



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

## **TEMA:**

---

**“ESTUDIO DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE BIOMASA  
DEL EUCALIPTO PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA EN  
LA ZONA RURAL DEL CANTÓN AMBATO, PARROQUIA HUACHI  
GRANDE”.**

---

**AUTOR: OSCAR FERNANDO FREIRE ROBALINO**

**TUTOR: ING Mg. SANTIAGO CABRERA**

**Ambato – Ecuador**

**Enero, 2015**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

### **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, con el tema “ESTUDIO DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE BIOMASA DEL EUCALIPTO PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA EN LA ZONA RURAL DEL CANTÓN AMBATO, PARROQUIA HUACHI GRANDE”, desarrollado por el estudiante Freire Robalino Oscar Fernando, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito informar que este ha sido culminado en su totalidad, y por tanto puede continuar con el respectivo trámite de graduación.

Ambato, Enero del 2015

.....  
Ing. Mg Santiago Cabrera Anda  
DOCENTE INGENIERÍA MECÁNICA

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

Yo, OSCAR FERNANDO FREIRE ROBALINO expreso que el tema, objetivos, conclusiones, recomendaciones, análisis de los resultados y la propuesta, con excepción de conceptos y definiciones en la presente investigación, previo la obtención del Título de Ingeniero Mecánico son absolutamente originales, auténticos y personales.

## **EL AUTOR**

.....  
OSCAR FREIRE

C.I: 180330636-2

## **DEDICATORIA**

Primeramente a nuestro padre DIOS por haberme dado la vida y acompañarme espiritualmente, cuidarme y protegerme durante todo este tiempo de mi vida.

A mis padres quienes siempre se sacrificaron y me apoyaron incondicionalmente, dándome palabras de aliento y superación de los cuales me siento eternamente orgullosos por haberme dado la oportunidad de estudiar y concluir mi carrera profesional la que un día la empecé.

A mi hermano, quien a la distancia siempre me apoyo e incentivo con sus consejos y palabras de aliento para la culminación de mi carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS por haberme dado la oportunidad de tener a mi lado y en todo momento a mis padres, pues gracias a sus esfuerzos tuve la oportunidad de seguir estudiando y culminar con los estudios de mi carrera.

Al apoyo constante de mi familia quienes junto a mi disfrutaban de victorias y derrotas pero que nunca me dejaron que me diera por vencido.

Al ingeniero Santiago Cabrera quien es el tutor del presente proyecto le agradezco infinitamente de todo corazón por la colaboración prestada para la culminación de mi tesis, a mi compañero de aula y trabajo “Muerto” quien me supo ayudar en la elaboración de esta investigación.

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN .....	2
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO .....	3
1.2.3 PROGNOSIS .....	4
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES .....	4
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4 OBJETIVOS .....	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	9
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	10
2.3 FUNDAMENTACIÓN TECNOLÓGICA .....	10
2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	11
2.5 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	12
2.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
2.6.1 GENERALIDADES DEL EUCALIPTO .....	12
2.6.1.1 Características de las especies de eucalipto introducidas en el Ecuador .....	14

2.6.2 PROCESO DE SECADO DEL EUCALIPTO .....	15
2.6.3 PARTES COMERCIALES DEL EUCALIPTO.....	16
2.6.4 BIOMASA .....	21
2.6.4.1 Hojas del Eucalipto .....	26
2.6.4.3 Madera del eucalipto.....	28
2.6.5 FOGONES TRADICIONALES .....	28
2.6.6 FOGONES MEJORADOS CON AISLAMIENTO TÉRMICO LATERAL ....	30
2.6.6.1 Eficiencia Térmica .....	31
2.6.6.2 Energías Renovables.....	31
2.7 HIPÓTESIS.....	32
2.7.1 Señalamiento de Variables de Hipótesis.....	32

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	34
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	35
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	38
3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	40
3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	41

### CAPÍTULO IV

#### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	43
4.1.1 Desechos de biomasa .....	43
4.1.2 Características de hojas tiernas y maduras.....	44
4.1.3 Características de pepas tiernas y maduras .....	46

4.1.4 Características de ramas tiernas y maduras.....	48
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	50
4.2.1 Comparación de consumo de biomasa para generación de calor en el fogón tradicional y mejorado .....	50
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	62

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES .....	64
5.2 RECOMENDACIONES .....	65

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS .....	66
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	67
6.3 JUSTIFICACIÓN .....	67
6.4 OBJETIVOS .....	68
6.4.1 Objetivo General .....	68
6.4.2 Objetivos Específicos.....	68
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	68
6.5.1 Factibilidad Social.....	69
6.5.2 Factibilidad técnica .....	69
6.6 FUNDAMENTACIÓN .....	69
6.6.1 Diagramas de Proceso de Recolección .....	69
6.6.2 Características de los Fogones Seleccionados .....	71
6.6.3 Selección de la mejor opción del fogón .....	75
6.6.4 Ladrillos y cemento refractario .....	76



6.6.5 Manto cerámico o lana de vidrio.....	76
6.7 METODOLOGÍA .....	77
6.7.1 Pérdidas de Calor por paredes laterales en el hogar.....	78
6.7.2 Pérdidas de Calor en el cilindro .....	81
6.7.3 Cantidad de biomasa cargada en el depósito del fogón .....	83
6.7.4 Determinación de la eficiencia térmica.....	84
6.8 ADMINISTRACIÓN.....	86
6.8.1 ANÁLISIS DE COSTOS.....	86
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	87
BIBLIOGRAFÍA .....	89
ANEXOS .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Especies de eucalipto en el Ecuador .....	13
<b>Tabla 2.2</b> Clasificación de las partes del eucalipto .....	17
<b>Tabla 2.3</b> Distribución de biomasa área en los tratamientos.....	18
<b>Tabla 2.4</b> Cantidad de biomasa seca de las nueve plantaciones estudiadas .....	18
<b>Tabla 2.5</b> Producción media anual de la biomasa área de Ateleriaglaz joveana, por árbol y para las ocho cosechas anuales (en kilos de materia seca) .....	19
<b>Tabla 2.6</b> Producción media anual de la biomasa área de mimosa bimucronata, por árbol y para las ocho cosechas anuales (en kilos de materia seca) .....	19
<b>Tabla 2.7</b> Tendencia de producción de biomasa verde, espaciamiento de 1.0 x 1.0 m. ....	20
<b>Tabla 2.8</b> Tendencia de producción de biomasa seca, espaciamiento de 1.0 x 1.0 m. ....	21
<b>Tabla 2.9</b> Poderes caloríficos y costes indicativos de los combustibles fósiles y de biomasa .....	24
<b>Tabla 4. 1</b> Valores promedio mensual de Biomasa.....	43
<b>Tabla 4. 2</b> Dimensiones de áreas de hojas tiernas y maduras .....	45
<b>Tabla 4. 3</b> Dimensiones de áreas de pepas tiernas y maduras.....	46
<b>Tabla 4. 4</b> Dimensiones de áreas de ramas tiernas y maduras .....	49
<b>Tabla 4. 5</b> Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con hojas (matutino) utilizando 10 litros de agua .....	52
<b>Tabla 4. 6</b> Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con hojas (vespertino) utilizando 10 litros de agua.....	54
<b>Tabla 4. 7</b> Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con ramas (matutino) utilizando 10 litros de agua .....	58
<b>Tabla 4. 8</b> Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con ramas (vespertino) utilizando 10 litros de agua.....	60
<b>Tabla 4. 9</b> Datos tomados de ensayos y comparaciones de aprovechamiento .....	62
<b>Tabla 6. 1</b> Datos generales de la propuesta .....	66

<b>Tabla 6. 2</b> Resultados obtenidos con el fogón mejorado .....	67
<b>Tabla 6. 3</b> Calentador de agua de leña “Arqhys” .....	72
<b>Tabla 6. 4</b> Calentador de agua mejorada .....	72
<b>Tabla 6. 5</b> Estufa gasificadora mejorada IGS-2 .....	74
<b>Tabla 6. 6</b> Comparación de características .....	75
<b>Tabla 6. 7</b> Costo de materiales para la construcción del equipo .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación del sector .....	5
<b>Figura 2.2</b> Partes de la corteza del eucalipto.....	14
<b>Figura 2.3</b> Curva teórica del secado del eucalipto .....	16
<b>Figura 2.4</b> Clasificación de las partes comerciales del Eucalipto .....	17
<b>Figura 2.5</b> Hojas tiernas del Eucalipto .....	26
<b>Figura 2.6</b> Hojas maduras del Eucalipto .....	27
<b>Figura 2.7</b> Pepas maduras del eucalipto.....	27
<b>Figura 2.8</b> Madera del eucalipto .....	28
<b>Figura 2.9</b> Fogón tradicional.....	29
<b>Figura 2.10</b> Fogón mejorado.....	30
<b>Figura 3.1</b> Sectores de la obtención de materia prima .....	36
<b>Figura 3.2</b> Sector donde se va a analizar la muestra .....	37
<b>Figura 3.3</b> Recolección de materia prima en costales .....	40
<b>Figura 3.4</b> Balanza manual.....	40
<b>Figura 3.5</b> Calibrador pie de rey .....	41
<b>Figura 3.6</b> Almacenamiento de materia prima en costales .....	41
<b>Figura 6. 1</b> Proceso de recolección por caída libre .....	70
<b>Figura 6. 2</b> Proceso de recolección en forma manual .....	70
<b>Figura 6. 3</b> Ladrillo Refractario .....	76
<b>Figura 6. 4</b> Lana de vidrio.....	77
<b>Figura 6. 5</b> Circuito térmico equivalente de pared compuesta.....	79
<b>Figura 6. 6</b> Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta .....	81

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 4. 1</b> Promedio mensual de biomasa.....	44
<b>Gráfico 4. 2</b> Área en mm <sup>2</sup> de hojas tiernas.....	45
<b>Gráfico 4. 3</b> Área en mm <sup>2</sup> de hojas maduras.....	46
<b>Gráfico 4. 4</b> Área en mm <sup>2</sup> de pepas tiernas.....	47
<b>Gráfico 4. 5</b> Área en mm <sup>2</sup> de pepas maduras.....	48
<b>Gráfico 4. 6</b> Área en mm <sup>2</sup> de ramas tiernas.....	49
<b>Gráfico 4. 7</b> Área en mm <sup>2</sup> de ramas maduras.....	50
<b>Gráfico 4. 8</b> Comparación de tasa de consumo de hojas.....	55
<b>Gráfico 4. 9</b> Comparación de eficiencia térmica de hojas.....	56
<b>Gráfico 4. 10</b> Comparación de tasa de consumo de ramas.....	61
<b>Gráfico 4. 11</b> Comparación de eficiencia térmica de ramas.....	61

## NOMENCLATURA

**GAD:** Gobiernos Autónomos Descentralizados

**CPV:** Censo de Población y Vivienda

**MSP:** Ministerio de Salud Pública

**MAGAP:** Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

**MAE:** Ministerio del Ambiente del Ecuador

**MEER:** Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

**T<sub>f</sub>:** Temperatura final (°C)

**T<sub>o</sub>:** Temperatura inicial (°C)

**Q:** Transferencia total de calor (kJ)

**m:** Masa (kg)

**C<sub>p</sub>:** Calor específico (kJ/kg\*°K)

**ΔT:** Diferencia de temperaturas (°C)

**t:** Tiempo (seg)

**n<sub>TÉRMICA</sub>:** Eficiencia térmica en porcentaje (%)

**h<sub>1</sub>:** Coeficiente convectivo interno (W/m<sup>2</sup>\*°K)

**h<sub>3</sub>:** Coeficiente convectivo externo (W/m<sup>2</sup>\*°K)

**ΣR<sub>t</sub>:** Suma de resistencias térmicas

**k<sub>A</sub>:** Conductividad térmica (W/m°K)

**L<sub>A</sub>:** Longitud de ladrillo (m)

**A<sub>T</sub>:** Área total (m<sup>2</sup>)

**q<sub>total</sub>:** Calor total (W)

**h<sub>4</sub>:** Coeficiente de convección natural del aire (W/m<sup>2</sup>\*°K)

**k<sub>B</sub>:** Conductividad térmica del aislante lana de vidrio (W/m<sup>2</sup>\*°K)

**k<sub>C</sub>:** Conductividad térmica del tol negro (W/m<sup>2</sup>\*°K)

**V:** Volumen (m<sup>3</sup>)

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de esta investigación es el aprovechamiento de biomasa del eucalipto para generación de energía térmica en zonas rurales de la parroquia Huachi Grande, usando un fogón mejorado para el calentamiento de agua.

Se aplicó observación directa y de campo para la recolección por: caída libre de biomasa, clasificación (hojas, ramas y pepas), pesaje y almacenamiento durante tres meses obteniendo un promedio del producto de ramas en Febrero 2014 (5,44 kg) Marzo 2014 (5,56 kg) Abril 2014 (3,68 kg), usando pepas se obtuvo en Febrero 2014 (4,93 kg) Marzo 2014 (5,44 kg) Abril 2014 (4,18 kg) con ramas se consiguió Febrero 2014 (5,87 kg) Marzo 2014 (5,63 kg) Abril 2014 (4,25 kg). De los ensayos de quemado de biomasa en horario matutino se obtuvo con ramas un aprovechamiento de 2,77 kW y eficiencia de 57,52%, con hojas se obtuvo 2,04 kW con eficiencia de 43,76%; en horario vespertino se consiguió con ramas aprovechar 2,55 kW y una eficiencia de 55,66% , con hojas se obtuvo 1,99 kW con eficiencia de 43,66%.

Se diseñó un sistema de calentamiento de agua para vivienda de zona rural de la Parroquia Huachi Grande con el aprovechamiento de biomasa del eucalipto, logrando obtener con ramas un calor del agua de 2,54 kW, calor de la biomasa de 8,78 kW y una eficiencia térmica de 28,93% en horario vespertino.

Al recolectar la biomasa y utilizar para el calentamiento de agua en las zonas rurales se ayudará a que disminuya la contaminación ambiental y el crecimiento de roedores, también se reduce el tiempo del calentamiento de agua, el consumo de la biomasa, la contaminación del ambiente y las enfermedades respiratorias de las personas por presencia del humo.

## EXECUTIVE SUMMARY

The objective of this research is the use of biomass of eucalyptus for generation of thermal energy in rural areas of the parish large Huachi, using a stove for heating water.

Observation applied direct and field collection by: free fall biomass, classification (leaves, branches and seeds), weighing and storage for three months getting an average of the product of branches in February 2014 (5.44 kg) March 2014 (5.56 kg) April 2014 (3.68 kg), using seeds was obtained in February 2014 (4,93 kg) March 2014 (5.44 kg) April 2014 (4.18 kg) with branches got February 2014 (5.87 kg) March 2014 (5.63 kg) April 2014 (4.25 kg). Burning of biomass in morning test was obtained with branches of 2,77 kW use and efficiency of 57,52%, with leaves obtained 2.04 kW with 43,76% efficiency; in evening schedule was achieved with branches take advantage of 2.55 kW and 55.66% efficiency, with leaves 1.99 kW with efficiency of 43,66% was obtained.

We designed a system of water heating for housing in rural area of Huachi large parish with the use of biomass of eucalyptus, obtaining a heat of the water of 2.54 kW, 8.78 kW biomass heat and a thermal efficiency of 28.93% in evening hours with branches.

A heating of water for rural housing Huachi Grande Parish harnessing biomass of eucalyptus was designed, achieving to heat water branches of 2.54 kW, heat 8.78 kW biomass and a thermal efficiency of 28.93% in evening hours.

By collecting biomass and used for water heating in rural areas will help decrease environmental pollution and growth of rodents, also reduces the time of heating water, consumption of biomass, environmental pollution and respiratory diseases of people for the presence of smoke.



## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

Estudio del potencial de aprovechamiento de biomasa del eucalipto para generación de energía térmica en la zona rural del Cantón Ambato, Parroquia Huachi Grande.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente planteamiento se relaciona con la línea de investigación, por cuanto se pretende especificar fuentes alternativas y renovables de energía de la biomasa del eucalipto para generación de energía térmica en la zona rural del Cantón Ambato, Parroquia Huachi Grande.

Este estudio es necesario para definir criterios de uso y aprovechamiento de los desperdicios de eucalipto (hojas, ramas, pepas) para un buen manejo de este recurso pueda generar energías alternativas a largo plazo.

### 1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

La expansión demográfica y el crecimiento económico de países en vías de desarrollo hacen que aumente el consumo energético provocando un agotamiento de los recursos para cubrir la demanda y un aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico y cambio climático.

Dado el marco económico actual en el cual estamos condicionados por el uso de una energía cada vez más escasa es necesario que todos utilicemos la energía propia y natural que tenemos a nuestro alcance como la biomasa puede ser las hojas y pepas de eucalipto.

(MEER, 2010) Que siendo el Ecuador un país maderero, agrícola y ganadero, existe un gran potencial para la explotación de esta fuente de energía en el que genéricamente se denomina energía alternativa, a aquellas fuentes de energía planteadas como alternativa a las tradicionales o clásicas. A su vez la Universidad Técnica de Ambato, adquiere un rol preponderante en la formación de profesionales de la carrera de Mecánica, para que se encuentren capacitados sobre el estudio del potencial de las diversas fuentes energéticas para una región determinada.

(MAE, 2010) En la Zona Rurales del Ecuador, están concientizando a la ciudadanía sobre recursos renovables y no renovables en las cuales está incluido todo lo existente a las hojas de eucalipto que hay en dichos alrededores de estas zonas.

(MAGAP, 2013) “Existe unas 10.000 hectáreas sembradas de plántulas de eucalipto a nivel de toda la provincia de Tungurahua” la idea debe nacer del interés por producir energía limpia teniendo como base la utilización de fuentes de energía alternas y conservación del medio ambiente. Una fuente de energía alterna y limpia lo constituye la Bioenergía. Ésta resulta ser un atractivo camino a la reutilización de desechos, lo que constituirá una necesidad mundial realmente importante en un futuro

no muy lejano, en el cual se debe investigar y aprender, generando así nuevos métodos para la obtención de energías renovables a través de la generación de biomasa provenientes de la fermentación de residuos vegetales, animales y humanos, con la visión de disminuir la actual dependencia de los derivados del petróleo.

En la Zona Rural del Cantón Ambato, por la existencia de áreas verdes sembradas de eucalipto se busca promover energías renovables, con la población de los sectores aledaños para que ellos o ellas sean los protagonistas de un cambio social y ambiental, esta investigación servirá para utilizar racionalmente los recursos naturales y en especial potenciar el uso de energías renovables, para el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes.

En consecuencia, la investigación se realizará en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, en el Barrio San Alfonso, Parroquia Huachi Grande.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

Con la presente investigación se podrá identificar que no existe aprovechamiento de biomasa del eucalipto en la zona rural del Cantón Ambato, por desconocimiento de los moradores, a su vez exista tala de grandes extensiones de bosques de eucalipto sin las medidas o procesos necesarios, no existen planes o proyectos de desarrollo comunitario por la directiva del barrio en estudio, los agricultores no aplican técnicas de recolección de materia orgánica dejada por la tala de bosques, esto ha generado diferentes efectos como: Inexperiencia en utilizar las energías renovables no renovables, Desperdicio de material orgánico vegetal (hojas, pepas ramas) y la acumulación de material orgánico vegetal no utilizables.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

Al no realizar el estudio del aprovechamiento de biomasa del eucalipto no se podrá satisfacer la generación de energía térmica en la zona rural del Barrio San Alfonso de la Parroquia Huachi Grande.

Al no ejecutar este estudio los moradores de la Zona Rural, no tendrán la oportunidad de canalizar la producción de madera hacia la generación de energías renovables, y producción energética con la utilización de biomasa (hojas y ramas de eucalipto), desde astillas hasta cardos y paja, pasando por hojas de eucalipto, aumentará el desperdicio de materia orgánica.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Podrá la biomasa del eucalipto ser aprovechada para generación de energía térmica en la zona rural del Cantón Ambato, Parroquia Huachi Grande?

### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES**

- ¿Cómo se podrá evaluar los volúmenes de desechos de biomasa de eucalipto disponibles en el Barrio San Alfonso de la parroquia Huachi Grande?
- ¿Cómo evaluar las características de la biomasa?
- ¿Cómo evaluar el potencial energético del eucalipto?
- ¿Cuáles serán las posibles aplicaciones del uso energético de la biomasa?

### 1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

- **Campo:** Ingeniería Mecánica.
- **Área:** Energías Renovables.
- **Aspecto:** Estudio de Biomasa de Eucalipto

**Delimitación espacial:** La investigación se realizará en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, en el Barrio San Alfonso de Huachi Grande.

**Figura 1.1** Ubicación del sector



**Fuente:** (Mapa data@google, 2014)

(GAD, 2013) La parroquia Huachi Grande cuenta con 7622 habitantes, se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Ambato a 8 Km por la vía Panamericana Sur que conduce a Riobamba. Su territorio está a 2650 msnm, cuenta con una superficie territorial de 14,5 Km<sup>2</sup> que corresponde al 1,44 % del área cantonal, el clima es templado y frío, con una temperatura media de 12° C.

El barrio San Alfonso cuenta con 0.6 Km<sup>2</sup> de superficie territorial está ubicado en la parte occidental de la parroquia cuenta con 300 habitantes, a cuanto a la quebrada Guangana (bosque) sus límites son: al norte la calle Alaska, al sur la calle Hawaii, al este el barrio Nueva Vida y al oeste el Barrio Las Carmelitas.

“Los habitantes se dedican a la producción frutícola, también realizan la crianza y venta de animales menores. Esta tierra es famosa por la forma de producir frutas tradicionales como la manzana, claudia, pera y en la actualidad y de manera potencial la fresa que es un referente en la costa y centro del país” (GAD, 2013).

- **Delimitación temporal:** Este problema será estudiado con antecedentes recogidos durante el segundo trimestre del año 2014, pues el manejo de datos anteriores proyectarían resultados inexactos o ambiguos que obstaculizaría el trabajo investigativo.
- **Unidades de Observación:** La cantidad de biomasa, desperdicios (hojas, pepas, ramas) del eucalipto se la obtendrá en masa y volumen.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La principal razón de esta investigación es buscar el aprovechamiento de biomasa del eucalipto en zonas rurales para una eventual generación de energía térmica en la cual

se puede desarrollar con mayor efectividad el almacenamiento y recolección de pepas y hojas después de haber efectuado una tala de bosque, para luego ser procesado y así poder obtener energía del mismo, tratando de mitigar en gran parte el consumo de energías no renovables y poder ser usado según sea la necesidad y la demanda.

Sin duda, este estudio será de mucha importancia para el avance biotecnológico, ya que los recursos necesarios para la obtención de materia prima son fácilmente obtenidos, y los beneficios de la biomasa serán directos como fuente alternativa a energías no renovables.

El proyecto es dar aportación teórica e incentivo a investigaciones futuras de este tipo de energías renovables en el Barrio San Alfonso de Huachi Grande; reduciendo los desechos ambientales y concientizando a la sociedad a mejorar la calidad de vida al respetar el planeta en que vivimos.

