiempo que a ellos les pertenecía, además por compartir conmigo los momentos más felices de mi vida y los más tristes.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a través de los docentes de posgrados por su profesionalismo y al personal administrativo por su calidez humana.

Quiero agradecer a mi tutor, Gustavo Rodríguez Bárcenas, el amigo cubano, a mis profesores asesores; Tomás Fernández y Héctor Luis Laurencio Alfonso por ser mis críticos más severos.

A mis padres y toda mi familia por siempre recordarme de donde provengo y por animarme en cada instante de flaqueza.

A mis compañeros de trabajo Félix Manjarrés y Alberto Naranjo por haber estado presentes cada vez que los necesité.

Fabián

## **DEDICATORIA**

Este trabajo en opción al título de, Máster en Gestión de Energías, está dedicado a mis angelitos amados Matías y Lucianita. Espero que les sirva de guía para decidir sus caminos.

A todos los miembros que se encuentran estudiando tanto de la familia de mi esposa y la mía, que les sirva de ejemplo e inspiración.

Fabián

## **CERTIFICACIÓN DE CRÉDITOS QUE AVALAN LA TESIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”**

“Diseño de un horno eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga.”

Autor: Marcelo Fabián Salazar Corrales

Fecha: Julio del 2013

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO: Diseño de un horno eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga.**

**AUTOR:** SALAZAR CORRALES Marcelo Fabián.

**TUTOR:** PhD. RODRÍGUEZ BÁRCENAS Gustavo.

**RESUMEN**

En el presente trabajo se realiza un estudio teórico y experimental del potencial calórico del eucalipto en el barrio Pichaló, con el objetivo de que sea bien aprovechado en hornos de cocción de alimentos de los pobladores, proponiendo una alternativa eficiente con un diseño simulado y reduciendo de este modo la contaminación ambiental. La revisión bibliográfica, pone en evidencia los alcances de los trabajos realizados en cuanto a metodologías para la obtención del poder calórico y relaciones con otras características de especies madereras utilizadas como fuente de energía en zonas rurales de Latacunga, reflejando datos técnicos económicos de utilidad para la propuesta del horno eficiente. Se parte del estudio experimental, donde se hace la caracterización en cuanto al comportamiento con la cantidad de oxígeno suministrado para la combustión y la humedad del eucalipto, a partir de ahí se llevan a cabo procedimientos para la evaluación y racionalización de la biomasa vegetal en el barrio Pichaló, con el propósito de contribuir a las soluciones relacionadas con el impacto ambiental negativo y la salud humana, se analizan las incidencias más significativas de las pérdidas de energía a través de la simulación de un horno eficiente en el programa ANSYS, donde intervienen materiales reciclables en combinación con diferentes espesores de lana de roca como aislante seleccionado, obteniendo la masa de eucalipto apropiada como combustible en los hogares que poseen horno, disminuyendo los impactos sociales y ambientales de la zona a través de la investigación.

**Descriptores:** biomasa vegetal, energías, horno doméstico, eficiencia energética, eucalipto.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO: Diseño de un horno eficiente sobre la base del uso de biomasa vegetal: una alternativa para el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga.**

**AUTOR:** SALAZAR CORRALES Marcelo Fabián.

**TUTOR:** PhD. RODRÍGUEZ BÁRCENAS Gustavo.

**ABSTRACT**

In this paper an experimental and theoretical study of caloric potential in the neighborhood Pichalo eucalyptus, with the aim of being well used in cooking ovens of the people, proposing an efficient alternative to simulation design and reducing thus pollution. The literature review highlights the scope of the work performed in methodologies for obtaining calorific value and relationships with other characteristics of wood species used as a source of energy in rural areas of Latacunga, reflecting economic technical data useful for proposed efficient furnace. Be part of the pilot study, where a characterization in behavior with the amount of oxygen supplied for combustion and moisture from eucalyptus, from there take place procedures for evaluation and rationalization of plant biomass in the Pichalo neighborhood, in order to contribute to the solutions related to the negative environmental impact and human health, we analyze the most significant incidents energy losses through the simulation of an efficient furnace in the ANSYS program, which involved materials recyclable in combination with different thicknesses of rock wool as insulation selected, obtaining appropriate eucalyptus mass as fuel in households with oven, reducing the social and environmental impacts in the area through research.

**Descriptors:** plant biomass, energy, domestic oven, energy efficiency, eucalyptus.

## Índice

<b>Contenidos</b>	<b>Páginas</b>
PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1- Antecedentes del Problema .....	2
1.2- Formulación del Problema .....	5
1.3- Objeto de estudio .....	5
1.4- Justificación de la Investigación .....	5
1.5.    Objetivos.....	8
1.5.1. Objetivo General .....	8
1.5.3- Objetivos Específicos:.....	8
1.6. Hipótesis .....	9
1.7. Conclusiones del capítulo .....	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes .....	10
2.2. Fundamentación Teórica .....	15
2.3. Marco legal vigente .....	17
2.3.1. Ordenanza para la prevención y control de la contaminación por desechos industriales, florícolas y de servicios en el cantón Latacunga .....	17
2.4. Definición de Términos Básicos .....	19
2.5. Conclusión del capítulo .....	24
CAPITULO III: METODOLOGÍA .....	25
3.1-Diseño de la investigación.....	25
3.1. 1-Modalidad de la investigación .....	25
3.1.1.1-De campo .....	25
3.1.1.2- Bibliográfica - Documental.....	26

3.1.2. Tipo de Investigación.....	26
3.2. Población y muestra .....	29
3.2.1. Delimitación de la zona de estudio.....	32
3.2.2- Caracterización y determinación del potencial de biomasa vegetal ...	34
3.2.3. Obtención del poder calórico de las muestras.....	36
3.2.4. Determinación de gases producto de la combustión de biomasa. ....	41
3.2.5. Balance de masa - energía y simulación del horno eficiente .....	44
3.2.5.1. Propiedades termofísicas del aire .....	46
3.2.6 Método de análisis económico .....	48
3.3.- Conclusiones del capítulo.....	50
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
4.1.-Encuesta a los moradores del barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga. ..	51
4.2.- Resultado de la aplicación de la entrevista dirigida a un experto en diseño de hornos. ....	59
4.3. Resultado de la entrevista a un habitante referente de la zona de estudio. .	60
4.4.- Resultados del análisis del potencial energético de la biomasa vegetal del barrio Pichaló.....	61
4.5.- Resultado del análisis del poder calórico del eucalipto .....	63
4.6.- Resultado del análisis de los gases producto de la combustión del eucalipto .....	71
4.7.- Resultado del análisis del balance energético de la combustión del eucalipto en un horno .....	72
4.7.1. Resultado del balance de energía y masa a través del ANSYS para el horno doméstico tradicional .....	73
4.7.2. Resultado del balance de energía y masa a través del ANSYS para la propuesta.....	74
4.7.3. Resultado del análisis comparativo del balance de energía y masa a través del ANSYS para el horno propuesto y el tradicional.....	77
4.8.- Conclusión del capítulo .....	78
<b>CAPITULO V: LA PROPUESTA .....</b>	<b>79</b>
5.1- Título de la propuesta.....	79
5.2- Justificación de la propuesta.....	79
5.3- Objetivos de la propuesta .....	79
5.4- Estructura de la propuesta .....	80
5.5- Desarrollo de la propuesta.....	80
5.6- Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta .....	81
5.6.1- Resultados de la valoración económica de la propuesta de un horno eficiente .....	81

5.6.2- Resultados del impacto ambiental negativo y social a partir de la propuesta del horno eficiente.....	86
5.7.- Manual de funcionamiento y mantenimiento .....	89
5.8.- Conclusiones del capítulo.....	95
CONCLUSIONES GENERALES.....	96
RECOMENDACIONES .....	97
BIBLIOGRAFÍA .....	98
ANEXOS.....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Diagrama de bloque del proceso de combustión.	27
Figura 3.2. Localización geográfica del barrio Pichaló.	30
Figura 3.3. Horno tradicional de la zona de Pichaló.	31
Figura 3.4. Coordenadas según GPS GARMIN.	32
Figura 3.5. Equipo de posicionamiento global GARMIN	33
Figura 3.6. Vista panorámica del sector y tipo de eucalipto (Glogulos Labill) perteneciente a la zona de estudio	34
Figura 3.7. Sitio “A” según el sistema de posicionamiento global; patio de la vivienda representativa del objeto de estudio.	35
Figura 3.8. Ubicación geográfica de los puntos “A” y “B”, vivienda representativa e inicio delimitante de la población en estudio respectivamente.	35
Figura 3.9. Residuos madereros alternativos usados como fuente de energía.	36
Figura 3.10. Prensa para la compactación de la muestra.	37
Figura 3.11. Bomba calorimétrica de GALLENKAM.	38
Figura 3.12. Termómetros digitales.	38
Figura 3.13. Presión de oxígeno	38
Figura 3.14. Alambre conductor para la quema de la muestra.	39
Figura 3.15. Acido benzoico.	39
Figura 3.16. Colocación de una gota de agua en el interior de la bomba calorimétrica.	40
Figura 3.17. Peso de la muestra maderera sacado de la albura y duramen del eucalipto.	40
Figura. 3.18. Llenado de agua en el calorímetro.	41

Figura 3.19. Registro de datos de la elevación de la temperatura durante la combustión.	41
Figura 3.20. Analizador de gases Nextech, modelo NGA-6000.	41
Figura. 3.21. Colocación correcta del analizador de gases para toma de datos de la quema del eucalipto.	43
Figura 3.22. a) Masa de la muestra más cartón 200 g; b) Masa del cartón sin la muestra 100 g y c) albura y duramen del eucalipto para análisis de gases.	44
Figura 3.23. Estrategias de solución para un horno eficiente.	49
Figura 4.1. Interpretación gráfica de los resultados del uso de leña en el barrio Pichaló.	51
Figura 4.2. Interpretación gráfica de la utilización de la leña como fuente de energía en el barrio Pichaló.	52
Figura 4.3. Representación gráfica de la frecuencia de uso de leña y gas licuado de petróleo en las viviendas del sector de estudio.	54
Figura4.4. Representación gráfica del tipo de biomasa utilizada en el barrio Pichaló.	55
Figura 5. 5. Representación gráfica de complicaciones en la salud del barrio Pichalo originado por la quema de biomasa vegetal.	56
Figura4.6. Representación gráfica del número de habitantes por vivienda Fuente: Moradores del barrio Pichaló.	57
Figura 4.7. Representación gráfica de la aceptación total para un cambio de horno en las viviendas que poseen hornos tradicionales.	58
Figura 4.8. Representación gráfica de la pregunta 8 de la encuesta.	59
Figura 4.9. Densidad forestal de biomasa localizada en el Barrio Pichaló.	61
Figura 4.10. Quema completa del eucalipto sin humedad, obteniéndose el poder calórico superior. a) porta muestras; b) cilindro de la bomba calorimétrica libre de vapor.	64
Figura 4.11 a) Diferenciación del capulí ( $\alpha$ -tono oscuro) y el eucalipto ( $\beta$ -tono claro), b) quema total de la muestra de capulí.	66
Figura 4.12. a) Residuo producto de una combustión incompleta y b) Condensación de agua por una muestra húmeda, obteniéndose el poder calórico inferior.	66
Figura 4.13. Representa el análisis del muestreo experimental.	69
Figura 4.14. Representa el poder calórico de las muestras en las tres corridas experimentales.	69
Figura 4.15. Pantalla del analizador de gases utilizado para gases de combustión.	71

Figura. 4.16. Combustión completa e incompleta de la leña.	72
Figura 4.17. Proceso de las pérdidas de calor para un horno a través del ANSYS	73
Figura 4.18. Forma geométrica del horno doméstico a) vista frontal, b) vista lateral de un horno.	73
Figura 4.19. comportamiento de las perdidas de energía del horno tradicional a partir de la simulación con ANSYS.	74
Figura 4.20. Modelo geométrico básico de un horno, con recubrimiento de lana de roca.	75
Figura 4.21. Flujo de calor exterior.	75
Figura 4.22. Pérdida energía en el orificio de chimenea en 1seg. para el espesor de 8, 10, 12, 14 cm.	76
Figura 4.23. Temperatura en el exterior del horno con el recubrimiento de diferentes espesores de lana de roca.	76
Figura. 4.24. Perdida energetica de un horno tradicional de ladrillo en relación a un horno cilindrico recubierto con lana de roca.	77
Figura 5.1. Tendencia del costo económico de las perdidas en relación al espesor de la lana de roca.	84
Figura 5.2. Análisis de costo de la lana de roca en función de su espesor.	84
Figura 5.3. representación gráfica de los diferentes costos de perdidas y materiales para la construcción del horno para un poder calórico de 15000 kJ/kg.	85
Figura 5.4. Corte del eucalipto empleando la técnica del Tallar en el sitio, se lo realiza a una altura de 15 cm de la base para evitar los hongos.	88
Figura. 5.5. a) Preparación del tambor para la cámara del horno, b) montaje de las rejillas interiores, c) forma del horno portátil.	91
Figura 5.6. Forma del recubrimiento del tambor con lana de roca según el tamaño requerido.	91
Figura 5.7. Primera encendida del horno para que no altere el sabor en los alimentos.	92
Figura 5.8. Modo de introducir la biomasa vegetal por el frente del horno y acomodándola a la izquierda y derecha de la base.	93
Figura 5.9. Coccion de alimentos rápidos domésticos a) pizza y b) pan.	94
Figura 5.10. a) Cobertura de pintura para evitar la oxidación y envejecimiento exterior del horno. b) Cepillos metálicos suaves para la limpieza del horno.	95

## ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

Tabla 3.1. Frecuencia de fuente de energía para cocinar en el barrio Pichaló de Latacunga	31
Tabla 3.2. Especificaciones del modelo GERMI sistema de posicionamiento global GPS.	33
Tabla 3.3. Propiedades termo físicas principales de la lana de roca y acero para el dieño.	45
Tabla 4.1. Tabulación del uso de leña en el barrio Pichaló	51
Tabla 4.2. Tabulación de la utilización de la biomasa como fuente de energía.	52
Tabla 4.3. Tabulación de la utilización de leña y gas licuado de petróleo en las viviendas del barrio Pichaló.	53
Tabla 4.4. Tabulación de residuo maderero utilizado con frecuencia en el sector de Pichaló.	54
Tabla 4.5. Tabulación de los probables efectos de salud que ocasiona la quema de leña en el barrio Pichaló.	55
Tabla 4.6. Tabulación del número de integrantes que conforma una vivienda en el barrio Pichaló.	56
Tabla 4.7. Tabulación de la actitud en modernizar su horno actual.	57
Tabla 4.8. Tabulación del conocimiento sobre las sanciones por los daños ambientales producidas por la quema de leña o contaminación del aire.	58
Tabla 4.9 Cantidad de recurso maderero del barrio Pichaló refiriéndose a la zonificación 1, 2, 3, 4, 5 de las áreas 129 y 130 del mapa cartográfico de la figura 4.9.	61
Tabla 4.10. Poder calórico de la muestra del eucalipto seco.	63
Tabla 4.11. Se observa el valor obtenido en la bomba calorimétrica de una muestra de capulí que era de relevancia de la zona 4 anteriormente.	65
Tabla 4.12 Poder calórico del eucalipto con un porcentaje de humedad del 30% y una escases de oxígeno para la combustión.	66
Tabla 4.14. Determinación del poder calórico del capulí con muestra más compactada de lo normal.	68
Tabla 4.15. Análisis del muestreo experimental llevado a cabo en la investigación.	68
Tabla 4.16. Variación del poder calórico con leñas de distinta humedad.	70
Tabla 4.17. Gases producto de la combustión del eucalipto.	71

Tabla 5.1. Desglose de los costos fijos para la construcción de un horno eficiente	80
Tabla 5.2. costo de mano de obra para la construcción del horno eficiente.	80
Tabla 5.3. Personal involucrado con su grado de responsabilidad	81
Tabla 5.4 Comparación de costos de un horno relacionado con el espesor de su recubrimiento (aislante) y considerando el poder calórico del eucalipto promedio de 15000kJ/Kg.	83
Tabla 5.5. Cálculo del VAN del horno en función de la tabla 5.4.	86
Tabla 5.6. Horno tradicional vs. Horno Eficiente	86
Tabla 5.7. Dimensionamiento y presupuestos de los materiales para un horno eficiente que utiliza eucalipto como fuente de energía.	90
Cuadro N°1 Variable Independiente: Biomasa Vegetal	28
Cuadro N°2 Variable Dependiente: Potencial energético	29

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito caracterizar la biomasa vegetal del barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga que sirve como fuente de energía para la cocción de alimentos en hornos tradicionales, proponiendo el diseño de un horno capaz de aprovechar eficientemente la energía de la biomasa vegetal, reduciendo el impacto ambiental negativo y social de sus pobladores. En cuanto a la estructura de la tesis, los capítulos, están estructurados de la siguiente manera:

En el Capítulo 1, se analiza el Problema de Investigación, se realiza la contextualización a niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación y se enuncian los objetivos.

En el Capítulo 2, se señalan el marco teórico, antecedentes investigativos en los que se describen opiniones y explicaciones de la problemática planteada en este trabajo de investigación; así como también, conceptualización y las fundamentaciones respectivas en las que se especifican las orientaciones teóricas correspondientes, relacionado con el horno doméstico eficiente y la biomasa vegetal.

En el Capítulo 3, se presenta la metodología para realizar la investigación: el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos a utilizar. Además, se declara la población o universo y se determine la muestra para aplicar los instrumentos de recolección de información.

En el Capítulo 4, se presentan el análisis de resultados de los datos obtenidos por los instrumentos aplicados a través de tablas y gráficos estadísticos generados a partir de la información recolectada y tabulada.

En el Capítulo 5, se plantea la propuesta, el diseño de un horno con el análisis económico e impacto ambiental negativo que pudiere ocasionar al aprovechar eficientemente el eucalipto como biomasa energética motivando a la población a su buen uso y cuidado. Finalmente se formulan las conclusiones y recomendaciones pertinentes basadas en los resultados de la investigación.

## **CAPITULO I: EL PROBLEMA**

En el presente capítulo se analiza el problema de Investigación, se realiza la contextualización a niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación y se plantean los respectivos objetivos.

### **1.1- Antecedentes del Problema**

El uso de la biomasa vegetal como combustible en las distintas actividades comunitarias constituye una alternativa de energía bastante longeva, data desde el propio desarrollo de la humanidad, debido a que ha estado ligada a su uso, inicialmente nuestros antepasados la usaron como elemento de protección asociado al descubrimiento del fuego para así poder defenderse de los ataques de animales, luego su uso se proliferó en la cocción de los alimentos que ha perdurado hasta nuestros días.

En las zonas rurales de Latacunga, en especial en el barrio Pichaló se utiliza gas licuado de petróleo y residuos madereros como un combustible alternativo en sus labores cotidianas, el uso de algún tipo de biomasa vegetal en este sector comunitario es usado fundamentalmente de forma tradicional, a partir de la transferencia de conocimiento ancestral de los habitantes de esta región, lo cual en tal sentido puede provocar enfermedades pulmonares obstructivas crónicas por el humo, emisión de contaminantes al medio ambiente, así como notables niveles de consumo y tala de árboles.

Para ello se abordará en la investigación la problemática de la biomasa vegetal del sector como combustible alternativo para hornos de cocción lenta desde la perspectiva del buen vivir comunitario y la conservación de los recursos naturales de la zona rural de Latacunga.

Este trabajo hace referencia al estudio de la biomasa vegetal a ser utilizada en el diseño de un horno eficiente para cocción lenta.

En todos los países existen lugares donde se utiliza algún tipo de biomasa vegetal por cualquier razón (cocción y calefacción) y en estos sitios se han ingeniado de alguna manera para hacerlos más eficientes, la idea es aplicar este tipo de combustible de mejor poder calórico como fuente de energía en el diseño de un

horno para cocción lenta, determinando un modelo por simulación en el que intervendrán aspectos teóricos de la transferencia de calor.

Se pudo verificar en las primeras visitas que se realizó a la zona de influencia, que las condiciones referentes al medio no son las más favorables en el uso de hornos y fogones tradicionales.

Al informarse de la propuesta de un horno para cocción lenta más eficiente y que mejorarán las condiciones de salud y medio ambiente los habitantes de Pichaló mostraron una actitud positiva con respecto a la ejecución de este proyecto.

El análisis costo beneficio se le puede ver a corto tiempo, puesto que las reservas madereras de los campos son actualmente abundantes y el proyecto funcionaría sin destruir la naturaleza únicamente utilizando la poda como medio de conseguir material a quemarse.

Por siglos se ha utilizado la práctica de quema de madera para fines de cocción y esto va a seguir por muchos años más, debido a factores como nuestra cultura, historia, tradición, poblacional, arte culinario, estético - arquitectónico (haciendas, hosterías y asaderos).

Con la investigación se da un vistazo a las enfermedades propiciadas por la quema de este tipo de biomasa en el uso de fogones y hornos caseros tradicionales.

Entenderemos por Bioenergía a la que se obtiene a partir de los combustibles que se derivan de materias de origen biológico o biomasa. Aunque el término es relativamente nuevo, los materiales biológicos han sido utilizados como fuente de energía desde inicios de la civilización.

El desarrollo de la humanidad ha estado ligada a su uso, primero como elemento de protección, al descubrir el fuego y defenderse con él del ataque de animales, posteriormente fue utilizado para la cocción de los alimentos, además con la madera también se elaboraban armas y herramientas de labranza así como también de construcción (Parra, 2012).

Se tratará lo relacionado con los tipos de biomasa vegetal que se utilizan actualmente, por qué se utiliza, la cantidad y frecuencia en cada época del año;

con el objeto de determinar el poder calórico del material idóneo a quemarse y diseñar un horno adecuado.

Se relacionará el costo beneficio con la cantidad de (kg) de biomasa vegetal que se utilice para determinada cocción de algún alimento en horno tradicional y se lo comparará con el nuevo horno eficiente.

La debilidad más notoria, personal y poblacional, es el desconocimiento de las normas ambientales, permisos de quema de biomasa vegetal y todo lo referente a este tema.

Una de las realidades mundiales es la cocción con residuos madereros, que van desde la misma necesidad de alimentarse hasta darle un uso artesanal e industrial.

En la investigación se propone, a través de la eficiencia energética del horno a diseñar, reducir el impacto negativo en salud y medio ambiente al utilizar la biomasa en la cocción lenta de alimentos domésticos en el barrio Pichaló.

Sin dejar de respetar tradiciones ancestrales del uso de eucalipto y centrando todos los esfuerzos de este proyecto en los beneficios de un uso eficaz de la biomasa, que se utilice una vez determinada la caracterización de la misma, se obtendrá como resultado una propuesta innovadora de cocción de alimentos.

Si se desconoce las características que posee la biomasa vegetal existente en el sector y no se controla la utilización de recursos madereros seremos los causantes de activar los problemas de salud y medio ambiental de la región, más aún si se eliminaría el subsidio al gas licuado de petróleo (GLP) la población de extrema pobreza volvería a utilizar sus fogones y hornos tradicionales sin el conocimiento de su eficiente uso.

La investigación de las características de ciertos residuos madereros como el eucalipto, utilizados en la quema, los hábitos de cocción y procedimientos nuevos en una propuesta de un innovador horno serán factores que mejorarán el diario vivir de la población rural de Latacunga.

La presente investigación hace referencia a la utilización del eucalipto como fuente de energía, para diferentes tipos de hornos que se pueden presentar en el barrio Pichaló, de éstos, concentraremos el esfuerzo en el diseño y eficiencia de un horno doméstico, partiendo de la investigación de las propiedades energéticas del eucalipto, dichos

resultados aportarán al diseño múltiples funciones y sería visualmente atractivo, estético y de bajo impacto ambiental, basándose en materiales que mejoren el diseño y que sean fáciles de conseguir en el medio.

### **1.2- Formulación del Problema**

Ineficiencia en el aprovechamiento del potencial energético de la biomasa vegetal en los hornos domésticos del Barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga.

### **1.3- Objeto de estudio**

Horno doméstico de biomasa vegetal.

### **1.4- Justificación de la Investigación**

Existe un porcentaje considerable de habitantes del Barrio Pichaló de Latacunga que utiliza residuos madereros para la cocción diaria de alimentos, acarreado consigo posibles problemas de sostenibilidad del potencial de biomasa, además ocasionando contaminación al ambiente y enfermedades provocadas por efectos del humo.

Además se pretende mejorar las condiciones de vida sin que se sientan marginados del resto de vecinos.

La población que actualmente utiliza la residuos de maderas como fuente de calor para cocción de alimentos se vería interesada con esta propuesta de mejora de condición de vida, puesto que se les indicaría los beneficios tanto económicos, de salud, estéticos, medio ambientales y comerciales.

El presente trabajo propone recopilar información real y segura de las características de los recursos madereros existente en la zona, información que puede ser tomada como referencia para estudios del tipo de nivel de vida y enfermedades de la población involucrada con este proyecto.

Con la nueva propuesta de un horno doméstico eficiente de cocción lenta, se tendrá un manual básico de construcción para quienes quieran beneficiarse de este estudio.

Se propone la alternativa de biomasa vegetal para la combustión, asegurando la mejora de la calidad en la cocción doméstica y artesanal de alimentos.

Con la investigación se persigue determinar como la biomasa contamina menos y su poder calórico, a través de fuentes bibliográficas y experimentos de laboratorio.

El proyecto en mención se basa en la selección de muestra de la biomasa más idónea para la cocción y la propuesta de diseño de un horno doméstico eficiente, capaz de satisfacer las necesidades de la población con menor recurso maderero, mejorando la vida de la población en estudio, mediante el control de diferentes tipos de enfermedades ocasionadas por la quema de biomasa vegetal.

La fortaleza de este proyecto es la factibilidad, pues los recursos que se estima invertir son moderados y de fácil obtención en el medio donde se aplicaría, al alcance de la economía de las familias de la zona rural, los habitantes de esta comunidad tienen la biomasa como un recurso casi inagotable, de ahí que la amenaza que se estima encontrar es el miedo al cambio de sus antiguos hornos a uno más eficiente, ya sea por cultura, tradición e interés.