El presente estudio investigativo será muy novedoso para el Barrio San Alfonso, aprovechando materia orgánica para potenciar el uso de energías renovables y la investigación y el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el potencial de la biomasa del eucalipto para poder aprovechar la generación de energía térmica en la zona rural del Cantón Ambato, Parroquia Huachi Grande.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar los volúmenes de desechos de biomasa de eucalipto disponibles en el Barrio San Alfonso de la parroquia Huachi Grande.
- Evaluar las características de la biomasa.
- Evaluar el potencial energético del eucalipto.
- Analizar las posibles aplicaciones de la biomasa.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Según experiencias de diferentes autores se considera los beneficios económicos y adelantos ecológicos que pueden producir estos métodos de obtención de energía a partir de desechos orgánicos, en este estudio se analiza una parte de todo el campo que comprende las energías renovables y la misma que tomará algunas conclusiones importantes que caben tomar en cuenta para la investigación actual y adelanto de la Parroquia Huachi Grande.

- Nuria Nadal Salellas, de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua, realizó “Evaluación del potencial energético para la Generación de electricidad a partir de biomasa de residuos agrícolas y forestales en Sebaco (Matagalpa)”, y concluyó q astillas de eucalipto tienen mejor combustión de quemado que los bagazos de la caña de azúcar.
- Murillo & Hernández de la Universidad Autónoma Chapingo de México, 2002, realizó “Producción de biomasa para leña combustible, de una plantación de 12 años de edad”, donde concluyó que la leña verde tiene mayor rendimiento que la leña seca.

- Garay & Guevara Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”, 2008 “Desarrollo de una nueva cocina mejorada para leña basada en el principio de gasificación de flujo cruzado natural” llegando a concluir que estas cocinas van hacer la revolución en el campo de estufas porque van ahorrar el combustible y la contaminación en el interior de la vivienda.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

“Los esquemas moldean la investigación que están comprometidas con la lógica instrumental del poder; porque impugna las explicaciones reducidas a casualidad lineal. Propositivo, en cuanto a la investigación no se detenían en la contemplación pasiva de los fenómenos, sino que además plantea alternativas de solución construidas en un clima de sinergia y pro actividad” (Herrera, 2008).

En consecuencia, al constituirse un problema de carácter social para la Zona Rural en lo que respecta al insuficiente manejo de energías renovables y aprovechamiento de la biomasa, se ha visto procedente efectuar un estudio, para aprovechar la biomasa del eucalipto en esta Zona Rural, y mejorar la calidad de los productos obtenidos de los procesos.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN TECNOLÓGICA**

La explotación de campos referentes a energías alternativas ha permitido implementar mejoras técnicas y tecnológicas, para optimizar la mano de obra, procesos y mejorar la calidad de vida de los pobladores, con el abastecimiento de energía térmica. La explotación de campos y el uso de tecnología facilitarán la obtención de energía biomasa de uso doméstico y cubrir las necesidades.

## **2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

(Ecuador, 2012) Dice en sus artículos:

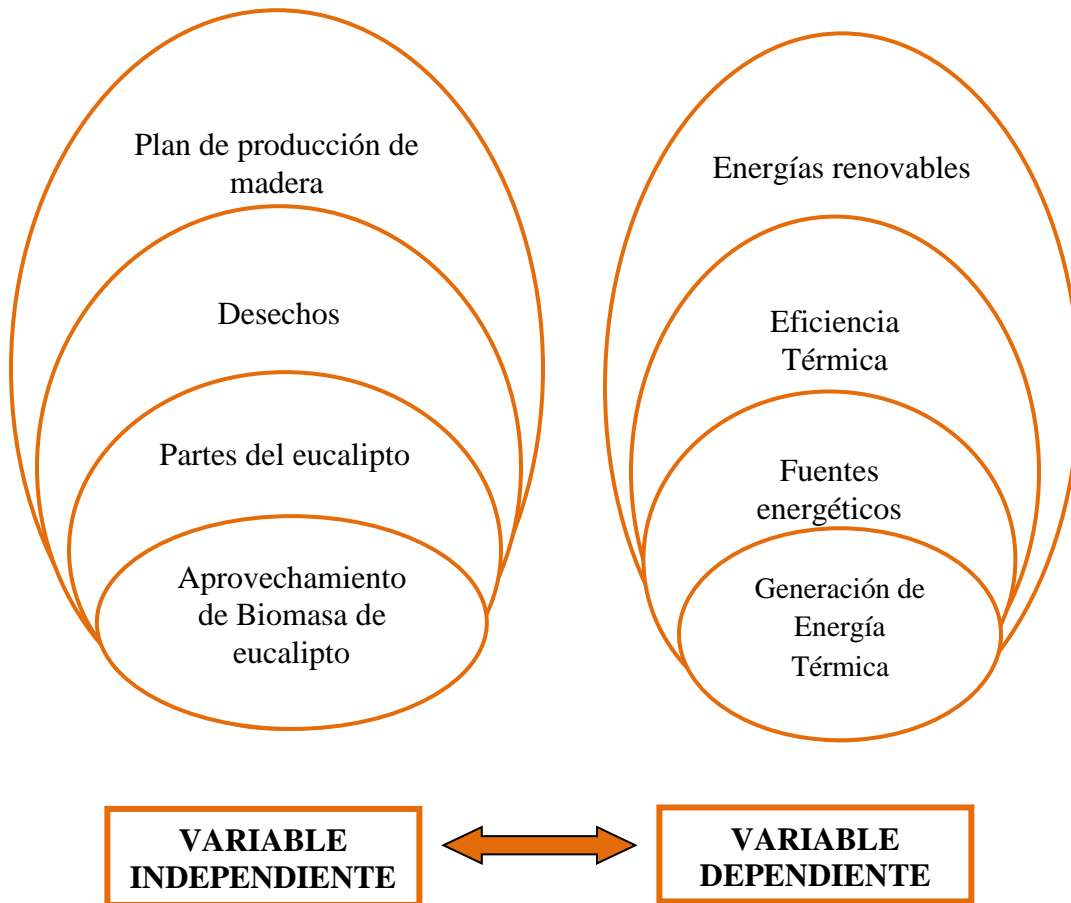
Artículo 15; El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Artículo 313; El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas.

Artículo 314; El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, Infraestructuras portuarias y aeroportuarias

Artículo 413; El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

## 2.5 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



## 2.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.6.1 GENERALIDADES DEL EUCALIPTO

(Héritier, 1788) “El Eucalipto es una planta leñosa perenne que pertenece a la familia de las *Myrtaceae*. El género *Eucalyptus* comprende unas 500 especies de

árboles, la mayoría de los cuales se encuentran en Australia, aunque, en menor número se pueden hallar en Indonesia y Guinea”.

Son árboles muy resistentes a la sequía por su capacidad de almacenar agua en las raíces. También resulta muy característica en ellos su rapidez de crecimiento. Todo ello ha llevado a plantarlos en muchas regiones del mundo, pero especialmente en aquellas zonas tropicales o subtropicales provistas de una aridez considerable, de manera que los habitantes de estas zonas pueden obtener de estos árboles madera para quemar, para sus construcciones y sombra contra el tórrido sol.

(MAE, 2010) En el Ecuador contamos con un sin-número de plantaciones de Eucalipto, las mismas que se encuentran divididas en las costeñas o de clima tropical y las serranas o de clima frío; las de zonas tropicales se concentran especialmente en Esmeraldas, y las que se encuentran en zonas frías se concentran principalmente en la provincia del Carchi, Pichincha y Azuay. A continuación se presenta una tabla donde se describen las especies encontradas en el Ecuador:

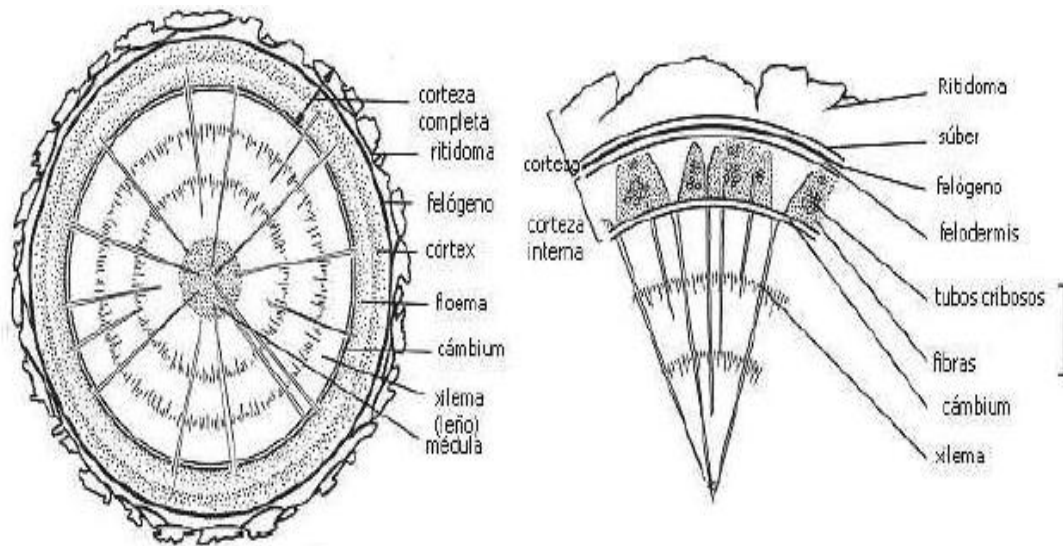
**Tabla 2.1** Especies de eucalipto en el Ecuador

<b>Nº-</b>	<b>Nombre vulgar</b>	<b>Nombre científico</b>
<b>1</b>	Eucalipto	Eucalyptus Saligna
<b>2</b>	Eucalipto Glóbulos	Eucalyptus Gلبulus
<b>3</b>	Eucalipto Grandis	Eucalyptus Grandis
<b>4</b>	Eucalipto Terericornis	Eucalyptus Tereticornis
<b>5</b>	Eucalipto	Eucalyptus Robusta
<b>6</b>	Eucalipto	Eucalyptus Citriodora
<b>7</b>	Eucalipto	Eucalyptus Botryoides

**Fuente:** (Simbaña 2009)

Al envejecer la corteza, su superficie se oxida, se oscurece, se vuelve más o menos pulverulenta, y pierde sus caracteres específicos. Estas características pueden determinarse solamente examinando la corteza madura, no a la base del tronco, sino a un tercio de la altura del árbol.

**Figura 2.2** Partes de la corteza del eucalipto



**Fuente:** (Simbaña, 2009)

### 2.6.1.1 Características de las especies de eucalipto introducidas en el Ecuador

*Eucalyptus grandis* (eucalipto grandis) Condiciones de plantación:

**Altitud:** 100 – 2100 msnm

**Clima:** Temperatura media de 21°C, lluvia anual: 900-4000 mm. Es exigente en luz.

**Suelos:** Preferentemente en suelos profundos, bien drenados, tolera sitios húmedos, requiere de suelos arcillosos, franco-arcillosos, arcillosos franco-arenosos o arenosos y soporta suelos ligeramente ácidos con tendencias a la neutralidad.

**Limitantes:** Pueden ser atacados por hormigas y termitas en su estado juvenil. Es altamente sensible a las deficiencias en boro, vulnerable a la quema y heladas.

### **Usos principales**

- Maderable: en decoración de interiores, enchapes, cajones, postes de redes eléctricas.
- Combustibles: como leña y carbón vegetal
- Pulpa: en la producción de papel
- Ornamental
- Sombrío
- Cerca viva
- Especie melífera, utilizada en apicultura
- En conservación de suelos

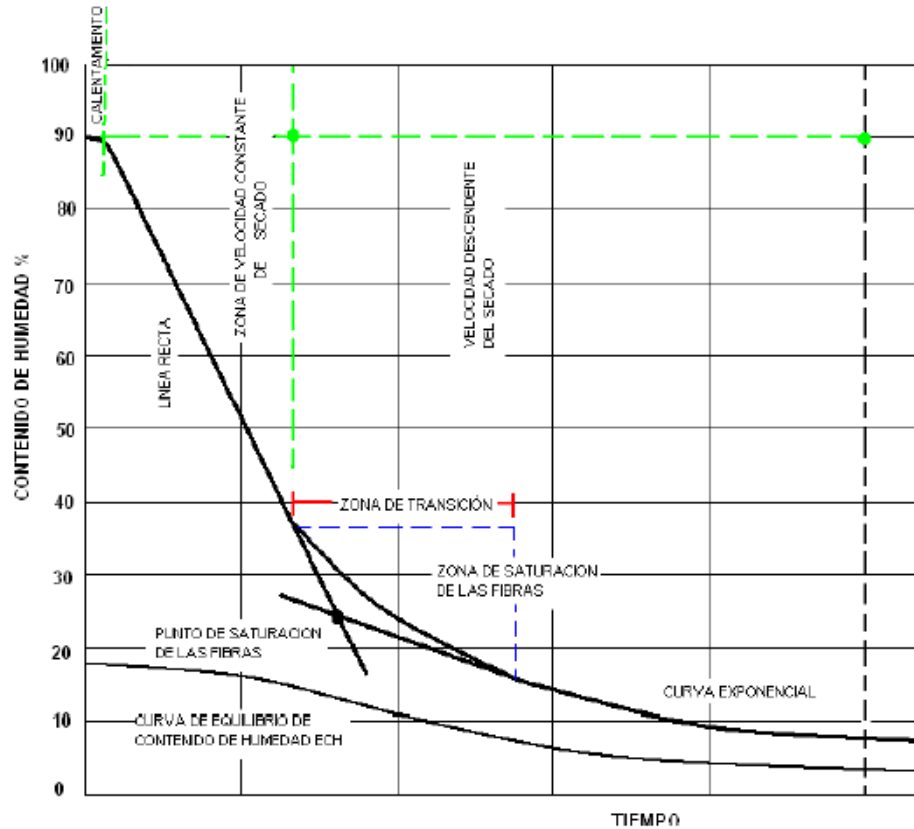
### **2.6.2 PROCESO DE SECADO DEL EUCALIPTO**

Las leyes que regulan el proceso de secado de la madera son de naturaleza diferente, dependiendo de la humedad, el punto de saturación de las fibras, la temperatura y humedad permanece constante durante la evaporación del agua se producen tensiones dentro de la madera y solamente se modifica la distribución del contenido de humedad hacia el interior de la pieza (Martínez&Siza, 2009).

Cuando el secado ha avanzado a contenidos de humedad por debajo del punto de saturación, la permeabilidad de la estructura de la madera juega un papel importante en el proceso de remoción del agua, la gráfica de velocidad de secado cambia de una línea recta a una curva exponencial decreciente, presentándose una zona de transición y la curva tiende hacia un valor límite que no es otro que la humedad de equilibrio de

la madera correspondiente a las condiciones climáticas establecidas (Hernández&Murillo, 2002)

**Figura 2.3** Curva teórica del secado del eucalipto



**Fuente:** (Simbaña, 2009)

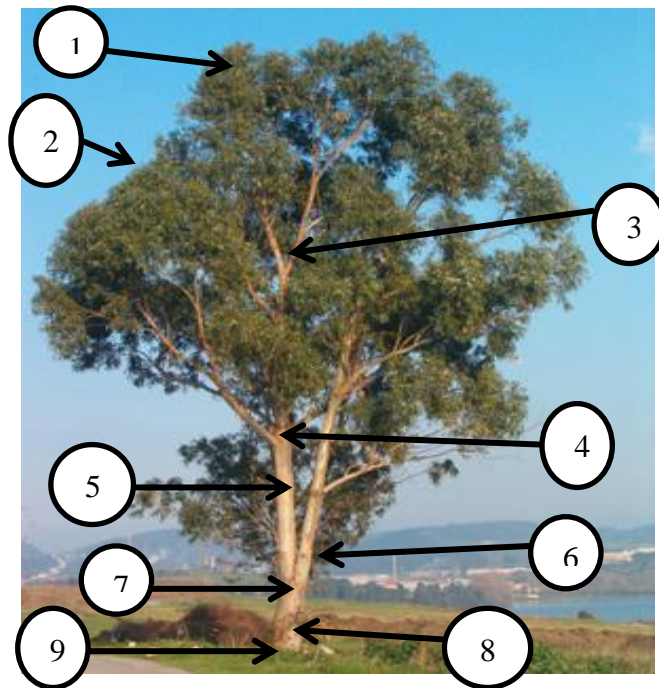
### 2.6.3 PARTES COMERCIALES DEL EUCALIPTO

(Martínez&Siza, 2009)“El Eucalipto es una planta muy utilizada comercialmente, ya que es aprovechado en el sector industrial en un 98%, pero para nuestro estudio, se tomará en cuenta solo el uso estructural, el mismo que aprovecha los trozos; es decir, hojas, pepas y ramas del eucalipto”.



En la siguiente figura se puede observar las partes comerciales de la planta de eucalipto, además de la clasificación que se le da a cada una en sus diferentes sectores industriales.

**Figura 2.4** Clasificación de las partes comerciales del Eucalipto



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

En la tabla siguiente se detalla cada una de las partes del eucalipto, el aprovechamiento y beneficio que se le da a cada una de las mismas.

**Tabla 2.2** Clasificación de las partes del eucalipto

Número	Clasificación
1	Fruto y semillas
2	Follaje
3	Leña y carbón
4	Exudados y extractos (látex, llantas)
5	Trozas (madera aserrada)

<b>6</b>	Corteza (tintes)
<b>7</b>	Albura (jarabes)
<b>8</b>	Tacones (chapas, carbón)
<b>9</b>	Raíces (insumos para medicina)

**Fuente:** (Simbaña, 2009)

(Hernández&Murillo, 2002) Describen algunos cuadros con datos técnicos referente a todo lo que se refiere con distribución, plantación y producción de biomasa en verde y seca en cuanto se refiere con el eucalipto.

**Tabla 2.3** Distribución de biomasa área en los tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Biomasa ( Kg/árbol)</b>				
	<b>Fusre</b>	<b>Corteza</b>	<b>Ramas</b>	<b>Hojas</b>	<b>Total</b>
<b>5 años no laboreado</b>	53.4	8.0	10.6	15.5	87.5
<b>5 años laboreado</b>	51.5	7.8	11.1	14.2	84.6
<b>4 años no laboreado</b>	27.5	4.5	6.7	11.8	50.5
<b>4 años laboreado</b>	21.1	4.3	4.8	9.1	39.3

**Fuente:** (Hernández&Murillo, 2002)

En la tabla a continuación se puede apreciar como varia la cantidad de ramas, hojas, y madera seca en las diferentes parcelas de las nueve plantaciones estudiadas.

**Tabla 2.4** Cantidad de biomasa seca de las nueve plantaciones estudiadas

<b>Parcela</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Madera (Mg/ha)</b>	<b>Ramas (Mg/ha)</b>	<b>Hojas (Mg/ha)</b>	<b>Biomasa (Mg/ha)</b>
<b>Armental</b>	9	77.9	11.6	8.3	97.8
<b>Cangas</b>	9	63.0	4.3	4.4	71.6
<b>Cordido</b>	9	49.0	5.4	6.1	60.5
<b>Edrosa</b>	14	555.8	52.0	36.3	644.0
<b>Ferreiramión</b>	18	185.5	21.8	17.2	224.7

<b>Ferreire</b>	15	133.1	8.9	8.9	150.9
<b>Nadou</b>	8	29.2	4.3	2.1	35.7
<b>Villar</b>	8	100.9	8.3	6.7	116.1
<b>Villarin</b>	6	-----	21.4	3.8	25.2

**Fuente:** (Hernández&Murillo, 2002)

Producción media anual de la biomasa área de Ateleriaglaz joveana, por árbol y para las ocho cosechas anuales (en kilos de materia seca).

**Tabla 2.5** Producción media anual de la biomasa área de Ateleriaglaz joveana, por árbol y para las ocho cosechas anuales (en kilos de materia seca)

<b>Biomasa</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>Total</b>
<b>Verde</b>	0.551	0.639	0.813	0.909	0.859	0.792	0.653	0.753	5.969
<b>Leña</b>	0.231	0.462	0.671	0.820	0.738	0.970	0.450	0.569	4.911
<b>Total</b>	0.782	1.101	1.484	1.729	1.597	1.762	1.103	1.322	10.880

**Fuente:** (Hernández&Murillo, 2002)

Producción media anual de la biomasa área de mimosa bimucronata, por árbol y para las ocho cosechas anuales (en kilos de materia seca).

**Tabla 2.6** Producción media anual de la biomasa área de mimosa bimucronata, por árbol y para las ocho cosechas anuales (en kilos de materia seca)

<b>Biomasa</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>Total</b>
<b>Verde</b>	0.671	0.742	0.878	1.225	0.762	0.914	1.175	0.992	7.359
<b>Leña</b>	0.167	0.289	0.420	0.632	0.646	0.452	0.599	0.624	3.829
<b>Total</b>	0.838	1.031	1.298	1.857	1.408	1.366	1.774	1.616	11.188

**Fuente:** (Hernández&Murillo, 2002)

A continuación se presenta la tendencia de producción de biomasa verde, en una plantación de eucalipto con diferentes años en espaciamiento de 1.0 x 1.0 m.

**Tabla 2.7** Tendencia de producción de biomasa verde, espaciamiento de 1.0 x 1.0 m.

<b>EDAD (años)</b>	<b>BIOMASA VERDE (ton/ha)</b>
0.42	2.12
1.25	18.81
2	48.15
3	108.34
4	192.60
5	300.93
6	433.35
7	589.83
8	770.39
9	975.03
10	1203.74
11	1456.52
12	1733.38
13	2034.32
14	2359.33
15	2708.41

**Fuente:** (Hernández&Murillo, 2002)

Tendencia de producción de biomasa seca con un espaciamiento de 1.0 x 1.0 m por cada árbol.

**Tabla 2.8** Tendencia de producción de biomasa seca, espaciamiento de 1.0 x 1.0 m.

<b>EDAD (años)</b>	<b>BIOMASA SECA (ton/ha)</b>
0.42	1.19
1.25	10.26
2	26.97
3	60.68
4	107.88
5	168.55
6	242.72
7	330.37
8	431.50
9	546.12
10	674.22
11	815.81
12	970.88
13	1139.43
14	1321.47
15	1516.99

**Fuente:** (Hernández&Murillo, 2002)

#### **2.6.4 BIOMASA**

(NAREDO&Valero 1999) “La biomasa es la cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema”.

(Diccionario de la Real Academia Española, 2008), tiene dos acepciones:

1. f. Biol. Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.

2. f. Biol. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

La primera acepción se utiliza habitualmente en Ecología. La segunda acepción, más restringida, se refiere a la biomasa 'útil' en términos energéticos formales: las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis y parte de esa energía química queda almacenada en forma de materia orgánica; la energía química de la biomasa puede recuperarse quemándola directamente o transformándola en combustible.

**(MARGALEF, 1980)** “Un equívoco muy común es confundir 'materia orgánica' con 'materia viva', pero basta considerar un árbol, en el que la mayor parte de la masa está muerta, para deshacer el equívoco; de hecho, es precisamente la biomasa 'muerta' la que en el árbol resulta más útil en términos energéticos”.

Por lo expuesto, la biomasa, o cantidad de materia orgánica que constituyen todos los seres vivos de nuestro planeta, es una fuente de energía renovable, pues su producción es infinitamente más rápida que la formación de los combustibles fósiles. La biotecnología ha permitido que de la biomasa puedan extraerse combustibles absolutamente ecológicos; mediante su destilación, gasificación, hidrólisis o digestión aeróbica.

La biomasa vegetal es la materia constituida por las plantas. La energía que contiene es energía solar almacenada durante el crecimiento por medio de la fotosíntesis. Por esta razón, la biomasa, si es utilizada dentro de un ciclo continuo de producción-utilización, constituye un recurso energético renovable y respetuoso con el medio ambiente.

Básicamente hay tres tipologías, según las tres principales categorías de combustibles vegetales:

- Leña para quemar en tarugos;
- Madera desmenuzada (astillas); y
- Pastillas de madera molida y prensada (pellet).

Una información más detallada sobre el poder calorífico y sobre los costes indicativos de los diversos combustibles biológicos se puede encontrar en la tabla 2.9. En ella, la energía de la biomasa se expresa como litro equivalente de gasóleo y GLP, y como metro cúbico equivalente de metano.

La primera columna refleja los diferentes tipos de combustibles en comparación, divididos en combustibles fósiles y biomasa. La segunda columna cita el poder calorífico neto, esto es, la cantidad neta de energía que se desarrolla de la combustión de 1 Kg. de combustible con su contenido real de agua, en las condiciones reales de utilización de la biomasa.

En la tercera columna se cita el coste unitario en \$/kg; las dos siguientes columnas, bajo el título común litro equivalente de gasóleo, indican la cantidad de combustible (en kg) necesaria para producir la misma energía que produce 1 litro de gasóleo y el coste de esa cantidad. Siguen dos columnas concernientes al litro equivalente de gas líquido (GLP) y dos que citan el metro cúbico equivalente de metano.

La tabla permite comparar los combustibles fósiles y los diferentes tipos de biomasa sobre la base del contenido real de energía. La comparación se ha realizado sobre la base de las cantidades y sobre los costes de la biomasa necesaria para sustituir una cantidad estándar de combustible fósil. Por ejemplo, tomamos en consideración la leña seca para quemar, que tiene un contenido de humedad del 25%. Se puede observar que son necesarios 2,79 Kg.

Para obtener la misma energía que produce un litro de gasóleo, y que, siendo el precio de la leña para quemar igual a \$0,103/Kg., el coste de este litro equivalente de gasóleo es igual a \$0,29, valor aproximadamente de un 65% inferior al coste real del gasóleo, igual a \$0,83\$/litro.

Análogamente, son necesarios 2,76 Kg. de leña seca para obtener la misma energía que produce 1 m<sup>3</sup> de metano, al coste equivalente de \$0,28 contra \$ 0,52 de un metro cúbico real de metano.

**Tabla 2.9** Poderes caloríficos y costes indicativos de los combustibles fósiles y de biomasa

Combustibles fósiles	P.C. neto KWh/kg (*)	Coste\$/kg	Litro equivalente gasóleo		Litro equivalente GPL		Metro cúbico equivalente metano	
			kg	\$	Kg	\$	kg	\$
Gasóleo	11,7	0,990	0,83	0,83	0,62	0,61	0,83	0,82
Metano	13,5	0,720	0,73	0,52	0,54	0,39	0,72	0,52
GPL	12,8	1,097	0,76	0,84	0,57	0,62	0,75	0,83
Combustibles de biomasa	P.C. neto KWh/kg (*)	Coste \$/kg	Litro equivalente gasóleo		Litro equivalente GPL		Metro cúbico equivalente metano	
			kg	\$	Kg	\$	kg	\$
Leña para quemar 25% humedad (**)	3,5	0,103	2,79	0,29	2,07	0,21	2,76	0,28



Leña para quemar 35% humedad	3,0	0,093	3,31	0,31	2,45	0,23	3,27	0,30
Leña para quemar 45% humedad	2,4	0,077	4,08	0,32	3,02	0,23	4,03	0,31
Materia orgánica vegetal/encina 25% humedad.	3,5	0,067	2,79	0,19	2,07	0,14	2,76	0,19
Materia orgánica vegetal/encina 35% humedad.	2,9	0,062	3,32	0,21	2,46	0,15	3,28	0,20
Materia orgánica vegetal/encina 50% humedad.(***)	2,1	0,057	4,64	0,26	3,43	0,19	4,59	0,26
Astillas de álamo 25% humedad	3,3	0,052	2,92	0,15	2,17	0,11	2,89	0,15
Astillas de álamo 35% humedad	2,8	0,044	3,51	0,15	2,60	0,11	3,47	0,15
Astillas de álamo 50% humedad	1,9	0,036	5,02	0,18	3,72	0,13	4,97	0,18
Pellet de madera humedad máx. 10%	4,9	0,180	2,00	0,36	1,48	0,27	1,98	0,36

**Fuente:** (MEER, 2010)

(\*) 1 KWh = 860 kcal

(\*\*) Leña seca de dos años

(\*\*\*) Madera recién cortada

#### **2.6.4.1 Hojas del Eucalipto**

(Martínez&Siza, 2009) “Las hojas, simples y persistentes, suelen presentar un heteromorfismo de gran importancia sistemática, las jóvenes suelen ser opuestas por algunos pares, luego alternas, ovladas de hasta 16 cm de largo y 8,5 cm de ancho. Su coloración suele ser verdes y se diferencian de la de las hojas adultas debido a distinta coloración. Su consistencia es más frágil”.

**Figura 2.5** Hojas tiernas del Eucalipto



**Fuente:** (Martínez&Siza, 2009)

Las hojas adultas presentan gran variabilidad, son alternas, lanceoladas de hasta 15 cm de largo y 3 cm de ancho, de bordes enteros, sin diferenciación entre el haz y el envés, y de recubrimiento y coloración muy variable. Las hojas suelen contener gran cantidad de cámaras con aceites característicos.

**Figura 2.6** Hojas maduras del Eucalipto



**Fuente:** (Martínez&Siza, 2009)

#### **2.6.4.2 Fruto (pepas) del eucalipto**

(Martínez&Siza, 2009) “El fruto es una capsula leñosa, cerrada, de forma cónica o ligeramente piriforme con gran cantidad de semillas muy pequeñas, pedicelos cortos, en ocasiones son de hasta 0,8 cm de largo por 0,6 cm de ancho, con frecuencia contraídos hacia el ápice, reborde delgado, disco no visible po, es también muy variable tanto en forma y tamaño de la cápsula, como en la forma de abrirse, posición de las valvas y del disco circundante. La producción de semillas es abundante, tanto fértiles como abortadas. Las primeras suelen ser poliédricas, más gruesas y de diferente coloración, aunque a veces adquieren formas redondeadas o aladas. Suelen ser de tamaño pequeño”.

**Figura 2.7** Pepas maduras del eucalipto



**Fuente:** (Martínez&Siza, 2009)

### 2.6.4.3 Madera del eucalipto

(Hernández&Espina, 2006) Es de color rojo claro, suave liviana y moderadamente durable en contacto con el suelo. La densidad de la madera proveniente de plantaciones varía por la edad y el sitio de plantación. Esta madera es frágil de impregnar y trabajar, pero resulta difícil secarla, pero por el crecimiento rápido y la capacidad de rebrote de esta especie le confieren gran potencial para la producción de madera para leña.

**Figura 2.8** Madera del eucalipto



**Fuente:** (Hernández&Espina, 2006)

### 2.6.5 FOGONES TRADICIONALES

Los fogones tradicionales o improvisados no son más que la utilización de tres piedras con una rejilla de metal sobre un fuego abierto, lo que da lugar a nubes de humo que no están ventiladas adecuadamente, también presentan alto consumo de leña y contaminación de la cocina con humo y hollín.

Son muy ineficientes empleando tan solo su potencial energético para su uso, estos pueden quemar madera, carbón y residuos de agricultura.

**Figura 2.9** Fogón tradicional



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

Siendo las principales enfermedades nocivo para la salud humana (MAE, 2010).

- Infecciones respiratorias
- Bronquitis crónica y obstrucción bronquial crónica
- Bajo peso al nacer y trastornos prenatales
- Cáncer de pulmón y nasofaríngeo
- Fibrosis pulmonar
- Se utiliza mucho material de combustión
- Se pierde mucho calor porque el fuego no está protegido
- Daños al medio ambiente
- Se cocina en muy mala posición y trae dolores de espalda

Además el uso de los fogones tradicionales de fuego abierto proporciona riesgos de quemaduras y enfriamientos, como la leña suele cargarse en la espalda puede ocasionar severos daños musculo-esquelético, y el consumo promedio por persona oscila entre los dos y tres kilogramos por día.

## 2.6.6 FOGONES MEJORADOS CON AISLAMIENTO TÉRMICO LATERAL

Estos fogones tienen como finalidad evitar la presencia de humo dentro de la cocina y mejorar las condiciones de salubridad en el interior de las viviendas, teniendo como finalidad mejorar las condiciones de saneamiento intra domiciliario en las viviendas rurales y ahorrar en combustible (biomasa), es de bajo costo y fácil de construir.

Es aislado para evitar la pérdida de calor y riesgos de quemaduras, no tiene chimenea se recomienda utilizarla en espacios bien ventilados, como en el exterior de las viviendas, contiene un faldón de lámina galvanizada que evita la exposición del fuego al exterior previniendo quemaduras en las personas que cocinan.

**Figura 2.10** Fogón mejorado



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

Su estructura de hierro permite mantener estable la olla, es fácil de transporte, instalar, reduce el consumo de leña comparado con un fuego abierto entre tres piedras y sobre todo su tiempo de calentamiento de agua de 10 litros en una olla de 15 litros es sólo de 20 minutos.

### 2.6.6.1 Eficiencia Térmica

(Yunus, 2003) Señala que la eficiencia térmica de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo neto realizado y el calor absorbido durante un ciclo, se escribe de la siguiente forma:

$$e = \frac{W}{Q_c} = \frac{Q_c - Q_F}{Q_c} = 1 - \frac{Q_F}{Q_c}$$

Se puede decir que la eficiencia es la razón de la que se obtiene (trabajo mecánico) a lo que se paga por (energía). Este resultado muestra que una máquina térmica tiene una eficiencia del 100% ( $e=1$ ) solo si  $Q_F = 0$ , es decir; sino se libera calor a la fuente fría. Por tanto una máquina térmica con eficiencia perfecta deberá convertir toda la energía calorífica absorbida  $Q_C$  en trabajo mecánico, según la segunda ley de la termodinámica establece que si es posible.

### 2.6.6.2 Energías Renovables

Las energías renovables son fuentes naturales inagotables que se encuentran en todo el mundo y esta a su vez contiene gran cantidad de energía, pudiendo ser capaces de regenerarse por medios naturales.

Existen diversas fuentes energéticas que se las pueden aprovechar directamente por medio de la acción del viento, biomasa, radiación solar, que son las que se asemejan con las siguientes características.

- Tienen un reducido impacto ambiental
- Son recursos que se encuentran muy bien distribuidos por todo el planeta lo que nos garantiza el suministro autóctono.

- Los procesos asociados a su utilización son relativamente sencillos, lo que permite a la humanidad que sea de fácil accesibilidad.

## **2.7 HIPÓTESIS**

Podrá aprovecharse los desechos de la biomasa del eucalipto para la generación de energía térmica en la Zona Rural del Cantón Ambato, Parroquia Huachi Grande.

### **2.7.1 Señalamiento de Variables de Hipótesis**

- **Variable Independiente:** Desechos de la Biomasa del eucalipto
- **Variable Dependiente:** Generación de energía térmica
- **Términos de Relación:** Para



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

La modalidad básica de la investigación, Se muestra a continuación:

- Bibliográfica.- Se consulta en libros, manuales, revistas, periódicos, e Internet y otros.
- De Campo.- Se realiza en forma directa un diagnóstico de la plantación de eucalipto, estado de los árboles, cantidad de biomasa a ser utilizada para la investigación.
- De Intervención Social.-Se plantea una alternativa de solución al problema detectado en el Barrio San Alfonso, Parroquia Huachi Grande, que es objeto de estudio.

### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

- **Exploratoria**

La investigación exploratoria será útil para la identificación de cursos alternativos de acción debido a que el estudio se realizó en el Barrio San Alfonso, Parroquia Huachi Grande, este nivel facilitará el planteamiento del problema, permitirá la formulación de hipótesis, seleccionará la metodología a utilizar, aumentando así el grado de familiaridad con el problema a investigar dentro del domicilio.

- **Descriptiva**

Se utilizó este tipo de investigación porque se describirá paso a paso el proceso de recolección de la biomasa en forma manual y por caída libre, después se analizará cuál de los dos procesos de recolección es el recomendado.

- **Correlacional**

La utilidad de este tipo de investigación es para poder relacionar el tiempo que dura cada uno de los procesos de recolección hasta llegar al punto de quemado de la biomasa y poder saber qué proceso terminará su recolección en el menor tiempo posible.

En este caso se relacionará el proceso de recolección por caída libre y el proceso de recolección en forma manual.

- **Campo**

Se realizará en el lugar de los hechos en forma directa la inspección del bosque a estudiar, recolección de la biomasa, clasificación, pesaje, almacenamiento y quemado para la recolección de datos.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

El estudio para el presente proyecto fue evaluar el potencial energético de biomasa en las zonas rurales del Barrio San Alfonso Parroquia Huachi Grande, relacionando de forma directa o indirectamente el estudio de recursos renovables para la generación de energía.

(GAD, 2013) “La parroquia cuenta con 7622 habitantes, se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Ambato a 8 Km por la vía Panamericana Sur que conduce a Riobamba. Su territorio está a 2650 msnm, cuenta con una superficie territorial de 14,5 Km<sup>2</sup> que corresponde al 1,44 % del área cantonal, el clima es templado y frío, con una temperatura en las mañanas de 11° C”.

El barrio San Alfonso cuenta con 0.6 Km<sup>2</sup> de superficie territorial está ubicado en la parte occidental de la parroquia cuenta con 300 habitantes, a cuanto a la quebrada Guangana (bosque) sus límites son: al norte la calle Alaska, al sur la calle Hawaii, al este el barrio Nueva Vida y al oeste el Barrio Las Carmelitas.

**Figura 3.1** Sectores de la obtención de materia prima



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

Las magnitudes evaluadas fueron las siguientes: cantidad de materia, temperatura y tiempo necesario para su descomposición, tamaño y peso de las hojas y pepas, el bosque se divide en dos sectores ubicados en el barrio San Alfonso. En el esquema anterior se presenta las áreas de residuos procesables para la generación de biomasa, la cual la dividiremos en dos sectores:

- Sector A, corresponde a la Quebrada Guangana
- Sector B, corresponde a la Quebrada Morejón

La muestra es la parte representativa de la población o universo, que permite generalizar los resultados obtenidos a partir de ella a todo el conjunto. El tipo de muestra que se ajusta al estudio propuesto de los datos se hará de campo durante un lapso necesario de tres meses para determinar las variables en cuestión.

**Figura 3.2** Sector donde se va a analizar la muestra



**Fuente:** Mapa data@google 2014

El sector donde se analizó la muestra está ubicado en el sector A ( Quebrada Guangana) a la altura de la propiedad del señor Víctor Manuel Freire, con un área de 1000 metros cuadrados, y una capacidad de 300 árboles de eucalipto entre grandes y pequeños.

En esta propiedad se realizará la recolección, clasificación, pesaje y almacenamiento de la biomasa (hojas, ramas y pepas), a la vez se realizará los diferentes ensayos de quemado en horario matutino y vespertino.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Variable Independiente:** Desechos de biomasa del eucalipto

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICA E INSTRUMENTACION
<p><b><u>eucalipto:</u></b> Es un el conjunto de materia orgánica de origen vegetal, que es un árbol con el tronco recto y la copa en forma de cono, las hojas duras y olorosas y las flores amarillas, que alcanza gran altura; se utiliza en repoblaciones forestales por su rápido crecimiento, sus hojas tienen propiedades medicinales, su corteza se utiliza en el curtido de pieles y con su madera se fabrica papel: el eucalipto es originario de América.</p>	<p>-Hojas</p> <p>-Pepas</p> <p>-Ramas</p>	<p>¿Cómo se podrá determinar las características de las hojas?</p> <p>¿Cómo se podrá conocer a las pepas para determinar sus características?</p> <p>¿Cómo se clasificará las ramas después de su recolección?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño</li> <li>• Peso</li> <li>• Peso.</li> <li>• Tamaño</li> <li>• Diámetro.</li> <li>• Tamaño</li> <li>• Peso</li> <li>• Diámetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación de campo</li> <li>• Observación directa</li> </ul>

**Variable Dependiente:** Generación de energía térmica

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICA E INSTRUMENTACIÓN
<p><b><u>Energía térmica:</u></b></p> <p>Trabajo de investigación empleado en cultivar y aprender una ciencia relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico en equilibrio, que es proporcional al aprovechamiento de su temperatura absoluta y se incrementa o disminuye por transferencia de energía generalmente en forma de calor o trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de energía</li> <li>• Calor generado</li> </ul>	<p>¿Qué tipo de energía se produciría?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía térmica</li> <li>• Eficiencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calorífica</li> <li>• Lumínica</li> <li>• kWh</li> <li>• %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• guía de observaciones</li> </ul>

### 3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La recolección de información para el presente proyecto se lo realizó gracias a las herramientas de apoyo como fueron textos, páginas web, registros referentes al tema, los datos obtenidos fueron bajo la observación directa, mediciones de campo de los dos sectores durante tres meses, el cual nos guiaron a la ejecución del proyecto.

Para la recolección de la materia se hizo en costales de 45 kg luego se llevó a cabo la clasificación y pesaje de hojas, pepas y ramas.

**Figura 3.3** Recolección de materia prima en costales



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

Para determinar el peso de hojas, pepas y ramas en estado verde y seco se lo realizaron con una balanza manual.

**Figura 3.4** Balanza manual



**Fuente:** Propiedad del egresado Oscar Freire

Para determinar el diámetro de pepas, ramas delgadas, medianas y gruesas se lo realizó con un calibrador pie de rey.



**Figura 3.5** Calibrador pie de rey



**Fuente:** Propiedad del egresado Oscar Freire

El almacenamiento de la materia se la realizó en la propiedad del señor Víctor Freire ubicada en el barrio San Alfonso de la Parroquia Huachi Grande en un cuarto seco a temperatura ambiente.

**Figura 3.6** Almacenamiento de materia prima en costales



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

Los datos obtenidos fueron tomados cada semana durante los meses Febrero 2014 ha Abril 2014 con el fin de observar el comportamiento del clima, caída de la materia, los mismos que fueron registrados en tablas y fichas de campo.

### **3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para realizar el procesamiento adecuado de la información obtenida, se toma en cuenta los siguientes ítems que se tendrán que evaluar en el proyecto después de la información recogida.

- Con los datos obtenidos de cada mes se estructura un cuadro de resultados que a su vez se saca el promedio y sirve de base para realizar gráficas estadísticas para poder analizar el comportamiento.
- Las barras de la gráfica tendrán diferentes colores para distinguir el porcentaje de variación entre pepas, hojas y ramas.
- Las gráficas que se utilizaron para la representación de la cantidad de desechos orgánicos del promedio de la materia fue Peso vs Mes.
- Se determinó los parámetros de hojas, pepas y ramas con el programa digimizer.
- Se analizó las gráficas T vs t.
- Se coloca 10 litros de agua en una olla de aluminio en el fogón tradicional y mejorando con la diferente biomasa, para determinar el tiempo y la masa que se necesita hasta que esta llegue a hervir.
- Las gráficas Masa vs Tiempo se utilizaron para analizar el consumo de leña entre los fogones tradicional y mejorado.
- En las gráficas antes mencionadas se realiza la línea de tendencia.
- Finalmente se compara entre las gráficas masa y tiempo utilizado la más adecuada para poder ser utilizada al momento de hervir el agua.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1 Desechos de biomasa

La recolección y almacenamiento de la biomasa de ramas, pepas y hojas se realizó durante los meses de Febrero, Marzo y Abril del 2014, para dicho almacenamiento se utilizó costales de 45 kg cada uno, en donde se obtuvo un promedio en cada mes para poder observar cuál de ellos se recolectó en mayor cantidad.

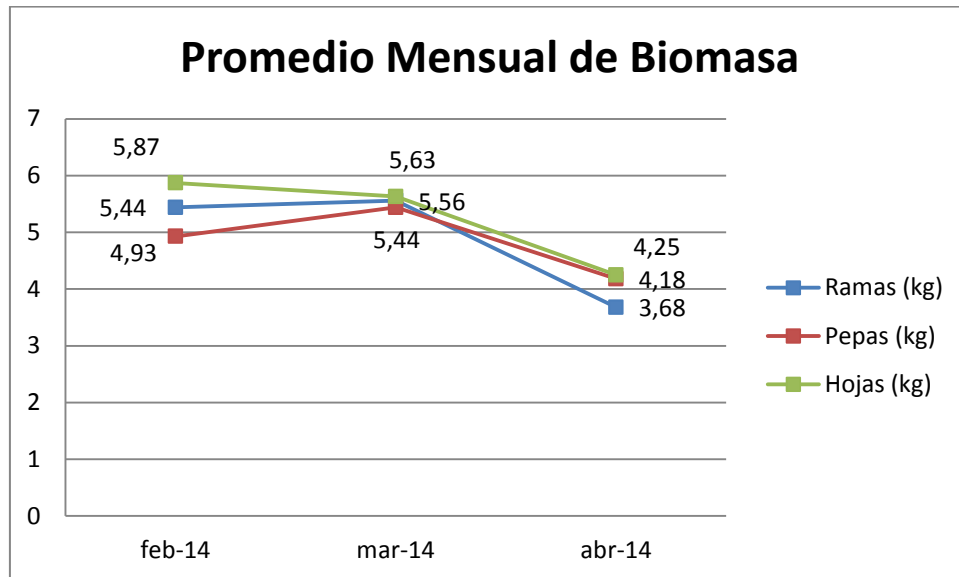
**Tabla 4. 1** Valores promedio mensual de Biomasa

MES	PROMEDIO DEL PRODUCTO DE BIOMASA		
	RAMAS (Kg)	PEPAS (Kg)	HOJAS (Kg)
Febrero 2014	5,44	4,93	5,87
Marzo 2014	5,56	5,44	5,63
Abril 2014	3,68	4,18	4,25

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

Los datos tomados corresponden a la biomasa que cae por acción del viento, en el cual es la que se procedió a utilizar en el presente estudio.

**Gráfico 4. 1** Promedio mensual de biomasa



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** Se puede observar en la gráfica los valores de los productos de biomasa en cada mes del año 2014 varían, esto se debe a los diferentes cambios climáticos que se van suscitando en la actualidad.