Se conoce que: la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> asociada a la implementación de una estufa mejorada, está determinada por su capacidad de disminuir el consumo de leña procedente de una fuente cuya capacidad de autoregeneración podría estar por debajo de la tasa de extracción, lo cual establece si dicha actividad se realiza sobre una base sostenible o no (Aristizabal, 2008).

Lo anterior estipula que tan renovable es la leña que se recolecta en un área geográfica en particular. En una situación de sostenibilidad del recurso, la cantidad de leña consumida en determinado lugar debería ser menor o igual a la cantidad de biomasa leñosa que se produce en dicho sitio; mientras que la condición de insostenibilidad se presenta cuando la extracción de leña está por encima de la capacidad de autoregeneración de dicho recurso. Esto se conoce como el estatus de renovabilidad de la biomasa (Aristizabal, 2008).

Cuando la renovabilidad es positiva, las emisiones de dióxido de carbono que producen las estufas se consideran neutrales puesto que ni añaden ni sustraen carbono del ciclo natural de este biogeoelemento, dado que la misma cantidad de

carbono liberado en la combustión, será recapturado por la vegetación en crecimiento.

De otro lado, si se cosechan más árboles de los que se desarrollan en determinado sitio, el CO<sub>2</sub> liberado por la combustión de la biomasa vegetal no podrá ser recapturado por la vegetación, convirtiéndose en un gas de efecto invernadero, por lo que se considera que la renovabilidad es negativa.

Esto necesariamente implica que solo una fracción de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por la combustión de la leña sería considerada como gases de efecto invernadero.

De acuerdo a proyecciones efectuadas por la Agencia Internacional de Energía (IEA), la leña seguirá siendo el principal combustible de calefacción y cocción de alimentos para una tercera parte de la población mundial ubicada en los países subdesarrollados, durante los próximos 20 años. (Wikipedia 2010)

Debido al bajo poder adquisitivo de las economías rurales de subsistencia, no se contemplan posibles transiciones hacia fuentes energéticas más modernas.

Los bajos ingresos de las comunidades rurales sumado a la circunstancia de que la leña es percibida como un bien gratuito y fácilmente disponible, hacen prever la dependencia que seguirán teniendo dichas comunidades por este recurso energético.

El presente proyecto impacta alentadoramente a la población involucrada, con el incremento del auto estima del barrio, administrarían mejor sus ingresos económicos ya sea por disminuir los recursos que se gastaban en enfermedades o simplemente en el aspecto comercial por llevar el sello “hecho a leña”.

Además los estamentos de gobierno que podrían ser alertados con este proyecto podrían ser:

- Ministerio del ambiente.
- Ministerio de salud.
- Cuerpo de bomberos.

- Departamento del ambiente del Gobierno autónomo descentralizado del cantón Latacunga (GAD)

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar un horno doméstico eficiente en base a la caracterización del potencial energético de la biomasa vegetal en el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga.

### **1.5.2. Campo de acción**

La eficiencia en la combustión de la biomasa vegetal en los hornos domésticos del barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga

### **1.5.3- Objetivos Específicos:**

1. Analizar las referencias bibliográficas relacionadas con el uso eficiente de la biomasa vegetal y su utilización en hornos domésticos.
2. Identificar el tipo de biomasa y residuos madereros, en el sector de Pichaló.
3. Determinar el poder calórico que puede entregar la biomasa seleccionada de la zona.
4. Establecer la eficiencia energética de los hornos utilizados actualmente en el barrio.
5. Determinar el porcentaje de gases contaminantes producto de la quema de la biomasa seleccionada.
6. Establecer los parámetros de eficiencia energética y sustentabilidad de la biomasa.
7. Fijar la pre factibilidad del diseño y la reducción del impacto medio ambiental negativo.

8. Realizar la propuesta de un horno eficiente doméstico para la población de Pichaló.

### **1.6. Hipótesis**

La caracterización de la biomasa vegetal y la propuesta del diseño de un horno eficiente validado mediante la simulación y el análisis de pre factibilidad, permitirá un mejor aprovechamiento de su potencial energético, así como la reducción del impacto ambiental negativo generado por la quema tradicional de residuos madereros en los habitantes del barrio Pichaló de Latacunga.

### **1.7. Conclusiones del capítulo**

- Se determinaron los principales elementos estructurales del diseño de la investigación, permitiendo con ello centrar las líneas primordiales de trabajo para el desarrollo de la tesis.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se evalúa el marco teórico, antecedentes investigativos en los que se describen opiniones y explicaciones de la problemática planteada en este trabajo de investigación; así como también, conceptualización y las fundamentaciones respectivas en las que se especifican las orientaciones teóricas correspondientes.

### **2.1. Antecedentes**

El género *Eucalyptus*, con sus más de 700 especies y variedades, es originario de Australia y algunas islas circundantes en Indo Malasia (Indonesia, Filipinas, Guinea, Timor) habiéndose difundido a todos los continentes, siendo Sudamérica la de mayor magnitud a nivel comercial. (Acosta, 2005).

Si bien las introducciones de eucalipto en parte del Cono Sur (Argentina, Brasil, Uruguay y Chile) datan del siglo pasado, recién avanzado el siglo XX comenzó su difusión, siendo la década del 70 el punto de inflexión en cuanto al ritmo de plantación a nivel comercial. En Brasil toma auge la forestación debido a la crisis energética, y en Argentina toma impulso merced al fomento de las plantaciones mediante desgravaciones impositivas (Luengo, 1995).

En Uruguay el desarrollo es un tanto más reciente, las primeras plantaciones fueron de eucaliptos colorados y recién en la década del 90 se produce avance importante en las plantaciones principalmente con eucaliptos más claros, en tanto en Paraguay el desarrollo es aún más reciente, también comenzando con colorados, siendo que las últimas plantaciones se vuelcan a los del tipo Grandis.

En Chile el inicio del eucalipto fue debido a su empleo como puntales en las minas, principalmente de carbón, también ha adquirido importancia en cuanto a conversión mecánica y celulósica (Luengo, 1995), pero en este caso la especie predominante es *Eucalyptus Glóbulus*, pareciendo actualmente *Eucalyptus Nitens*, ambos de maderas claras.

Últimamente el eucalipto va siendo incorporado en zonas más cercanas al Ecuador, como es el caso de Perú, Venezuela, Colombia, Ecuador, Cuba y Costa

Rica, y desde hace ya algunos años se le cultiva en EE UU (principalmente Florida y California) con fines energéticos (Acosta, 2005).

En el curso de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo en septiembre de 2002. Se mencionó que: “unos tres mil millones de personas en el mundo queman carbón y combustibles de biomasa tradicionales (como leña, estiércol y residuos de cosechas) en locales cerrados para cocinar y calentar sus viviendas y se prevé que para el año 2020 esta cifra habrá aumentado de forma considerable” (Cumbre, 2002).

En Cuba, el uso de la leña y el carbón para la cocción de alimentos y otros fines siempre ha tenido cierta presencia, principalmente en las zonas rurales. El suministro de combustible doméstico al sector residencial de Cuba, desde 1959, ha constituido una prioridad para el Estado.

Anualmente, las necesidades de las áreas urbanas son cubiertas a partir de kerosén, alcohol y GLP, mientras los residentes en las zonas montañosas recibían los dos primeros energéticos. A partir de la década de 1990, con la caída del campo socialista, se agudizó la escasez de combustibles convencionales, al perder el país cerca del 90 % de sus mercados. La infraestructura tecnológica del sector residencial para la cocción de alimentos, como es lógico, se sustentaba en dispositivos de cocción que empleaban los referidos combustibles, por lo que el acceso masivo a la biomasa forestal como sustituto de los combustibles tradicionales se realizó empleando dispositivos rudimentarios poco eficientes (Cuza, 2007).

En Costa Rica el uso doméstico de la leña como fuente de energía ha disminuido considerablemente en los últimos años. Actualmente se limita a zonas muy rurales y no es la fuente primordial en los hogares, se maneja más como una segunda alternativa; sin embargo, ha crecido el interés por explorar no solo la leña sino que en general todo lo que representa biomasa (Bonilla, 2011).

También se suma el comentario de la Organización Mundial de la Salud que dice: “El uso generalizado de estos combustibles provoca la muerte prematura de aproximadamente 1,6 millones de personas cada año debido a la inhalación de

grandes cantidades de humo siendo las mujeres y los niños los más afectados” (OMS, 2012).

Frente a este problema, las organizaciones y los gobiernos fundadores lanzaron la Alianza para Aire Limpio en Interiores (descrito aquí como PCIA por sus siglas en inglés, "*Partnership for Clean Indoor Air*").

Reportes relevantes relacionados al tema de investigación dan valores de poder calorífico superior en árboles de *Eucalyptus* de 10,5 años de edad y de diversas procedencias como:

- £<sup>1</sup> *camaldulensis* var obtusa 5085 cal/g,
- £ *cithodora* 4718 cal/g,
- £ *doeziana* 4437 cal/g,
- £ *grandis* 4340 cal/g,
- £ *maculata* 4364 cal/g,
- £ *microcorys* 4823 cal/g,
- £ *pellita* 4537 cal/g,
- £ *pllularis* 4548 cal/g,
- £ *propinquavar. propinqua* 4888 cal/g,
- £ *sallgna* 4633 cal/g,
- £ *tereticornis* 4378 cal/g
- £ *urophylla* 4312 cal/g (Pereira, 2000).

Resultados similares se centran al estudio de un árbol de tres especies de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus robusta* y *Eucalyptus saligná*) de siete años de edad, procedentes de la plantación experimental de Crisoba Industrial S. A. Planta Morelia. Se tomaron muestras de cada árbol a dos alturas, las cuáles se separaron en zonas (albura y duramen)<sup>2</sup> para realizar el análisis químico, determinando las

---

<sup>1</sup> £.- Identifica a la palabra eucalipto, tratado de esta manera en las bibliografías consultadas.

<sup>2</sup> Albura: Capa blanda y blanquecina que se halla inmediatamente debajo de la corteza en los troncos y los tallos leñosos.

propiedades químicas: pH, contenido de cenizas, solubilidad de sustancias extraíbles (en solventes de polaridad ascendente y agua caliente), cuantificación de lignina, y de holocelulosa. Se realizó también la identificación y cuantificación de azúcares presentes en la madera. Una vez terminado el análisis químico se llevó a cabo la determinación de poder calorífico en harina sin extraer y harina libre de extractos de albura y duramen (Coello, 2008).

La investigación realizada en Guayaquil sobre las biomásas, se determinó que presentan relativamente altos niveles de minerales, por ende las cenizas de estas biomásas generan potenciales problemas por la formación de incrustaciones en las superficies internas del horno y la caldera (Toscano, 2009).

En algunas ciudades de Chile cerca del 70% del mercado de la leña es informal, es decir, se transa sin pagar impuestos ni respetar la normativa forestal. Actualmente cerca de un 90% de la madera que actualmente sale del bosque nativo es utilizable sólo como leña (INFOR, 2006).

Estudios señalan que sólo un 3% de los bosques nativos que se intervienen anualmente se manejan con criterios silviculturales apropiados (Venegas, 2009).

Estudios inherentes con la salud medioambiental en la Universidad de California; Berkeley (Estados Unidos), analiza la combustión incompleta de leña en los hogares produce un humo dañino para la salud humana; unos fogones eficientes y una adecuada ventilación son esenciales. Se define que la combustión incompleta libera pequeñas partículas de otros componentes cuya nocividad para la salud humana en el ambiente del hogar se ha demostrado. Sin embargo, es muy poco lo que se sabe para poder distinguir las diferencias en los efectos sobre la salud del humo de las diversas clases de biomasa (Smith, 2010).

La biomasa es un recurso energético atractivo por varias razones:

Recurso renovable, desarrollo sustentable, ambientalmente amistoso, carbono neutral, potencial económico significativo: frente a un aumento de precio por combustibles fósiles en el futuro (González, 2010).

---

**Duramen:** Parte central, más seca, compacta y oscura, del tronco y de las ramas gruesas de un árbol.

Gran versatilidad de la biomasa como recurso energético: variedad de materiales convertibles en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos utilizando procesos biológicos y termoquímicos de conversión. Sin embargo conversión es más compleja comparado con la energía eólica, solar.

### **Sobre hornos domésticos:**

Las tecnologías culinarias y los ámbitos domésticos han sido uno de los espacios tradicionalmente utilizados por innumerables asentamientos comunitarios. La atención a esos espacios domésticos, a las tecnologías culinarias y a las comidas cotidianas brinda una historia rica en tradiciones. La variedad de hornos y platos de hornear en los contextos domésticos sugiere un amplio uso de éstos para cocinar y hornear, favoreciendo el consumo de los alimentos en las comunidades rurales de los distintos países y específicamente los latinoamericanos. En el proceso evolutivo de la humanidad los hornos de leña jugaron un rol fundamental como vía de cocción de alimentos.

Pese a que el horno de leña es una creación milenaria, el paso de los años no ha hecho mayores modificaciones en él. En nuestro país aún se conservan las técnicas de elaboraciones básicas y artesanales, lideradas por campesinos, en zonas rurales, quienes son tradicionalmente reconocidos por sus conocimientos empíricos en el tema.

El funcionamiento del horno de leña es sencillo: consiste en mantener un ciclo en el que se alimenta una llama con oxígeno, inyectado por una boquilla frontal, la cual posteriormente se convierte en humo y finalmente se expulsa por un conducto ubicado en la parte superior o chimenea.

### **Clasificación de hornos de leña:**

- **Hornos de leña domésticos:** son ideales para fincas y casas de campo. Conservan menor cantidad de calor que los profesionales y, por lo general, miden entre 60 cm y 1 metro de altura.
- **Hornos de leña profesionales:** diseñados para restaurantes, poseen una capacidad refractaria mayor a la de los hornos domésticos y no requieren de una gran llama para alcanzar altas temperaturas.

- **Hornos de fuego continuo:** están divididos en dos cámaras: fuego y asados. Son muy prácticos porque, aun cuando se estén cocinando alimentos, se puede agregar más leña o retirarla, en los casos en los que sea necesario.
- **Hornos profesionales de fuego continuo:** están fabricados totalmente con acero inoxidable y también tienen la cámara de fuego y la de asados independientes. Después de 12 horas de inactividad, pueden mantener una temperatura entre los 150 y 200 °C, por lo que el tiempo de calentamiento se reduce a menos de 30 minutos.

Según las bibliografías consultadas son necesarios algunos factores técnicos económicos importantes para el diseño de un horno eficiente, estos son:

- Que disminuya el consumo de biomasa vegetal.
- La chimenea deberá sacar el humo sin retorno.
- La combustión deberá generar menos humo.
- Fácil de limpiar.
- Portátil– móvil.
- Fácil de encender y mantener encendida.
- Fácil de controlar.
- En cuanto a la seguridad, se garantizará que no existe calor en las superficies laterales.
- La base deberá ser firme.
- Su costo deberá ser adaptable al medio y opcionalmente se utilizará de materiales de desecho.
- Poco espacio de instalación.
- Estéticamente atractivo, novedoso, genera estatus y fácil de usar.

## 2.2. Fundamentación Teórica

El método para la estimación de los valores de la proporción exceso de aire ( $\lambda$ ) que permite disminuir la temperatura adiabática de llama, se lo denomina método

termodinámico; pero existen otros métodos para reducir la temperatura adiabática de llama, que en sí están en función del diseño interno del horno, el cual utiliza la transferencia de calor (Acosta, 2005).

Se consideran que las partículas en suspensión son el problema de contaminación ambiental más severo, por sus graves afecciones al tracto respiratorio y al pulmón. Las PM10 están detrás de numerosas enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, y cánceres de pulmón. Por otro lado, los estudios sobre efectos a largo plazo han estimado que la exposición a partículas en suspensión puede reducir la esperanza de vida entre varios meses hasta dos años (Wikipedia, 2010).

La biomasa vegetal que no arde debidamente convirtiéndose en dióxido de carbono da lugar a productos de combustión incompleta: básicamente monóxido de carbono, pero también benceno, butadieno, formaldehído, hidrocarburos poli aromáticos y muchos otros compuestos peligrosos para la salud.

Se piensa que el mejor indicador de peligro para la salud causado por el humo de combustión son las pequeñas partículas, que contienen muchas sustancias químicas.

El valor calorífico de una madera depende mucho de la especie y de la parte del árbol aprovechada, así como también depende de otros factores tales como el contenido de humedad, el tamaño de las partículas, el tipo y eficiencia del equipo de combustión entre otros (FAO, 1991).

La densidad de la madera no influye en forma directa sobre el poder calórico, para un porcentaje de humedad igual, un volumen dado de madera densa tiene un poder calórico más elevado que una madera más liviana.

Pero por el contrario si no se considera las materias extraíbles que puedan estar presentes, un peso dado de madera a un cierto contenido de humedad dará más o menos la misma cantidad de calor sea ésta una madera densa o liviana. La única diferencia es que las maderas duras queman más lentamente.

Un mismo peso de madera no da forzosamente un mismo número de calorías en un tiempo dado (Uceda, 2011).

### **2.3. Marco legal vigente**

Las Guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS), constituyen el análisis más consensuado y actualizado sobre los efectos de la contaminación en la salud, y recogen los parámetros de calidad del aire que se recomiendan para reducir de modo significativo los riesgos sanitarios.

Dichas guías señalan que una reducción de la contaminación por partículas (PM<sub>10</sub>)<sup>3</sup> de 70 a 20 microgramos por metro cúbico permite reducir en aproximadamente un 15% las muertes relacionadas con la calidad del aire (OMS, 2008). (Anexo 4)

En Quito, la ventanilla ambiental se establece por la ya muy conocida Ordenanza 2910, enmendada por una ordenanza sustitutiva a partir de un registro oficial emitido el 26 de noviembre del 2000.

A partir de marzo del 2001, las industrias ecuatorianas deben adquirir un permiso por cada fuente de descarga de efluentes y por cada emisión al aire, para lo cual hay que cumplir con una serie de requisitos, entre los que se encuentra la caracterización de dichas emisiones y descargas. Esto obliga a las empresas a autoevaluarse y a realizar planes más acordes con su realidad.

Estos informes se presentan dos veces al año y deben ir acompañados con planes de contingencia y mecanismos para descontaminar los líquidos y el aire que sale al ambiente (Quito, Código Municipal, 1999).

#### **2.3.1. Ordenanza para la prevención y control de la contaminación por desechos industriales, florícolas y de servicios en el cantón Latacunga**

Que, la Constitución Política de la República, en su artículo 86, numeral 2, declara de interés público la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación ambiental.

- **Art. 5.- CONTAMINACIÓN DEL AIRE.-** Se regulan también por esta norma, toda emisión hacia la atmósfera producida por fuentes fijas de contaminación. Para ello, se observarán las normas de calidad estipuladas

---

<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>: Partículas Sedimentables. Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones.

en esta Ordenanza y su Instructivo General de Aplicación, así como por las contenidas en el “Reglamento que establece las normas generales de emisión para fuentes fijas de combustión y los métodos generales de medición” (Ac. Min. No. 883, R.O. No.303, 25.09.93) y el “Reglamento que establece las normas de calidad del aire y sus métodos de medición” (Ac. Min. No. 11338-A, R.O. No.726, 15.07.91).

- **Art. 25. FONDO AMBIENTAL.**-Mediante esta Ordenanza se crea el Fondo Ambiental para incentivar la protección ambiental. Este fondo recibirá el 50% de los ingresos que obtenga el municipio por la aplicación de multas a los infractores de esta Ordenanza, y se destinará a: Subvencionar las campañas de difusión y promoción de cumplimiento de la Ordenanza; así como las de educación y concientización ambientales de la población; Financiar proyectos tendientes a incentivar la utilización de tecnologías limpias en los procesos productivos de los establecimientos que se ajustan a las normas de esta Ordenanza. Otras actividades afines, propuestas por el DCA, la Comisión Ambiental o el Alcalde.

El Fondo Ambiental será administrado por una comisión especial conformada por el Director Financiero del Municipio o el técnico al que delegue, quienes la presidirán y serán el voto dirimente, el Jefe del DCA y un vocal designado por la Comisión Ambiental. Se reunirán a pedido del presidente o de la mayoría simple de sus miembros, y, en todo caso, lo harán obligatoriamente dentro de la primera semana del primer mes, en que se inicie un nuevo período anual del gobierno municipal, y decidirán, en porcentajes, el destino que le dará al Fondo Ambiental.

El Ilustre Concejo Cantonal de Latacunga considerando:

Que el Artículo 10 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos;

Que el Artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir;

Que el Artículo 15 de la Carta Magna, dispone que es deber del Estado promover el uso de tecnologías ambientalmente limpias;

Que el Artículo 83 de la Norma Constitucional señala que es deber y responsabilidad de las ecuatorianas y ecuatorianos respetar los derechos de la naturaleza; redacta la ordenanza del sistema integral de manejo de residuos sólidos domésticos, comerciales, industriales peligrosos y biológicos potencialmente infecciosos.

#### **2.4. Definición de Términos Básicos**

Para un mejor entendimiento de la investigación es necesario definir algunos términos y palabras claves que permitirán al lector comprender la necesidad de investigación, el estudio realizado y la prospectiva que se espera alcanzar en aras de una mejor calidad de vida del sector en estudio.

- **BIOMASA VEGETAL:** En términos energéticos, se puede utilizar directamente, como es el caso de la leña, o indirectamente en forma de los biocombustibles (nótese que el etanol puede obtenerse del vino por destilación): 'biomasa' debe reservarse para denominar la materia prima empleada en la fabricación de biocombustibles.
- **BIOENERGÍA:** Es la energía obtenida a partir de los combustibles que se derivan de materias de origen biológico o biomasa.
- **PODER CALÓRICO:** 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 (Mcal/kg). La madera posee un poder calorífico de 4 Mcal/kg y el propano de 11 Mcal/kg.
- **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.

- **CHISPAS NO DESEADAS:** Son destellos de candela que se produce en maderas al no deja salir fácilmente el gas que se forma en el interior del leño. Por tanto puede pasar que el trozo de leña al calentarse, produzca una gran cantidad de gas que finalmente busque el camino hacia el exterior.

En esta estrepitosa explosión de gas, se expulsa un gran número de astillas ardientes que a veces pueden llegar a una distancia de varios metros.

- **LLAMA BUENA:** Es una característica de la madera de los árboles frondosos, deja salir con más facilidad el gas que se forma en el interior del leño. Por lo tanto se produce con menos frecuencia una expulsión de chispas.
- **ALBURA:** Capa blanda y blanquecina que se halla inmediatamente debajo de la corteza en los troncos y los tallos leñosos. Así se domina la madera nueva que está justo debajo de la corteza, puede llegar a contener hasta un 75% de agua. Además, la madera mojada desprende mucho humo y pocas llamas, ensuciando así tanto el hogar como el cristal y la chimenea.
- **DURAMEN:** Parte central, más seca, compacta y oscura, del tronco y de las ramas gruesas de un árbol.
- **APP:** *Technical Association of the Pulp and Paper Industry.*
- **ASTM E870:** Métodos de ensayo de análisis descritos en este documento pueden ser utilizados para el análisis inmediato, el análisis final, y la determinación del valor calórico bruto de combustibles de madera.
- **NOM-009-ENER-1995,** Norma Oficial Mexicana, "Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales."
- **EUCALYPTYS CITRIODORA:** Es una especie arbórea de hasta 50 m de altura, oriunda del este templado y tropical de Australia. Se le conoce popularmente como "eucalipto olor de limón", "eucalipto limón" y

"eucalipto moteado". De hecho, el nombre *Corymbiacitriodora* se deriva del latín citriodorus, que significa olor a limón. (Wikipedia, 2010)

- **EUCALYPTUS SALIGNA:** Es una especie botánica de árbol australiano de madera dura; endémico de Nueva Gales del Sur, Queensland. Es común su plantación para madera en Australia, Sudáfrica, Sudamérica.
- **REFRACTARIOS:** Son materiales que soportan altas temperaturas sin fundirse, soportan también la acción destructiva de gases y escorias líquidas ácidas o alcalinas en el proceso de fundición de metales. En el mercado existen ladrillos refractarios básicos neutros y ácidos.
- **REFRACTARIOS AISLANTES:** Son materiales que además de soportar temperaturas altas, ofrecen también resistencia al paso del calor, estos son: Ladrillos porosos o de baja densidad como el Kawool (manta cerámica) (Ceramics, 2010).
- **AISLANTES NO REFRACTARIOS:** Son materiales que resisten al paso del calor pero no soportan su acción fundente, dentro de estos materiales tenemos: Diatomita en polvo, asbesto, lana de vidrio, yeso, etc.
- **HORNOS CERÁMICOS:** Los hornos son equipos de calor que sirven para realizar el proceso de la cocción cerámica y el esmaltado a altas temperaturas. Son espacios o recintos cerrados y aislados en los que se puede almacenar grandes cantidades de energía térmica. La acumulación del calor es posible gracias a la acción de retención del calor que ofrecen las paredes refractarias y aisladas del horno.
- **RELACIÓN ESTEQUEOMÉTRICA:** Es la relación aire combustible, que determina la cantidad de oxígeno ideal para que se produzca una combustión completa de la sustancia.
- **CAPACIDAD CALORÍFICA:** La capacidad calorífica de un cuerpo es el cociente entre la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en un proceso cualquiera y el cambio de temperatura que experimenta. En una forma menos formal es la energía necesaria para aumentar una unidad de temperatura (SI: 1 Kg) de una determinada

sustancia. Es una propiedad extensiva, ya que su magnitud depende, no solo de la sustancia, sino también de la cantidad de materia del cuerpo o sistema; por ello, es característica de un cuerpo o sistema particular.

Por ejemplo, la capacidad calorífica del agua de una piscina olímpica será mayor que la de un vaso de agua. En general, la capacidad calorífica depende además de la temperatura y de la presión.