#### 4.1.2 Características de hojas tiernas y maduras

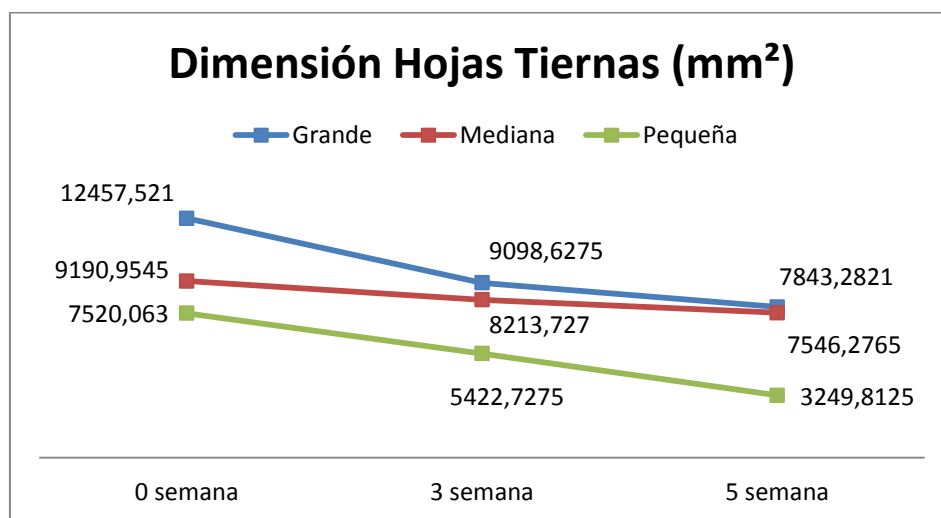
A continuación se resume de las tablas de Anexos A, las dimensiones obtenidas de las áreas de las hojas tiernas y maduras en pequeñas, medianas y grandes durante su proceso de secado.

**Tabla 4. 2** Dimensiones de áreas de hojas tiernas y maduras

Hojas	Tamaño	Área (mm <sup>2</sup> ) inicial	Área (mm <sup>2</sup> ) 3 semanas	%	Área (mm <sup>2</sup> ) 5 semanas	%
<b>Tiernas</b>	Grandes	12457,521	9098,6275	26,96	7843,2821	37,04
	Medianas	9190,9545	8213,727	10,63	7546,2765	17,89
	Pequeñas	7520,063	5422,7275	27,89	3249,8125	56,78
<b>Promedio</b>				<b>21,83</b>	<b>Promedio</b>	<b>37,24</b>
<b>Maduras</b>	Grandes	56052,613	54032,045	3,60	49826,710	11,11
	Medianas	43741,650	41168,127	5,88	39795,139	9,02
	Pequeñas	39994,688	34353,994	14,10	30239,581	24,39
<b>Promedio</b>				<b>7,86</b>	<b>Promedio</b>	<b>14,84</b>

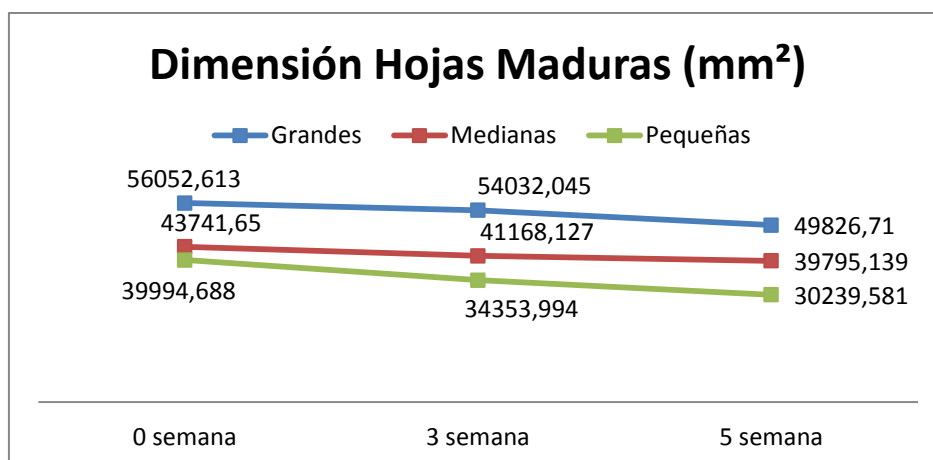
Fuente: Egresado Oscar Freire

**Gráfico 4. 2** Área en mm<sup>2</sup> de hojas tiernas



Fuente: Egresado Oscar Freire

**Gráfico 4. 3** Área en mm<sup>2</sup> de hojas maduras



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** Como se puede observar en las gráficas 4.2 y 4.3 que mientras las hojas se van secando con el pasar de los días y semanas su área se irá reduciendo hasta quedar completamente seca.

#### 4.1.3 Características de pepas tiernas y maduras

En este literal se representa las dimensiones obtenidas de las áreas en cada una de las pepas ya sea tierna o madura en pequeñas, medianas y grandes, durante su proceso de secado.

**Tabla 4. 3** Dimensiones de áreas de pepas tiernas y maduras

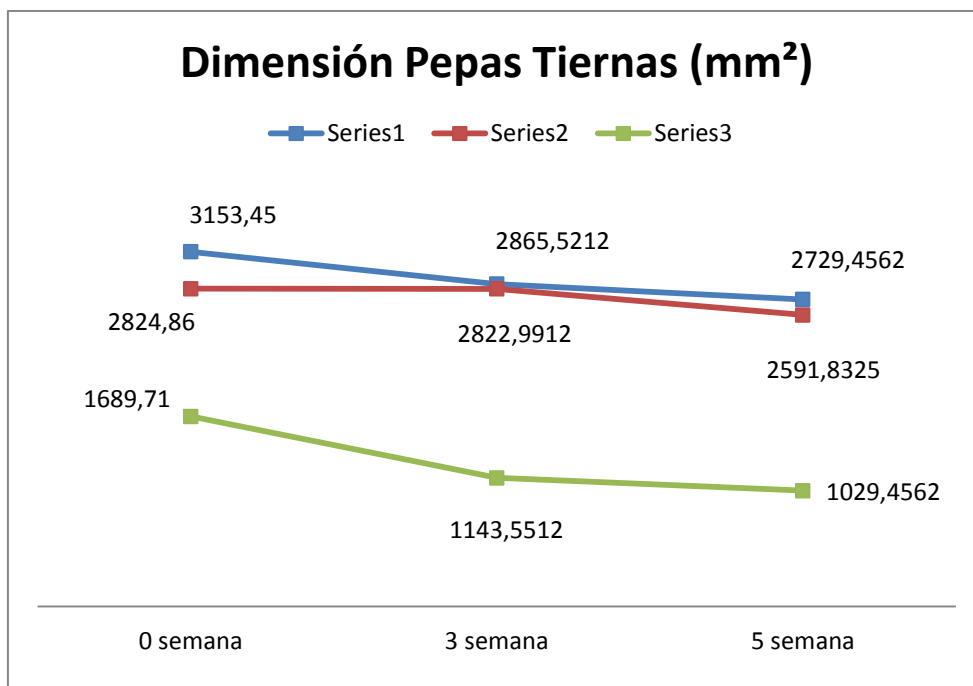
Pepas	Tamaño	Área (mm <sup>2</sup> ) inicial	Área (mm <sup>2</sup> ) 3 semana	%	Área (mm <sup>2</sup> ) 5 semana	%
<b>Tiernas</b>	Grandes	3153,45	2865,5212	9,13	2729,4562	13,45
	Medianas	2824,86	2822,9912	0,07	2591,8325	8,25
	Pequeñas	1689,71	1143,5512	32,32	1029,4562	59,07
<b>Promedio</b>				<b>13,84</b>	<b>Promedio</b>	<b>20,26</b>

<b>Maduras</b>	Grandes	4869,34	3601,0650	26,05	3420,6513	29,75
	Medianas	3091,43	2254,5862	27,07	2091,1554	32,36
	Pequeñas	2751,15	2150,6312	21,83	1989,7175	27,65
<b>Promedio</b>				<b>24,98</b>	<b>Promedio</b>	<b>29,93</b>

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

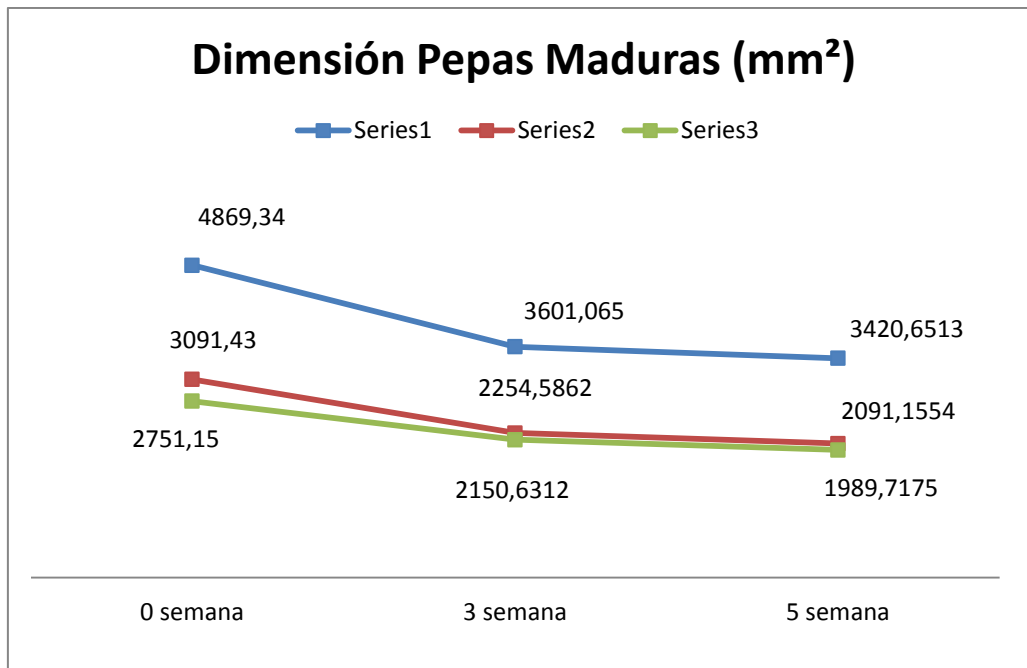
**Análisis:** El secado de las pepas se tardó más tiempo que las ramas y hojas ya que estas son más resistentes a su descomposición ya sean por soles o lluvias.

**Gráfico 4. 4** Área en mm<sup>2</sup> de pepas tiernas



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Gráfico 4. 5** Área en mm<sup>2</sup> de pepas maduras



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** Como se puede observar en las gráficas 4.4 y 4.5 los valores de las áreas en pepas también van disminuyendo lentamente con el pasar de las semanas, ya sea tiernas con un promedio de 15,41% y en maduras con un promedio de 10,98%.

#### 4.1.4 Características de ramas tiernas y maduras

A continuación encontraremos el área de cada una de las ramas tiernas y maduras tanto en grosor pequeño, mediano y grande durante su proceso de secado y poder observar cómo se va reduciendo su área.

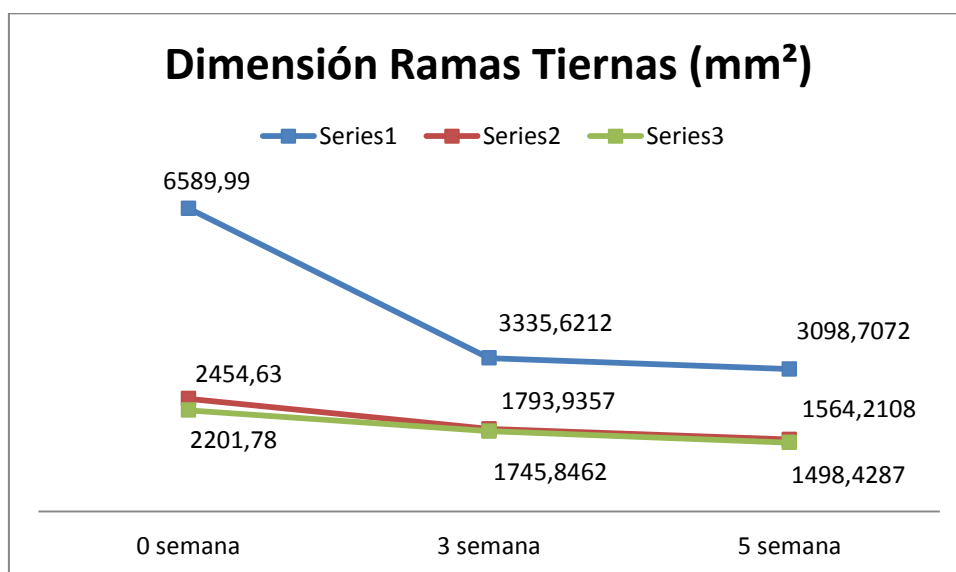


**Tabla 4. 4** Dimensiones de áreas de ramas tiernas y maduras

Ramas	Tamaño	Área (mm <sup>2</sup> ) 1 semana	Área (mm <sup>2</sup> ) 3 semana	%	Área (mm <sup>2</sup> ) 5 semana	%
<b>Tiernas</b>	Grandes	6589,99	3335,6212	49,38	3098,7072	52,98
	Medianas	2454,63	1793,9357	26,92	1564,2108	36,28
	Pequeñas	2201,78	1745,8462	20,71	1498,4287	31,94
<b>Promedio</b>				<b>32,34</b>	<b>Promedio</b>	<b>40,40</b>
<b>Maduras</b>	Grandes	5805,62	5120,0825	11,81	4826,5417	18,86
	Medianas	4328,56	3385,9012	21,78	3084,5749	28,74
	Pequeñas	2421,76	1751,8462	27,66	1628,1034	32,77
<b>Promedio</b>				<b>20,42</b>	<b>Promedio</b>	<b>26,13</b>

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

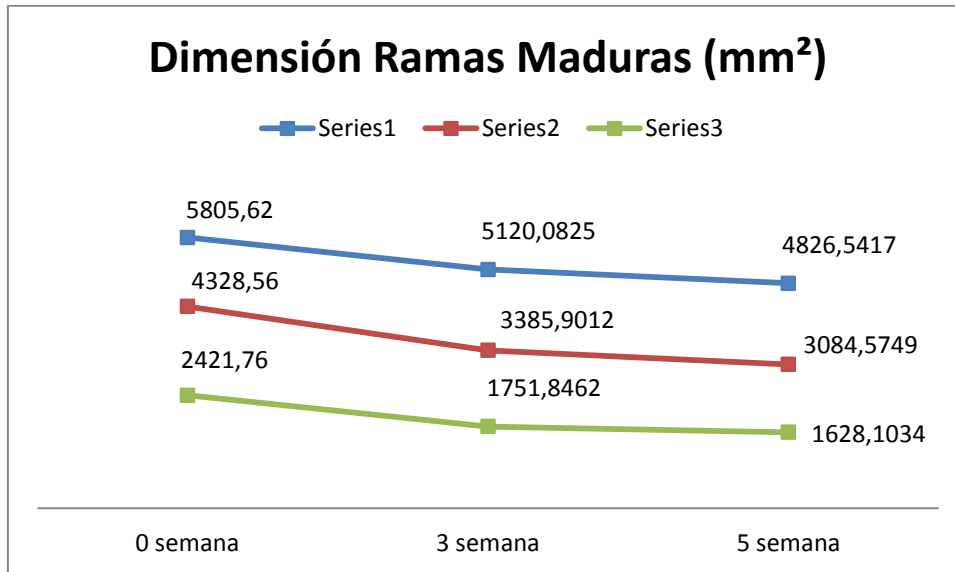
**Gráfico 4. 6** Área en mm<sup>2</sup> de ramas tiernas



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** En las ramas tiernas el proceso de secado se observa que va disminuyendo lentamente, esto se debe a que estas se encuentran con un porcentaje de humedad mayor a las ramas maduras, en lo cual necesitaran más tiempo en su secado.

**Gráfico 4. 7** Área en mm<sup>2</sup> de ramas maduras



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** En cuanto a las ramas maduras se puede observar en la gráfica que algunas ramas disminuyen progresivamente y otras lentamente dependiendo del grado de humedad en la que se encuentre cada una de ellas.

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE RESUSLTADOS

### 4.2.1 Comparación de consumo de biomasa para generación de calor en el fogón tradicional y mejorado

### **a) Comparación de consumo con hojas en la mañana**

Se realizó tres ensayos de quemado en diferentes días entre el fogón tradicional y mejorado en horarios de la mañana, en el cual se procedió a hervir 10 litros de agua en una olla de aluminio.

Con una temperatura de 11°C a las 8:30 am, se procedió a realizar el primer ensayo de quemado con el fogón tradicional, logrando hervir el agua con una cantidad de biomasa de 2,10 kg de hojas en un tiempo de 45 min (2700 seg), a continuación se divide la cantidad de biomasa quemada para el tiempo y se lo multiplica por 3600 seg para sacar el consumo en kg/h, luego para obtener el calor aprovechado (kW) se la multiplica el consumo por el poder calorífico del eucalipto (2,4 kWh/kg) que va a ser una constante para todos los ensayos.

A continuación buscamos en tabla del anexo VI la masa del agua y el poder calorífico a una temperatura inicial de 11°C que a su vez va a ser constante para todos sus ensayos en horario de la mañana. Para encontrar la diferencia de temperaturas se resta de la temperatura final del agua a la que se llegó durante el ensayo (90°C) menos la temperatura inicial del agua que en este caso es 11°C en horario de la mañana obteniendo 79 °C, de ahí para encontrar el calor aprovechado del agua reemplazamos los datos obtenidos en la fórmula  $Q=(m \cdot C_p \cdot \Delta T)/t$ , para determinar la eficiencia térmica se divide (calor aprovechado de agua / calor aprovechado de la biomasa)\*100.

**Tabla 4. 5** Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con hojas (matutino) utilizando 10 litros de agua

Fogón	Ensayo	Tiempo	Energía Biomasa				Calor Aprovechado del agua				
			Biomasa quemada	Consumo	P.C eucalipto	Calor aprovechado	Masa del agua	Calor Específico	Tf-To	$Q = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{t}$	$n_{\text{TERMICA}}$
Tipo	Nº-	seg	kg	kg/h	kWh/kg	kW	kg	kJ/kg°C	°C	kW	%
<b>Tradicional</b>	1	2700	2,10	2,80	2,4	6,72	9,991	4,186	79	1,222	20,81
	2	2760	2,20	2,87	2,4	6,89	9,991	4,186	79	1,20	18,96
	3	2880	2,25	2,81	2,4	6,75	9,991	4,186	79	1,15	18,13
<b>Promedio</b>		<b>2780</b>	<b>2,18</b>	<b>2,83</b>	<b>2,4</b>	<b>6,79</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>79</b>	<b>1,19</b>	<b>19,30</b>
<b>Mejorado</b>	1	1560	1,40	3,23	2,4	7,75	9,991	4,186	79	2,12	46,82
	2	1620	1,45	3,22	2,4	7,73	9,991	4,186	79	2,04	43,65
	3	1680	1,50	3,21	2,4	7,71	9,991	4,186	79	1,97	40,79
<b>Promedio</b>		<b>1620</b>	<b>1,45</b>	<b>3,22</b>	<b>2,4</b>	<b>7,73</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>79</b>	<b>2,04</b>	<b>43,76</b>

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

## **b) Comparación de consumo con hojas en la tarde**

En horario de la tarde entre el fogón tradicional y mejorado se procedió a hervir 10 litros de agua en una olla de aluminio, realizando tres ensayos.

Con una temperatura de 16°C a las 16:30 pm, se procedió a realizar el primer ensayo de quemado con el fogón tradicional, logrando hervir el agua con una cantidad de biomasa de 1,47 kg de hojas en un tiempo de 28 min (1680 seg), a continuación se divide la cantidad de biomasa quemada para el tiempo y se lo multiplica por 3600 seg para sacar el consumo en kg/h, luego para obtener el calor aprovechado (kW) se la multiplica el consumo por el poder calorífico del eucalipto (2,4 kWh/kg) que va a ser una constante para todos los ensayos.

A continuación buscamos en tabla del anexo VI la masa del agua y el poder calorífico a una temperatura inicial de 16°C que a su vez va a ser constante para todos sus ensayos en horario de la mañana. Para encontrar la diferencia de temperaturas se resta de la temperatura final del agua a la que se llegó durante el ensayo (90°C) menos la temperatura inicial del agua que en este caso es 16°C en horario de la mañana obteniendo 74 °C, de ahí para encontrar el calor aprovechado del agua reemplazamos los datos obtenidos en la fórmula  $Q=(m \cdot C_p \cdot \Delta T)/t$ , para determinar la eficiencia térmica se divide ( calor aprovechado de agua / calor aprovechado de la biomasa)\*100.

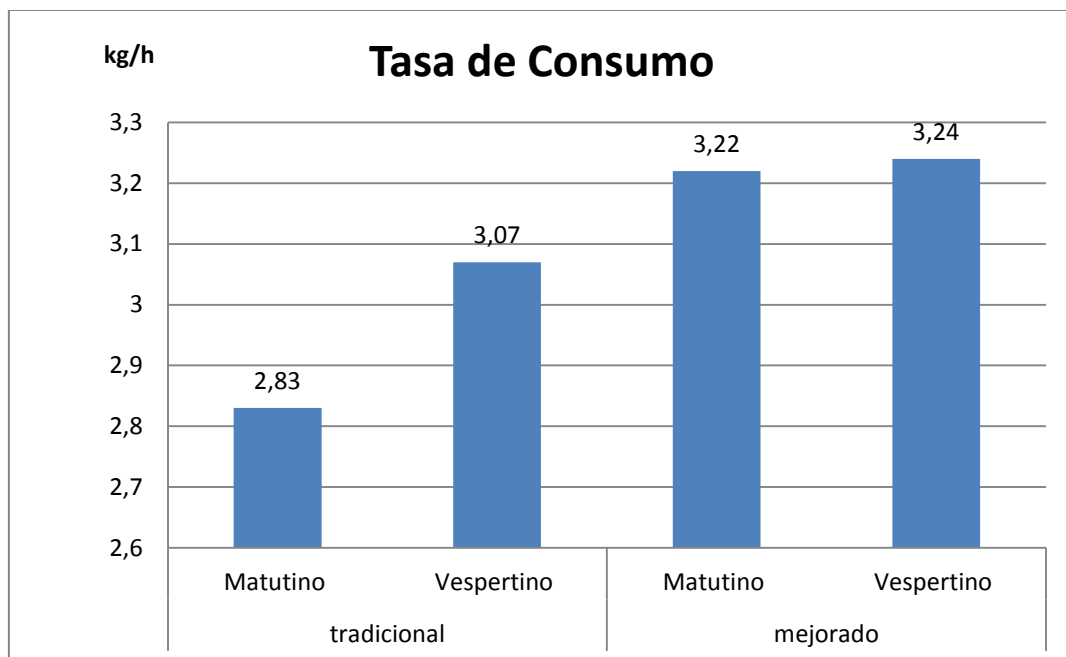
**Tabla 4. 6** Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con hojas (vespertino) utilizando 10 litros de agua

Fogón	Ensayo	Energía Biomasa					Calor Aprovechado del agua				
		Tiempo	Biomasa quemada	Consumo	P.C eucalipto	Calor aprovechado	Masa del agua	Calor Específico	$\Delta T$	$Q = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{t}$	$n_{TERMICA}$
Tipo	Nº-	seg	kg	kg/h	kWh/kg	kW	kg	kJ/kg°C	°C	kW	%
<b>Tradicional</b>	1	1680	1,47	3,15	2,4	7,56	9,991	4,186	74	1,84	39,78
	2	1800	1,50	3,00	2,4	7,20	9,991	4,186	74	1,72	38,21
	3	1740	1,48	3,06	2,4	7,35	9,991	4,186	74	1,78	39,25
<b>Promedio</b>		<b>1740</b>	<b>1,48</b>	<b>3,07</b>	<b>2,4</b>	<b>7,37</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>74</b>	<b>1,78</b>	<b>39,08</b>
<b>Mejorado</b>	1	1500	1,39	3,34	2,4	8,01	9,991	4,186	74	2,06	44,49
	2	1620	1,40	3,11	2,4	7,47	9,991	4,186	74	1,91	43,86
	3	1560	1,42	3,28	2,4	7,86	9,991	4,186	74	1,98	42,63
<b>Promedio</b>		<b>1560</b>	<b>1,40</b>	<b>3,24</b>	<b>2,4</b>	<b>7,78</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>74</b>	<b>1,99</b>	<b>43,66</b>

Fuente: Egresado Oscar Freire

**Análisis:** En las tablas anteriores se observa los resultados obtenidos de tiempo y biomasa, tasa de quemado, calor aprovechado realizando las comparaciones de consumo de biomasa entre los fogones tradicional y mejorado, obteniendo un incremento de eficiencia por la mañana de 24,76% y por la tarde del 4,58%.