- **EMISIVIDAD CALORÍFICA:** Llamada antiguamente emitancia, es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debida a una diferencia de temperatura con su entorno. La emisividad direccional espectral se define como la razón entre la intensidad emitida por la superficie en una dirección particular y la intensidad que sería emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura y longitud de onda. La emisividad total se obtiene por integración sobre todo el espectro electromagnético y todo el espacio. Cuanto más pequeño sea el valor de la emisividad, mejor aislante por reflexión será dicha superficie, siendo 1 el valor máximo.
- **ABSORTIVIDAD:** Definida como la fracción de irradiancia recibida que es absorbida por un cuerpo. Toma valores entre 0 y 1. Para un cuerpo negro, la absorptividad espectral es 1. Si la absorptividad de un cuerpo es menor que 1, pero se mantiene constante para todas las longitudes de onda, éste se denomina cuerpo gris.
- **COMBUSTIÓN ADIABÁTICA:** Se denomina a la combustión sin transferencia de calor al medio.
- **EL SECADO:** Es un proceso donde se suministra calor mediante radiación ya sea desde una estufa u horno. Sea cual sea la madera elegida, tiene que estar bien seca; la madera húmeda calienta muchísimo menos, porque gran parte de la energía se emplea en evaporar el agua que contiene.
- **MADERAS RESINOSAS:** Son maderas que desprenden mucho calor, pero se consumen con rapidez; avivan las brasas y las resinas que contienen ensucian las chimeneas; evite su utilización.

- **CONTAMINANTES:** Se entiende por la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.
- **DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>):** Es un gas incoloro, denso y poco reactivo, forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra). Se estima que el aumento de (CO<sub>2</sub>) es causado por factores el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y derivados, gas) y las quemas con fines agrícolas lo cual ocasiona cambios climáticos considerables.
- **MONÓXIDO DE CARBONO (CO):** El Monóxido de carbono es el resultado del proceso de combustión y se forma siempre que la combustión es incompleta, es un gas tóxico, inodoro e incoloro. Valores altos del CO, indican una mezcla rica o una combustión incompleta. Normalmente el valor correcto está comprendido entre 0,5 y 2 %, siendo la unidad de medida el porcentaje en volumen.
- **HIDROCARBUROS NO QUEMADOS (HC):** Este compuesto representa los hidrocarburos que resultan de la combustión sin quemar. La unidad de medida es el ppm, partes por millón de partes. La conversión sería 1%=10000 ppm. Se utiliza el ppm, porque la concentración de HC en el gas de combustión es muy pequeña. El valor normal está comprendido entre 100 y 400 ppm.
- **DIOXÍGENO (O<sub>2</sub>):** Este compuesto es el oxígeno del aire que sobró del proceso de combustión.
- **ÓXIDOS DE NITRÓGENO: (NO<sub>x</sub>).** Los óxidos de Nitrógeno se simbolizan genéricamente como NO<sub>x</sub>, siendo la "x" el coeficiente

correspondiente a la cantidad de oxígeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos es inflamable. Son liberados al aire desde el escape de vehículos motorizados (sobre todo diésel y de mezcla pobre), de la combustión del carbón o biomasa vegetal.

## **2.5. Conclusión del capítulo**

A partir de del análisis le las bibliografías consultadas se pudo constatar la importancia de la biomasa vegetal y específicamente el eucalipto como fuente de esencial de energía que puede ser utilizado en hornos domésticos, quedando con ello estructurada la base teórica de la investigación.

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se presenta la metodología para realizar la investigación: el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos a utilizar. Además, se declara la población o universo y se define la muestra para aplicar los instrumentos de recolección de información.

### **3.1-Diseño de la investigación**

Se refiere a los tipos de investigación que se adoptan en la tesis, se recogen estructuralmente los elementos metodológicos generales que describen las distintas etapas llevadas a cabo.

#### **3.1. 1-Modalidad de la investigación**

Se trata de una modalidad de investigación de campo, tomando como base el Barrio Pichaló de la zona rural oriental de la ciudad de Latacunga, Parroquia Juan Montalvo, lugar donde se visualiza la utilización doméstica de fogones y hornos para la cocción de alimentos.

##### **3.1.1.1-De campo**

La modalidad de la investigación es de campo ya que se estudiará sistemáticamente el problema de la quema de biomasa en hornos domésticos del barrio Pichaló con el propósito de descubrir las causas y efectos del mismo, de tal manera que se pueda llegar a plantear una alternativa de solución concreta. Para ello será necesaria una interacción directa con la población que habita en el sector.

Para esta investigación se recogerán datos directos de los pobladores a través de la observación, la encuesta y la entrevista a un experto en diseño de hornos y a un morador oriundo del barrio Pichaló, para complementar se acudirán a fuentes secundarias, como textos, libros y documentos relacionados. Toda la información recolectada será analizada para establecer las conclusiones correspondientes.

Se analizaron varias cualidades para escoger con criterio al experto en diseño de hornos y al morador representativo para la entrevista como es:

#### **3.1.1.1.1.- Criterio de selección del experto en diseño de hornos:**

- Por ser un docente universitario por un periodo de 10 años, con vasta experiencia en el campo de estudio.
- Por dictar cátedras de diseño de elementos mecánicos asistido por computadora
- Planificador de proyectos comunitarios.
- Residencia cercana, vive actualmente en Salcedo, provincia de Cotopaxi

#### **3.1.1.1.2.- Criterio de selección del habitante representativo:**

- Por ser oriundo del barrio Pichaló
- Por poseer un horno tradicional en su vivienda
- Se desempeña actualmente como Presidente del barrio Pichaló desde hace ocho años.
- Por vivir actualmente en la zona de estudio

#### **3.1.1.2- Bibliográfica - Documental**

En la presente investigación existe bibliografía de apoyo: textos, módulos, documentos, páginas de Internet relacionadas a la temática que han servido para sustentar teóricamente el problema de investigación, a través del análisis documental.

### **3.1.2. Tipo de Investigación**

#### **3.1.2.1.- Descriptiva:**

Se realizará investigación descriptiva al recolectar información relacionada con el poder calórico, gases producto de la combustión y eficiencia de la quema de las muestras seleccionadas a partir de la biomasa vegetal de la zona, demostrando su causa efecto.

#### **3.1.2.2.- Investigación prospectiva:**

Porque sigue una línea presente-futuro. La dirección que sigue el investigador es de la variable independiente a la variable dependiente, es decir, se conoce o se manipula una variable independiente y se miden cambios o consecuencias en una

variable dependiente. En el caso de la presente investigación parto del diseño de los hornos domésticos actuales, de la evaluación del potencial energético de la biomasa vegetal, permitiendo por último diseñar el horno doméstico eficiente como propuesta de la investigación.

### 3.1.2.3.- Investigaciones exposfacto:

Parte de una situación problema o conocimiento presente para luego indagar posibles causas o factores asociados que permiten interpretarla. En este caso la dirección es variable dependiente – variable independiente (Tovar, 2010). En el caso de la presente investigación parto del potencial energético como efecto de la combustión y analizó las características de la biomasa vegetal que se utilizó, determinando los causa que afectan al potencial energético de la fuente de energía.

### 3.1.2.4.- Experimental:

Teniendo en cuenta la variable independiente referida a la biomasa vegetal, se realizan experimentos buscando su vínculo con la variable dependiente que es el potencial energético, proceso relacionado en la figura 3.1.

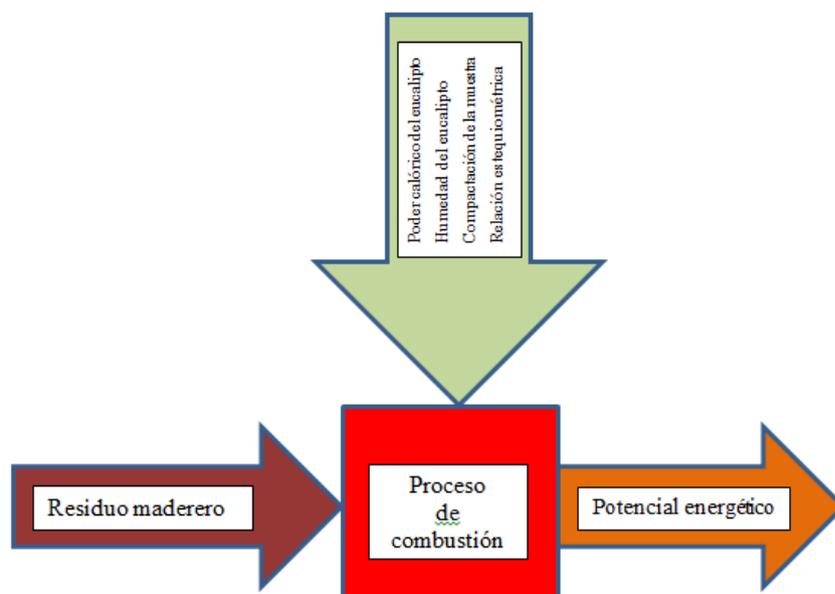


Figura 3.1. Diagrama de bloque del proceso de combustión.

Fuente: El Investigador.

Relacionando el proceso de combustión en la figura 3.1, el potencial energético está influenciado por el poder calórico del eucalipto, la humedad, la compactación de la muestra y la relación estequiométrica, a partir de la biomasa vegetal en estudio.

En el proceso se manipulan deliberadamente una o más variables independientes como son: humedad de la muestra, poder calórico, compactación y relación estequiométrica, para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, dentro la situación de control de la investigación. Manipular las variables es sinónimo de hacer variar o dar distintos valores a la variable independiente.

La experimentación ha dado muy buenos resultados en las ciencias naturales y técnicas, pero no ha sido así en las Ciencias Sociales donde experimentar presenta grandes dificultades, sobre todo en el vivir diario. Cuando se intenta experimentar en el hombre, éste se altera. Se influye sobre él y los resultados que se obtienen ya no es correspondido con los hechos, porque el hombre cambia en la medida que se quiere experimentar con él. Los hechos estudiados y provocados por el investigador en forma planeada y controlada, permiten llevar a cabo la experimentación. En ciencias sociales no es conveniente que el investigador manipule los hechos o fenómenos.

Sin embargo, en el campo de las ciencias técnicas y naturales los experimentos juegan un papel fundamental (González, 2003), y por ello dentro del diseño de la investigación, se usará la experimentación por las ventajas que esta proporciona.

### 3.1.2.5.- Operacionalización de variables

**Cuadro N° 1** Variable Independiente: Biomasa Vegetal

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEM	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Es una sustancia capaz de entregar energía en forma de calor a partir del proceso de combustión donde interviene esta	Portadores	Tipo y potencial de biomasa.	¿Qué residuo maderero o leña utiliza con frecuencia	Entrevista y encuesta.	Anexo cuestionario

biomasa como combustible alternativo para la cocción de alimentos en el Barrio Pichaló de Latacunga.	energéticos madereros	Poder calórico de la madera.	para la cocción de alimentos?	Medición	Bomba Calorimétrica.
		Gases producto de la combustión	kJ/kg	Medición	Analizador de gases.
		Ubicación de la biomasa	% - ppm	Medición	GPS
			Coordenadas		

**Cuadro N°2 Variable Dependiente: Potencial energético**

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEM	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Es la cantidad de energía de la biomasa disponible para el consumo en la cocción de alimentos.	Eficiencia energética de biomasa.	Poder calórico	kJ/kg	Cálculo	Formula
	Prefactibilidad	Costo de implementación	\$	Cálculo	Estadística Fórmula

### 3.2. Población y muestra

El barrio Pichaló cuenta con 305 habitantes lo cual enmarca la población en estudio para la aplicación en una primera etapa de la técnica de encuesta al 100%.

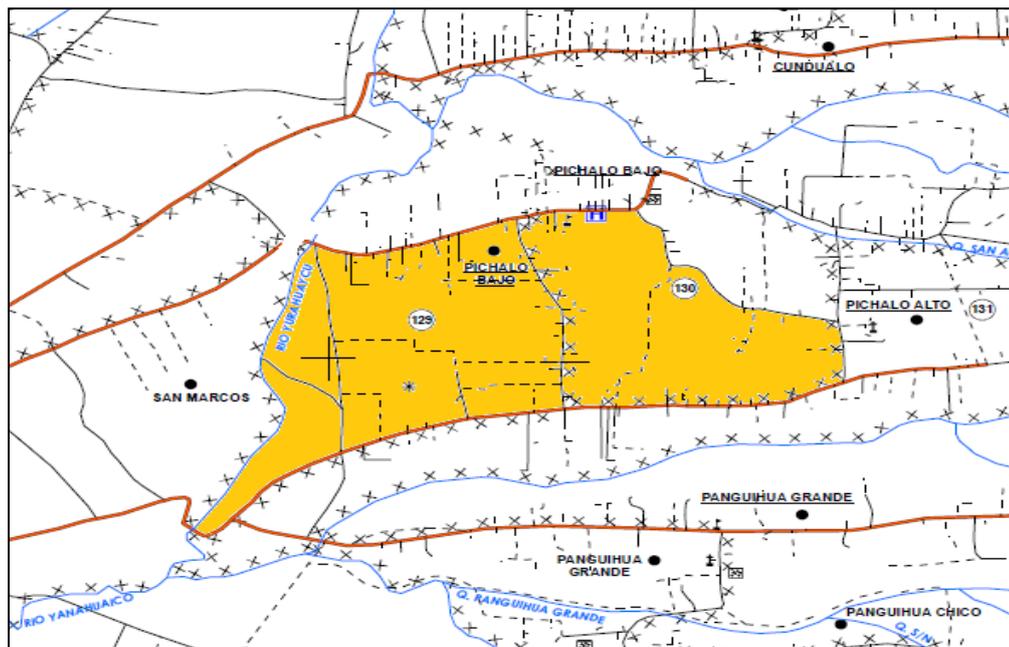
La encuesta se enfocará a personas adultas y preferentemente cabezas de hogar, y los resultados de la consulta a partir de entrevistas, una informal o no estructurada a un experto constructor empírico de hornos y un morador referente de la comunidad.

Otras de las técnicas empleadas fue la observación participante porque resulta especialmente importante, al permitir observar a las personas interactuando y

desarrollando sus labores de manera natural, así como la ubicación y características de las viviendas de esta comunidad y los hornos.

Otras de las técnicas que se empleó fue grupo focal, aprovechando que los moradores de esta zona se reúnen mensualmente para tratar asuntos comunitarios, se utilizó este escenario para obtener información relevante para la investigación.

La población de estudio (barrio Pichaló), se encuentra ubicada en la parte oriental de la parroquia Juan Montalvo de la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, según se describe en la figura 3.2, dado por la zona 129 y 130, la que se caracteriza por su temperatura esta alrededor de los 10°C de valor promedio anual, zona con vientos esporádicos en los meses de verano, no cuenta con agua de regadío por lo que sus actividades agrícolas se limitan en la siembra de maíz amarillo, chocho, calabaza y crianza de animales como cuyes, conejos, pollos.



**Figura 3.2. Localización geográfica del barrio Pichaló.**

En la Tabla 3.1, se determina las fuentes de energía que son ocupadas por los habitantes de la zona 129, 130 y 131 de la figura 3.2, donde se aprecia que el gas licuado de petróleo y la leña son los más utilizados.

Tabla 3.1. Frecuencia de fuente de energía para cocinar en el barrio Pichaló (Cepal/Celade, 2010).

Frecuencia de Energía para cocinar			
AREA # 050150999129			
Fuente de energía para cocinar	Casos	%	Acumulado %
Gas (tanque o cilindro)	22	52.38%	52.38%
Leña, carbón	20	47.62%	100.00%
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>
AREA # 050150999130			
F. de Energía para cocinar	Casos	%	Acumulado %
Gas (tanque o cilindro)	16	43.24%	43.24%
Leña, carbón	20	54.05%	97.30%
No cocina	1	2.70%	100.00%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>
AREA # 050150999131			
F. de Energía para cocinar	Casos	%	Acumulado %
Gas (tanque o cilindro)	14	73.68%	73.68%
Leña, carbón	5	26.32%	100.00%
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Los domicilios de la zona de Pichaló, en su gran mayoría tienen un fogón para uso doméstico, pero únicamente según resultados de la pregunta 7 de la encuesta, solo 15 representantes de las viviendas están dispuestos a modernizarlos de forma más eficiente, de lo cual se infiere que estas poseen horno (Figura 3.3) para la cocción de alimentos, por lo cual se considera como población de hornos estos 15 núcleos familiares.



Figura 3.3. Horno tradicional de la zona de Pichaló.

De acuerdo a las características de los hornos del sector como son:

- El dimensionamiento y la geometría.
- Materiales de construcción.
- Fuentes de energía, biomasa vegetal.
- Procedimientos empíricos de construcción.

Se concluye que los hornos de la zona de Pichaló son semejantes y por tales motivos, se considera solo a uno de ellos para realizar el estudio del potencial energético de la biomasa como materia prima de estos hornos. Se procedió según (Zamora, 2010), a los análisis correspondientes del horno eficiente utilizando el método simulación combinado con el experimental.

### 3.2.1. Delimitación de la zona de estudio

El barrio Pichaló se encuentra ubicado en el punto: S00° 54,620' y W078° 34,620', donde se indica en la figura 3.4.



**Figura 3.4. Coordenadas según GPS GARMIN.**

El equipo utilizado para la ubicación de la zona (figura 3.5) y en especial para la toma de muestra de la biomasa vegetal seleccionado es un GARMIN con sensores y mapas.



Figura 3.5. Equipo de posicionamiento global GARMIN.

Este producto incorpora tecnología SirfTechnology, Inc. La tecnología Sirf está protegida por patentes pendientes y aprobadas de EE.UU y de otros países. Los logos Sirf, Sirfstar y el Sirf son marcas registradas por Sirf Technology, Inc. SirfstarIII.

El uso de cartas electrónicas solo facilita, no reemplaza el uso de cartas autorizadas por el gobierno. Las cartas oficiales de los gobiernos e informes a los navegantes contienen la información necesaria para navegar de forma segura (GAMM, 2013)

Las especificaciones del modelo GARMIN, se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Especificaciones del modelo GERMI sistema de posicionamiento global GPS.

<p><b>Especificaciones</b></p> <p><b>Tamaño físico (An. × Al. × Pr.):</b> 4,9 × 3,1 × 0,75 in (12,5 × 7,9 × 1,9 cm)</p> <p><b>Peso:</b> 6,2 oz (176 g)</p> <p><b>Pantalla:</b> 4,3 in en diagonal, 480 × 272 píxeles; 64.000 colores; pantalla apaisada TFT QVGA brillante; retroiluminación blanca y pantalla táctil</p> <p><b>Carcasa:</b> no es resistente al agua (IPX0)</p> <p><b>Rango de temperaturas de funcionamiento:</b> 32 °F–140 °F (0 °C–60 °C)</p> <p><b>Rango de temperaturas de carga:</b> 32 °F–113 °F (0 °C–45 °C)</p> <p><b>Almacenamiento de datos:</b> memoria interna y tarjeta microSD extraíble opcional. Los datos se almacenan de forma indefinida.</p> <p><b>Interfaz del equipo:</b> almacenamiento masivo USB 2.0 de alta velocidad</p> <p><b>Sistema operativo:</b> Garmin</p> <p><b>Tiempo de carga:</b> hasta 4 horas</p>	<p><b>Entrada de alimentación:</b> alimentación del vehículo mediante el cable de alimentación del vehículo incluido o alimentación de CA por medio de un accesorio opcional</p> <p><b>Consumo:</b> 5 W máx.</p> <p><b>Duración de la batería:</b> hasta 3 horas</p> <p><b>Tipo de batería:</b> batería de ión-litio recargable no sustituible por el usuario</p> <p><b>Receptor GPS:</b> de alta sensibilidad y con HotFix™</p> <p><b>Tiempos de adquisición*:</b>            En caliente: &lt;1 segundo            En frío: &lt;38 segundos            Restablecimiento de fábrica: &lt;45 segundos</p> <p>*Tiempo medio de adquisición para un receptor estático a cielo abierto.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2.2- Caracterización y determinación del potencial de biomasa vegetal

En la zona de estudio, la biomasa vegetal que se encuentra es aprovechada para calefacción doméstica, alimento de animales y en cocción de alimentos. Dentro de esta última se divide la frecuencia de uso en: cocción por fogones y cocción lenta por hornos.

Este estudio relacionará el potencial energético del eucalipto (Figura 3.6) como biomasa vegetal más utilizada para cocción con respecto a la eficiencia de un horno doméstico, analizando el impacto que tiene el proceso de combustión para la búsqueda de soluciones relacionada a la reducción de la contaminación ambiental e impacto socio económico.



**Figura 3.6.** Vista panorámica del sector y tipo de eucalipto (*Gloegulos Labill*) perteneciente a la zona de estudio (Wikipedia).

Por razones de recursos y oportunidad, este estudio se realizó entre diciembre 2012 y junio 2013, por lo que sus resultados son estudios globales que pueden segmentarse y detallarse con trabajos de mayor alcance y profundidad. Sin embargo se considera que los resultados son suficientes para contribuir con una perspectiva y orientación general, para el perfeccionamiento de una política energética de mediano y largo plazo.

#### **A.- Para esta fase se realizó el siguiente procedimiento:**

Se ubican las coordenadas para la toma de muestra, de la vivienda más representativa del grupo en estudio según figura 3.7.



Figura 3.7. Sitio “A” según el sistema de posicionamiento global; patio de la vivienda representativa del objeto de estudio.

Se realiza el recorrido por toda la zona demarcada con anterioridad y se estima la densidad de vegetación existente en el área según figura 3.8



Figura 3.8. Ubicación geográfica de los puntos “A” y “B”, vivienda representativa e inicio delimitante de la población en estudio respectivamente. (INEC, 2010).

Puesto que el número de viviendas que posee un horno no superó las 15 personas y según las encuestas solamente lo utilizaban para ocasiones de acuerdo a fechas especiales y tradicionales del calendario, la sustentabilidad de los recursos madereros ha estado garantizada.

El resto de las viviendas tiene fogones tradicionales, utilizando las reservas madereras de leños (figura. 3.9) que generalmente son producto de la poda de la vegetación existente empleada para fines de calefacción.



**Figura 3.9. Residuos madereros alternativos usados como fuente de energía.**

### **3.2.3. Obtención del poder calórico de las muestras.**

Los valores caloríficos se definen en términos de números de unidades de calor liberadas cuando se quema completamente una unidad de masa de combustible, en un calorímetro, y bajo condiciones específicas.

El método ASTM 870-82 (2006) (Anexo 2) de ensayo cubren el análisis inmediato de la leña y la determinación del valor calórico bruto de los combustibles de madera en la muestra ya preparada por los métodos de ensayo prescritos y analizados de acuerdo a los procedimientos establecidos ASTM.

Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

Las muestras se prepararon, convirtiendo el duramen y la albura del eucalipto en harina (anexo 3), utilizando para ello papel esmeril # 230 y luego compactándola en una prensa de 10mm del vástago, como se observa en la figura 3.10.



**Figura 3.10. Prensa para la compactación de la muestra.**

El valor calorífico bruto de un calorímetro se determina quemando, previamente, una cantidad de ácido benzoico cuyo valor calorífico es conocido con gran exactitud. Finalmente se carga la bomba con la muestra de combustible y con oxígeno a altísima presión para asegurar una combustión completa. Siempre se coloca una pequeña cantidad de agua para saturar la atmósfera de oxígeno para que se condense el agua como producto de la combustión.

Se debe además regular la cantidad de combustible de modo que, el incremento de temperatura sea de no más de  $3,0 \pm 0,5$  °C sobre la temperatura inicial de 21 °C.

Para la determinación de valores caloríficos de combustibles líquidos y sólidos se utilizará la bomba calorimétrica adiabática de GALLENKAM (figura 3.11).



**Figura 3.11. Bomba calorimétrica de GALLENKAM.**

Este aparato es esencialmente un calorímetro de agua convencional. Sin embargo, adquiere la característica de adiabática al tener una camisa alrededor del recipiente que contiene el agua en el cual se sumerge la bomba.

Esta camisa posee una solución de agua destilada y bicarbonato de sodio; al llevar a cabo la combustión, un termistor detecta la elevación de temperatura del agua del calorímetro que en forma electrónica comanda el encendido automático de un calentador eléctrico que calienta el agua de la camisa a la misma temperatura censada, además posee, dos termómetros digitales (figura. 3.12) de una apreciación de  $0,1^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 3.12. Termómetros digitales.**

La presión del oxígeno dentro de la bomba debe ser de unos 15 bar, (figura. 3.13) como mínimo en un tiempo aproximado de cinco minutos.



**Figura 3.13. Presión de oxígeno**

El encendido es eléctrico a través de un finísimo alambre del conductor (figura 3.14), el cual enciende una mecha de algodón que se halla en contacto con el combustible (o con el ácido benzoico).



**Figura 3.14. Alambre conductor para la quema de la muestra.**

Existe además, un sistema de control que indica cuando la bomba está lista para la combustión.

Para la calibración del equipo se procede a la quema de ácido benzoico (figura 3.15) y para la determinación del poder calórico del eucalipto es el mismo procedimiento.



**Figura 3.15. Acido benzoico.**

Se ensambla la bomba colocando en un pequeño recipiente de la muestra a quemarse; se ata el cordel de algodón al fino conductor que se sujeta uniendo la horqueta de suspensión del recipiente. Luego se coloca una gota de agua dentro de la bomba para facilitar la condensación del vapor de agua como se muestra en la figura 3.16.



**Figura 3.16. Colocación de una gota de agua en el interior de la bomba calorimétrica.**

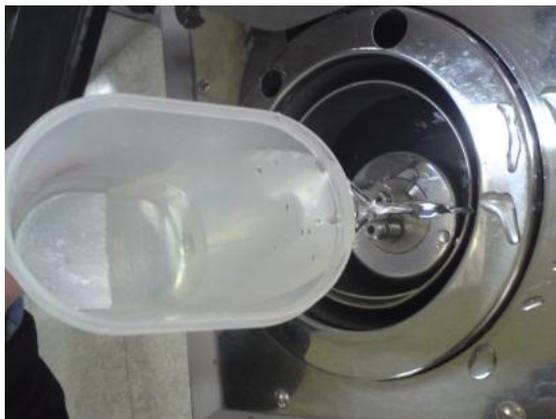
La muestra a quemar se tomó de la albura y duramen del eucalipto con una masa de 0,8 g, como se muestra en la figura 3.17.



**Figura 3.17. Peso de la muestra maderera sacado de la albura y duramen del eucalipto.**

La tapa de la bomba calorimétrica se ajusta solo con la mano la tapa de la bomba y se llena con oxígeno a presión de 15 bar.

Se introduce la bomba en el agua como se ilustra en la figura 3.18 y se procede a tapan el conjunto asegurando que haya un buen contacto para la ignición (lo cual se indica con una luz encendida) y que los termistores no estén rotos y si en contacto con el agua tanto del calorímetro como de la camisa.



**Figura. 3.18. Llenado de agua en el calorímetro.**

Cuando todo esté listo iniciar la combustión y se registrará la mínima y la máxima temperatura señaladas por el termómetro especial como muestra en la figura 3.19.



**Figura 3.19. Registro de datos de la elevación de la temperatura durante la combustión.**

#### **3.2.4. Determinación de gases producto de la combustión de biomasa.**

En esta parte del estudio se hizo necesario también investigar los gases que producen la biomasa vegetal que es utilizada con mayor frecuencia en el barrio Pichaló para determinar si tienen relación con la capacidad calórica de los mismos, datos que nos servirá para la propuesta de un horno eficiente y que contamine lo menos posible, objetivo de esta tesis.

Para la determinación de los gases producto de la combustión se utilizó un analizador de gases marca Nextech, modelo NGA-6000, como se muestra en la figura 3.20.



**Figura 3.20. Analizador de gases Nextech, modelo NGA-6000.**

Este es un analizador de gases diseñado para indicar cuatro tipos de gases principalmente; (CO, HC, CO<sub>2</sub>, y O<sub>2</sub>) de medición y proporciona además la relación aire / combustible. La pantalla está a cargo de seis elementos luminosos LED y los resultados se pueden imprimir en la impresora incorporada, la unidad está provista con el software PC Link para el almacenamiento y análisis de datos.

**A.- Características del analizador de gases Nextech, modelo NGA-6000:**

- Excelente precisión + - 1 %, estabilidad y durabilidad.
- Actualizable para cinco gases y opción NOx.
- Tiempo de respuesta menor a 10 segundos.
- Ajuste automático de calentamiento 2-8 minutos
- Kit de enlace PC RS232 (software y cables)
- Impresora integrada

**B.- Procedimientos para el uso del analizador de gases Nextech:**

La correcta utilización del analizador de gases se ilustra en la figura 3.21, cabe mencionar que para la toma de muestras de gases de combustión referente a las maderas seleccionadas la utilización tuvo que variar por obvias razones.



**Figura. 3.21. Colocación correcta del analizador de gases para toma de datos de la quema del eucalipto.**

1. Se debe colocar en el orificio del recipiente la punta de la manguera del medidor de gases.
2. Tomar los valores máximos que nos indica el medidor de gases ya que dichos datos comenzaran a bajar ya que el analizador succiona los gases y la madera no avanza a mantener lo necesario de gases que el analizador necesita para el análisis Figura 3.21.
3. Para esta toma de datos se tiene que respetar parámetros básicos de no contaminación de la muestras, por lo que se procedió a conformar primeramente una braza para que avive la combustión de la muestra maderera que para este fin se lo realizó con eucalipto tomada del punto “A” de la zona en estudio.
4. Para la determinación de los gases de combustión del eucalipto, se toma en cuenta que el trozo de eucalipto que tenga una masa de 100 g, correspondiente a la albura y duramen, como se indica en las figuras 3.22 (a ,b y c).

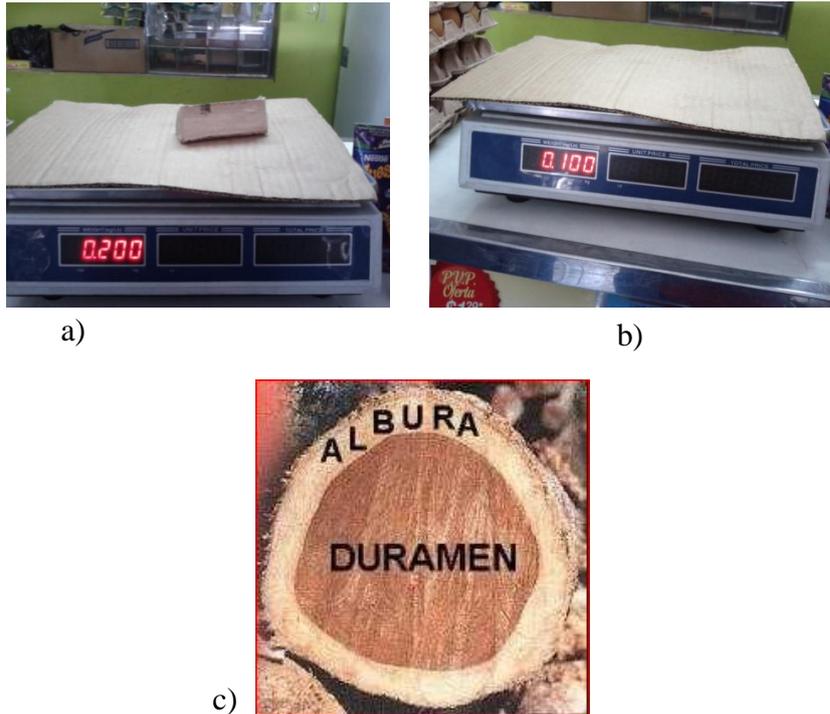


Figura 3.22. a) Masa de la muestra más cartón 200 g; b) Masa del cartón sin la muestra 100 g y c) albura y duramen del eucalipto para análisis de gases.

5. Además de ello es necesario preparar materiales como:

- Recipiente cerrado.
- Fósforos.
- Medios de seguridad.

### 3.2.5. Balance de masa - energía y simulación del horno eficiente

Con el aislamiento óptimo del horno se logra una rápida acumulación de calor y menor pérdida por transferencia de energía, lo que significa una reducción de los costos de operación por ahorro de energía.

El calor se genera por diferentes métodos tales como: La reacción de combustión de hidrocarburos gaseosos (gas natural), líquidos (petróleo, kerosene), sólidos (carbón, leña) y, el calor obtenido por resistencias eléctricas. Estos métodos condicionan las características de diseño de los hornos para lograr mejor circulación del calor y temperatura uniforme en la cámara de cocción.

Según las necesidades de cocción de la población de Pichaló y por criterio de expertos a partir de sus conocimientos tradicionales y habilidades en esta actividad, se determina que para la elaboración de pan en épocas específicas se debe llevar al horno a una temperatura de alrededor de los 180 °C en un tiempo que varía según la cantidad de alimento que se desee cocer esta temperatura es recomendada para similares cocciones de alimentos según (Smid, 2008), en este modelo se le llevará a 180 °C por un tiempo de 1 hora aproximadamente, esperando una eficiencia en el consumo de biomasa vegetal y la disminución del impacto ambiental.

Se recomienda utilizar las espigas o maderas de un diámetro no mayor a 50 mm. predominante de eucalipto con la finalidad de que mejore la combustión.

Una vez planteada la configuración del horno se procede a realizar el balance de energía y masa aplicable al diseño geométrico y físico procediendo a la simulación de éste mediante el Software ANSYS<sup>4</sup> 14.5.7 para obtener los parámetros de eficiencia, a partir de conocer la pérdidas de calor atribuidas a una temperatura constante de 180° C.

Para la simulación mediante el ANSYS es necesario saber las propiedades de los materiales componentes del horno, siendo estas la chapa de acero y la lana de roca (tabla 3.3), esta última recomendada para la fabricación de hornos por su baja conductividad térmica, resistencia altas temperaturas, fácil de instalar no posee agentes contaminante y un valor económico accesible, obtenida especialmente de materiales volcánicos procesados.

---

<sup>4</sup> ANSYS: software de modelación y simulación basado en elementos finitos, para diseño asistido por computadora, por sus siglas en inglés (CAD).

**Tabla 3.3. Propiedades termo físicas principales de la lana de roca y acero (Corzo, 2012).**

<b>Propiedades de la lana de roca</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidades</b>
Conductividad térmica	0,037	W/m. °K
Densidad	30 -50	kg /m <sup>3</sup>
<b>Propiedades del acero</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidades</b>
Conductividad térmica	47-58	W/m. °K
Densidad	7830	kg /m <sup>3</sup>
Conductividad térmica ladrillo	1.046	W/m. °K
Densidad	1900	kg /m <sup>3</sup>

### 3.2.5.1. Propiedades termofísicas del aire

Estas propiedades son necesarias para el cálculo del intercambio de calor durante el transporte del combustible por tuberías, las mismas que pueden ser utilizadas para el caso del diseño del horno por su geometría cilíndrica, las mismas pueden ser determinadas a través de las ecuaciones empíricas reportadas por Tiwari (2002) y Montero (2005).

$$k = 0,0244 + 0,6763 \cdot 10^{-4} \cdot t_p \quad (3.1)$$

$$\rho = \frac{353,44}{t_p + 273,15} \quad (3.2)$$

$$Cp = 999,2 + 0,1434 \cdot t_p + 1,101 \cdot 10^{-4} \cdot t_p^2 - 6,7581 \cdot 10^{-8} \cdot t_p^3 \quad (3.3)$$

$$\mu = 1,718 \cdot 10^{-5} + 4,620 \cdot 10^{-8} \cdot t_p \quad (3.4)$$

Siendo:

$t_p$ – temperatura pelicular; (°C).

$$t_p = \frac{t_s + t_a}{2} \quad (3.5)$$

Dónde:

-  $k$  -coeficiente de conductividad térmica del aire; (W/m°C).

- $\rho$  - densidad del aire; (kg/m<sup>3</sup>).
- $c_p$  - capacidad calorífica del aire a presión constante; (J/kg·°C).
- $\mu$  - coeficiente dinámico de viscosidad del aire; (Pa·s).
- $t_a$  - temperatura del aire; (°C).
- $t_s$  - temperatura de la superficie; (°C). (Tawari, G, 2002), (Montero I, 2005)

A partir de la teoría del triángulo del fuego (Wikipedia, 2010), y siempre pensando en la optimización de la combustión, podemos sacar la siguiente conclusión sobre el tamaño de la leña, a modo de ejemplo: se recomienda el uso de leña fina, dado que esta se mantiene más aireada y necesita menos temperatura para combustionar, entregando mayor temperatura al aire; a diferencia de la leña gruesa que retiene mucho del calor para sí y se mantiene menos aireada por su tamaño y capacidad de retención de ceniza.

Finalmente a partir de la simulación, daremos un indicador práctico para corroborar la calidad de la combustión.

Este indicador está dado por el color de la llama:

- Violeta Azul: muy alta temperatura, excelente combustión.
- Amarillo Naranja: temperatura alta, combustión regular.
- Naranja Rojo: baja temperatura, combustión incompleta.

Para determinar el consumo de leña requerido para mantener la temperatura del horno en 180 °C durante la cocción, se propone la ecuación (3.6). Que parte de conocer el flujo de calor obtenido del balance de energía mediante la simulación del ANSYS:

$$m_{Eucalipto} = \frac{q_p \cdot t_t}{Q_{neto}} \quad (3.6)$$

Dónde:

- $m_{Eucalipto}$ : Masa de eucalipto; (kg).
- $t_t$ : Tiempo de funcionamiento del horno; (s).

- $q_p$  : Pérdida del calor por la pared del horno (kJ/s).
- $Q_{neto}$  : Poder calórico del eucalipto (kJ/kg).

### 3.2.6 Método de análisis económico

Antes de iniciar con detalles el estudio y análisis comparativo de las ventajas y desventaja que tendría determinado proyecto, es necesario conocer los factores que afectan al proceso, así como de los aspectos legales, técnicas para producir el bien o servicio bajo estudio y las posibilidades de adaptarlas a la región.

Para el caso en estudio se debe analizar la disponibilidad de los principales insumos energéticos y materiales que requiere el proyecto, tales como: el eucalipto como fuente primaria de energía y la inversión general en el tipo de horno propuesto.

Como partida a la implementación de la propuesta se basará en el resultado de la encuesta realizada a la población involucrada (respuesta a la pregunta 7 de la encuesta, (anexo 1), lo que posibilita realizar un sondeo preciso de aceptación por parte de los futuros consumidores.

Para el diseño adecuado del horno se toma el espesor de la lana de roca como aislante del horno, como variable de decisión para obtener el diseño más económico, para lo cual se establece la relación dada por la ecuación (3.7).

$$V_{total} = V_{PE} + V_I \quad (3.7)$$

Dónde:

- $V_{PE}$  : Costo total de la pérdida de la energía; (\$).
- $V_I$  : Valor de la inversión (\$).
- $V_{Total}$  : Costo total del horno (\$/).

Los costos asociados a las pérdidas energéticas para cada espesor de aislamiento en el horno se determinan en la instalación mediante el conocimiento de las pérdidas de calor al medio, estas están identificadas a través de las paredes del horno en la simulación mediante el modelo geométrico en ANSYS. Para su determinación se propone el cálculo por la expresión (3.8), en función del precio fijado de la madera.

$$V_{PE} = \frac{q_p \cdot t_t \cdot P_{u.E}}{Q_{neto}} \quad (3.8)$$

Dónde:

- $V_{PE}$ : Costo total de la pérdida de la energía; (\$).
- $t_t$ : Tiempo de funcionamiento del horno; (s).
- $P_{u.E}$ : Precio unitario del Eucalipto (\$/kg).
- $q_p$ : Pérdida del calor por la pared del horno (kJ/s).
- $Q_{neto}$ : Poder calórico del eucalipto (kJ/kg).

El valor de la inversión se determina a partir del precio fijado para dimensión total de la pared del horno, incluido su recubrimiento

Otro aspecto importante que se debe abordar en este estudio preliminar, es el que concierne a la cuantificación de los requerimientos de inversión que plantea el proyecto y sus posibles fuentes de financiamiento.

Finalmente, es necesario proyectar los resultados financieros del proyecto y calcular los indicadores que permitan evaluar la propuesta del horno eficiente, la figura 3.23 indica la estrategia para obtener la construcción de un horno eficiente en zonas rurales a partir de un análisis técnico- económico (Castillo, 2011).

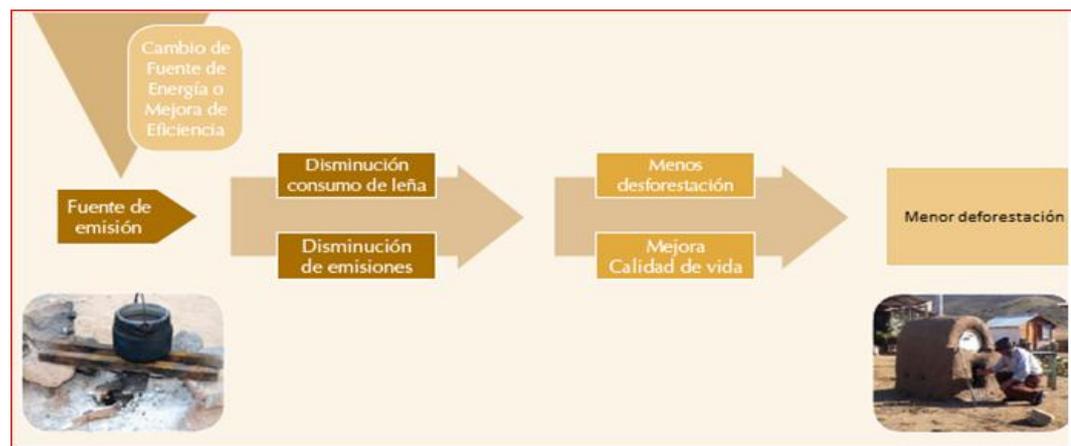


Figura 3.23. Estrategias de solución para un horno eficiente.

Fuente: (Castillo, 2011).

### **3.3.- Conclusiones del capítulo**

- Los datos recolectados a través de la observación y de las encuestas aplicadas a los moradores del barrio Pichaló, arrojaron importantes resultados como fueron la determinación de núcleos familiares con horno y la frecuencia de utilización de biomasa vegetal, entre otros.
- Con la experimentación se pudo determinar el poder calórico del eucalipto a partir de las pruebas realizadas con la bomba calorimétrica.
- El procesamiento de los datos adquiridos permitirán obtener los gráficos correspondientes a los parámetros tratados en el capítulo.

## CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizará e interpretará los datos emitidos por los instrumentos mencionados en la metodología de la investigación. Los resultados se enfocarán a conocer detalles poblacionales de la zona en estudio a través de la encuesta realizada, entre otros.

### 4.1.-Encuesta a los moradores del barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga.

Pregunta 1: **¿Hace qué tiempo que utiliza la leña u otro residuo maderero para el uso en su horno o fogón doméstico?**

Tabla 4.1. Tabulación del uso de leña en el barrio Pichaló

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
hace 1 año	18	6
hace 5 años	33	11
hace 10 años	84	28
hace más de 11 años	144	48
no usa	21	7
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

Fuente: Moradores del barrio Pichaló

Elaborado por: El investigador.

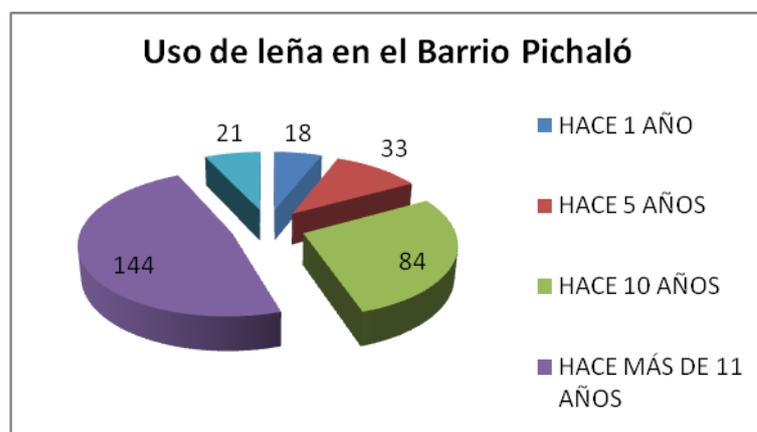


Figura 4.1. Interpretación gráfica de los resultados del uso de leña en el barrio Pichaló.

Fuente: Moradores del barrio Pichaló

Elaborado por: El investigador

### Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 1 (tabla y figura 4.1):

Del total de la población encuestada, 228 personas que corresponden al 76%, manifiestan que utilizan leña o algún residuo maderero en sus hogares desde 10

años y más de 10 años; un porcentaje menor ha comenzado a utilizar los fogones en sus hogares por tratarse de una población relativamente joven que corresponden al restante porcentaje de su totalidad.

Se puede concluir entonces, que la mayor parte de pobladores del barrio Pichaló utiliza leña o alguna especie de residuo maderero para ser utilizados como fuente de energía en fogones y hornos domésticos.

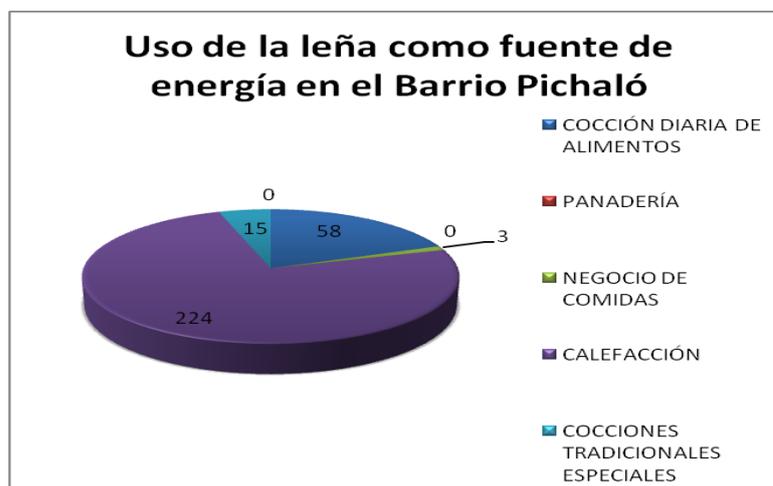
Pregunta 2: **¿Con qué objetivo utiliza el horno o fogón de su casa?**

**Tabla 4.2. Tabulación de la utilización de la biomasa como fuente d energía.**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Cocción diaria de alimentos	58	19
Panadería	0	0
Negocio de comidas	3	1
Calefacción	224	75
Cocciones tradicionales especiales	15	5
Otro	0	0
Total	300	100%

Fuente: Moradores del barrio Pichaló.

Elaborado por: El investigador.



**Figura 4.2. Interpretación gráfica de la utilización de la leña como fuente de energía en el barrio Pichaló.**

Fuente: Moradores del barrio Pichaló.

Elaborado por: El investigador.

### **Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 2 (tabla y figura 4.2):**

De la población encuestada 224 habitantes que representan el 75 % de la muestra utilizan la leña para la calefacción de sus viviendas, el 19 % que corresponde a 58 personas utilizan los recursos madereros para la cocción diaria de alimentos y 15 encuestados que son representantes de viviendas del sector utilizan eucalipto como fuente de energía en sus hornos y fogones para cocciones tradicionales que es un representativo del 5%.

Se puede concluir que se ha localizado la población representativa para continuar la investigación de la caracterización de una reserva maderera utilizada en hornos, y una propuesta de un horno eficiente que reduzca la contaminación y sea coherente con la sustentabilidad de reserva maderera del sector.

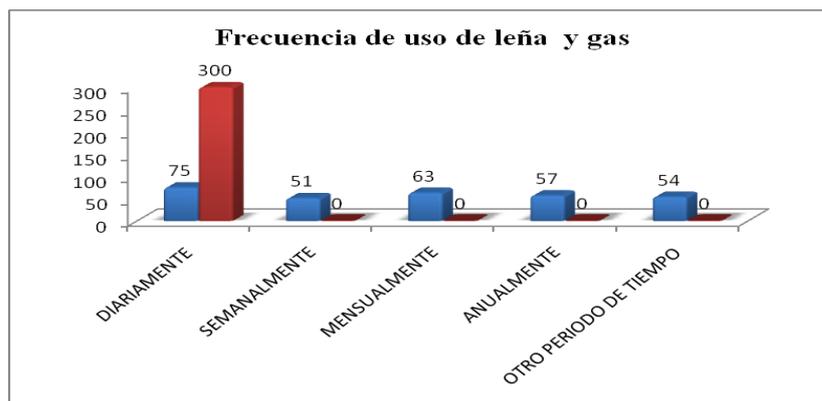
**Pregunta 3: ¿Con qué frecuencia utiliza leña y gas licuado de petróleo en su casa?**

**Tabla 4.3. Tabulación de la utilización de leña y gas licuado de petróleo en las viviendas del barrio Pichaló.**

<b>Opciones</b>	<b>Frecuencia uso de leña</b>	<b>Porcentaje %</b>	<b>Frecuencia uso de GLP</b>	<b>Porcentaje %</b>
Diariamente	75	25	300	100
Semanalmente	51	17	0	
Mensualmente	63	21	0	
Anualmente	57	19	0	
Otro período de tiempo	54	18	0	
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100 %</b>	<b>300</b>	<b>100 %</b>

**Fuente: Moradores del barrio Pichaló**

**Elaborado por: El investigador**



**Figura 4.3. Representación gráfica de la frecuencia de uso de leña y gas licuado de petróleo en las viviendas del sector de estudio.**

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló

**Elaborado por:** El investigador

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 3 (tabla y figura 4.3):**

Se aclara que toda la población es decir el 100 %, para cualquier actividad que involucre menor tiempo de cocción, utiliza gas licuado de petróleo, como es la preparación de desayuno, almuerzo y merienda.

El fogón lo utilizan semanalmente, mensualmente con el objetivo de calefacción en las tardes según la disponibilidad de tiempo de cada habitante y condición climática anual que se encuentre.

Los habitantes que poseen horno lo encienden para eventos especiales como se mencionó anteriormente.

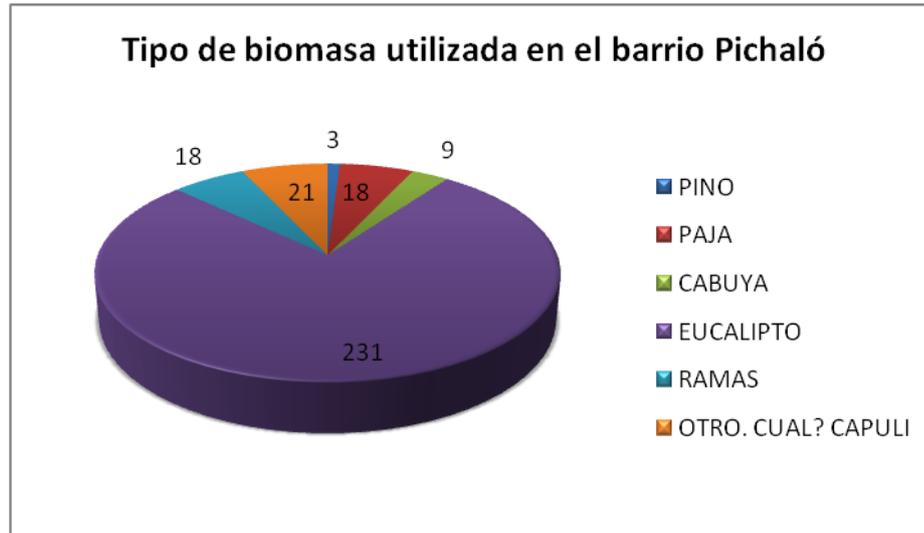
**Pregunta 4: ¿Que residuo maderero ó leña utiliza con frecuencia?**

**Tabla 4.4. Tabulación de residuo maderero utilizado con frecuencia en el sector de Pichaló.**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje %
Pino	3	1
Paja	18	6
Cabuya	9	3
Eucalipto	231	77
Ramas	18	6
Otros (Capulí)	21	7
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100 %</b>

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló

**Elaborado por:** El investigador



**Figura 4.4. Representación gráfica del tipo de biomasa utilizada en el barrio Pichaló.**

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló.