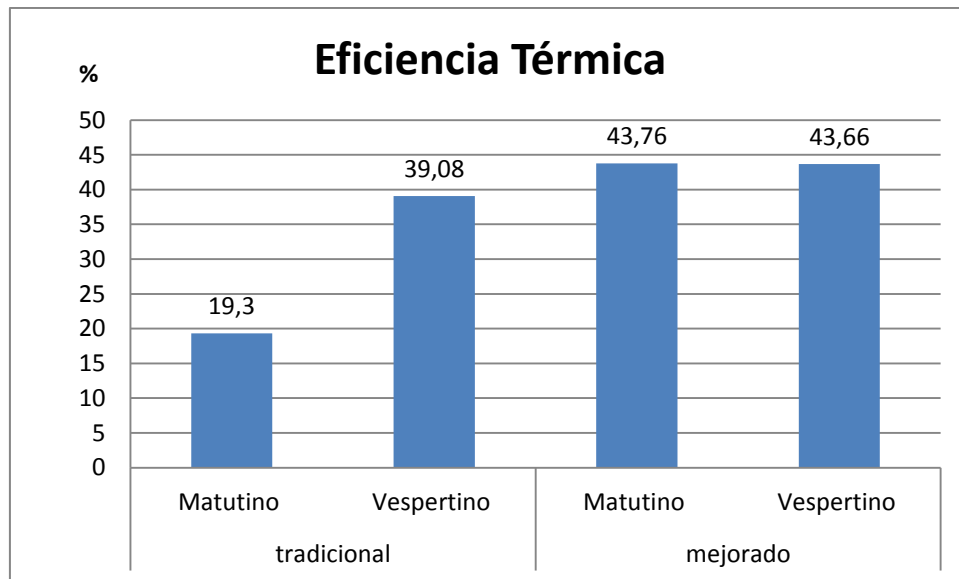
**Gráfico 4. 8** Comparación de tasa de consumo de hojas



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** En esta gráfica se puede observar la tasa de consumo de hojas que se utilizó en cada uno de los fogones con diferente horario, pudiendo observar que la mayor tasa de consumo en horario matutino y vespertino se realizó con el fogón mejorado.

**Gráfico 4.9** Comparación de eficiencia térmica de hojas



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** En la gráfica anterior se puede observar las comparaciones de eficiencia térmica al hervir 10 litros de agua en cada fogón en diferentes horarios, logrando obtener mejor eficiencia con el fogón mejorado.

### c) Comparación de consumo ramas por la mañana

A continuación se presenta las tablas de resultados obtenidos al hervir 10 litros de agua en una olla de aluminio con la biomasa (ramas), a una temperatura inicial del agua de 11°C en horario matutino (8:30 am).

Se procedió a realizar el primer ensayo de quemado con el fogón tradicional, logrando hervir el agua con una cantidad de biomasa de 2,10 kg de hojas en un tiempo de 45 min (1800 seg), a continuación se divide la cantidad de biomasa quemada para el tiempo y se lo multiplica por 3600 seg para sacar el consumo en kg/h, luego para obtener el calor aprovechado (kW) se la multiplica el consumo por el poder calorífico del eucalipto (2,4 kWh/kg) que va a ser una constante para todos los ensayos.



A continuación buscamos en tabla del anexo VI la masa del agua y el poder calorífico a una temperatura inicial de 11°C que a su vez va a ser constante para todos sus ensayos en horario de la mañana. Para encontrar la diferencia de temperaturas se resta de la temperatura final del agua a la que se llegó durante el ensayo (90°C) menos la temperatura inicial del agua que en este caso es 11°C en horario de la mañana obteniendo 79 °C, de ahí para encontrar el calor aprovechado del agua reemplazamos los datos obtenidos en la fórmula  $Q=(m \cdot C_p \cdot \Delta T)/t$ , para determinar la eficiencia térmica se divide ( calor aprovechado de agua / calor aprovechado de la biomasa)\*100.

**Análisis:** En las siguientes tablas se podrá observa los resultados obtenidos de tiempo y biomasa, tasa de quemado, calor aprovechado realizando las comparaciones de consumo de biomasa entre los fogones tradicional y mejorado, obteniendo un incremento de eficiencia por la mañana de 9,78% y por la tarde del 11,69%.

**Tabla 4. 7** Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con ramas (matutino) utilizando 10 litros de agua

Fogón	Ensayo	Energía Biomasa					Calor Aprovechado del agua				
		Tiempo	Biomasa quemada	Consumo	P.C eucalipto	Calor aprovechado	Masa del agua	Calor Específico	$\Delta T$	$Q = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{t}$	$\eta_{TÉRMICA}$
Tipo	Nº-	seg	kg	kg/h	kWh/kg	kW	kg	kJ/kg°C	°C	kW	%
<b>Tradicional</b>	1	1800	1,37	2,74	2,4	6,57	9,991	4,186	79	1,84	48,90
	2	2340	1,40	2,15	2,4	5,16	9,991	4,186	79	1,41	46,82
	3	1980	1,39	2,53	2,4	6,07	9,991	4,186	79	1,67	47,50
<b>Promedio</b>		<b>2040</b>	<b>1,39</b>	<b>2,47</b>	<b>2,4</b>	<b>5,92</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>79</b>	<b>1,64</b>	<b>47,74</b>
<b>Mejorado</b>	1	1080	1,25	4,17	2,4	10,00	9,991	4,186	79	3,06	58,74
	2	1200	1,26	3,78	2,4	9,07	9,991	4,186	79	2,75	57,81
	3	1320	1,28	3,49	2,4	8,37	9,991	4,186	79	2,50	56,02
<b>Promedio</b>		<b>1200</b>	<b>1,26</b>	<b>3,81</b>	<b>2,4</b>	<b>9,14</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>79</b>	<b>2,77</b>	<b>57,52</b>

Fuente: Egresado Oscar Freire

#### **d) Comparación de consumo con ramas en la tarde**

En horario de la tarde entre el fogón tradicional y mejorado se procedió a hervir 10 litros de agua en una olla de aluminio, realizando tres ensayos.

Con una temperatura de 16°C a las 16:30 pm, se procedió a realizar el primer ensayo de quemado con el fogón tradicional, logrando hervir el agua con una cantidad de biomasa de 1,47 kg de hojas en un tiempo de 28 min (1680 seg), a continuación se divide la cantidad de biomasa quemada para el tiempo y se lo multiplica por 3600 seg para sacar el consumo en kg/h, luego para obtener el calor aprovechado (kW) se la multiplica el consumo por el poder calorífico del eucalipto (2,4 kWh/kg) que va a ser una constante para todos los ensayos.

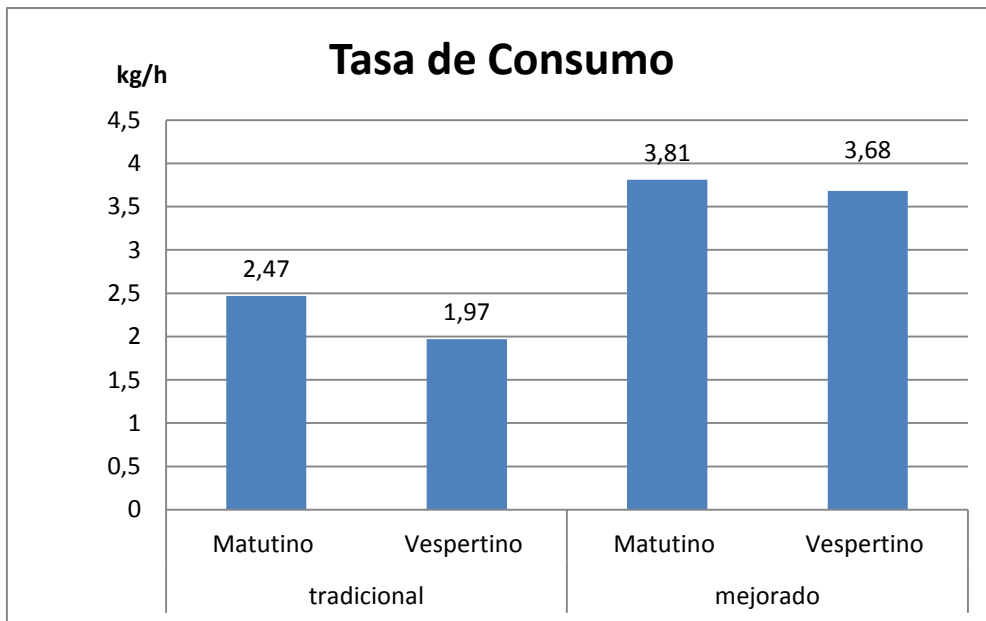
A continuación buscamos en tabla del anexo VI la masa del agua y el poder calorífico a una temperatura inicial de 16°C que a su vez va a ser constante para todos sus ensayos en horario de la mañana. Para encontrar la diferencia de temperaturas se resta de la temperatura final del agua del ensayo (90°C) menos la temperatura inicial del agua que en este caso es 16°C en horario de la mañana obteniendo 74 °C, de ahí para encontrar el calor aprovechado del agua reemplazamos los datos obtenidos en la fórmula  $Q=(m \cdot C_p \cdot \Delta T)/t$ , para determinar la eficiencia térmica se divide (calor aprovechado de agua / calor aprovechado de la biomasa)\*100.

**Tabla 4. 8** Comparación de consumo de biomasa entre fogón mejorado y tradicional con ramas (vespertino) utilizando 10 litros de agua

Fogón	Ensayo	Energía Biomasa					Calor Aprovechado del agua				
		Tiempo	Biomasa quemada	Consumo	P.C eucalipto	Calor aprovechad	Masa del agua	Calor Específico	$\Delta T$	$Q = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{t}$	$n_{TÉRMICA}$
Tipo	Nº-	seg	kg	kg/h	kWh/kg	kW	kg	kJ/kg°C	°C	kW	%
<b>Tradicional</b>	1	2460	1,35	1,98	2,4	4,75	9,991	4,186	74	1,26	47,17
	2	2640	1,45	1,98	2,4	4,75	9,991	4,186	74	1,17	40,89
	3	2580	1,40	1,95	2,4	4,68	9,991	4,186	74	1,20	43,86
<b>Promedio</b>		<b>2560</b>	<b>1,40</b>	<b>1,97</b>	<b>2,4</b>	<b>4,72</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>74</b>	<b>1,21</b>	<b>43,97</b>
<b>Mejorado</b>	1	1140	1,22	3,85	2,4	9,24	9,991	4,186	74	2,71	57,76
	2	1200	1,24	3,72	2,4	8,92	9,991	4,186	74	2,58	55,91
	3	1320	1,27	3,46	2,4	8,30	9,991	4,186	74	2,34	53,30
<b>Promedio</b>		<b>1220</b>	<b>1,24</b>	<b>3,68</b>	<b>2,4</b>	<b>8,83</b>	<b>9,991</b>	<b>4,186</b>	<b>74</b>	<b>2,55</b>	<b>55,66</b>

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

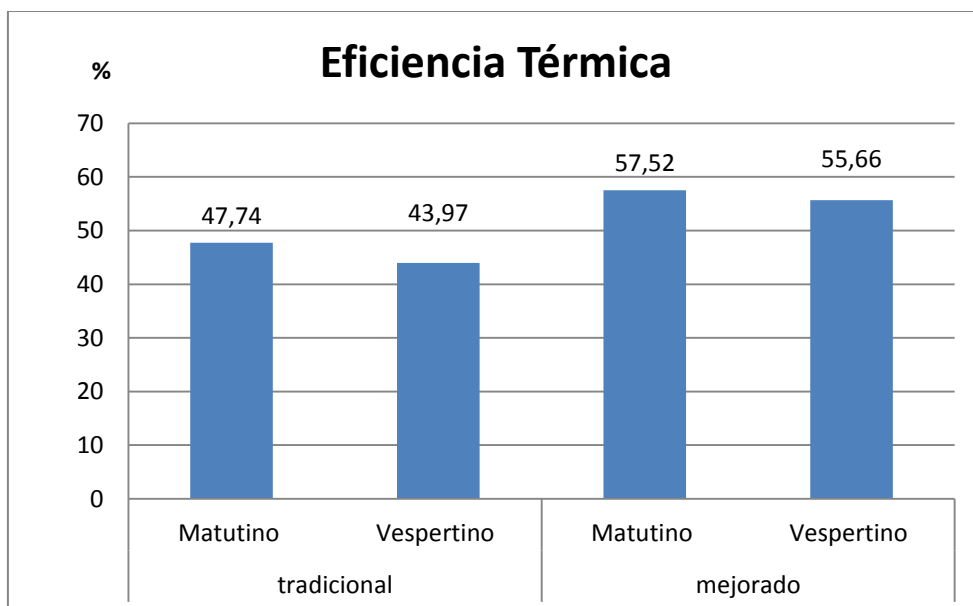
**Gráfico 4. 10** Comparación de tasa de consumo de ramas



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** En esta gráfica se puede observar que el fogón mejorado obtuvo una mejor tasa de consumo (ramas) que el fogón tradicional en los diferentes horarios.

**Gráfico 4. 11** Comparación de eficiencia térmica de ramas



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**Análisis:** En la gráfica anterior se puede observar la eficiencia térmica que se necesitó para hervir 10 litros de agua en cada ensayo en los fogones tradicional y mejorado, logrando obtener una mayor eficiencia en cada ensayo con el fogón mejorado.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

#### Hipótesis

Podrán aprovecharse los desechos de la biomasa del eucalipto para la generación de energía térmica aprovechable en la zona Rural del Cantón Ambato, Parroquia Huachi Grande.

#### Comprobación

En la siguiente tabla se realizó las comparaciones de tasas de quemado y eficiencia entre los fogones tradicional y mejorado tanto para mañana como para tarde en los cuales nos permitió obtener los resultados siguientes para la verificación de la presente hipótesis.

**Tabla 4. 9** Datos tomados de ensayos y comparaciones de aprovechamiento

Biomasa	Horario	Tradicional		Mejorado	
		Q Aprovechada (kW)	n Térmica %	Q Aprovechada (kW)	n Térmica %
Ramas	Matutino	1,67	47,74	2,77	57,52
	Vespertino	1,21	43,97	2,55	55,66
Hojas	Matutino	1,19	19,30	2,04	43,76
	Vespertino	1,78	39,08	1,99	43,66

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

El agua hierve con menor cantidad de biomasa en horario vespertino ya sea en el fogón tradicional o mejorado, esto se debe al estado del clima y la temperatura en que se encuentra el agua.

También se puede observar en la tabla que el calor aprovechado en horario vespertino en el fogón tradicional ya sea con ramas 1,21 kW u hojas 1,78 kW es menor que el calor aprovechado en el fogón mejorado de igual manera sea este con ramas 2,55 kW u hojas 1,99kW, obteniendo un ahorro energético de 2 a 2,8 kW que representa un ahorro diario entre 16 a 22,4 kW.

De igual manera se puede comparar los datos obtenidos de la eficiencia entre los fogones tradicional y mejorado, ya sea este con ramas u hojas y poder llegar a la conclusión que con fogón mejorado se logra obtener una mejor eficiencia que varía entre el 43 y 58 %.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los desechos de biomasa del eucalipto obtenidos en el Barrio San Alfonso durante los tres meses de recolección varía dependiendo del estado del clima logrando recolectar durante el primer mes un volumen de 0,302 m<sup>3</sup> de ramas, 0,146 m<sup>3</sup> de pepas y 0,922 m<sup>3</sup> de hojas; durante los meses de recolección se obtuvo un volumen total de 0,815 m<sup>3</sup> de ramas, 0,431 m<sup>3</sup> de pepas y 2,471 m<sup>3</sup> de hojas.
- El porcentaje de humedad varía en cada producto de la biomasa ya sea en hojas, ramas y pepas; las hojas son las que más rápido se secan ya que estas no son tan gruesas, todo depende del diámetro que tenga cada una; las pepas es la que más porcentaje de humedad contiene en su interior. El poder calorífico de la leña al ser quemada varía de acuerdo al porcentaje de humedad en la que se encuentra cada una de ellas, el poder calorífico que se utilizó en el presente estudio de quemado de la biomasa como materia orgánica vegetal al 45 % de humedad fue del 2,4 kWh/kg, según tabla 2.9 de la página 23.
- La tasa de consumo de biomasa varía regularmente en el día o el año durante los cambios climáticos, obteniendo un promedio de consumo con las ramas en el fogón tradicional en horarios matutino es 2,47 kg/h y vespertino 1,97 kg/h, con el fogón mejorado en matutino 3,81 kg/h y vespertino 3,68 kg/h; en cambio el



consumo de las hojas con el fogón tradicional en horarios matutino 2,83 kg/h, vespertino 3,07 kg/h y con el mejorado fue, en matutino 3,22 kg/h y vespertino 3,24 kg/h.

- La biomasa se puede utilizar para aplicaciones de cocción de alimentos, calentamiento de agua, calentamiento de aire, ya que las ramas, hojas y pepas puede producir como materia orgánica o carbón vegetal.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Este trabajo de investigación debe ser el inicio de una gran posibilidad de aprovechar la biomasa para encontrar otras alternativas de uso doméstico.
- Se debe almacenar la biomasa en lugares secos que contenga ventanas, ventiladores para evitar que esta se humedezca y sea un problema al momento de encenderla.
- Se debe clasificar la biomasa (hojas, pepas y ramas) al momento de su almacenamiento para evitar contratiempos a la hora de su uso en el quemado.
- Incentivar a las demás personas del sector a que recolecten y utilicen la biomasa como otra fuente de energía calorífica, ya sea como calentamiento de aire en viviendas, ya que esta reduce el gasto económico.
- Al momento de utilizar las pepas para su quemado se recomienda a la población que realizar una quema combinada entre hojas y pepas o su vez entre ramas y pepas, para que esta se facilite y no tengo contra tiempos al momento de utilizarla.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

**TEMA:** “DISEÑO DE UN SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA PARA VIVIENDA DE ZONA RURAL DE LA PARROQUIA HUACHI GRANDE MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE BIOMASA DEL EUCALIPTO”

#### 6.1 DATOS INFORMATIVOS

La presente propuesta es diseñar un sistema de calentamiento de agua para vivienda de zona rural mediante el aprovechamiento de biomasa del eucalipto.

**Tabla 6. 1** Datos generales de la propuesta

<b>Institución Ejecutora</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
<b>Beneficiario</b>	Señor Víctor Freire (propietario de la vivienda)
<b>Tiempo de ejecución</b>	
<b>Inicio</b>	Febrero 2014
<b>Fin</b>	Enero 2015
<b>Equipo técnico</b>	Oscar Fernando Freire Robalino

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

## 6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El sistema tiene como función aprovechar el poder calorífico que genera la biomasa del eucalipto para calentar el agua en zonas rurales de la parroquia Huachi Grande, toma en cuenta los beneficios que se obtiene a un corto o largo plazo con esta inversión.

En la siguiente tabla se expresa el tiempo, masa, calor y la eficiencia térmica aprovechada de la biomasa (ramas, hojas), en horario matutino y vespertino al momento que el agua llega a hervir.

**Tabla 6. 2** Resultados obtenidos con el fogón mejorado

<b>Biomasa</b>	<b>Horario</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>Masa (kg)</b>	<b>Q aprovechado (kW)</b>	<b><math>\eta</math> térmica %</b>
<b>Hojas</b>	Matutino	1620	1,45	2,04	43,76
	Vespertino	1560	1,40	1,99	43,66
<b>Ramas</b>	Matutino	1200	1,26	2,77	57,52
	Vespertino	1220	1,24	2,55	55,66

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

## 6.3 JUSTIFICACIÓN

El alto costo para la adquisición de nuevos equipos de calentamiento de agua motiva a diseñar un sistema de calentamiento de agua para vivienda de zona rural mediante el aprovechamiento de biomasa del eucalipto, ya que podemos reducir la contaminación a la naturaleza, evitar enfermedades y sobre todo el ahorro económico de las personas.

La perspectiva de este proyecto en todo momento ha sido aprovechar los recursos que desecha el eucalipto (hojas, ramas, pepas), se encuentra con facilidad en los sectores rurales, su recolección y almacenamiento se la realiza en costales y el encendido de la misma no es demorado.

Con la implementación de este sistema de calentamiento de agua por medio de biomasa se disminuirá el uso de otras fuentes de energía y se podrá aprovechar los recursos existentes (biomasa) en el sector.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de calentamiento de agua para vivienda de zona rural que permita el aprovechamiento de biomasa del eucalipto.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Establecer los parámetros adecuados para el calentador de agua.
- Dimensionar el depósito de almacenamiento de biomasa y el hogar.
- Calcular la eficiencia térmica en el sistema de calentamiento.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La presente propuesta planteada es viable realizarla debido a que se cuenta con toda la información necesaria para ejecutarla.

### **6.5.1 Factibilidad Social**

El presente proyecto beneficia totalmente a pobladores de la zona rural de bajos recursos, su único limitante es que en la zona donde será utilizado cuenten con biomasa (hojas, pepas, ramas) como material de combustión.

### **6.5.2 Factibilidad técnica**

En la actualidad existen calentadores de agua y aire para uso domiciliario que aprovechan diferentes desechos de biomasa con bajo nivel de emisiones y alta eficiencia energética.