**Elaborado por:** El investigador.

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 4 (tabla y figura 4.4):**

La utilización del eucalipto como fuente de energía en la población predomina con el 77 %, luego se ubica el Capulí con un 7 %, únicamente por la circunstancia de que en el barrio se encuentran realizando trabajos de ampliación de vías y todos los árboles talados que se ubicaban en los caminos han servido como biomasa ocasionalmente. Seguido se tiene la utilización de ramales y paja con un 6% cada uno, debiéndose a que en el sector se siembra trigo, maíz y chocho, las plantas una vez que se secan se convierten en este tipo de residuo maderero mencionado.

**Pregunta 5: ¿Que problemas de salud Ud. asume que tiene por la quema de residuos madereros?**

**Tabla 4.5. Tabulación de los probables efectos de salud que ocasiona la quema de biomasa vegetal en el barrio Pichaló.**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Asfixia	192	64
Asma	21	7
Alergias	21	7
Visuales	45	15
Quemaduras de piel	21	7
Otros	0	0
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100 %</b>

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló

**Elaborado por:** El investigador



**Figura 5. 5. Representación gráfica de complicaciones en la salud del barrio Pichalo originado por la quema de leña.**

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló.

**Elaborado por:** El investigador.

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 5 (tabla y figura 4.5):**

Se determina que un 64% de los encuestados es decir 192 habitantes, asume la asfixia como principal consecuencia de salud que ocasiona la quema de biomasa, seguido por problemas visuales como cataratas y terigios en un 15% y finalmente un 7% de los encuestados considera que el contacto directo e irradiación de la temperatura de los fogones y hornos son causantes de quemaduras de diferente grado en la piel y rostro.

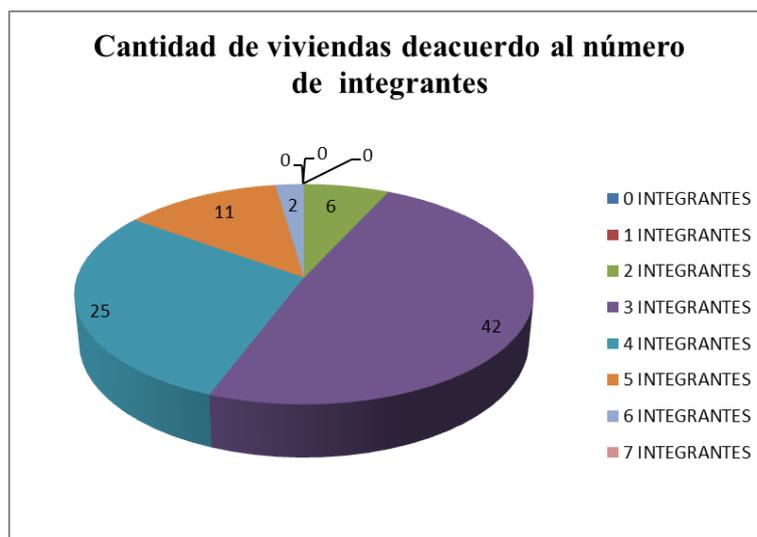
**Pregunta 6: ¿Cuántos miembros familiares viven en su casa?**

**Tabla 4.6. Tabulación del número de integrantes que conforma una vivienda en el barrio Pichaló.**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje %	viviendas
0 integrantes	0	0	0
1 integrante	0	0	0
2 integrante	12	3.93	6
3 integrantes	126	41.31	42
4 integrantes	100	32.78	25
5 integrantes	55	18.03	11
6 integrantes	12	3.93	2
7 integrantes	0	0	0
<b>Total</b>	<b>305</b>	<b>100 %</b>	<b>86</b>

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló.

**Elaborado por:** El investigador.



**Figura 4.6.** Representación gráfica del número de habitantes por vivienda

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló.

**Elaborado por:** El investigador.

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 6 (tabla y figura 4.6):**

Se tiene como resultado que en cada vivienda o núcleo familiar residen algunos miembros es así que se tiene que el 41.31 % de los encuestados viven en un grupo de 3 personas por vivienda, el 32.78 % viven con 4 integrantes en su casa, un 18.03 % integran su hogar con 5 personas, con 2 y 6 integrantes el restante porcentaje.

**Pregunta 7: ¿Le gustaría modernizar su horno doméstico?**

**Tabla 4.7.** Tabulación de la actitud en modernizar su horno actual.

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
SI	15	17.41
NO	71	82.55
NO SABE	0	0
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>100 %</b>

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló.

**Elaborado por:** El investigador.

**Figura 4.7. Representación gráfica de la aceptación total para un cambio de horno en las viviendas que poseen hornos tradicionales.**



**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló

**Elaborado por:** El investigador

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 7 (tabla y figura 4.7):**

Al realizar esta pregunta se detecta 15 núcleos familiares (viviendas) que poseen horno y están que están dispuestos a modernizarlo por uno más eficiente, que son el 17.41% de la viviendas.

**Pregunta 8: ¿Cuáles sanciones considera aplicables por los daños ambientales producidas por la quema de leña o contaminación del aire?**

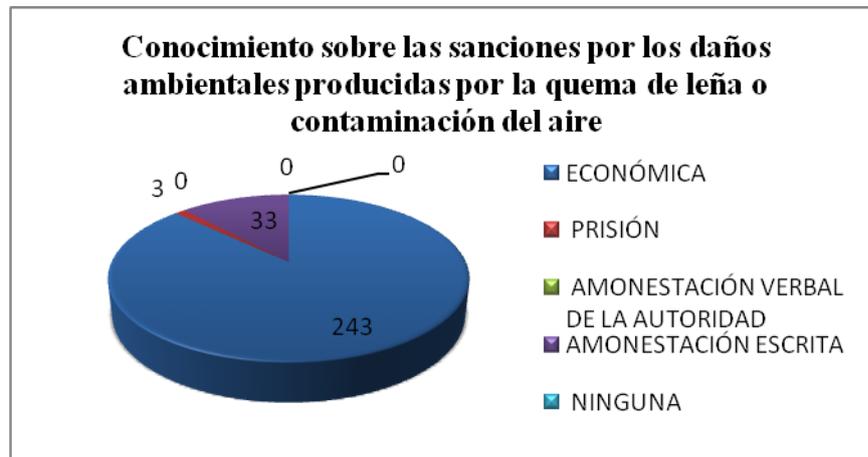
**Tabla 4.8. Tabulación del conocimiento sobre las sanciones por los daños ambientales producidas por la quema de leña o contaminación del aire.**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Económica	243	87
Prisión	3	1
Amonestación verbal de la autoridad	0	0
Amonestación escrita	33	12
ninguna	0	0
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló

**Elaborado por:** El investigador

**Figura 4.8. Representación gráfica de la pregunta 8 de la encuesta.**



**Fuente:** Moradores del barrio Pichaló.

**Elaborado por:** El investigador.

#### **Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 8 (tabla y figura 4.8):**

Los encuestados asumen que de existir autoridad quien vele por este tipo de contaminación lo que podrían ser sancionados es con una multa económica, así lo refleja en la encuesta el 87% de su población que son 243 personas y en 12 % esperan que sea una llamada la atención por escrito, minimizan la amonestación verbal por lo alejado que esta la zona de estudio de la ciudad.

#### **4.2.- Resultado de la aplicación de la entrevista dirigida a un experto en diseño de hornos.**

El profesional experto en diseño de hornos afirma que es indispensable tomar en cuenta las propiedades del eucalipto de la zona en estudio que servirá de fuente de energía en el diseño de un horno en este caso muy puntual ayudará a determinar la cantidad de biomasa a quemarse para obtener una determinada temperatura de cocción, además existen factores que determinarían la calidad de una combustión y cocción eficiente, como son:

- La humedad del eucalipto
- El aroma en la quema de la madera
- La densidad de la madera
- La cantidad en kg que se necesitaría para una cocción

- La disponibilidad del eucalipto
- Recurso predominante de energía en la zona.

Recomienda además hacer una primera evaluación técnica y económica, para luego recurrir a materiales más eficientes y buscar un término medio para la propuesta de diseño y construcción. No tiene que limitarse a la parte matemática de eficiencia, sino también a la capacidad económica de construcción, a partir de ahí se busca la calidad de fuente de energía apta para el horno a diseñar, de esta manera se conseguiría una eficiente combustión disminuyendo en gran porcentaje los gases nocivos como son el CO, CO<sub>2</sub>, que son agentes de inicio de enfermedades respiratorias.

#### **4.3. Resultado de la entrevista a un habitante referente de la zona de estudio.**

El Sr. Viteri como morador oriundo del sector comenta que se utiliza cualquier manifestación de madera para uso en los fogones y hornos de las viviendas y desconocen todas las bondades del eucalipto para que pueda ser utilizado de mejor manera.

Los hornos que existen en el sector datan ya de por lo menos 40 años atrás, que la gente adulta los construía para realizar cocciones en épocas especiales del año o en fiestas tradicionales, como es el día de los difuntos, en la navidad y en ocasiones especiales de cada familia, ellos los construían con una base de ladrillo además una mezcla de barro y botellas de vidrio picado para ser cubierto con melaza y su posterior recubrimiento con piedra pómez.

A la mayoría de vecinos no le es agradable construir hornos de esas características antiquísimas, actualmente, la tecnología ha favorecido en la mitigación de enfermedades respiratorias a causa del humo, problemas de alergias y gripe por la cenizas al momento de limpiar el horno, quemaduras en la piel por el poco aislamiento en sus puertas.

Actualmente para toda cocción se utiliza la cocina a gas, en las tardes es cuando se utiliza los fogones a leña para la calefacción de la vivienda y la cocción en horno ahora se ha vuelto un privilegio de pocas viviendas. Tal vez se retornaría la cocción a leña como medida alternativa cuando el costo del gas sea el real, libre

de subsidio. Mencionando al final que la utilización de hornos de leña ha estado presente desde siempre sin consideración del precio del gas.

#### 4.4.- Resultados del análisis del potencial energético de la biomasa vegetal del barrio Pichaló

Una vez que se determinó el área geográfica del barrio Pichaló por medio de coordenadas, se procedió a establecer la densidad vegetativa en lo referente al potencial que se dispone en bosques de eucalipto y otros recursos madereros que ocasionalmente servirán para la quema en fogones y hornos domésticos.

En la figura 4.9 se aprecia la densidad de la biomasa disponible refiriéndose a recursos madereros.



Figura 4.9. Densidad forestal de biomasa localizada en el Barrio Pichaló.

A continuación se observa de mejor manera la distribución de biomasa vegetal en la tabla 4.9.

Tabla 4.9 Cantidad de recurso maderero del barrio Pichaló refiriéndose a la zonificación 1, 2, 3, 4, 5 de las áreas 129 y 130 del mapa cartográfico de la figura 4.9.

ZONA	TIPO	LARGO	PROFUNDIDAD	DENSIDAD X 50M <sup>2</sup>	AREA	ARBOLITOS
1	EUCALIPTO	200	200	40	40000	32000
1	MAIZ	200	300	250	60000	300000
1	CEBADA	100	100	5000	10000	1000000
1	CAPULI	300	500	5	150000	15000
2	EUCALIPTO	100	50	10	5000	1000

2	CABUYO	1200	2	75	2400	3600
2	MAIZ	500	300	250	150000	750000
2	CAPULI	500	500	30	250000	150000
3	EUCALIPTO	200	100	40	20000	16000
3	CABUYO	100	1	75	100	150
3	MAIZ	200	500	250	100000	500000
3	CAPULI	100	400	5	40000	4000
3	CHOCHO	100	100	4000	10000	800000
4	CABUYO	800	1	75	800	1200
4	MAIZ	800	500	250	400000	2000000
4	CAPULI	800	500	5	400000	40000
5	EUCALIPTO	200	500	40	100000	80000
5	CHOCHO	50	80	4000	4000	320000
5	MAIZ	300	75	250	22500	112500

En la zona 1, que es el inicio del barrio y corresponde a las coordenadas S 00° 54,44'; WO 78° 34,413' se determinó alrededor de 32000 árboles de eucalipto de distinta edad y altura, convirtiéndose en un potencial casi inagotable en relación a las viviendas que poseen horno doméstico.

En la zona 2, uno de sus límites esta en las coordenadas SO 00° 54,355' WO 78° 33,271'; donde está la vivienda referente para el estudio y donde se tomaron las muestras de eucalipto para determinar el poder calórico en laboratorio. Se puede apreciar que existen alrededor de 1000 árboles de eucalipto, y predomina la siembra de maíz con 750000 plantas.

En la zona 3, existen 16000 árboles de eucalipto aproximadamente, seguido por plantaciones de chocho y maíz.

En la zona 4, es donde hay una secases de árboles de eucalipto, predominando el sembrío de maíz y los árboles de capulí con una importante cantidad de pencos que posteriormente se secan y sirve como biomasa para ser quemada (cabuya)<sup>5</sup>.

Por último en la zona 5, nuevamente hace presencia el eucalipto con 80000 unidades aproximadamente seguido del predominio del chocho y el maíz como fuente de subsistencia de la población.

---

<sup>5</sup> Término con que identifican los pobladores al maguey de la zona, es una planta de hojas grandes y carnosas que nacen directamente de la raíz y están bordeadas de pinchos, y flores amarillas en ramillete sobre un alto tallo central; es originaria de terrenos secos de América.

#### 4.5.- Resultado del análisis del poder calórico del eucalipto

A partir de los resultados de la experimentación con la bomba calorimétrica descrita en Capítulo 3, se obtuvieron los siguientes resultados, mostrados en la Tabla 4.10; 4.11; 4.12 y 4.13.

**Tabla 4.10. Poder calórico de la muestra del eucalipto seco.**

<b>Práctica en el campo para el EUCALIPTO</b>			
Presurización de la bomba calorimétrica: 15 BARES			
Muestra: seca; tiempo de nivelación de presión: 4 min			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
1	Valor Calorífico del Ácido Benzoico	J/gr	26,434
2	Peso del Ácido Benzoico quemado	gr	1
3	Energía Liberada por el Ácido, (1x2)	J	26,435
4	Temperatura Inicial	°C	20.00
5	Temperatura Final	°C	22.00
6	Elevación de Temperatura, ( 5 - 4 )	°C	2.00
7	Capacidad Calorífica Total del aparato, ( 3 / 6 )	J/°C	13217.5
<b>MUESTRA DE COMBUSTIBLE:</b>			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
8	Peso del porta muestra	gr	7.7
9	Peso del porta muestra más Combustible	gr	8.5
10	Peso del combustible, ( 9 - 8 )	gr	0.8
11	Temperatura Inicial	°C	20.8
12	Temperatura Final	°C	22.1
13	Elevación de la Temperatura, (12-11 )	°C	1.3
14	Energía Total Liberada, (13x7)	J	17182.75
15	Valor Calorífico de la Muestra, (14 / 10)	J/gr	21478.4375

El poder calórico obtenido está dentro de los valores esperados según fuentes bibliográficas consultadas y descritas en el capítulo 2, las mismas han sido desarrolladas para especies madereras de similares características, dentro de esta investigaciones se destacan las especies de:

**Madera sin extraer:**

<b>Especie</b>	<b>Albura</b>		<b>Duramen</b>	
<i>UM</i>	<b>cal/g</b>	<b>MJ/Kg</b>	<b>cal/g</b>	<b>MJ/Kg</b>
<i>E.citriodora</i>	3790.68	15,870	3949.51	16.535
<i>E.robusta</i>	4112.91	17,219	3679.33	15.404
<i>E.saligna</i>	4118.43	17,243	3922.84	16.424

**Madera libre de extractos:**

<i>E.citriodora</i>	3897.79	16,319	3704.44	15.509
<i>E.robusta</i>	3921.45	16,418	3668.43	15.359
<i>E.saligna</i>	3935.33	16,476	3863.79	16.176

La combustión se realizó completamente, como se puede apreciar en la figura 4.10.



**Figura 4.10. Quema completa del eucalipto sin humedad, obteniéndose el poder calórico superior. a) porta muestras; b) cilindro de la bomba calorimétrica libre de vapor.**

En esta prueba de laboratorio la variación de la temperatura alcanzó 1,3 °C por lo que al realizar los respectivos cálculos en la hoja guía dio un poder calorífico para el eucalipto de 21478,143 J/gr.

Con el objetivo de determinar una alternativa al eucalipto se realizó una segunda prueba, esta vez utilizando la muestra de Capulí que también se encuentra en la

zona en un porcentaje del 7%, según se vio en las encuestas y es la madera que puede sustituir al eucalipto considerando únicamente su poder calórico.

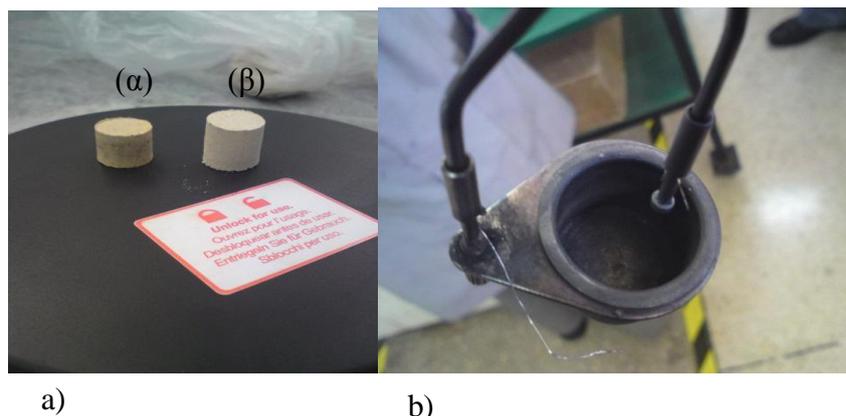
**Tabla 4.11. Se observa el valor obtenido en la bomba calorimétrica de una muestra de capulí que era de relevancia de la zona 4 anteriormente.**

<b>Práctica en el campo para el CAPULÍ</b>			
Presurización de la bomba calorimétrica: 15 BARES			
Muestra: seca; tiempo de nivelación de presión: 4 min			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
1	Valor Calorífico del Ácido Benzoico	J/gr	26,434
2	Peso del Ácido Benzoico quemado	gr	1
3	Energía Liberada por el Ácido, (1x2)	J	26,435
4	Temperatura Inicial	°C	20.00
5	Temperatura Final	°C	22.00
6	Elevación de Temperatura, ( 5 - 4 )	°C	2.00
7	Capacidad Calorífica Total del aparato, ( 3 / 6 )	J/°C	13217.5
<b>MUESTRA DE COMBUSTIBLE:</b>			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
8	Peso del porta muestra	gr	7.7
9	Peso del porta muestra más Combustible	gr	8.5
10	Peso del combustible, ( 9 - 8 )	gr	0.8
11	Temperatura Inicial	°C	21.3
12	Temperatura Final	°C	22.6
13	Elevación de la Temperatura, (12-11 )	°C	1.3
14	Energía Total Liberada, (13x7)	J	17182.75
15	Valor Calorífico de la Muestra, (14 / 10)	J/gr	21478.4375

El poder calórico del Capulí<sup>6</sup> es semejante al del eucalipto, pero a diferencia de éste último el Capulí es un frutal que rara vez se utiliza la poda como fuente de energía y no es un recurso sustentable pues el fin de su conservación es un sustento de vida de algunos pobladores y no se recomienda su utilización como prioridad para el fin que se estudia.

La diferencia de color en las muestras de Eucalipto y Capulí se puede apreciar en la figura 4.11. Además el residuo de la combustión del capulí.

<sup>6</sup> Capulí: árbol frutal andino que se desarrolla y degusta en la sierra.



**Figura 4.11 a) Diferenciación del capulí ( $\alpha$ -tono oscuro) y el eucalipto ( $\beta$ -tono claro), b) quema total de la muestra de capulí.**

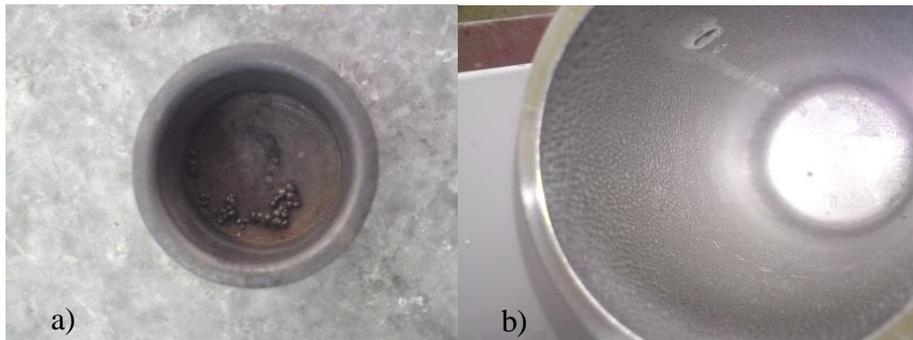
El objetivo de realizar una tercera prueba es para determinar el poder calórico de la misma muestra de Eucalipto pero con mayor grado de humedad, buscando la semejanza de condiciones con la exposición a la intemperie que muestra la biomasa vegetal al ser utilizadas en los hornos, puesto que el almacenaje de la leña no es el adecuado y en épocas de lluvia están expuestas a gran humedad.

**Tabla 4.12 Poder calórico del eucalipto con un porcentaje de humedad del 30% y una escases de oxígeno para la combustión.**

<b>Práctica en el campo para el EUCALIPTO</b>			
Presurización de la bomba calorimétrica: 15 BARES			
Muestra: 30 % de humedad estimada; tiempo de nivelación de presión: 3 min			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
1	Valor Calorífico del Ácido Benzoico	J/gr	26,434
2	Peso del Ácido Benzoico quemado	gr	1
3	Energía Liberada por el Ácido, (1x2)	J	26,435
4	Temperatura Inicial	°C	20.00
5	Temperatura Final	°C	22.00
6	Elevación de Temperatura, ( 5 - 4 )	°C	2.00
7	Capacidad Calorífica Total del aparato, ( 3 / 6 )	J/°C	13217.5
<b>MUESTRA DE COMBUSTIBLE:</b>			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
8	Peso del porta muestra	gr	7.7
9	Peso del porta muestra más Combustible	gr	8.5
10	Peso del combustible, ( 9 - 8 )	gr	0.8
11	Temperatura Inicial	°C	20.7
12	Temperatura Final	°C	21.2
13	Elevación de la Temperatura, (12-11 )	°C	0.5
14	Energía Total Liberada, (13x7)	J	6608.75
15	Valor Calorífico de la Muestra, (14 / 10)	J/gr	8260.9375

Este valor de poder calórico del eucalipto es obtenido adicionando la presencia de humedad en la misma muestra y una presurización de oxígeno en la bomba calorimétrica de 15 bares en un tiempo de 4 min. Muy por debajo de lo que se recomienda que es de 30 bar en 5 min.

En la figura 4.12 se observa la combustión incompleta de la muestra de eucalipto y la condensación del vapor de agua procedente de la humedad de la muestra.



**Figura 4.12. a) Residuo producto de una combustión incompleta y b) Condensación de agua por una muestra húmeda, obteniéndose el poder calorico inferior.**

De esta manera podemos determinar que los factores que intervienen como variables de una combustión eficaz son la humedad y la cantidad de oxígeno, obteniendo un poder calórico de 8260.9 J/kg, valor que resulta muy por debajo de lo que en la muestra seca se obtuvo, perdiéndose calor en evaporar el agua que se encontraba como porcentaje de humedad y quedando también residuos carbonosos producto de la mala combustión.

Para determinar el valor calórico de la muestra pero con un mayor esfuerzo en la compactación de la muestra se realizó una cuarta prueba. Que se observa la en la figura 3.10 la prensa de compactación para la muestra de eucalipto.

Una vez compactada la muestra con el esfuerzo máximo 40.7 Nm, de la prensa se procede a la realización de la práctica de quema del eucalipto obteniendo los siguientes resultados que se aprecia en la tabla 4.14.

**Tabla 4.14. Determinación del poder calórico del capulí con muestra más compactada de lo normal.**

<b>Práctica en el campo para el EUCALIPTO</b>			
Presurización de la bomba calorimétrica: 15 BARES			
Muestra: sin humedad; tiempo de nivelación de presión: 4 min			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
1	Valor Calórico del Ácido Benzoico	J/gr	26,434
2	Peso del Ácido Benzoico quemado	gr	1
3	Energía Liberada por el Ácido, (1x2)	J	26,435
4	Temperatura Inicial	°C	20.00
5	Temperatura Final	°C	22.00
6	Elevación de Temperatura, ( 5 - 4 )	°C	2.00
7	Capacidad Calorífica Total del aparato, ( 3 / 6 )	J/°C	13217.5
<b>MUESTRA DE COMBUSTIBLE:</b>			
<b>Orden</b>	<b>Propiedades</b>	<b>UM</b>	<b>DATOS</b>
8	Peso del porta muestra	gr	7.7
9	Peso del porta muestra más Combustible	gr	8.5
10	Peso del combustible, ( 9 - 8 )	gr	0.8
11	Temperatura Inicial	°C	20.8
12	Temperatura Final	°C	21.2
13	Elevación de la Temperatura, (12-11 )	°C	0.4
14	Energía Total Liberada, (13x7)	J	5287
15	Valor Calórico de la Muestra, (14 / 10)	J/gr	6608.75

El resultado bajo nos indica que para un mayor grado de compactación la relación aire/ combustible se dificulta por lo que el proceso se torna más lento aumentando las pérdidas de calor al medio, lo que trae consigo mediciones mínimas del poder calórico. Con el objetivo de buscar fiabilidad en los resultados obtenidos fueron llevados a cabo tres corridas experimentales para determinar la media del poder calórico, la desviación estándar y el coeficiente de variación, constituyendo esto un importante análisis de dato para la fiabilidad en el muestreo experimental.

**Análisis de datos para el muestreo experimental:**

**Tabla 4.15. Análisis del muestreo experimental llevado a cabo en la investigación.**

<b>Tabla para análisis del muestreo experimental</b>						
	<b>Poder Calórico (J/g)</b>			<b>Análisis</b>		
	<b>Exp. 1</b>	<b>Exp. 2</b>	<b>Exp. 3</b>	<b>Media(Exp)</b>	<b>Desv.Stand.</b>	<b>Coef.Variac.</b>
<b>E. Seco</b>	21478,43	21478,35	21474,42	21477,07	2,004	0,93%
<b>E. 30% Hum.</b>	8260,93	8258,82	8262,86	8260,87	2,019	2,44%
<b>E. Comp. 40.7 (Nm)</b>	6608,75	6611,87	6607,78	6609,47	2,056	3,11%
<b>Capulí Seco</b>	21478,43	21480,55	21476,42	21478,47	2,065	0,96%

En la tabla 4.15 se relacionan los diferentes valores de poder calorífico obtenidos en tres corridas experimentales para las muestras de eucalipto seco (E. Seco), húmedo al 30% (E. 30% Hum), compactado con una fuerza de torsión de 40.7 Nm (E. Comp. 40.7 Nm.) y Capulí seco.

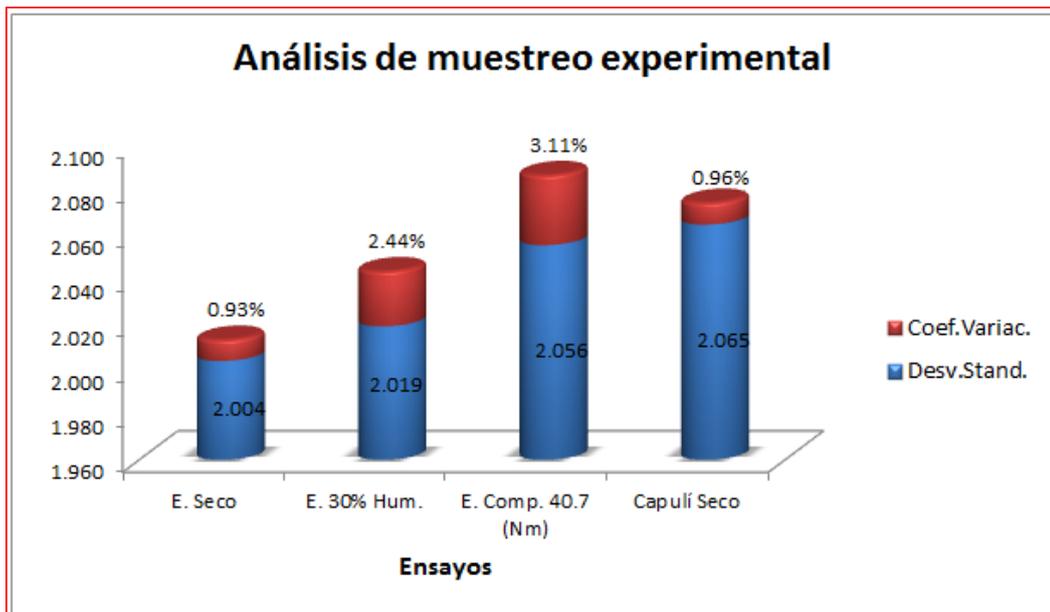


Figura 4.13. Representa el análisis del muestreo experimental.

En la figura 4.13, se observa los valores de la desviación estándar y el coeficiente de variación, fluctuando este último entre 0.93 % y 3.11%, lo cual demuestra que existe baja variabilidad en la experimentación realizada, demostrando fiabilidad en el muestreo realizado.

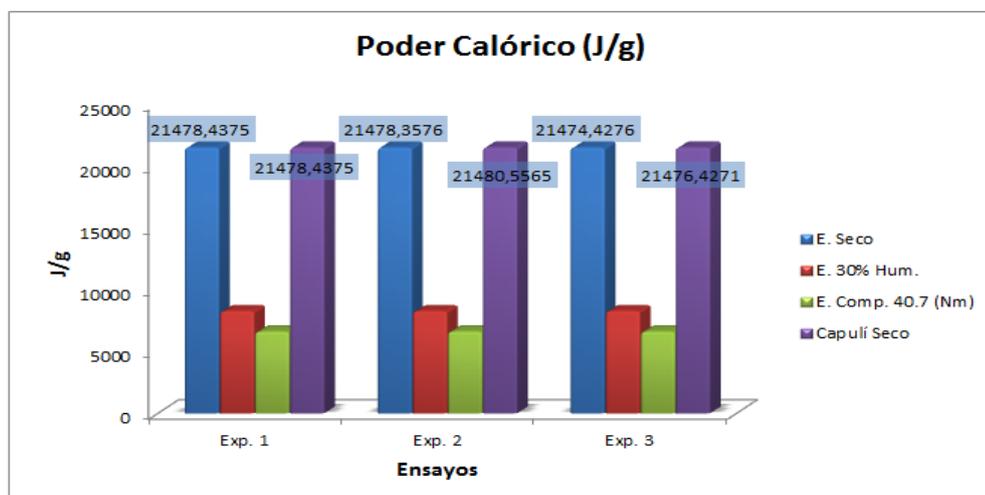


Figura 4.14. Representa el poder calorífico de las muestras en las tres corridas experimentales.

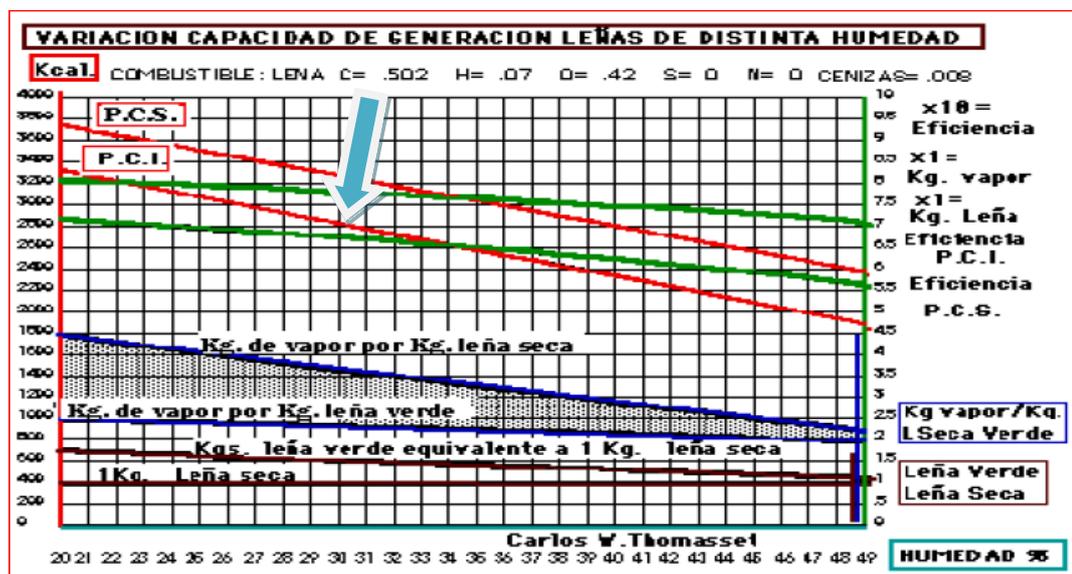
En la figura 4.14, se puede observar el comportamiento de los resultados experimentales de los distintos ensayos llevados a cabo, demostrando que en el caso del eucalipto seco existe mayor poder calorífico, similar a los resultados obtenidos en el caso del Capulí seco; en los casos de la muestra de eucalipto con un 30% de humedad el poder calorífico es bajo, pero más bajo aún es la muestra de eucalipto compactado con una fuerza torsional de 40.7 Nm en la prensa de la figura 3.10.

Este análisis se corrobora por los resultados obtenidos en estudios de veinte especies madereras de la amazonia donde se platea que: “un peso dado de madera a un cierto contenido de humedad dará más o menos la misma cantidad de calor sea esta una madera densa o liviana. La única diferencia es que las maderas duras combustionan más lentamente. Un mismo peso de madera no da forzosamente un mismo número de calorías en un tiempo dado” (Uceda, 2011).

Mediante este resultado se justifica que para la mejora en la combustión del Eucalipto en los hornos se debe garantizar que el flujo de aire sea distribuido adecuadamente por la superficies en combustión, lográndose la aproximación adecuada de relación aire / combustible.

En la tabla 4.16 se tiene un ejemplo de la variación del poder calórico con leñas de diferente porcentaje de humedad, corroborando los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio con la muestra humedad al 30 % de eucalipto.

Tabla 4.16. Variación del poder calórico con leñas de distinta humedad.



Como se demuestra en estudios realizados por otros autores la presencia de humedad hace que disminuya el poder calórico inferior más que el superior a medida que aparece la presencia de humedad en la leña (Thomasset, 2004).

#### 4.6.- Resultado del análisis de los gases producto de la combustión del eucalipto

A partir de los resultados de la experimentación realizada con el analizador de gases descrito en Capítulo 3 y con el objetivo de determinar los gases de combustión generados por el empleo del eucalipto como fuente primaria de energía en hornos domésticos, se realiza la comparación de las normas vigente (anexo 4), donde se analiza si los gases se encuentran dentro de los rangos admisibles:

Al quemar la muestra de eucalipto seco y analizar los gases (figura 4.15) producto de su combustión en una braza se obtuvo resultados que se ilustran en la tabla 4. 17

**Tabla 4.17. Gases producto de la combustión del eucalipto.**

PORCENTAJES OBTENIDOS					
CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Lambda
2.25	6.6	354	14.08	28.3	1.926



**Figura 4.15. Pantalla del analizador de gases utilizado para gases de combustión y corroborar la tabla 4.17.**

Si la combustión es incompleta o imperfecta, los productos de la combustión poseen sustancias todavía capaces de ser oxidadas, por ejemplo el CO que puede pasar a CO<sub>2</sub>. La combustión incompleta aparece cuando el aire es insuficiente, o en aquellas zonas de las cámaras de combustión en las que el aire no llega en cantidad suficiente.

En general se tiende a evitar las combustiones incompletas, ya que no sólo van ligadas a pérdidas de energía, sino también a procesos altamente contaminantes; el combustible que no ha reaccionado y los componentes combustibles de los humos, contienen una energía química que no se aprovecha, al tiempo que se generan elementos no combustionados CH, y elementos contaminantes CO, NO<sub>x</sub>.

Para que se pueda guiar de lo anteriormente dicho se trae como ejemplo el triángulo de OSWALT (Thomasset, 2004), que nos ayudara a comprender la combustión completa de la leña que se observa en la Figura 4.16.

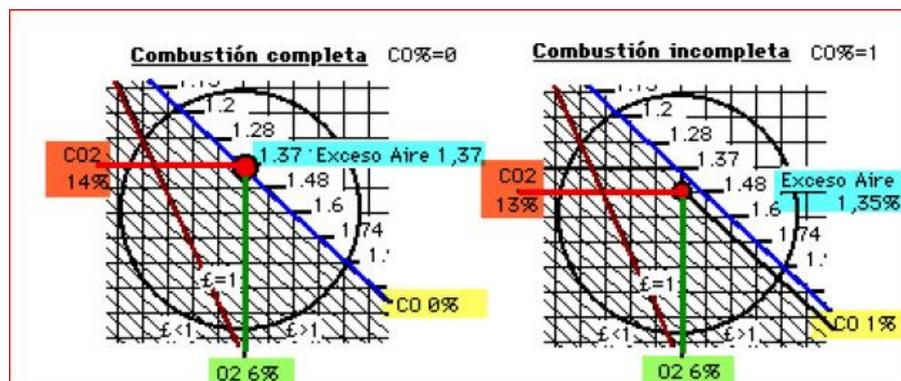


Figura. 4.16. Combustión completa e incompleta de la leña.

En la figura. 4.16. se observa el triángulo de OSTWALD de leña, se indica la condición de combustión completa (CO=0%) y la condición en que la combustión no es completa (CO%=1), aunque sobre el O<sub>2</sub> (oxígeno), esto en las calderas a leña y de gases (como el gas natural), hace que se produzcan perdidas muy importantes por gases sin quemar (que por cada 1% de estos gases que se midan en chimenea se puede estar perdiendo más de 40% del combustible por la chimenea (Thomasset, 2004).

#### 4.7.- Resultado del análisis del balance energético de la combustión del eucalipto en un horno

A través de la aplicación del procedimiento de cálculo propuesto en el Capítulo 3 para la evaluación energética del proceso de quema, se pudo establecer el comportamiento de las pérdidas de calor (figura 4,17) y los parámetros adecuados para el diseño de un horno eficiente con la ayuda de la simulación en ANSYS.

Durante el desarrollo de esta investigación se hizo necesaria la obtención de las principales características y propiedades de los materiales empleados para su diseño, como son:

- Poder calórico del eucalipto (Especie Glóbulos) procedente de la zona de estudio.
- Conductividad térmica del acero.
- Conductividad térmica del material aislante (lana de roca).
- Propiedad termofísicas del aire.
- Geometría del horno.

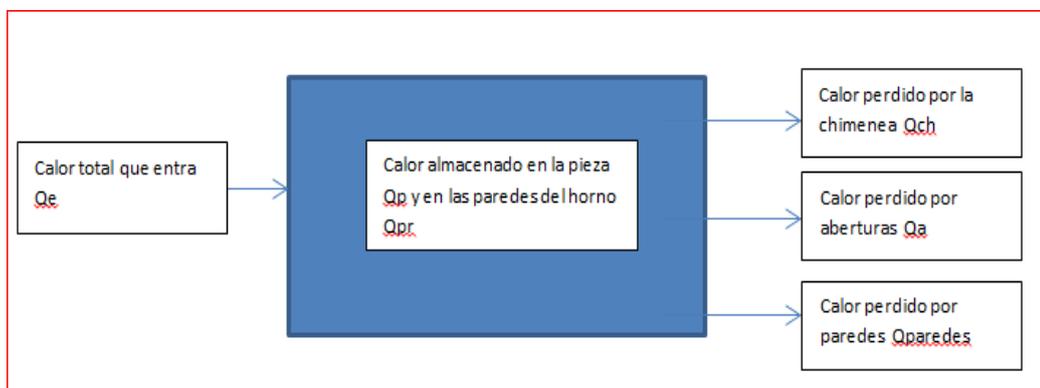


Figura 4.17. Proceso de las pérdidas de calor para un horno a través del ANSYS

#### 4.7.1. Resultado del balance de energía y masa a través del ANSYS para el horno doméstico tradicional

La simulación empieza a realizarse teniendo como base un horno referente de la zona en estudio. Considerando sus características de la siguiente forma:

1. Forma geométrica: figura 4.18.

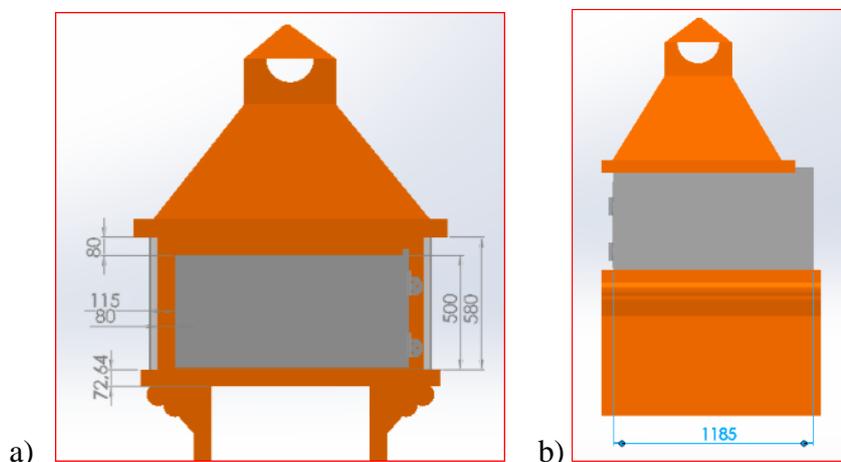


Figura 4.18. Forma geométrica del horno doméstico a) vista frontal, b) vista lateral de un horno.

2. Material de fabricación; ladrillo de las siguientes características:  
Conductividad Térmica:  $1.046 \text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}$

Densidad:  $1900 \text{ Kg/m}^3$

En el grafico de la figura 4.19, se puede observar la curva resultante del proceso de simulación del horno doméstico tradicional construido a base de ladrillo, los valores en perdida de energía alcanzan los  $197.220 \text{ W/m}^2$ .

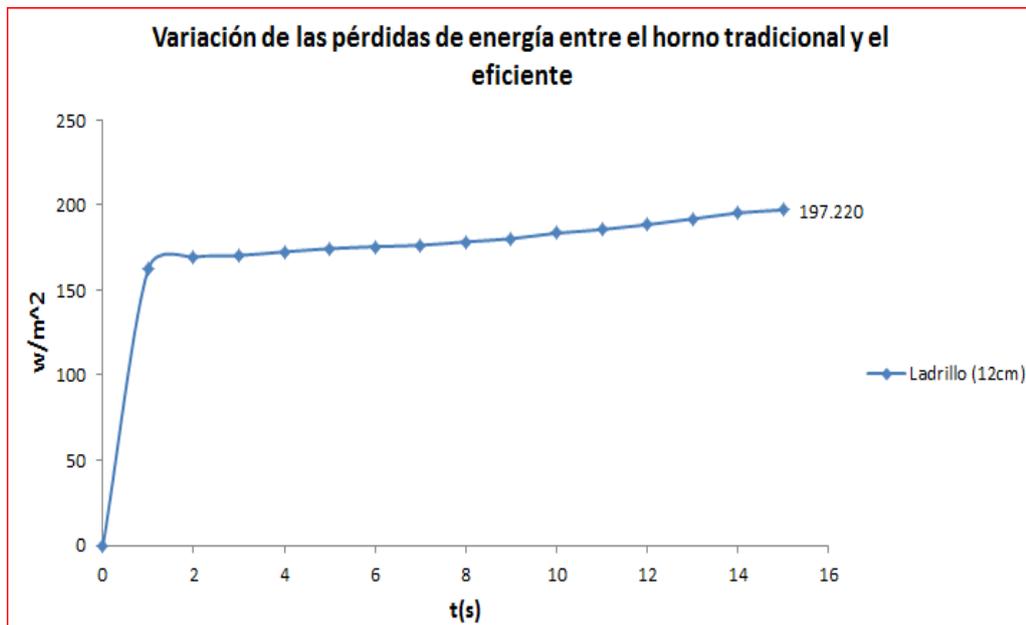
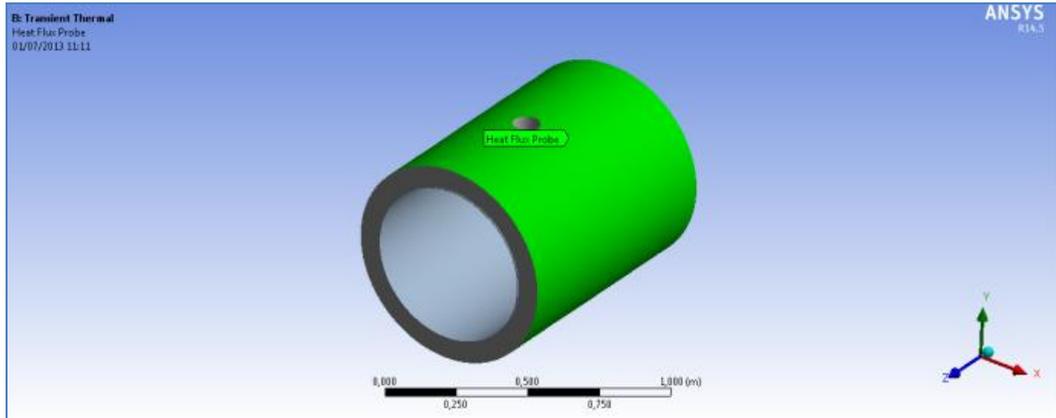


Figura 4.19. comportamiento de las pérdidas de energía del horno tradicional a partir de la simulación con ANSYS.

#### 4.7.2. Resultado del balance de energía y masa a través del ANSYS para la propuesta

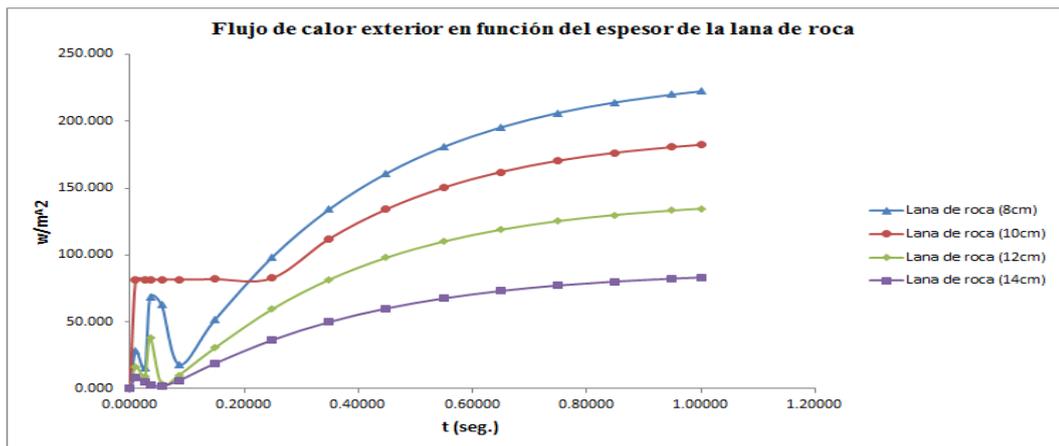
1.- Simulación en ANSYS, para este análisis existen consideraciones como:

- Geometría del horno para el diseño; diámetro, 0,4 m, largo 0,8 m y espesor de la chapa de acero 0.004 m.
- Diámetro del orificio de la chimenea, 0.10m.
- Temperatura interior del horno a  $180 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . (recomendada por los libros de cocina, citados anteriormente) (Smid, 2008).



**Figura 4.20. Modelo geométrico básico de un horno, con recubrimiento de 8,10,12,14cm de lana de roca.**

En la figura 4.20, se observa el modelado de la bóveda del horno doméstico eficiente realizado en computadora utilizando ANSYS, con su respectivo orificio para la chimenea.



**Figura 4.21. Flujo de calor exterior.**

En la 4.21, se muestra la variación del flujo de calor al exterior del horno doméstico diseñado en función de varios espesores de lana de roca utilizado como aislamiento térmico, en las primeras 0.002 de segundo las curvas tienden a elevar su valor con un pico pronunciado de pérdidas, luego decae, esto está relacionado con el arranque en la combustión que luego se va estabilizando a medida que las paredes del horno van nivelándose las temperaturas en el tiempo de 1 segundo.

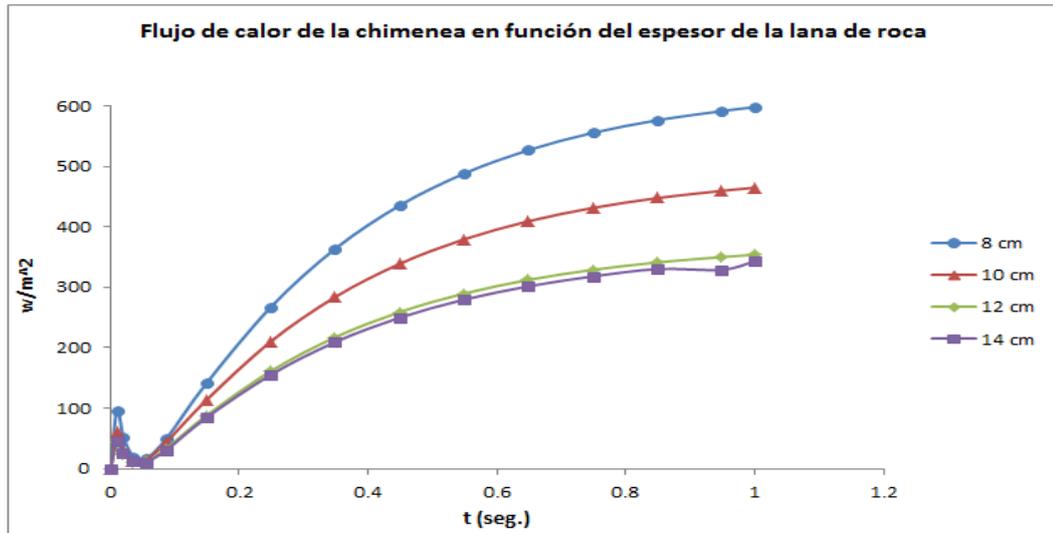


Figura 4.22. Pérdida energía en el orificio de chimenea en 1seg. para el espesor de 8, 10, 12, 14 cm.

En la 4.22, se muestra la variación del flujo de calor en la chimenea del horno doméstico diseñado en función de varios espesores de lana de roca utilizado como aislamiento térmico, tiene un comportamiento similar al grafico 4.21, donde en las primeras 0.002 de segundo las curvas tienden a elevar su valor con un pico pronunciado de pérdidas, luego decae, esto esta relacionado con el arranque en la combustión que luego se va estabilizando a medida que el área que conforma el lugar de la chimenea va nivelandose su temperatura en el tiempo de 1 segundo.