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

### **6.6.1 Diagramas de Proceso de Recolección**

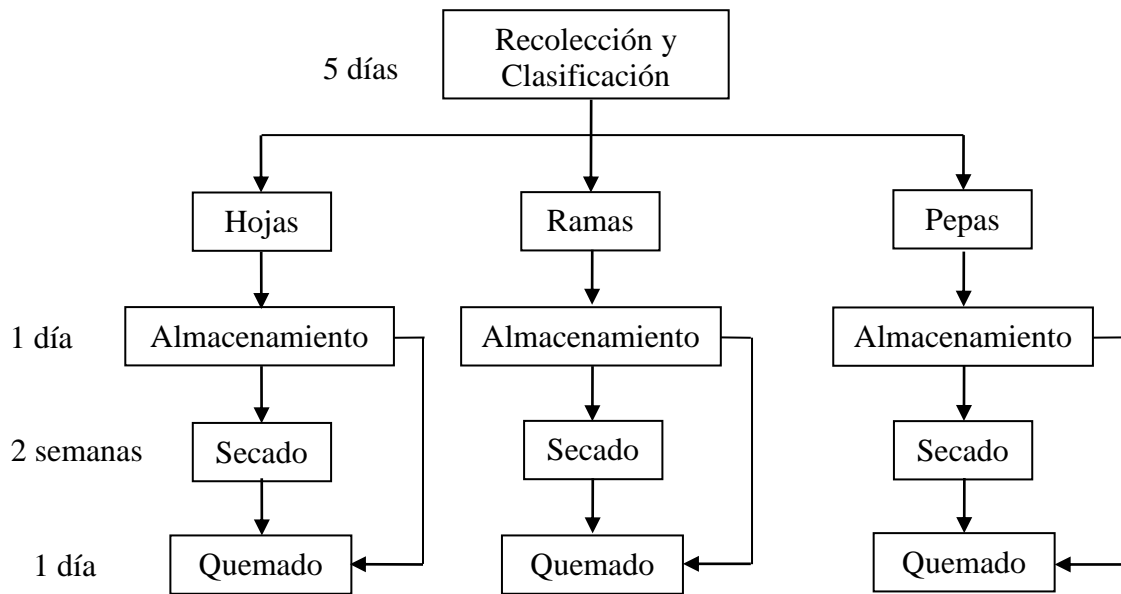
Para la recolección y clasificación de la biomasa (hojas, pepas, ramas), se realizó por medio de dos métodos diferentes en el cual se los detalla a continuación:

#### **a) Recolección por caída libre**

El proceso de recolección de la biomasa por caída libre se refiere a la biomasa que cae solo por acción de viento.

Se necesita entre 2 a 3 semanas para su recolección y consumo, en sus distintas etapas se representan en la figura 6.1 con sus diferentes tiempos.

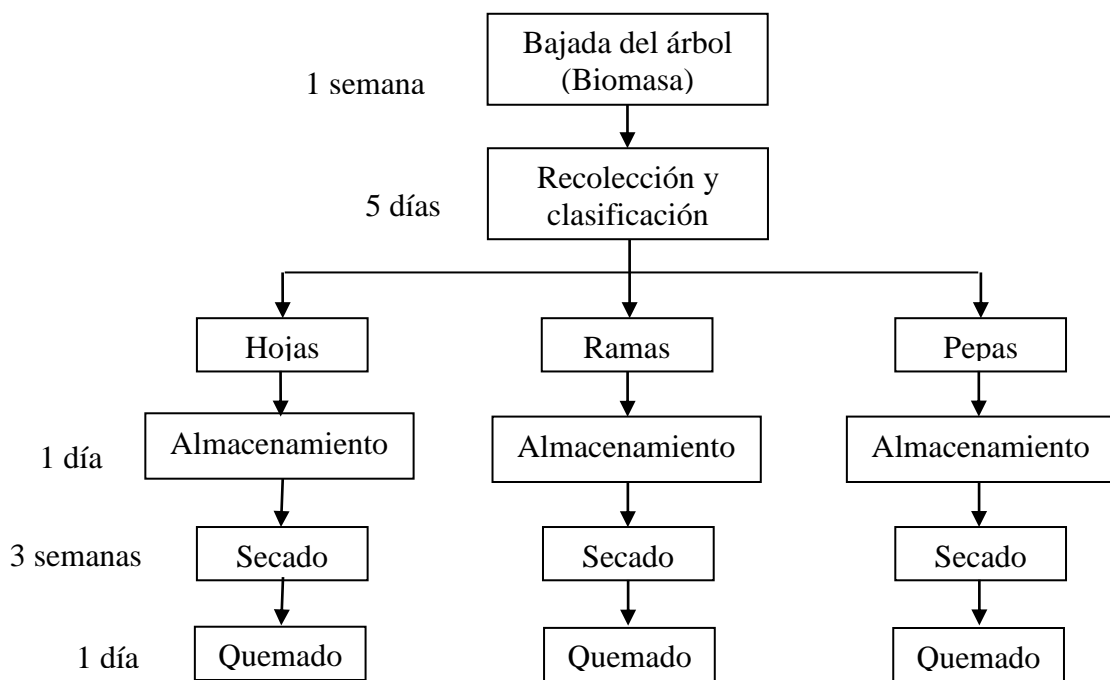
**Figura 6. 1** Proceso de recolección por caída libre



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

**b) Recolección en forma manual**

**Figura 6. 2** Proceso de recolección en forma manual



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

Este proceso de recolección manual se refiere a que va a recolectarse desde el árbol la biomasa (hojas, ramas, pepas) en estado verde, y luego se realizará todo el proceso de secado para su consumo.

En la realización de todo este proceso de recolección manual se demora de 3 a 5 semanas para su consumo, y sus diferentes etapas se representan en la figura 6.2 con sus diferentes tiempos.

### **6.6.2 Características de los Fogones Seleccionados**

Para la selección del fogón adecuado considerando tres posibles opciones, en las que analizaremos sus principales características, con la finalidad de escoger la opción más adecuada a nuestras exigencias y deseos expuestos anteriormente.


La fuente de energía calorífica de nuestras opciones debe ser enteramente brindada por biomasa (hojas, pepas, ramas) y su encendido será manual.

#### **a) Opción 1**

##### **Calentador de agua de leña “Arqhys”**

En la siguiente tabla se describe algunas características importantes que presenta el calentador de agua de leña marca Arqhys.

**Tabla 6. 3** Calentador de agua de leña “Arqhys”

CARACTERÍSTICAS	PROTO TIPO
<p>Fue patentado el 22 de Abril de 1986 con número 4583495 y asignado a la Junta de Síndicos de la Universidad de Maine, tiene un ventilador de tiro inducido, alcanza temperaturas de 2000 °F, una eficiencia de 75% a 80% y puede producir hasta 120.000 BTU.</p> <p>La madera se carga en un tubo vertical, la cámara de combustión es de revestimiento refractario, la carga de madera de 40 libras se consume en 4 horas y su calor calienta agua para el uso durante un día.</p>	

**Fuente:** (Arqhys)

**b) Opción 2**

**Calentador de agua mejorado con horno e intercambiador de calor**

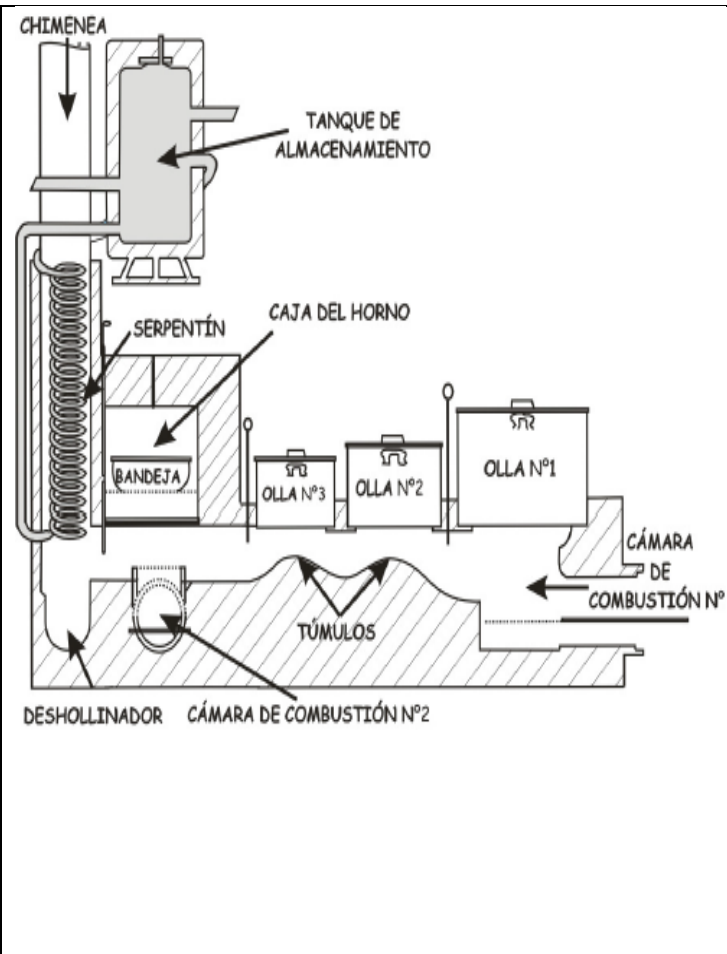
**Tabla 6. 4** Calentador de agua mejorada

CARACTERÍSTICAS	PROTOTIPO
<p>Cuenta con puerta de entrada de leña, dos cámaras de combustión con rejillas,</p>	



túmulos, hornillas para las ollas, horno desmontable, compuertas, chimenea e intercambiador de calor, tanque de agua caliente y deshollinador.

- Buen grado de eficiencia (entre el 30% al 50%)
- Económica, disminuye el consumo de leña en alrededor del 50%
- Limpieza, seguridad y comodidad en la cocción
- Disminuye los problemas de salud en las mujeres
- Alcanza temperaturas de 80°C



**Fuente:** (Torres&Villanueva, 1994)

### Opción 3

#### Cocina mejorada para leña en el principio de gasificación de flujo cruzado natural

Esta cocina mejorada para leña fue diseñada con el fin de ahorrar leña, evitar el exceso de humo en el interior de los hogares y en especial evitar las enfermedades respiratorias a las amas de casa.

**Tabla 6. 5** Estufa gasificadora mejorada IGS-2

CARACTERÍSTICAS	PROTOTIPO
<p>Es de tiro vertical consiste en que es fabricada de bloques de barro, con ductos y agujeros, la primera fue instalada en 1839.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro de leña entre 25% y 50%</li> <li>• Eliminación de humo dentro de los hogares</li> <li>• Se lo puede usar en distintas aplicaciones como ( horno de panadería, secadores de granos, deshidratadores de hortalizas y verduras, alfarería)</li> <li>• Fue construida de lámina de hierro negro de un grosor de 1,5 mm.</li> <li>• Tiene un regulador de aire</li> <li>• Alcanza una eficiencia de 18.77% y una temperatura de 80°C a 90°C</li> <li>• Es desmontable y de fácil mantenimiento</li> </ul>	

**Fuente:** (Guevara&Garay, 2008)

### 6.6.3 Selección de la mejor opción del fogón

Para la selección del fogón más adecuada se tomaron en cuenta características técnicas y económicas apropiadas.

**Tabla 6. 6** Comparación de características

OPCIONES	CARACTERÍSTICAS					
	Costo	Eficiencia %	Temperatura alcanzada	Regulador de aire	Consumo de leña	Fácil limpieza
1. Vertical, recipiente fijo	Alto	75 – 80	1093.33°C	No	40 libras	No
2. Horizontal	Bajo	30 – 50	80 °C	No	20 libras	No
3. Vertical, recipiente desmontable	Bajo	18	80 – 90°C	Si	15 libras	Si

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

El diseño seleccionado se basó en la opción 3, ya que entre las principales características con que cuenta esta opción frente a las otras alternativas, tenemos: su fácil limpieza ya que este es desmontable, su mayor vida útil pues es de fácil mantenimiento ya que es desmontable, además tiene funcionamiento similar al del prototipo utilizando para la realización de las pruebas para esta investigación.

#### **6.6.4 Ladrillos y cemento refractario**

Los ladrillos son aislamientos térmicos de un tipo de material cerámico liso que posee una serie de características especiales, en particular logra la resistencia a altas temperaturas de 1850 °C, sus medidas son de 23cm x 11cm y 5cm de espesor y la empresa que los fabrica es la ladrillera nacional.

**Figura 6. 3** Ladrillo Refractario



**Fuente:** (Nacional, 2014)

El cemento refractario es un material en polvo o en pasta, con una granulometría muy fina, que se usa como relleno entre ladrillos ya que tienen imperfecciones que impiden su ideal acomodo, este cemento refractario rellena estos huecos brindando un perfecto sello a la instalación y evitando las fugas de aire, líquido y calor.

En nuestro caso el cemento refractario que se a considerado es el Croncrax 1500, su presentación está dada por sacos de 25kg, la empresa que los fabrica es ERECOS.

#### **6.6.5 Manto cerámico o lana de vidrio**

La lana de vidrio es un aislante térmico usado en la industria caracterizado por su alta resistencia térmica a la transmisión del calor, es un aislante térmico y acústico sumamente eficiente y de fácil manejo.

**Figura 6. 4** Lana de vidrio



**Fuente:** [plastiquimica.cl](http://plastiquimica.cl)

Esta lana de vidrio es recomendada ser usada a temperaturas hasta 500°C, es comercializada por la empresa micro-aire.

## **6.7 METODOLOGÍA**

Para el diseño del fogón se toma en cuenta algunos aspectos importantes como son:

- Costos del desarrollo, implementación y mantenimiento.
- Facilidad del manejo y operación
- Eficiencia del fogón al momento del calentamiento del agua
- Protección del fogón para evitar quemaduras
- Seguridad

Para el diseño del fogón se debe realizar los cálculos necesarios como:

- Pérdidas de calor por paredes laterales en el hogar
- Pérdidas de calor en el cilindro
- Cantidad de biomasa cargada en el depósito del fogón
- Determinación de la eficiencia térmica

El hogar del fogón fue creado en una sección cuadrada con lámina de tol negro de espesor 4 mm con dimensiones de 50 x 60 cm de lado y 70 cm de altura, sus paredes

internas fueron diseñadas mediante la adhesión de ladrillos refractarios con dimensiones de 11 x 23 cm y 5 cm de espesor, la biomasa cae en el hogar mediante gravedad hasta una parrilla el cual fue construida de varillas de acero de 5mm de diámetro.

La ceniza obtenida de la biomasa pasa por la parrilla y son acumuladas en el recolector, este a su vez contiene una puerta (15 x 15 cm), está ubicada al frente en la parte más baja del hogar, la cual ayuda de mejor manera a la recolección, remoción y limpieza de la ceniza acumulada.

Al costado izquierdo del hogar se encuentra la entrada del aire de 24,8 cm x 24,8 cm que puede ser regulada, permitiendo que esta no se llene de humo y así se obtenga un perfecto quemado de la biomasa.

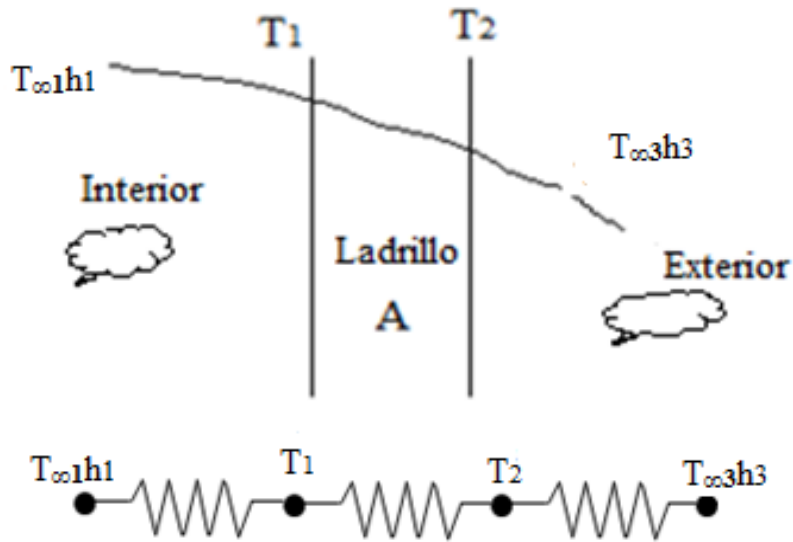
Al lado derecho del fogón se encuentra la cámara de transformación, esta es una sección cuadrada de 24,67 cm x 24,67 cm con longitud 50 cm, a su vez al final de esta sección se coloca un tubo de 6 pulgadas de diámetro con una altura de 58 cm, que será por donde circule el calor hacia el recipiente con agua.

Finalmente se colocará un soporte de plato de 35 cm de diámetro con espesor 6,35 mm q será introducido en el cilindro 15 cm, para evitar q este tenga movimiento hacia algún lado y al momento de colocar el recipiente (olla) de agua para su calentamiento se pueda caer.

### **6.7.1 Pérdidas de Calor por paredes laterales en el hogar**

A continuación para determinar la perdida de calor se aplica el modelo de resistencias térmicas en paredes planas compuestas.

**Figura 6. 5** Circuito térmico equivalente de pared compuesta



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

$$q_x = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 3}}{\sum Rt}$$

Dónde:

$T_{\infty 1}$ ,  $T_{\infty 3}$ ; Diferencia total de temperaturas

$\sum Rt$ ; Incluye a las resistencias térmicas

$$q_x = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 3}}{\left[ \left( \frac{1}{h_1 A} \right) + \left( \frac{L_A}{k_A A} \right) + \left( \frac{1}{h_3 A} \right) \right]}$$

Donde;

$T_{\infty 1} = 422^{\circ}\text{C}$  Temperatura máxima alcanzada al interior del fogón prototipo mejorado según pruebas realizadas

$T_{\infty 3} = 20^{\circ}\text{C}$  Temperatura ambiente en el lugar del ensayo

$h_1 =$  Coeficiente convectivo interno según Anexo X, se asume  $3 \text{ W/m}^2\text{K}$  para el diseño

$h_3 =$  Coeficiente convectivo externo natural, se toma  $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ , según Anexo X, ya que este es una convección forzada de gases.

$k_A =$  Conductividad térmica del ladrillo refractario macizo a  $1600^{\circ}\text{C}$   $0,7 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  según Anexo XI. Se toma el valor más bajo, ya que la temperatura máxima alcanzada según pruebas es de  $422^{\circ}\text{C}$

$L_A =$  Espesor del ladrillo refractario  $0,11 \text{ m}$

$$q_x = \frac{422 - 20}{\frac{1}{3} + \frac{0,11}{0,7} + \frac{1}{10}}$$

$$q_x = \frac{402}{0,587}$$

$$q_x = 684,83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Área total del hogar

$$A = 0,606 \text{ m} * 0,606 \text{ m}$$

$$A = 0,3672 \text{ m}^2$$

Pérdida total de calor en el hogar

$$q_{total} = q_x * A$$

$$q_{total} = 684,83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 0,3672 \text{ m}^2$$

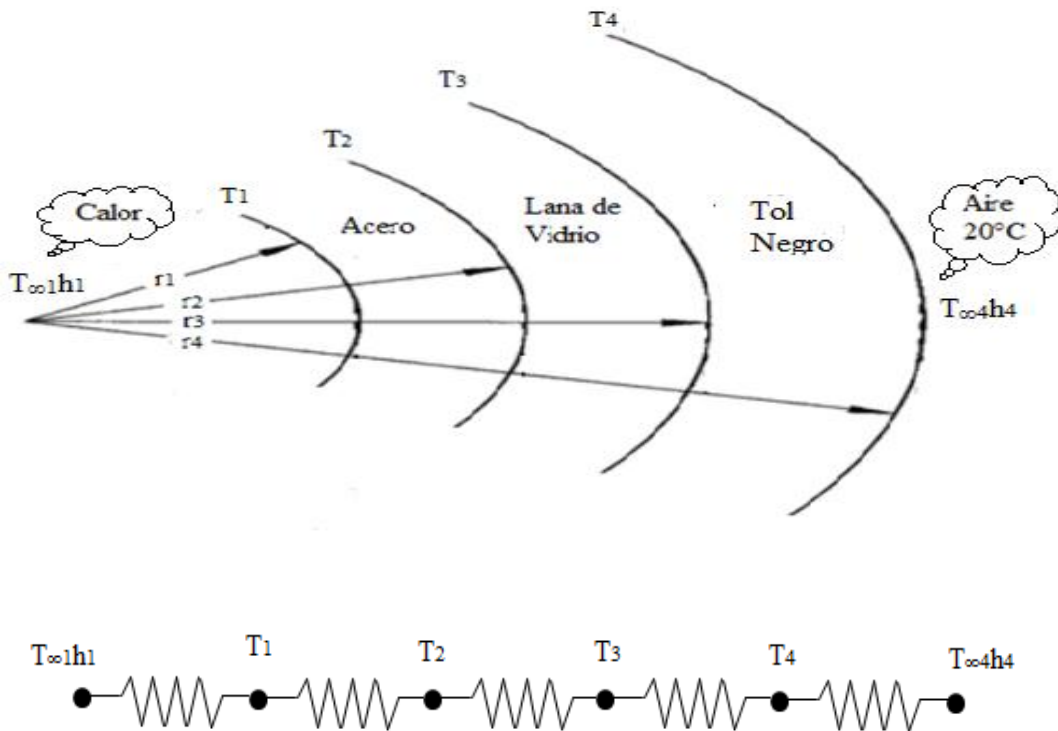


$$q_{total} = 251,47 \text{ W}$$

En la parte exterior se protegerá con lámina de acero galvanizando de espesor 2 mm, el cual por ser tan fino no se ha considerado para cálculo de resistencias térmicas.

### 6.7.2 Pérdidas de Calor en el cilindro

**Figura 6. 6** Distribución de temperaturas para una pared cilíndrica compuesta



**Fuente:** Egresado Oscar Freire

$$\frac{1}{h_1 2\pi r_1 L} \quad \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_A L} \quad \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_B L} \quad \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi k_C L} \quad \frac{1}{h_4 2\pi r_4 L}$$

$$q_{cedido} = \frac{\Delta T}{\sum R} = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{h_1 2\pi r_1 L} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_A L} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_B L} + \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi k_C L} + \frac{1}{h_4 2\pi r_4 L}}$$

**Dónde:**

$T_{\infty 1} = 308^\circ\text{C}$  Temperatura máxima que llega al asiento exterior del recipiente (olla) del agua en el fogón prototipo mejorado según pruebas realizadas

$T_{\infty 4} = 20^\circ\text{C}$  Temperatura ambiente en el lugar del ensayo

$h_1 =$  coeficiente de convección interno ( $3,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ ), se asume según Anexo X , Cengel 3 edición

$h_4 =$  coeficiente de convección natural del aire ( $12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ ), se asume según Anexo X, Cengel 3 edición

$k_A =$  conductividad térmica del acero ( $69,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ ) a  $400^\circ\text{K}$  según Anexo VIII

$k_B =$  conductividad térmica del aislante lana de vidrio ( $0,046 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ ) a  $300^\circ\text{K}$  según Anexo IX

$k_C =$  conductividad térmica del tol negro ( $63,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ ) a  $300^\circ\text{K}$  según Anexo VIII

$r_1 = 0,0765 \text{ m}$

$r_2 = 0,0802 \text{ m}$

$r_3 = 0,0832 \text{ m}$

$r_4 = 0,0842 \text{ m}$

$L =$  longitud del cilindro =  $0,50 \text{ m}$

a) Para el calor

$$R_1 = \frac{1}{h_1 2\pi r_1 L}$$

$$R_1 = 1,2608 \text{ K/W}$$

b) Para el acero

$$R_2 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_A L}$$

$$R_2 = 0,000215 K/W$$

c) Para la lana de vidrio

$$R_3 = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_B L}$$

$$R_3 = 2,49 K/W$$

d) Para el acero inoxidable

$$R_4 = \frac{\ln(r_4/r_3)}{2\pi k_C L}$$

$$R_4 = 5,927 * 10^{-5} K/W$$

e) Para el aire

$$R_5 = \frac{1}{h_4 2\pi r_4 L}$$

$$R_5 = 0,3150 K/W$$

$$q_{cedido} = \frac{\Delta T}{\sum R} = \frac{T_i - T_o}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}$$

$$q_{cedido} = 157,80 W$$

### 6.7.3 Cantidad de biomasa cargada en el depósito del fogón

Para determinar el volumen y la cantidad de biomasa que se almacenará en el depósito del fogón se realiza una maqueta a escala real, con las siguientes medidas.

ancho = 0,35 m; largo = 0,35 m; profundidad = 0,70 m

Dónde:

$$V_{\text{depósito}} = \text{ancho} \times \text{largo} \times \text{profundidad}$$

$$V_{\text{depósito}} = (0,35 \times 0,35 \times 0,70) \text{ m}^3$$

$$V_{\text{depósito}} = 0,08575 \text{ m}^3$$

Para establecer la cantidad de biomasa almacenada en el depósito, se procede a llenar el depósito con hojas, una vez lleno se recolecta en un costal y se procede a pesar, obteniendo así que el depósito podrá almacenar 4,50 kg de hojas, lo cual nos permitirá calentar agua durante 1 hora con 40 minutos ya sea en la mañana o por la tarde.