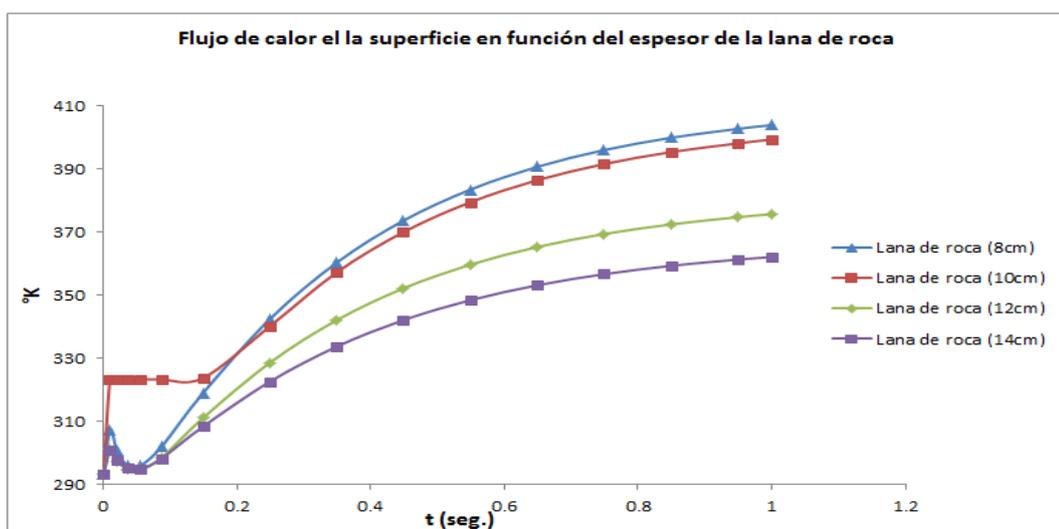


Figura 4.23. temperatura °K en el exterior del horno con el recubrimiento de diferentes espesores de lana de roca.

En la figura 4.23, se indica la temperatura a la que puede llegar el diseño del horno doméstico eficiente en su exterior, según las condiciones de diseño, tomando en cuenta el espesor de la lana de roca que sirve como aislante, en el caso del espesor de 12 cm la temperatura alcanza los 370 °K (97 °C), que resulta no peligroso para quien esté manipulando el horno.

Algo a destacar es el uso de colchas de lana de roca para obtener el espesor adecuado por los beneficios que esta presenta tanto en ahorro de energía como en su facilidad de instalación y poco peso.

#### 4.7.3. Resultado del análisis comparativo del balance de energía y masa a través del ANSYS para el horno propuesto y el tradicional.

El resultado de la simulación del horno doméstico tradicional se puede ver en la figura 4.24.

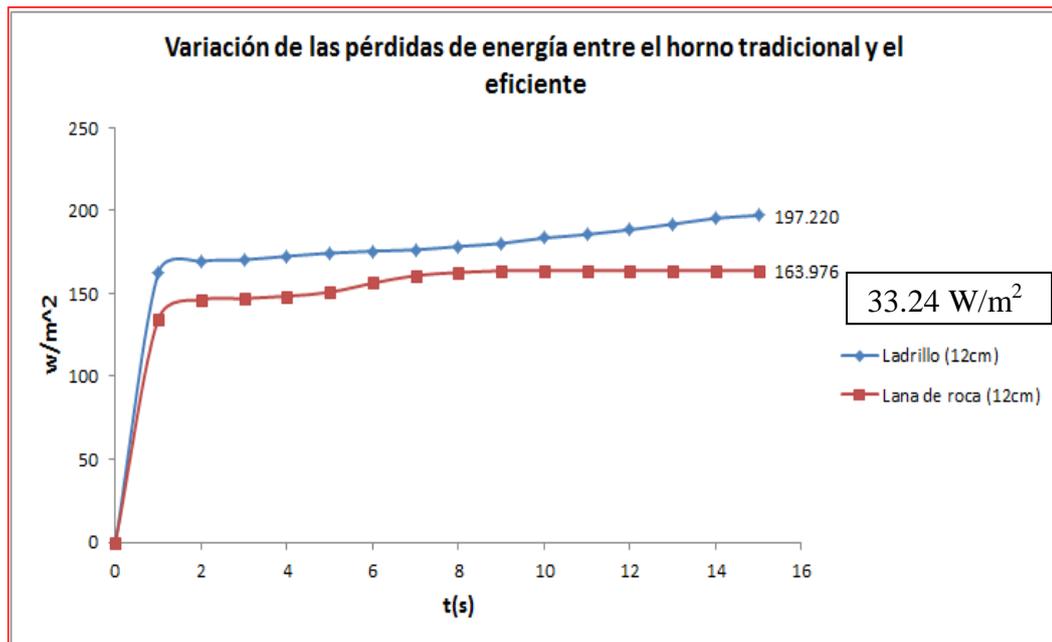


Figura. 4.24. Perdida energetica de un horno tradicional de ladrillo en relación a un horno cilindrico recubierto con lana de roca.

Al realizar la simulación de pérdidas de energía en ANSYS, teniendo como base un horno tradicional doméstico referente de la zona con las características enunciadas anteriormente, se puede notar que las pérdidas alcanzan a 33.24 W/m<sup>2</sup> de diferencia con respecto a la propuesta del horno doméstico eficiente. Lo que

repercute en la cantidad de biomasa vegetal utilizada para alcanzar una temperatura de 180 °C, para un tiempo de cocción de algún alimento en 1 hora.

#### **4.8.- Conclusión del capítulo**

La utilización del software de simulación como el ANSYS, ahorra tiempo para la determinación de pérdidas de energía en diseños establecidos, logrando identificar temperaturas al exterior del horno, perdidas en la chimenea y costo de la biomasa vegetal utilizada.

## **CAPITULO V: LA PROPUESTA**

### **5.1- Título de la propuesta**

Horno doméstico eficiente para uso de biomasa vegetal en la zona rural de Latacunga.

### **5.2- Justificación de la propuesta**

Es necesario una propuesta de un horno eficiente que disminuya el consumo de biomasa vegetal para las zonas rurales de Latacunga en lugar de los hornos tradicionales existentes, reduciendo los gases producto de la combustión, sin desprenderse de sus costumbres y mejorando el estado de vida de los pobladores que lo utilicen, el horno tendrá las siguientes características:

- La chimenea deberá sacar el humo sin retorno.
- La combustión deberá generar menos humo.
- Fácil de limpiar.
- Portátil – móvil.
- Fácil de encender y mantener encendida.
- En cuanto a la seguridad, se garantizará que no existe calor en las superficies laterales.
- La base deberá ser firme.
- Su costo deberá ser adaptable al medio y opcionalmente se utilizará de materiales de desecho.
- Poco espacio de instalación.
- Estéticamente atractivo, novedoso, genera estatus y fácil de usar.

### **5.3- Objetivo de la propuesta**

Adoptar una cultura integral del uso racional y eficiente de la biomasa vegetal existente en la zona, donde se utiliza el eucalipto como fuente de energía para hornos domésticos eficientes.

#### 5.4- Estructura de la propuesta

La estructura de la propuesta del horno doméstico eficiente para uso de biomasa vegetal en la zona rural de Latacunga, está basada en la elaboración de un manual de utilización, mantenimiento y procesos de construcción.

#### 5.5- Desarrollo de la propuesta

Para que esta propuesta se concrete es necesario contar con los siguientes recursos:

##### A- RECURSO MATERIAL:

Tabla 5.1. Desglose de los costos fijos para la construcción de un horno eficiente

Cant.	Detalle	Dimensión magnitud	Unidad de medida	Costo \$
1	Plancha para tanque de acero laminado	1.5	m <sup>2</sup>	55
4	Elementos de fijación a tierra	4	m	15
1	Litro de pintura color	1	lit	2,5
2	Bisagras	std	u	2
24	Remaches	½”	u	11
1	Plancha aluminio	1.5	m <sup>2</sup>	30
			<b>Total costo fijo</b>	<b>115,5</b>

##### B- RECURSO HUMANO:

Se considera la mano de obra necesaria para la manufactura del horno eficiente.

Tabla 5.2. costo de mano de obra para la construcción del horno eficiente.

CANTIDAD	RECURSO	VALOR \$/ DÍA
1	Cerrajero	40

## A. Responsables de la implementación

Tabla 5.3. Personal involucrado con su grado de responsabilidad

RESPONSABLES DE LA IMPLEMENTACIÓN		
AREA	RESPONSABLE	ACTIVIDAD
<b>DIRECCIÓN TÉCNICA</b>	Ing. Fabián Salazar	Coordinar la cotización y adquisición de los elementos de construcción del horno
<b>DIRECCIÓN FINANCIERA</b>	Ing. Fabián Salazar	Contar con el financiamiento respectivo para el inicio de la construcción
<b>SUPERVISOR Y EVALUADOR</b>	Dr. Gustavo Rodríguez B.	Verifica el avance de la implementación del horno y realiza pruebas preliminares de cocción según el diseño propuesto. Sugiere mejoras en el campo de operación del horno y Determina potenciales riesgos de accidentes.

Elaborado por: Ing. Marcelo Fabián Salazar Corrales

### 5.6- Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta

El propósito de la evaluación socioeconómica de un proyecto es el de conocer la probabilidad de que un proyecto propuesto contribuya en grado significativo al desarrollo de la economía en su conjunto y de que su contribución sea lo bastante grande como para justificar la utilización de los escasos recursos que se necesiten. El punto de vista que se adopta en el análisis económico es el de la sociedad como un todo.

#### 5.6.1- Resultados de la valoración económica de la propuesta de un horno eficiente

Las técnicas de valor descontado son diversas, aunque todas ellas, se basan en el descuento al valor presente de las cantidades futuras o flujos de caja. Los flujos de caja son la diferencia neta entre los beneficios y costos en cada uno de los años, refleja el dinero real en caja. Para su determinación se toma como convenio que las entradas a caja (ingresos) son positivas, y las salidas (gastos) son negativas, lo cual quiere decir que los signos de los flujos de caja resultan del balance anual entre costos y beneficios.

### A. Valor Presente Neto (VPN):

Esta técnica, según Weston y Brigham, (1994), se basa en calcular el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto. Es una medida de las ganancias que puede reportar el proyecto, siendo positivo si el saldo entre beneficios y gastos es favorable, y negativo en caso contrario. Se determina como se indica en la ecuación (5.1).

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5} \quad (5.1)$$

Dónde:

- VPN = valor presente neto (\$)
- FNE= Flujo neto de caja (\$/año)
- i= Tasa esperada de rendimiento (13%)
- P= desembolso inicial (\$)

Se considera a partir de factores como:

- El valor de total de las pérdidas de energía que nos proporciona la simulación en ANSYS, sumando las pérdidas en el exterior y en la chimenea.
- El tiempo de 1 hora de cocción.
- El poder calorífico del eucalipto promedio 15000kJ/kg
- El costo del kg de leña de eucalipto \$ 0.50

Vi.- Valor total del horno (\$)

Se considera a partir de factores como:

- El costo de la lana de roca para 12 cm de espesor. (Vvi).
- El costo de mano de obra directa.
- El costo de materiales de construcción y estética

**Tabla 5.4 Comparación de costos de un horno relacionado con el espesor de su recubrimiento (aislante) y considerando el poder calórico del eucalipto promedio de 15000kJ/Kg.**

N	Esp.ais. (m)	( \$ / m <sup>2</sup> )	Pérdida Chimenea (Kw/m <sup>2</sup> )	Qp (kJ/s)	Vpe (\$)	Vfi (\$)	Vvi. (\$)	Vi (\$)
1	0.08	60	597.93	1804.682	0.21656184	155.5	132	287.5
2	0.1	65	464.83	1423.972	0.17087664	155.5	143	298.5
3	0.12	70	353.87	1074.7	0.128964	155.5	154	309.5
4	0.14	75	342.86	937.3716	0.11248459	155.5	165	320.5

Dónde:

- Esp.ais.= Espesor del aislamiento (m)
- Precio = Costo del metro cuadrado de lana de roca para cada espesor (\$/m<sup>2</sup>)
- Pérdida Chimenea = Pérdida de energía por la chimenea (Kw/m<sup>2</sup>)
- Qp = Perdida de energía (kJ/s)
- Vpe = valor en dólares de las pérdidas de energía
- Vfi = valor de la construcción del horno (materiales + mano de obra) (\$)
- Vvi = valor en dólares de lana de roca utilizada según el espesor (\$)
- Vi = valor total de horno para alcanzar 180 °C en el interior con una combustión total de biomasa vegetal (eucalipto 15000 kJ/kg) en 1 hora.

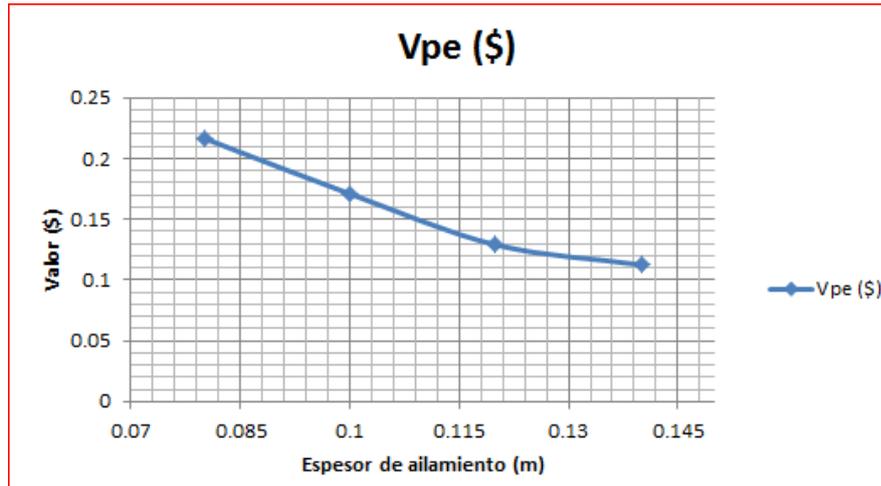


Figura 5.1. Tendencia del costo económico de las pérdidas en relación al espesor de la lana de roca.

En la figura 5.1, se indica que a medida que el espesor de la lana de roca aumenta, el valor de las pérdidas de energía llevada a dólares disminuye, llegando a tener una tendencia casi constante a partir del espesor de los 12 cm, que es el seleccionado para el diseño del horno doméstico eficiente.

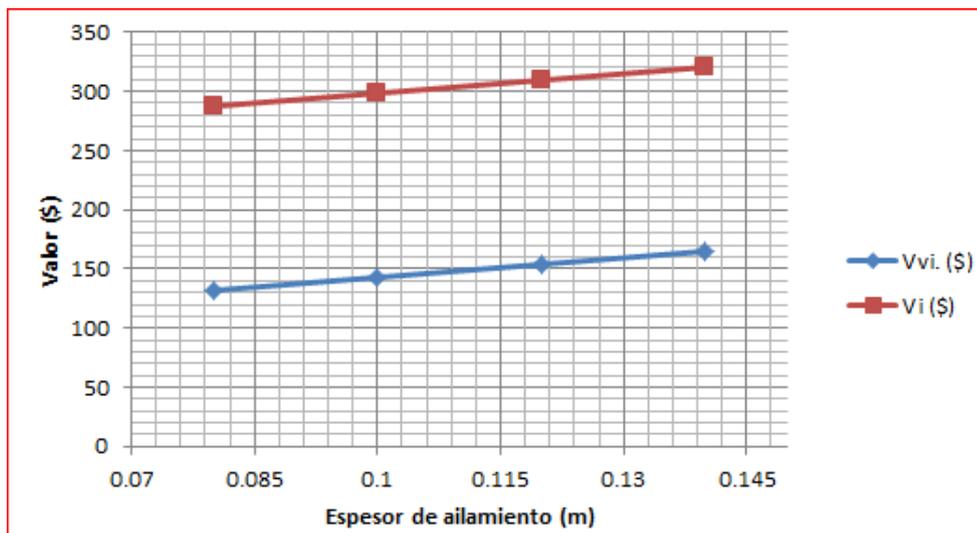
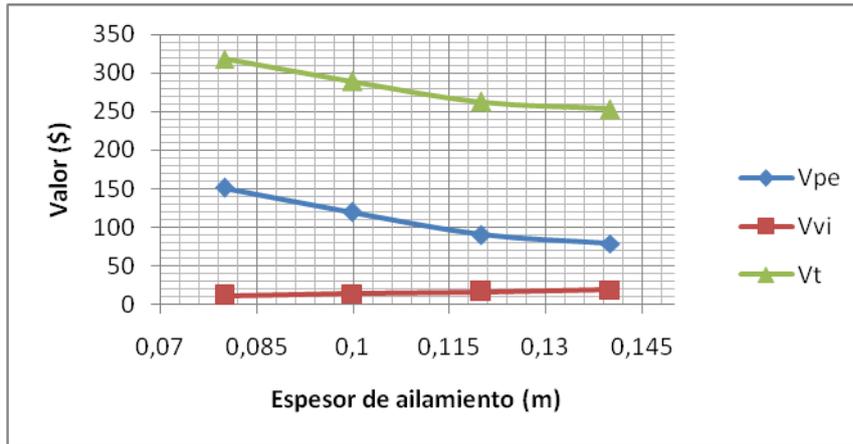


Figura 5.2. Análisis de costo de la lana de roca en función de su espesor.

En la figura 5.2, se indica que a medida que el espesor de la lana de roca aumenta, el valor en dólares de su compra va en aumento, por la posibilidad de adquisición en el mercado local se elige la de un espesor de 12 cm, en el caso de requerir de mayor espesor se puede utilizar colchas aislantes.

Para la obtención del espesor adecuado de aislamiento se emplea las ecuaciones descritas en el capítulo 3 y los resultados de costos fijos de la Tabla 5.4.



**Figura 5.3. representación gráfica de los diferentes costos de pérdidas y materiales para la construcción del horno para un poder calórico de 15000 kJ/kg.**

En la figura 5.3, se observa el comportamiento de la curva Vvi (valor de la lana de roca), indica el incremento del valor en dólares/m<sup>2</sup>, de la lana de roca en función del espesor del aislamiento, también la curva Vt (valor total del horno), tiende a bajar en función del espesor del aislamiento esto se debe a que con menores pérdidas de energía al medio exterior se economiza en la cantidad (\$/Kg) de la biomasa vegetal a ser utilizada.

Similar comportamiento tiene la curva Vpe (valor económico de las pérdidas de energía \$/W), destacando en este análisis que las pérdidas que se tienen por la chimenea son menores al utilizarse mayores espesores del aislamiento.

Consideraremos también la utilización del espesor de 12 cm de espesor del aislante como el más opciónado tanto como para su adquisición en el mercado local, el costo del aislante y la eficiencia en cuanto a pérdidas se refiere, que es a partir de ese valor que comienza a estabilizarse la curva de pérdidas.

## **B. EVALUACION ECONOMICA**

Sobre la base de los costos de fabricación del horno, la valoración de las pérdidas energéticas simulado en ANSYS y el valor del espesor del recubrimiento aislante (12 cm), se tiene un valor de costo total de \$309.50, (refierease a la tabla 5.4), se puede calcular el VAN.

**Tabla 5.5. Cálculo del VAN del horno en función de la tabla 5.4.**

Valor Actual Neto(VAN)	Ejemplo datos
$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+i)^n}$	i= 0.12
	(1+i)= 1.12
	lo= 310
	mensualidades
	60
	60
	80
donde	80
lo= Inversion inicial	100
Fi= Flujo neto actual	100
i=tasa de actualización	
n= años de duración del proyecto	n=6
	VAN 6.59272501

Como se puede apreciar en la tabla 5.5, el VAN resultante es de 6.6, un valor aceptable pues se trata de un proyecto de ayuda social sin fines de lucro.

### 5.6.2- Resultados del impacto ambiental negativo y social a partir de la propuesta del horno eficiente

Para este análisis considero igualdad de condiciones de estudio en los hornos tradicionales y el propuesto como son el tiempo de combustión (12 min), para alcanzar una temperatura en el horno de 180°C, la característica del eucalipto utilizado como biomasa, y los gases productos de la combustión que se tiene de referencia en el Capitulo4 Tabla. 4.16, se puede calcular el porcentaje de gases emanados por el nuevo diseño y consecuentemente la variación en la reducción de impacto ambiental negativo.

**Tabla 5.6. Horno tradicional vs. Horno Eficiente**

<b>HORNO TRADICIONAL</b>		
Kg. utilizados	% CO <sub>2</sub>	Tiempo de quema
0.1	6,6	12 minutos
<b>HORNO EFICIENTE</b>		
Kg. utilizados	% CO <sub>2</sub>	12 minutos
0.06	3,96	

<b>REDUCCION DEL IMPACTO AMBIENTAL</b>	
Kg. utilizados	% CO <sub>2</sub>
0.04	2,64

Es evidente que en condiciones semejantes de quema entre el horno tradicional y el horno eficiente existe una disminución en el porcentaje del CO<sub>2</sub> en un 2.64%, lo que convierte el nuevo diseño en un atractivo que favorece al medio ambiente sin tener que desprenderse de tradiciones ancestrales en la cocción de alimentos.

La investigación del diseño de un horno en base a la caracterización del eucalipto especialmente de su poder calórico se realizó también para probar la sustentabilidad de área forestal de la zona con respecto al uso de esta biomasa como fuente de energía en hornos.

Conociendo la cantidad en kg de biomasa vegetal (eucalipto con determinadas características estudiadas), que llega a consumir un horno eficiente en el tiempo de una hora para que llegue a una temperatura de 180 °C, que es de 0.3kg, y considerando que el horno se podría mantener encendido 3 horas para cualquier cocción que requiera la temperatura indicada, se tiene un valor de alrededor de 1kg de eucalipto, por cada vez que se utilice el horno.

Si el promedio de un árbol de eucalipto es de 5 años con una altura de 4m y un peso aproximado en corte de 15kg según las personas entrevistadas, entonces se puede decir que con un árbol de eucalipto alcanzaría para 15 cocciones, deduciendo que para todo el barrio el consumo de biomasa estaría en 15 árboles promedio en cada época que se utilice el horno. Si comparamos con la cantidad de árboles que posee la zona de estudio que son en un estimado de 80000 árboles, el abastecimiento está garantizado.

Con respecto a la sustentabilidad el árbol de eucalipto se corta cada 4 a 5 años según las entrevistas de campo realizadas y teniendo en cuenta que en el año las personas que poseen horno los utilizan como promedio 2 veces al año, se utilizarían en los siguientes 5 años alrededor de 75 árboles que es un valor muy por debajo de la cantidad de árboles que se regeneran en el bosque luego del corte programado de eucalipto.

### A.- Técnica de forestación del eucalipto

Sobre la técnica de corte del eucalipto que se emplea en la zona de Pichaló es la de “Tallar del tronco en el sitio” (FAO), que se realizará por lo menos dos cosechas satisfactorias del tallar posteriores a la cosecha inicial del cultivo por plántulas, haciéndose en rotaciones breves de hasta 10–12 años; esto se aplica a:

- E<sup>7</sup>. grandis
- E. saligna,
- E. cloeziana
- E. maculata,
- E. paniculata
- E. globulus
- E. camaldulensis
- E. tereticornis.

Si las rotaciones son más breves, pueden ser satisfactorias más de dos explotaciones del tallar.

Antes se realizaba en promedio un total de cuatro cosechas totales en 22 años, con talas a los 7, 12, 17 y 22 años. Más adelante se pensó que la tercera tala podría no ser tan buena; pero actualmente se pone más cuidado en la corta de las cepas con máquinas cortadoras como la sierra de cadena.



**Figura 5.4. Corte del eucalipto empleando la técnica del Tallar en el sitio, se lo realiza a una altura de 15 cm de la base para evitar los hongos.**

---

<sup>7</sup> E: Inicial de eucalipto.

En la Figura. 5.4, se puede observar que mientras el tronco crece vigorosamente, las yemas están inhibidas en el desarrollo por la corriente de las auxinas hacia abajo del tronco. Apenas se corta el tallo, se elimina esta inhibición y las yemas comenzarán a desarrollarse. A veces, se forma una gran cantidad de brotes en la cepa, pero gradualmente se ralean por sí mismos en un proceso de autorraleo. No siempre los brotes vigorosos llegarán a sobrevivir.

Los brotes se acumulan juntos y forman nudos, llamados “nudos epicórmicos” (Marco M, 1983), en los cuales muchos de los brotes individuales pueden carecer totalmente de estabilidad. Con frecuencia, los más grandes caen o son derribados por el viento. Este fenómeno puede suceder dos o tres veces durante varias semanas en un tallar vigoroso, pero finalmente dos, tres o varios quedarán ligados bastante firmemente a la cepa. Entre éstos, el propietario forestal deberá seleccionar su futura cosecha; es una fase muy importante en el desarrollo de un buen cultivo por tallar. Confirmando de este modo la sustentabilidad de la biomasa vegetal de la zona.

## **5.7.- Manual de funcionamiento y mantenimiento**

La presente investigación se concluye poniendo a disposición de la comunidad del barrio Pichaló y de las zonas rurales de la ciudad de Latacunga una propuesta de Diseño de un horno doméstico eficiente con la utilización del eucalipto como biomasa vegetal.

### **a.- Manual de uso y mantenimiento del horno eficiente a base de biomasa vegetal (eucalipto).**

En primer lugar, le felicitamos por haber elegido nuestro HORNO DOMÉSTICO EFICIENTE y le agradecemos su confianza. La propuesta fue un éxito desde el principio y conquistó rápidamente la atención en la comunidad del barrio Pichaló y de la población rural de la ciudad de Latacunga.

Gracias a la calidad de las materias primas, a su sencillo montaje, instalación y uso, el horno se puede emplear para cocinar varios platos tradicionales como: lasañas, asados, pasta al horno y naturalmente pan y pizzas.

El diseño especial de la bóveda, hecha de acero laminado con recubrimiento de lana de roca, da un perfecto equilibrio para la distribución homogénea del calor.

Esta construcción de horno recrea a la perfección, o incluso mejora, las mismas características de los antiguos hornos de leña, construidos con ladrillos refractarios dispuestos de manera particular, siguiendo una antiquísima técnica de construcción. La Universidad Técnica de Cotopaxi quiere seguir siendo la única Institución Educativa que se relaciona directamente con las necesidades de la población y nos sentimos orgullosos de nuestro slogan “POR LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON EL PUEBLO” mencionando que se pueden realizar intentos errados de imitación de nuestros hornos por parte de la competencia.

### **SECCIONES:**

#### **PARTE A: CONSEJOS PARA LAS PREPARACIONES DEL CILINDRO, REJILLAS Y CHIMENEA ANCLADAS AL SOPORTE DE APOYO**

Construir una base sólida según el tamaño del horno elegido. Para las medidas y las posibles formas, puede tomar como referencia los datos de la Tabla 5.7 y los dibujos de las figuras 4.18. a y b; 5.5 a, b y c.

**Tabla 5.7. Dimensionamiento y presupuestos de los materiales para un horno eficiente que utiliza eucalipto como fuente de energía.**

<b>Cant.</b>	<b>Detalle</b>	<b>Dimensión magnitud</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo \$</b>
1	Plancha para tanque de acero laminado	1.5	m <sup>2</sup>	55
4	Elementos de fijación a tierra	4	m	15
1	Litro de pintura color	1	lit	2,5
2	Bisagras	std	u	2
24	Remaches	½”	u	11
1	Plancha aluminio	1.5	m <sup>2</sup>	30
<b>Total costo fijo</b>				<b>115,5</b>

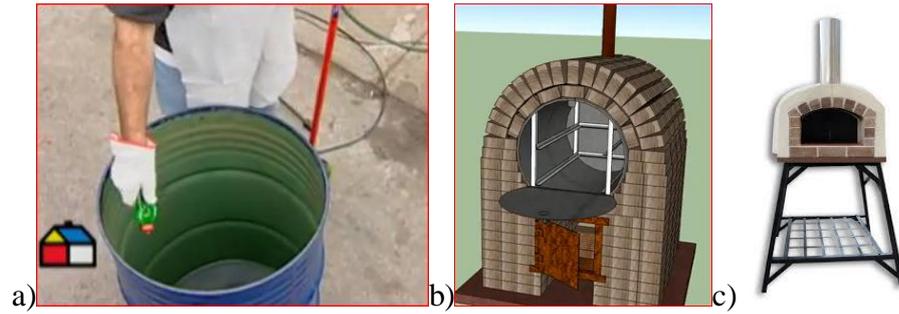


Figura. 5.5. a) Preparación del tambor para la cámara del horno, b) montaje de las rejillas interiores, c) forma del horno portátil.

## PARTE B: RECUBRIMIENTO DE LANA DE ROCA EN EL CUERPO METÁLICO DEL HORNO

Siga los esquemas siguientes según el tamaño y el modelo de su horno:

1. En caso de que las piezas aislantes no encajen perfectamente, recórtelas a medida, después de sujetarlas montarlas mediante remaches de manera que se ilustra en la figura 5.6.

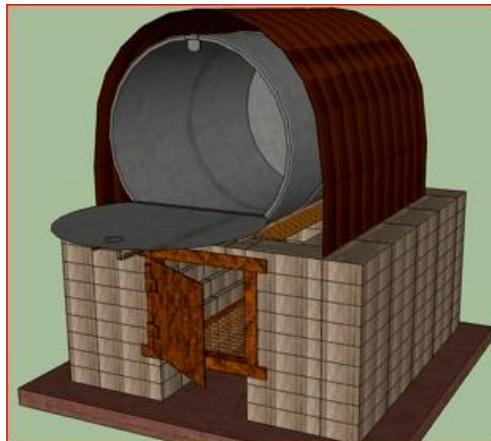


Figura 5.6. Forma del recubrimiento del tambor con lana de roca según el tamaño requerido.

## PARTE C: AISLAMIENTO SUPERIOR DEL HORNO

Una vez finalizado el aislado exterior de la bóveda, envolver el horno con una lámina de aluminio de dimensiones semejantes al cilindro y al recubrimiento de lana de roca.

Dejar tomas de aire en la parte superior del cilindro, de modo que el horno pueda descargar el humo.

#### **PARTE D: PRIMER ENCENDIDO DEL HORNO**

Cuando el horno es nuevo, contiene en su interior una cantidad notable de humedad residual que en la fase de secado no debe transformarse en vapor.

Por lo tanto, es indispensable, con el fin de evitar tal efecto, que podría causar daños al horno y mal sabor en las comidas, proceder con máxima atención durante los primeros encendidos.

**En el primer encendido;** debe realizarse de manera gradual y constante durante una hora, como sigue a continuación:

1. Encender la biomasa en la parte inferior del horno como se muestra en la figura 5.7.
2. Mantener la temperatura interior constantemente a aproximadamente a 100 ° C durante 1 hora.
3. A partir de la segunda encendida, aumentar la temperatura 80° C en una hora (y mantenerla constante durante toda la cocción) para uniformidad a los materiales debido a la dilatación térmica.



**Figura 5.7. Primera encendida del horno para que no altere el sabor en los alimentos.**

#### **PARTE E: COLOCACIÓN DEL FUEGO Y USO DE LA LEÑA – ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD**

Durante el uso normal del horno, colocar la biomasa lentamente.

Alternando el fuego entre el lado derecho y el izquierdo se obtendrá un equilibrio constante en la estructura del horno y, seguramente, un mejor rendimiento y una mayor duración, como se indica en la figura 5.8.

Para facilitar el encendido del fuego y un mejor calentamiento inicial, se aconseja utilizar leña fina, seca y ligera.

Seguidamente, para obtener un rendimiento óptimo con un consumo mínimo, utilizar leña más gruesa y pesada.

No se aconseja, el uso de leña resinosa (pino o biomasa húmeda) porque transmite un aroma característico no adecuado, y produce mayor cantidad de gas contaminante, ni tampoco otro tipo de leña desconocida por causa de la gran cantidad de partículas incombustibles residuales.

No utilizar, ningún otro tipo de combustible como carbón, carbonilla, gasolinas, etc.

Nunca, golpear la bóveda cilíndrica con algún tipo de residuo maderero introducido en el horno, ya que a temperaturas elevadas se podrían producir daños en la estructura.

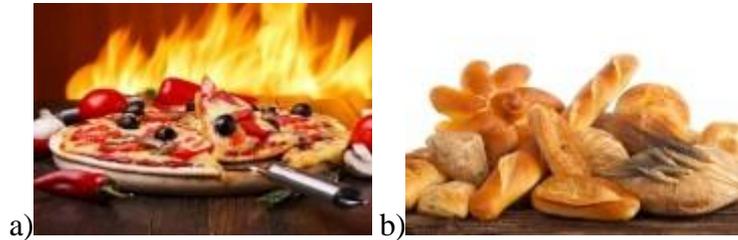


**Figura 5.8. Modo de introducir la biomasa vegetal por el frente del horno y acomodándola a la izquierda y derecha de la base.**

## **PARTE F: TIEMPOS DE COCCIÓN**

Los tiempos de cocción pueden variar bastante (normalmente, de 3 a 5 minutos para la pizza) ver figura 5.9, eso es debido no sólo al tipo de alimento sino también a la temperatura interior que utiliza la persona a cargo de la cocción. De

hecho, una de las ventajas más importantes de nuestro horno es la uniformidad de cocción.

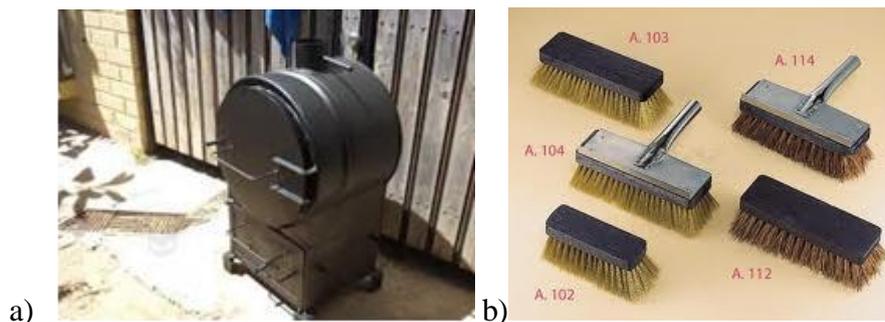


**Figura 5.9. Coccion de alimentos rápidos domésticos a) pizza y b) pan.**

## **PARTE G: LIMPIEZA INTERIOR Y MANTENIMIENTO**

Para la limpieza interior del horno se aconseja:

- Utilizar únicamente cepillos de latón suaves adecuados para su forma, y cubrirlo su exterior con una capa de pintura resistente a la intemperie, como se indica en la figura 5.10, también se puede utilizar trapos mojados u otros materiales que sean húmedos.
- Nunca verter agua en el interior.
- Es importante evitar choques térmicos fuertes, dado que podría dañar el horno.
- El modelo propuesto de HORNO EFICIENTE, está diseñados para cocer alimentos ligeros en corto tiempo como pizzas, pan, postres, asados, entre otros, en consecuencia, el diseñador y la universidad, rechaza toda responsabilidad en cuanto a usos y modalidades de empleo diferentes de los mencionados anteriormente.
- Se deja constancia de que los gastos extras de posibles trabajos de albañilería y cerrajería, generalmente deconstrucción, serán a cargo del cliente, asumiendo éste plena y exclusiva responsabilidad.



**Figura 5.10. a) Cobertura de pintura para evitar la oxidación y envejecimiento exterior del horno. b) Cepillos metálicos suaves para la limpieza del horno.**

### **5.8.- Conclusiones del capítulo**

- Se ha propuesto para la comunidad de Pichaló y toda la zona rural de Latacunga un horno doméstico eficiente en la combustión de su biomasa vegetal (eucalipto seleccionado), con características de construcción, manejo y mantenimiento fáciles de ser adoptadas por cualquier persona que lo desee adquirir, económico y de alta tecnología al utilizar un material aislante moderno.
- Con respecto al campo social y cultural, la propuesta viene a suplir a los antiquísimos hornos tradicionales existentes en la zona, grandes contaminantes ambientales al emanar gran cantidad de humo y gases nocivos producto de la combustión de diferentes tipos de biomasa vegetales en forma rustica y descontrolada, deforestando el sitio y sus alrededores.

## CONCLUSIONES GENERALES

1. Se caracterizó el potencial energético del Eucalipto como biomasa vegetal predominante en el área delimitada por el barrio Pichaló de la ciudad de Latacunga, permitiendo con ello diseñar un horno eficiente para la cocción de alimentos.
2. Se delimitó la zona de estudio a través de un sistema de posicionamiento global (GPS), pudiéndose con ello identificar la diversidad del potencial de biomasa existente y la vivienda referente para el estudio.
3. Se determinó la variación del poder calórico entre una muestra seca y otra con un 30% de estimación en humedad, siendo esta última por los resultados arrojados menos eficiente y más contaminante.
4. Fueron determinadas las pérdidas de energía a través de la simulación con ANSYS para cuatros espesores de aislante de lana de roca, resultando ser el de 12 cm de espesor el más eficiente.
5. Se determinó la cantidad de biomasa ideal para el funcionamiento del horno con una temperatura de 180°C en su interior y un tiempo de trabajo de 1 hr.
6. El estudio se alinea al proyecto de estado del Buen vivir lo que hace referencia a: “Incrementar la participación de las energías renovables”. Para ello se desarrolló una propuesta como alternativa a partir de la caracterización de biomasa vegetal, validado por simulación y pre factibilidad, permitiendo aprovechar su potencial energético, así como la reducción del impacto medio ambiental negativo en la zona de estudio.

## RECOMENDACIONES

1. Profundizar el estudio en relación a la determinación del poder calórico, teniendo en cuenta:
  - La edad del árbol.
  - El tiempo de corte.
  - Si es en duramen, albura o corteza.
2. Realizar análisis y simulación para hornos con otros tipos de características.
3. Fomentar una cultura del buen uso de la biomasa en Pichaló, a través de la implementación de la propuesta de horno eficiente.
4. Analizar la posibilidad de inclusión de materiales con bajo coeficiente de transferencia de calor en el barrio de Pichaló, con el objetivo de sustituir la lana de roca.
5. Estudiar la posibilidad de elaborar briquetas con los residuos madereros existente en la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, I. F. (2005). *Tecnología de la madera de eucaliptos colorados*. Santiago del Estero - Argentina: I Jornadas Forestales de Santiago del Estero.
- Aristizabal. (2008). *Corredor de Conservación de Robles, una Estrategia para la Conservación y el Manejo Forestal en Colombia*. Bogota: Fundación Natura Subdirección de Conservación e Investigación.
- Castillo, E. (2011). *Uso Eficiente de Leña y Otras Energías Alternativas En Comunidades Rurales*. Santiago - Chile: Programa de Recuperación Ambiental Comunitario para Combatir la Desertificación.
- CEPAL/CELADE. (2010). *Censo*. Latacunga.
- Ceramics, T. (2010). *Productos de fibra cerámica Superwool Kaowool*. Recuperado el 13 de julio de 2013, de Thermalceramics.com: <http://www.byronruizg.com/airenic/Productos%20de%20Fibra%20Ceramica%20Superwool%20Kaowool.pdf>
- Coello, I. (2008). *Composición química de la madera de tres especies de eucaliptos*. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Corzo, M. A. (2012). *Representación por volumen finito de un horno de cocción de ladrillos*. Guanajuato - Mexico: Instituto Tecnológico de Celaya.
- Cumbre, Contaminación del aire. (2002). *Quema de carbón*. Johannesburgo.
- Cuza, R. P. (2007). *Algunas Consideraciones sobre el Uso Eficiente de la Leña para la Cocción Dealimentos en el Sector Doméstico en la Provincia de Guantánamo*. Guantánamo - Cuba: Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible.
- GAMM. (marzo de 2013). [www.gamm.com](http://www.gamm.com), Recuperado el lunes de julio de 2013
- Gonzáles. (2010). La biomasa. *Revista del Instituto forestal de Chile* .

- González, R. (2003). *Metodología de la investigación científica para las ciencias técnicas*. Matanzas.
- Green, J. 2012, OMS. *Guías de calidad del aire, en América Latina*, Clean Air Institute.
- Jotul. (2010). *Google*. Recuperado el 17 de junio de 2013, de <http://www.jotul.com/es/wwwjotulcomes/Main-Menu/Informacion/Eficiencia-Potencia-calorifica-/>
- Legrá-Lobaina, A. A., & Silva-Diéguéz, O. (2011). *La investigación cinética: conceptos y reflexiones*. La Habana: Felix Varela.
- Luengo, M.I, (1995). *Experiencia Chilena en la utilización del eucalipto*. Sem intern. de util. da mad. para serraria.pp 92108 Sao Paulo.
- Magnani, R. (1997). <http://www.ifad.org>. Recuperado el 2 de junio de 2013
- Parra, A. C. (2012). *Bioenergía*. Mexico: Cuerpo Académico de recursos naturales y sustentabilidad.
- Pereira. (2000). *Poder calorico de especies madereras*. Costa Rica.
- PNUD. (2011). Uso eficiente de la leña y otras energías alternativas en comunidades rurales. *Programa de Recuperación Ambiental Comunitario* , 79.
- Pontt, J. (2008). *Potencial de la biomasa en Chile*. Chile: Universidad Técnica Federico santa María.
- Quito, D. M. (1999). Ordenanza sustitutiva del capítulo III para la prevención y control de la contaminación. *Registro oficial No. 226*, (pág. Título V del libro II). Quito.
- Quito, D. M. (1999). *Título V del libro II Código Municipal*. Quito: Registro Oficial No. 226.

- Sanchez ,S. 2012, OMS. *Guías de calidad del aire, en América Latina*, Clean Air Institute.
- Smid, S. (2008). *El ABC de la cocina diaria*. Argentina: Gárgola.
- Smith, K. R. (2010). *Combustión de leña en hogares*. Estados Unidos.
- Teklu, E. (2011). FAO. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*
- Thomasset, c. (2004). poder calorico y la humedad. *Manual del fogista para calderas a leña* , 24.
- Tiwari, G. (2002). *Solar energy. Fundamentals, desing, modelling and applications*. India: Alpha Science International.
- Toscano. (2009). *Biomasa*. Guayaquil.
- Tovar, J. (2010). *Gestión Tecnológica*. Recuperado el 17 de junio de 2013, de <http://juantovar.blogspot.es/1212767700/>
- Uceda, M. (2011). determinación de 20 especies forestales de la amazonia peruana. 1 -15.
- Venegas, A. (2009). *Lineamientos para Promover el Uso Eficiente y Responsable de la Dendroenergía en Chile*. Talca: Sistema Nacional de Certificacion de Leña.
- wikipedia*. (2010). Recuperado el 16 de junio de 2013, de eucalyptus: <https://es.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus>
- Wikipedia*. (2010). Recuperado el 16 de junio de 2013, de <http://arbolespain.blogspot.com/2010/10/eucalyptus-globulus-labill-eucalipto.html>

Zamora, L. (2010). *Cocinas Eficientes una Alternativa Energetica y Ecologica para la Coccion de Alimentos*. Granma - Cuba: Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos.

# ANEXOS

## ANEXO 1

### ENCUESTA

La presente, es una encuesta que nos ayudará a detectar los tipos de biomasa, residuos madereros, utilizados para la quema en hornos domésticos en el Barrio Pichaló de Latacunga.

**1.- Hace que tiempo que utiliza la leña u otro residuo maderable para el uso en su horno o fogón doméstico?**

- HACE 1 AÑO
- HACE 5 AÑOS
- HACE 10 AÑOS
- HACE MÁS DE 11 AÑOS

**2.- Con qué objetivo utiliza el horno o fogón de su casa?**

- COCCIÓN DIARIA DE ALIMENTOS
- PANADERÍA
- NEGOCIO DE COMIDAS
- CALEFACCIÓN
- COCCIONES TRADICIONALES ESPECIALES
- OTROS...

**3.- Con qué frecuencia utiliza leña y gas licuado de petróleo en su casa?**

LEÑA	GLP
DIARIAMENTE	DIARIAMENTE
SEMANALMENTE	SEMANALMENTE
MENSUALMENTE	MENSUALMENTE
ANUALMENTE	ANUALMENTE
OTRO PERIODO DE TIEMPO EXPLIQUE...	OTRO PERIODO DE TIEMPO EXPLIQUE...

**4.- ¿Que residuo maderero o leña utiliza con frecuencia?**

- PINO
- PAJA
- CABUYA
- EUCALIPTO
- RAMAS
- OTRO. CUAL?\_\_\_\_\_.

**5.- ¿Que problemas de salud Ud. asume que tiene por la quema de residuos madereros?**

- ASFIXIA
- ASMA
- ALERGIAS
- VISUALES
- QUEMADURAS DE PIEL
- OTROS \_\_\_\_\_

**6. ¿Cuántos miembros familiares viven en su casa?**

(    )

**7.-¿Le gustaría modernizar su horno doméstico?**

SI (    )    NO (    )

**8.- ¿Conoce las sanciones ambientales por el uso de quema de leña o contaminación del aire?**

SI (    )    NO (    )

Gracias por sus respuestas y el tiempo empleado en contestarlas.

## ANEXO 2.

### NORMA TECNICA DE PROCEDIMIENTO ASTM 870-82 (2006)



#### **Descripción completa:**

Éste método de ensayo cubren el análisis inmediato y último de la leña y la determinación del valor calórico bruto de los combustibles de madera en la muestra ya preparada por los métodos de ensayo prescritos y analizados de acuerdo a los procedimientos establecidos ASTM. Métodos de ensayo como se describe en este documento pueden ser utilizados para establecer el rango de los combustibles, para mostrar la relación de combustible a los componentes incombustibles, a sentar las bases para la compra y venta, y para evaluar la presencia de beneficio o para otros fines.

Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

#### **Objetivo:**

Determinar el valor calórico de combustibles líquidos y sólidos.

#### **Teoría:**

Cuando se trabaja con transferencias de energía en procesos de combustión, muchos ingenieros prefieren relacionar dicha transferencia con el "Valor Calórico" del combustible, antes que con las propiedades  $U_0$  (llamado Energía Interna de Combustión a  $T_0$ , o Calor de Combustión a Volumen constante a  $T_0$ ),

y  $H_0$  (llamada Entalpia de Combustión a  $T_0$  o Calor de Combustión a  $T_0$  o Calor de Combustión a Presión constante a  $T_0$ ).

Los valores caloríficos se definen en términos de números de unidades de calor liberadas cuando se quema completamente una unidad de masa de combustible, en un calorímetro, y bajo condiciones específicas.

Dependiendo de que si la combustión se lleva a cabo en un proceso a Volumen constante o en un proceso a Presión constante, se puede encontrar igualmente, valores caloríficos a Volumen y a Presión constante. Además, en ambos casos puede presentarse (a formación de agua; cuando esta se halla como producto en forma líquida, los valores caloríficos son mayores que cuando se lo obtiene como producto en estado de vapor (en este último caso, se dice que los valores caloríficos a Volumen y / o Presión constante son netos o exactos).

Este  $Q_v$ , bruto se determina quemando una cantidad medida de combustible en una bomba calorimétrica. Esta consiste en un recipiente de acero o bomba sellada por la presión interna que en ella existe y que se sumerge en un calorímetro de agua convencional.

El valor calorífico bruto de un calorímetro se determina quemando, previamente, una cantidad de ácido benzoico cuyo valor calorífico es conocido con gran exactitud. Finalmente se carga la bomba con la muestra de combustible y con oxígeno a altísima presión para asegurar una combustión completa. Siempre se coloca una pequeña cantidad de agua para saturar la atmósfera de oxígeno para que se condense el agua como producto de la combustión.

Se debe además regular la cantidad de combustible de modo que, el incremento de temperatura sea de no más de  $3,0 \pm 0,5$  °C sobre la temperatura inicial de 21 °C.

Equipo utilizado:

Para la determinación de valores caloríficos de combustibles líquidos y sólidos se utilizará la BOMBA CALORIMÉTRICA ADIABÁTICA DE GALLENKAM. Este aparato es esencialmente un calorímetro de agua convencional. Sin embargo, adquiere la característica de adiabática al tener una camisa alrededor del recipiente que contiene el agua en el cual se sumerge la bomba. Esta camisa posee una solución de agua destilada y bicarbonato de sodio; al llevar a cabo la combustión, un termistor recepta la elevación de temperatura del agua del calorímetro que en forma electrónica comanda el encendido automático de un calentador eléctrico que calienta el agua de la camisa a la misma temperatura censada.

Este aparato posee, además, un termómetro especial de gran tamaño y cuya escala es tal que puede percibirse cambios de temperatura de hasta 0,005.

La presión del oxígeno dentro de (a bomba debe ser de unos 15 bar como mínimo.)

El encendido es eléctrico a través de un finísimo alambre del conductor, el cual enciende una mecha de algodón que se halla en contacto con el combustible ( o con el ácido benzoico ). Existe además, un sistema de control que indica cuando la bomba está lista para la combustión.

Procedimiento:

El procedimiento para el ácido benzoico y para cualquier combustible, es el mismo, así que solo se detallará una sola vez.

Se ensambla la bomba colocando en un pequeño recipiente la muestra a quemarse; se ata el cordel de algodón al fino conductor que se sujeta uniendo la horqueta de suspensión del recipiente. Se coloca una gota de agua dentro de la bomba. La cantidad del combustible debe ser de alrededor de 1 gramo. Se ajusta

solo con la mano la tapa de la bomba y se llena con oxígeno a presión (mínimo 15 bar).

Se introduce la bomba en el agua y se procede a tapar el conjunto asegurando que haya un buen contacto para la ignición (lo cual se indica con una luz encendida) y que los termistores no estén rotos y si en contacto con el agua tanto del calorímetro como de la camisa.

Cuando todo esté listo iniciar la combustión y registrar la mínima y fa máxima temperatura señaladas por el termómetro especial.

Todos estos datos se los pondrá en la hoja especial que para el efecto se provee.

Tabulación de datos: Registrar los resultados en la tabla N° 1.

Tabla1

ÁCIDO BENZOICO.			
1	Valor Calorífico del Ácido Benzoico	J/gr	
2	Peso del Ácido Benzoico quemado	gr	
3	Energía Liberada por el Ácido, (1x2)	J	
4	Temperatura Inicial	°C	
5	Temperatura Final	°C	
6	Elevación de Temperatura, ( 5 - 4 )	°C	
7	Capacidad Calorífica Total del aparato, ( 3 / 6 )	J/°C	
MUESTRA DE COMBUSTIBLE:			
8	Peso del porta muestra	gr	
9	Peso del porta muestra más Combustible	gr	
10	Peso del combustible, ( 9 - 8 )	gr	
11	Temperatura Inicial	°C	
12	Temperatura Final	°C	
13	Elevación de la Temperatura, (12-11 )	°C	
14	Energía Total Liberada, (13x7)	J	
15	Valor Calorífico de la Muestra, ( 14 / 10 )	J/gr	

**ANEXO 3**  
**HARINA DE EUCALIPTO**



## ANEXO 4

### NORMAS AMBIENTALES VIGENTES

**Material particulado menor a 10 micrones (PM<sub>10</sub>).**- El promedio aritmético de la concentración de PM<sub>10</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m<sup>3</sup>). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150 µg/m<sup>3</sup>), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año. (TULAS Libro VI, anexo 4).

Artículo 2º La norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP10, es ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal (150 mg/m<sup>3</sup>N) como concentración de 24 horas. (castellano, 2012).

### Título XIII

#### De las Industrias Forestales

Art. 163.- El Ministerio del Ambiente autorizará la instalación y funcionamiento de aserraderos, depósitos, industrias forestales, comerciantes de madera y empresas comercializadoras, que trabajan con madera en su estado natural o primario y que cumplen con la norma establecida en el artículo anterior, a través de la aceptación de inscripción en el Registro Forestal y del pago del valor de inscripción que será fijado por el Ministerio mediante acuerdo (LIBRO III TULAS, págs. 45,55,58,59).

#### Protección ambiental fogones

#### Subsecretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente

Resolución 700/2010

Prohibición de Encendido de fogones y quema de residuos en zonas rurales

Art. 1.- PROHIBIR el encendido de fogones y la quema de residuos en zonas rurales. La prohibición tendrá vigencia hasta tanto la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente disponga lo contrario.

Art. 2.- SOLICITAR el concurso de la fuerza policial para que, en coordinación con la Dirección de Manejo del Fuego de la Dirección de Bosques, realice tareas de control conducentes a la implementación del art. 1 de la presente. La Dirección de Manejo del Fuego dispondrá el apoyo logístico que se brindará a la fuerza policial a estos efectos. (Ambientales.com).