El mismo procedimiento se lo realiza con ramas, acumulando hasta 12,36 kg de ramas, obteniendo así agua caliente durante 3 horas con 30 minutos tanto en la mañana o en la tarde.

#### 6.7.4 Determinación de la eficiencia térmica

Datos para encontrar el calor del agua.

$T_o = 11^\circ\text{C}$  Temperatura inicial del agua

$T_f = 90^\circ\text{C}$  Temperatura final del agua

$\rho_{\text{agua}} = 9991 \text{ kg/m}^3$  según Anexo VI

$C_p = \text{poder calorífico } 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$  según Anexo VI

$\Delta t = 1220 \text{ seg}$

$V = 10 \text{ lts} = 0,010 \text{ m}^3$

$$q_{\text{agua}} = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

$$q_{agua} = \frac{9,991m^3 * 4,186 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * 74^{\circ}C}{1220 \text{ seg}}$$

$$q_{agua} = 2,54 \text{ kW}$$

Datos para determinar el calor del combustible

$$\Delta t = 1220 \text{ seg}$$

$$m = 1,24 \text{ kg}$$

P.C = poder calorífico 2,4 kWh/kg según tabla 2.9

$$q_{combustible} = q_{biomasa} = q_{leña}$$

$$q_{combustible} = \frac{m * P.C}{\Delta t}$$

$$q_{combustible} = \frac{1,24kg * 2,4 \frac{kWh}{kg} * 3600 \frac{seg}{h}}{1220 \text{ seg}}$$

$$q_{combustible} = 8,87 \text{ kW}$$

Determinación de la eficiencia térmica

$$\eta_{térmica} = \frac{q_{agua}}{q_{combustible}} * 100\%$$

$$\eta_{térmica} = \frac{2,54 \text{ kW}}{8,87 \text{ kW}} * 100\%$$

$$\eta_{térmica} = 28,93 \%$$

## 6.8 ADMINISTRACIÓN

### 6.8.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Para la implementación del sistema se incluye los costos que a continuación se detallan:

**Tabla 6. 7** Costo de materiales para la construcción del equipo

DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Ladrillo refractario 23 x 11 x 5 cm	50	6,47	323,5
Cemento refractario quintales	2	50,04	200,16
Lana de vidrio 2in de 3x8 pies	1	40,4	40,42
Silicón altas temperaturas (gris)	2	3,05	6,10
Ángulo 3/16x2in	1	9,50	9,50
Tol negro espesor 3mm	1	120	120
Varillas de $\phi$ 5mm x 50mm	4	3,45	13,80
Tol negro espesor 4mm 1,220 x 2,440 mm	1	135	135
Electrodos	1 kg	18,30	18,30
Pernos 3/8 x 2 in	8	0,60	4,80
Tuercas 3/8in	8	0,25	2
Rodelas planas 3/8in	8	0,05	0,40
	<b>SubTotal</b>	387,11	873,98
	12% Iva		104,87
	<b>TOTAL</b>		<b>978,85</b>

**Fuente:** Egresado Oscar Freire

## 6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

En este punto se incorporó algunas recomendaciones que se debe tomar muy cuenta antes de utilizar el fogón mejorado para el calentamiento de agua.

- Se recomienda que el proceso de calentamiento de agua por medio del fogón mejorado se utilice en especial en épocas más frías, en los meses abril, mayo, junio y julio para el ahorro de la biomasa.
- Revisar en la bodega del almacenamiento de biomasa en tener la cantidad suficiente de para el calentamiento de agua, cantidad mínima de almacenamiento ramas 1,30 kg y hojas 1,50 kg para calentar 10 litros de agua en el fogón.
- Se puede realizar una combinación de la biomasa entre ramas con hojas y pepas para colocar en el depósito del fogón, y así tardará más en consumirse la biomasa.
- Para el encendido de la biomasa utilizar una hoja de papel para evitar quemaduras al momento de la misma.
- Revisar que el compartimento de ceniza este limpio, y sin obstrucción en la rejilla donde se quema la biomasa.
- Al momento de realizar la limpieza del fogón debemos observar q este se encuentre frio en su interior y utilizar el equipo necesario como guantes, mascarilla y gafas protectoras, para evitar quemaduras y enfermedades respiratorias.
- Verificar que la entrada de la biomasa no este obstruida al momento de su recarga en el depósito.
- Verificar que el controlador de la entrada de aire este en la posición adecuada para tener una combustión adecuada.

- Se recomienda realizar un mantenimiento bimensual al fogón para su mayor duración del mismo.
- Cada año revisar la capa aislante en el cilindro, comprobar el estado del mismo, en caso de estar deteriorado cambiar la lana de vidrio con el debido equipo de seguridad.
- Se puede utilizar otro tipo de biomasa en el fogón para el calentamiento de agua tales como:
  - Ramas de manzana, Claudia, peras, etc.
  - Ramas de las podas de mora
  - Hojas de la poda de fresas



## BIBLIOGRAFÍA

- Ecuador, R. d. (2012). *Constitución Política, Pública Energética*. Quito.
- GAD. (2013). *Gobierno Autónomo Descentralizado*. Ambato.
- Galo, N. (1997). *Tutoria de Investigación Científica*. Quito: Dimerino.
- Guevara&Garay. (2008). *Desarrollo de una cocina mejorada para leña basada en el principio de gasificación de flujo cruzado natural*. El Salvador.
- Hernández&Espina. (2006). *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera*. Colombia: Blanecolor.
- Hernández&Murillo. (2002). *Producción de biomasa para leña combustible de una plantación de 12 años*. México.
- Incropera, F.-D. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. México: Continental.
- Inen. (1981). *Código de Dibujo Técnico-Mecánico*. Quito.
- Naranjo, I. (2010). *Tratamiento de Desperdicios, restos contaminantes y su efecto en la contaminación Ambiental*. Ambato.
- MAE. (2010). *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Quito.
- MAGAP. (2013). *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*.
- Martínez&Siza. (2009). *Propiedades Físicas del eucalipto y aplicación al diseño estructural de una vivienda*. Sangolqui.
- MEER. (2010). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*.
- Nacional, L. (2014). *ladrillera nacional*. Obtenido de <http://www:ladrillera nacional . com>
- Torres&Villanueva. (1994). *Diseño, Construcción y Evaluación de una cocina mejorada con intercambiador de calor*. Tacna.
- Vacacela, W. (2011). *Estudio de Parámetros de Combustión en un alderín de 2 Hp y su efecto sobre la eficiencia*. Ambato.
- Yunus, C. (2003). *Termodinámica*. México: Mac. graw.
- *Mapa data@google*. (2014).
- Arqhys. (s.f.). Obtenido de [www.arqhys.com](http://www.arqhys.com)

- <http://www.biomass.org> Asociación Americana de Bioenergía, EEUU
- <http://www.tecnimiralles.es>

# ANEXOS

Anexo I. Datos mensuales obtenidos del producto (hojas, ramas, pepas).

Anexo II. Comparación de pesos en producto verde utilizando software libre.

Anexo III. Comparación de pesos en producto seco utilizando software libre.

Anexo IV. Tipos de fogones utilizados (tradicional, mejorado).

Anexo V. Pruebas de quemado

Anexo VI. Propiedades del agua

Anexo VII. Especificaciones de planchas de acero

Anexo VIII. Propiedades termo físicas de sólidos metálicos

Anexo IX. Propiedades termo físicas de la materia

Anexo X. Valores del coeficiente de calor por convección

Anexo XI. Propiedades térmicas de materiales de construcción y aislantes

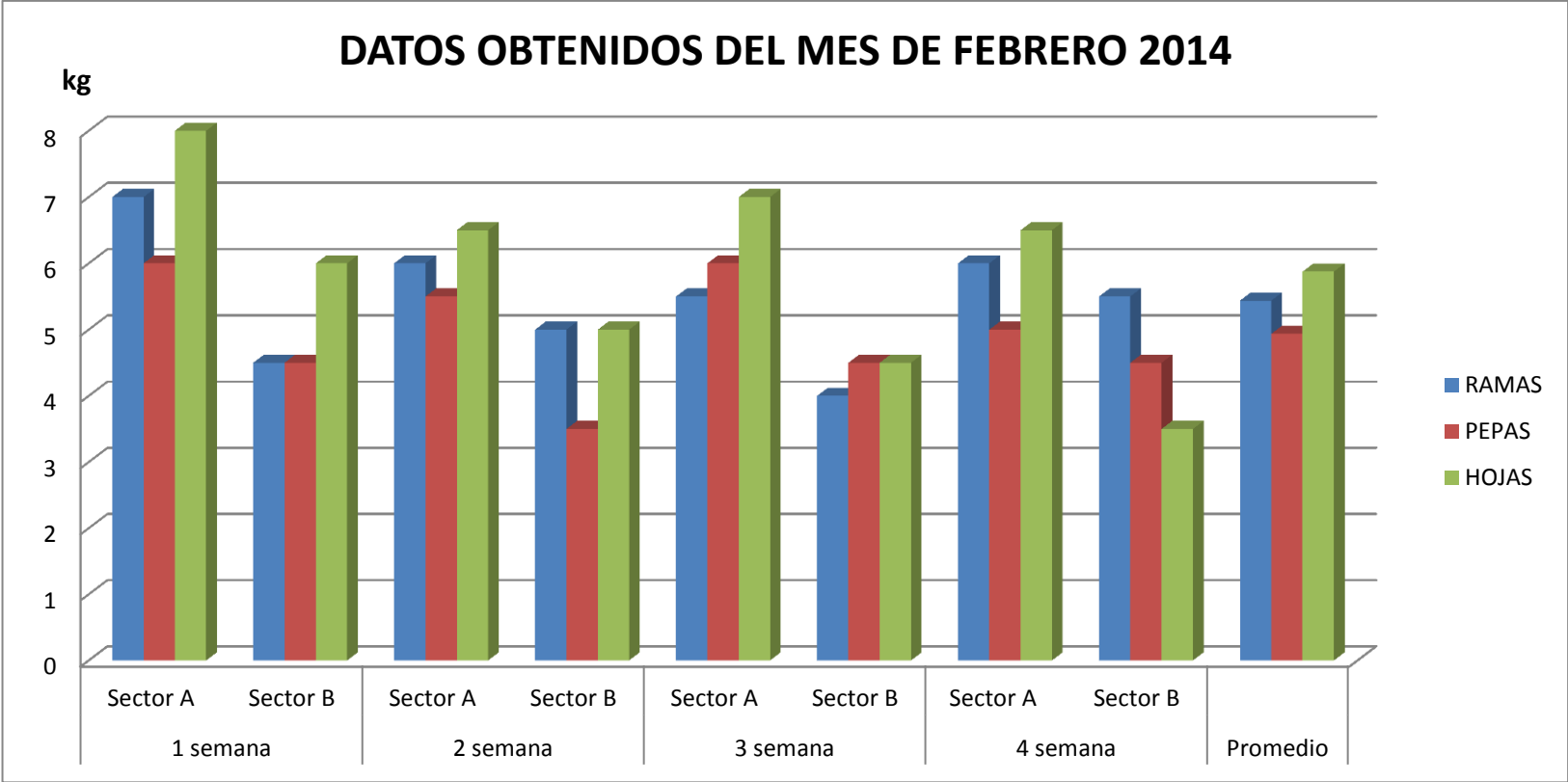
## ANEXO I



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**DATOS OBTENIDOS DURANTE**  
**EL MES DE FEBRERO 2014**



DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE FEBRERO 2014				
Semana	Sector	Producto		
		Ramas (kg)	Pepas (kg)	Hojas (kg)
Primera	A	7	6	8
	B	4.5	4.5	6
Segunda	A	6	5.5	6.5
	B	5	3.5	5
Tercera	A	5.5	6	7
	B	4	4.5	4.5
Cuarta	A	6	5	6.5
	B	5.5	4.5	3.5
<b>Total</b>		<b>43.5</b>	<b>39.5</b>	<b>47</b>
<b>Promedio</b>		<b>5.437</b>	<b>4.937</b>	<b>5.875</b>



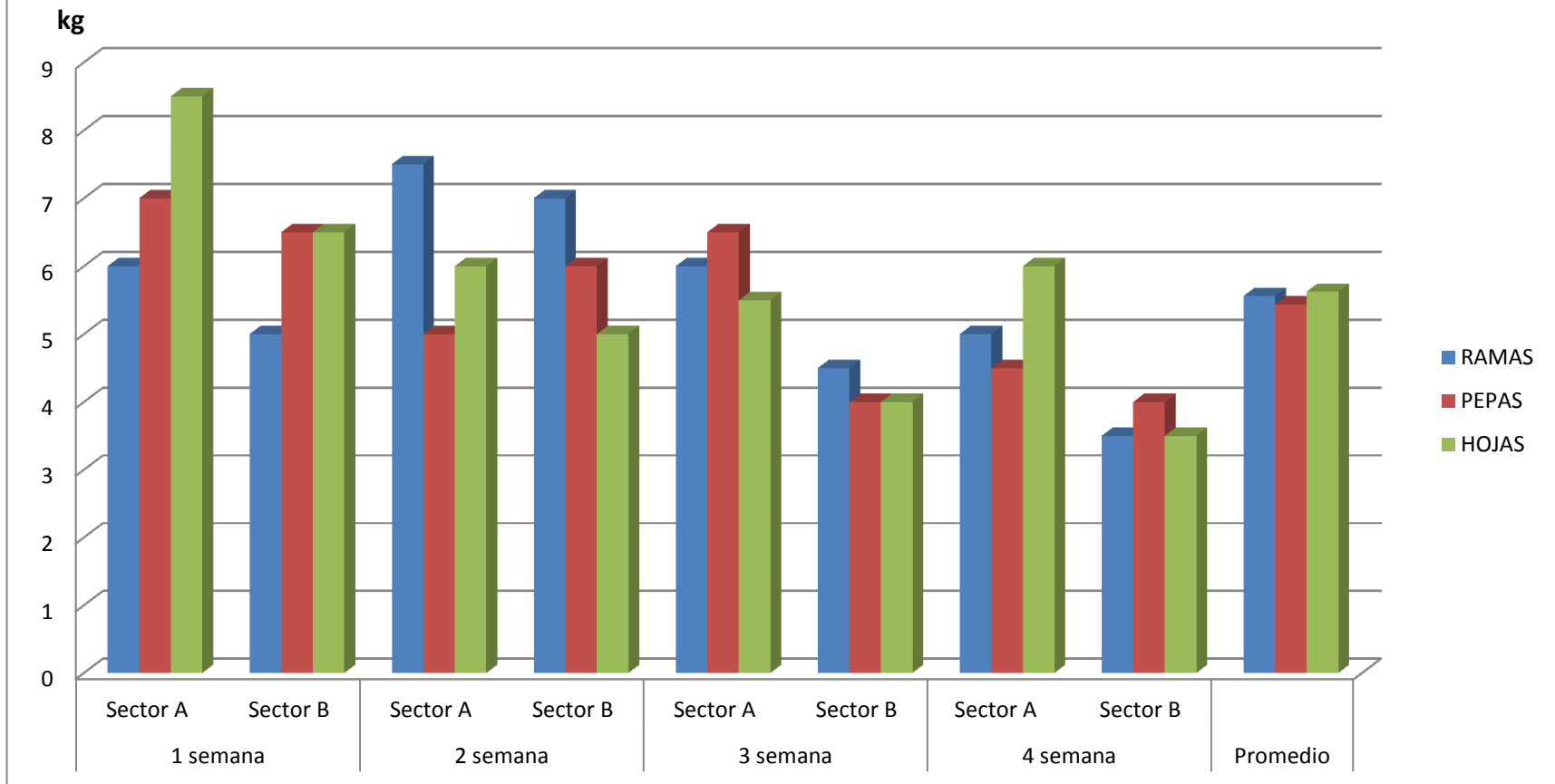


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**DATOS OBTENIDOS DURANTE**  
**EL MES DE MARZO 2014**



DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE MARZO 2014				
Semana	Sector	Producto		
		Ramas (kg)	Pepas (kg)	Hojas (kg)
Primera	A	6	7	8.5
	B	5	6.5	6.5
Segunda	A	7.5	5	6
	B	7	6	5
Tercera	A	6	6.5	5.5
	B	4.5	4	4
Cuarta	A	5	4.5	6
	B	3.5	4	3.5
<b>Total</b>		<b>44.5</b>	<b>43.5</b>	<b>45</b>
<b>Promedio</b>		<b>5.562</b>	<b>5.437</b>	<b>5.625</b>

### DATOS OBTENIDOS DEL MES DE MARZO 2014



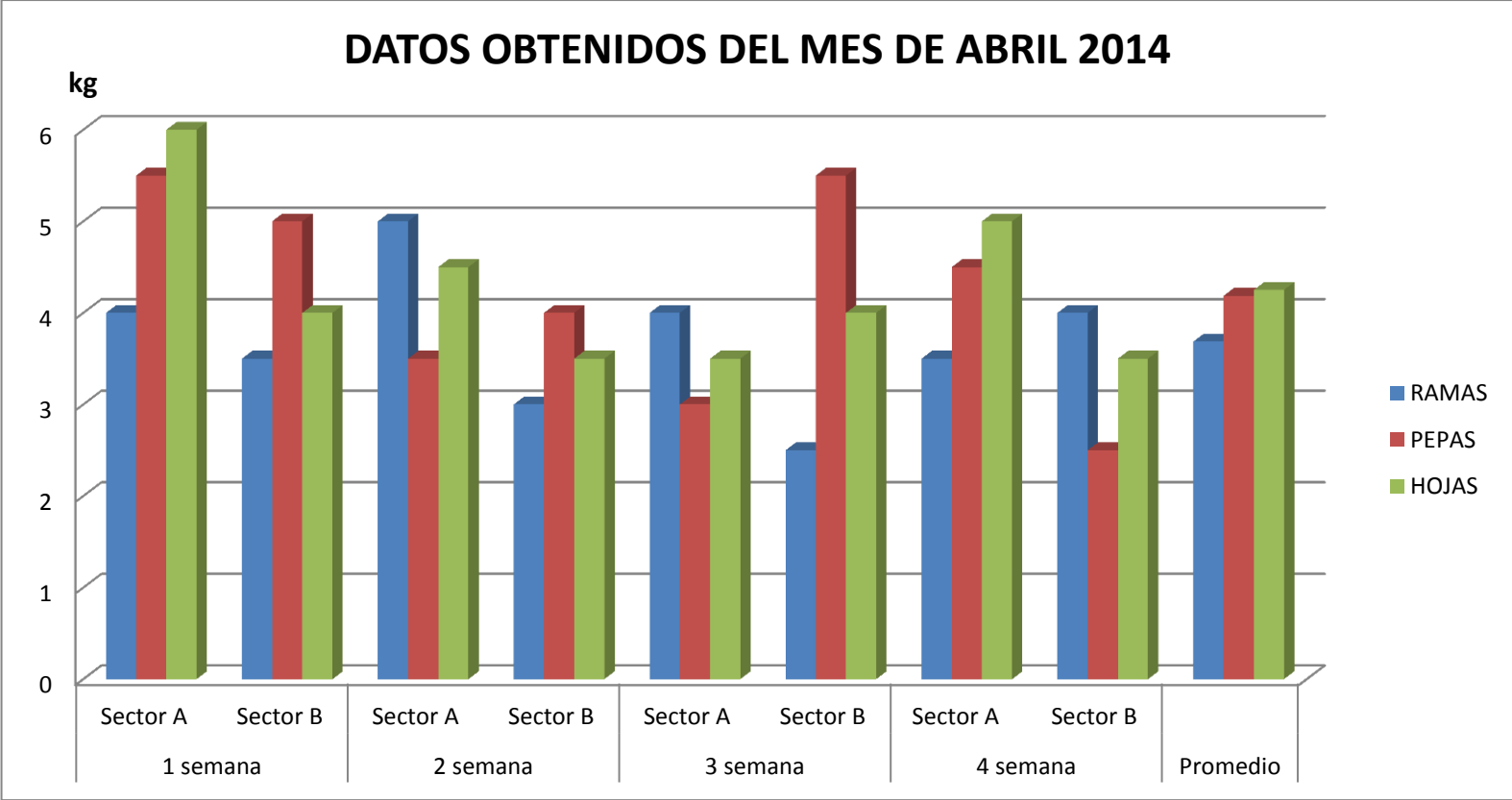


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**DATOS OBTENIDOS DURANTE EL**  
**MES DE ABRIL 2014**



DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MES DE ABRIL 2014				
Semana	Sector	Producto		
		Ramas (kg)	Pepas (kg)	Hojas (kg)
Primera	A	4	5.5	6
	B	3.5	5	4
Segunda	A	5	3.5	4.5
	B	3	4	3.5
Tercera	A	4	3	3.5
	B	2.5	5.5	4
Cuarta	A	3.5	4.5	5
	B	4	2.5	3.5
<b>Total</b>		<b>29.5</b>	<b>33.5</b>	<b>34</b>
<b>Promedio</b>		<b>3.687</b>	<b>4.187</b>	<b>4.25</b>





## ANEXO II

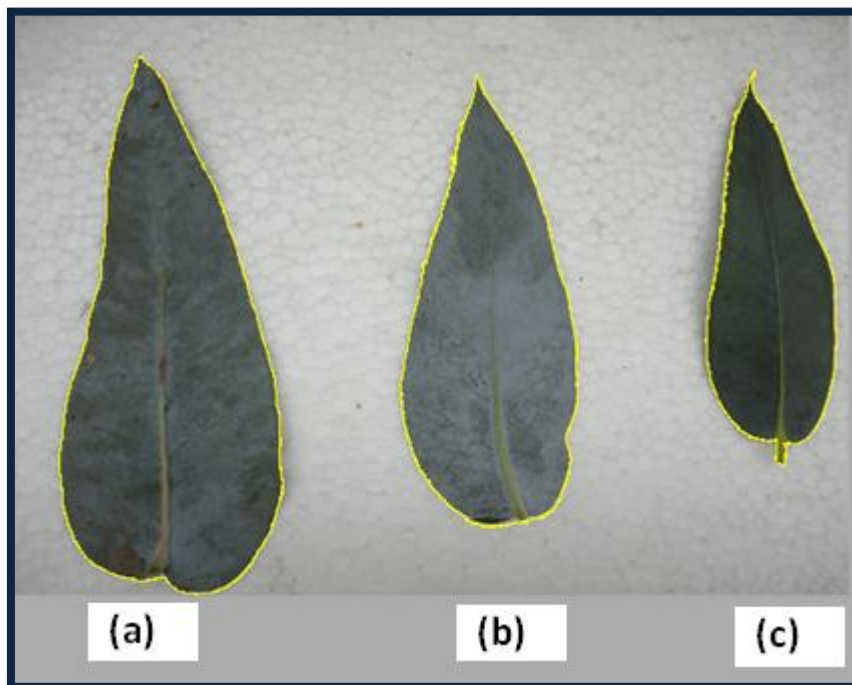


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA  
HOJAS EN PRODUCTO TIERNO



### PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE

Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	12457,521	859,2585	301,8366
b	9190,9545	788,2147	251,9649
c	7520,06,3	655,0577	220,4247





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**HOJAS EN PRODUCTO MADURO**



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE			
Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	56052,613	867,1299	298,4100
b	43741,650	640,0094	263,4385
c	39994,688	608,3897	239,5806



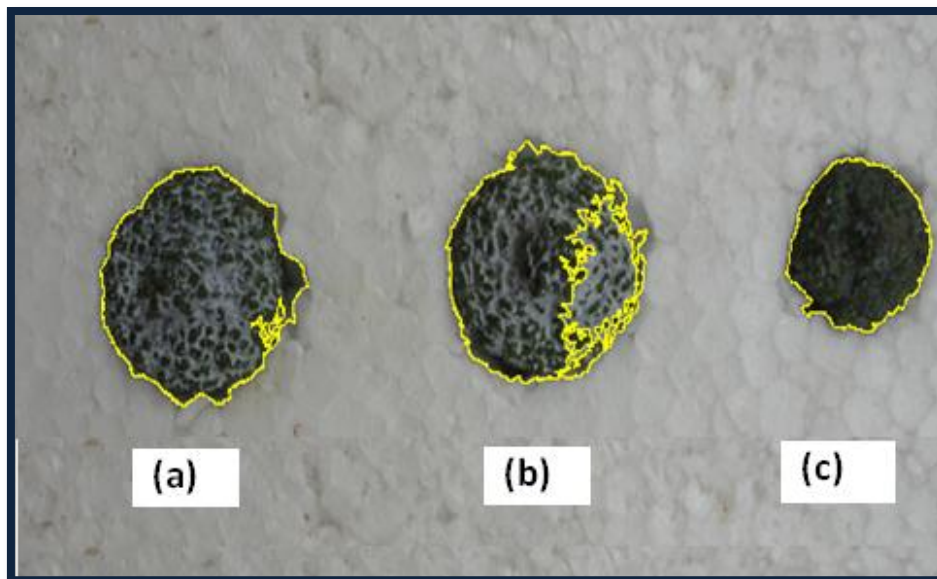


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**PEPAS EN PRODUCTO TIERNO**



**PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE**

Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	3153,45	789,6787	70,5534
b	2824,86	373,5560	69,2789
c	1689,71	201,1669	50,2305

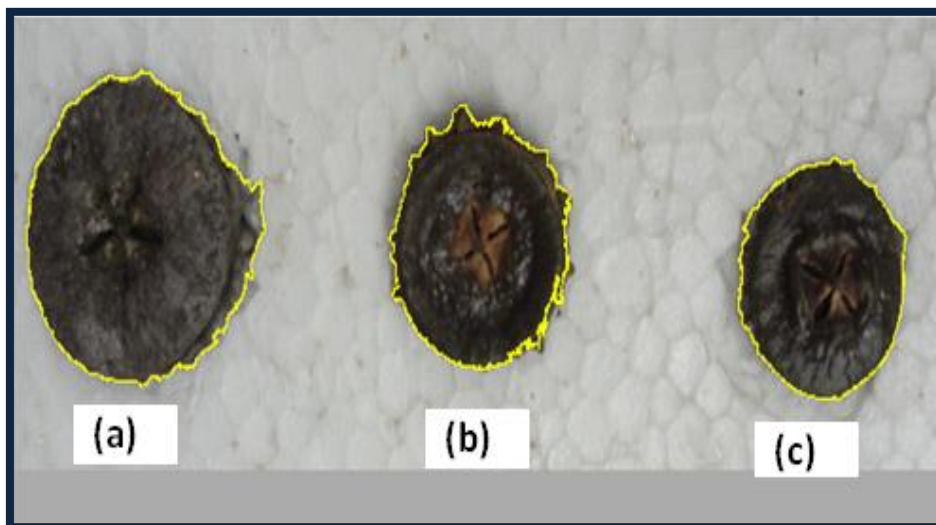




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**PEPAS EN PRODUCTO MADURO**



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE			
Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	4869,34	364,7519	87,2485
b	3091,43	356,2422	69,0281
c	2751,15	244,4772	63,2800

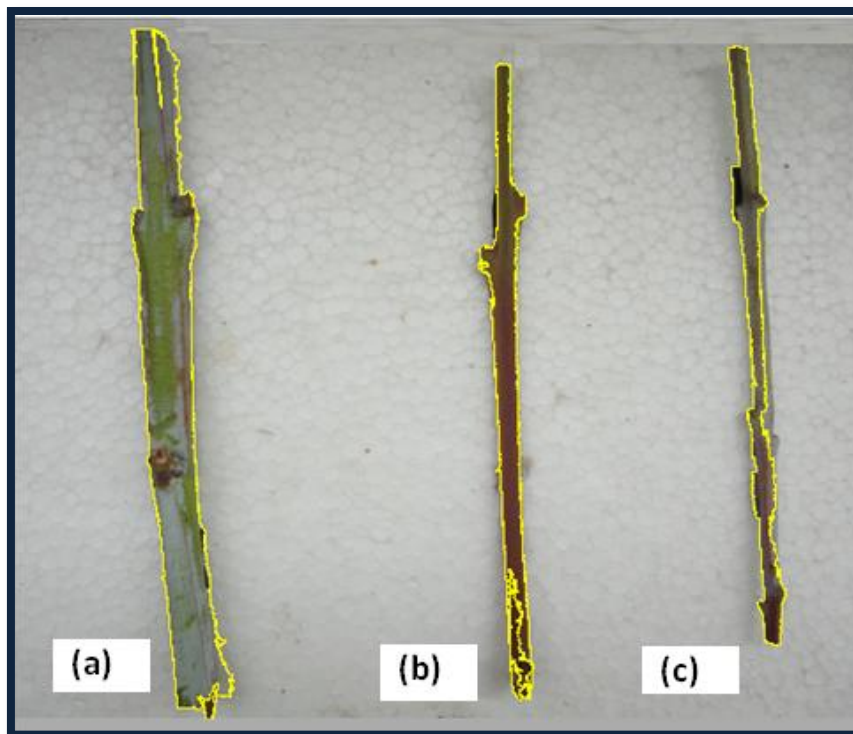




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**RAMAS EN PRODUCTO TIERNO**



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE			
Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	6589,99	1193,09	321,1864
b	2345,46	1162,13	295,3561
c	2201,78	814,300	278,3768





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**RAMAS EN PRODUCTO MADURO**



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE			
Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	2421,76	680,1268	284,7002
b	4328,56	683,7485	288,4299
c	5805,62	919,4944	300,9418





### ANEXO III

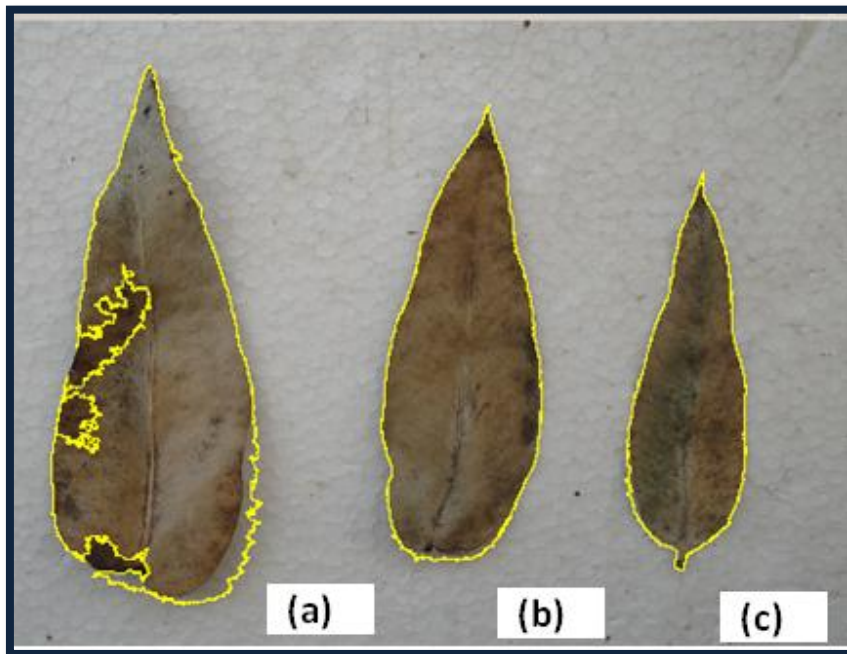


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA  
HOJAS EN PRODUCTO TIERNO



#### PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE

Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	9098,6275	1792,8592	233,7753
b	8213,727	583,6388	200,1823
c	5422,7275	492,3594	172,5562







**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**HOJAS EN PRODUCTO MADURO**



**PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE**

Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	5403,2045	780,3151	295,7337
b	4116,8127	792,0920	276,3629
c	3435,3994	604,9364	230,7141

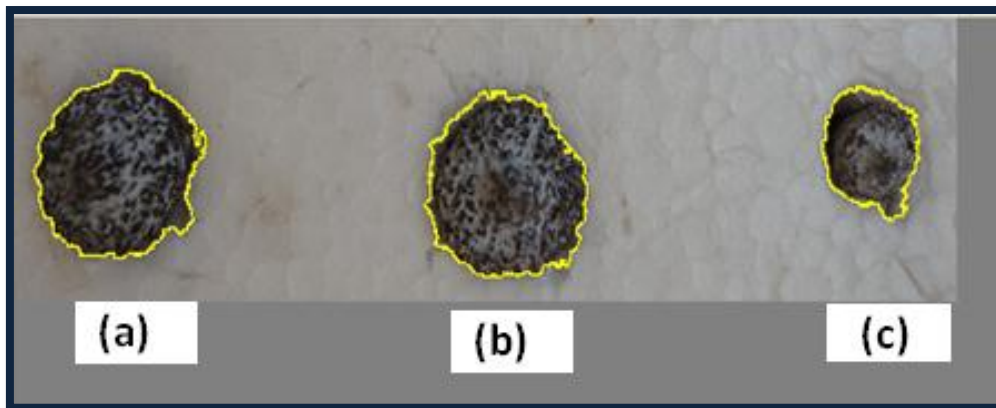




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA  
PEPAS EN PRODUCTO TIERNO



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE			
Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	2865,5212	329,5834	66,8925
b	2822,9912	305,2681	65,9459
c	1143,5512	218,6843	46,0003



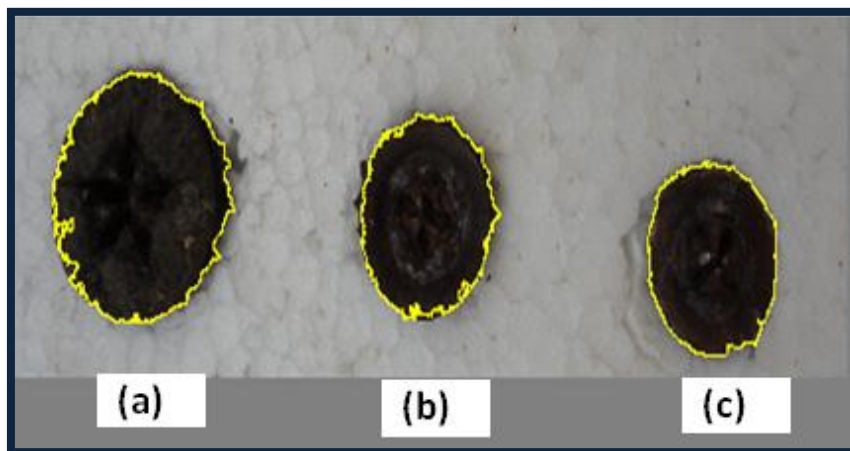


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**PEPAS EN PRODUCTO MADURO**



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE

Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	3601,0650	420,3223	72,2982
b	2254,5862	343,7828	58,7406
c	2150,6312	223,0211	57,2018

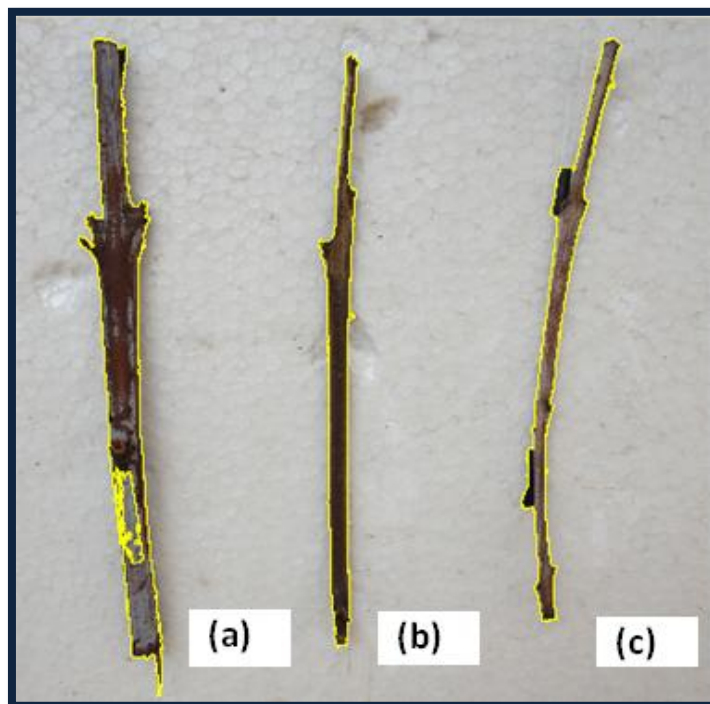




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA  
RAMAS EN PRODUCTO TIERNO



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE			
Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	3335,6212	1066,2177	292,3142
b	1793,9357	668,600	262,5630
c	1745,8462	590,7698	259,2508





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**  
**RAMAS EN PRODUCTO MADURO**



PARÁMETROS DIMENSIONALES UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE			
Tamaño	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm <sup>2</sup>	Longitud mm
a	5120,0825	937,6118	298,4003
b	3385,9012	697,4461	275,635
c	1751,8462	642,3548	269,861



**ANEXO IV**  
**FOGÓN TRADICIONAL**



**FOGÓN MEJORADO**



**ANEXO V**

**PRUEBA DE QUEMADO 20/05/14 A LAS 8:30 am**

<b>Tipo de Fogón</b>	<b>Producto</b>	<b>Biomasa Utilizada ( kg)</b>	<b>T °C Ambiente</b>	<b>To°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>Tf°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>t (seg)</b>	<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O (lts)</b>	<b>Color de llama</b>
<b>Mejorado</b>	Hojas	1,40	12	11	90	1560	10	Amarilla
	Ramas	1,25	12	11	90	180	10	Amarilla
	Pepas	---	12	11	---	---	10	---
<b>Tradicional</b>	Hojas	2,10	12	11	90	2700	10	Amarilla
	Ramas	1,37	12	11	90	1800	10	Amarilla
	Pepas	---	12	11	--	---	10	---
<b>Cocina Doméstica</b>	Gas	---	12	11	90	1560	10	Azul

**PRUEBA DE QUEMADO 20/05/14 A LAS 4:30 pm**

<b>Tipo de Fogón</b>	<b>Producto</b>	<b>Biomasa Utilizada ( kg)</b>	<b>T °C Ambiente</b>	<b>To°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>Tf°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>t (seg)</b>	<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O (lts)</b>	<b>Color de llama</b>
<b>Mejorado</b>	Hojas	1,39	17	16	90	1500	10	Amarilla
	Ramas	1,22	17	16	90	1140	10	Amarilla
	Pepas	---	17	16	--	----	10	---
<b>Tradicional</b>	Hojas	1,47	17	16	90	1680	10	Amarilla
	Ramas	1,35	17	16	90	2460	10	Amarilla
	Pepas	---	17	16	--	---	10	---
<b>Cocina Doméstica</b>	Gas	---	17	16	90	1500	10	Azul



**PRUEBA DE QUEMADO 28/05/14 A LAS 8:30 am**

<b>Tipo de Fogón</b>	<b>Producto</b>	<b>Biomasa Utilizada ( kg)</b>	<b>T °C Ambiente</b>	<b>To°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>Tf°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>t (seg)</b>	<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O (lts)</b>	<b>Color de llama</b>
<b>Mejorado</b>	Hojas	1,45	12	11	90	1620	10	Amarilla
	Ramas	1,26	12	11	90	1200	10	Amarilla
	Pepas	---	12	11	---	---	10	---
<b>Tradicional</b>	Hojas	2,20	12	11	90	2760	10	Amarilla
	Ramas	1,40	12	11	90	2340	10	Amarilla
	Pepas	---	12	11	--	---	10	---
<b>Cocina Doméstica</b>	Gas	---	12	11	90	1620	10	Azul

**PRUEBA DE QUEMADO 28/05/14 A LAS 4:30 pm**

<b>Tipo de Fogón</b>	<b>Producto</b>	<b>Biomasa Utilizada ( kg)</b>	<b>T °C Ambiente</b>	<b>To°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>Tf°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>t (seg)</b>	<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O (lts)</b>	<b>Color de llama</b>
<b>Mejorado</b>	Hojas	1,40	17	16	90	1620	10	Amarilla
	Ramas	1,27	17	16	90	1200	10	Amarilla
	Pepas	---	17	16	--	----	10	---
<b>Tradicional</b>	Hojas	1,50	17	16	90	1800	10	Amarilla
	Ramas	1,45	17	16	90	2640	10	Amarilla
	Pepas	---	17	16	--	---	10	---
<b>Cocina Doméstica</b>	Gas	---	17	16	90	1620	10	Azul

**PRUEBA DE QUEMADO 10/06/14 A LAS 8:00 am**

<b>Tipo de Fogón</b>	<b>Producto</b>	<b>Biomasa Utilizada ( kg)</b>	<b>T °C Ambiente</b>	<b>To°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>Tf°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>t (seg)</b>	<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O (lts)</b>	<b>Color de llama</b>
<b>Mejorado</b>	Hojas	1,50	12	11	90	1680	10	Amarilla
	Ramas	1,28	12	11	90	1320	10	Amarilla
	Pepas	---	12	11	---	---	10	---
<b>Tradicional</b>	Hojas	2,25	12	11	90	2880	10	Amarilla
	Ramas	1,39	12	11	90	1980	10	Amarilla
	Pepas	---	12	11	--	---	10	---
<b>Cocina Doméstica</b>	Gas	---	12	11	90	1620	10	Azul

**PRUEBA DE QUEMADO 10/06/14 A LAS 4:20 pm**

<b>Tipo de Fogón</b>	<b>Producto</b>	<b>Biomasa Utilizada ( kg)</b>	<b>T °C Ambiente</b>	<b>To°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>Tf°C H<sub>2</sub>O</b>	<b>t (seg)</b>	<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O (lts)</b>	<b>Color de llama</b>
<b>Mejorado</b>	Hojas	1,42	18	16	90	1560	10	Amarilla
	Ramas	1,27	18	16	90	1320	10	Amarilla
	Pepas	---	18	16	--	----	10	---
<b>Tradicional</b>	Hojas	1,48	18	16	90	1740	10	Amarilla
	Ramas	1,40	18	16	90	2580	10	Amarilla
	Pepas	---	18	16	--	---	10	---
<b>Cocina Doméstica</b>	Gas	---	18	16	90	1560	10	Azul

ANEXO VI

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P <sub>sat</sub> , kPa	Densidad, ρ kg/m <sup>3</sup>		Entalpía de vaporización, h <sub>fg</sub> , kJ/kg	Calor específico, c <sub>p</sub> , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 <sup>-3</sup>	0.922 × 10 <sup>-5</sup>	13.5	1.00	-0.068 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 <sup>-3</sup>	0.934 × 10 <sup>-5</sup>	11.2	1.00	0.015 × 10 <sup>-3</sup>
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 <sup>-3</sup>	0.946 × 10 <sup>-5</sup>	9.45	1.00	0.733 × 10 <sup>-3</sup>
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 <sup>-3</sup>	0.959 × 10 <sup>-5</sup>	8.09	1.00	0.138 × 10 <sup>-3</sup>
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 <sup>-3</sup>	0.973 × 10 <sup>-5</sup>	7.01	1.00	0.195 × 10 <sup>-3</sup>
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 <sup>-3</sup>	0.987 × 10 <sup>-5</sup>	6.14	1.00	0.247 × 10 <sup>-3</sup>
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 <sup>-3</sup>	1.001 × 10 <sup>-5</sup>	5.42	1.00	0.294 × 10 <sup>-3</sup>
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 <sup>-3</sup>	1.016 × 10 <sup>-5</sup>	4.83	1.00	0.337 × 10 <sup>-3</sup>
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 <sup>-3</sup>	1.031 × 10 <sup>-5</sup>	4.32	1.00	0.377 × 10 <sup>-3</sup>
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 <sup>-3</sup>	1.046 × 10 <sup>-5</sup>	3.91	1.00	0.415 × 10 <sup>-3</sup>
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 <sup>-3</sup>	1.062 × 10 <sup>-5</sup>	3.55	1.00	0.451 × 10 <sup>-3</sup>
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 <sup>-3</sup>	1.077 × 10 <sup>-5</sup>	3.25	1.00	0.484 × 10 <sup>-3</sup>
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 <sup>-3</sup>	1.093 × 10 <sup>-5</sup>	2.99	1.00	0.517 × 10 <sup>-3</sup>
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 <sup>-3</sup>	1.110 × 10 <sup>-5</sup>	2.75	1.00	0.548 × 10 <sup>-3</sup>
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 <sup>-3</sup>	1.126 × 10 <sup>-5</sup>	2.55	1.00	0.578 × 10 <sup>-3</sup>
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 <sup>-3</sup>	1.142 × 10 <sup>-5</sup>	2.38	1.00	0.607 × 10 <sup>-3</sup>
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 <sup>-3</sup>	1.159 × 10 <sup>-5</sup>	2.22	1.00	0.653 × 10 <sup>-3</sup>
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 <sup>-3</sup>	1.176 × 10 <sup>-5</sup>	2.08	1.00	0.670 × 10 <sup>-3</sup>
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 <sup>-3</sup>	1.193 × 10 <sup>-5</sup>	1.96	1.00	0.702 × 10 <sup>-3</sup>
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 <sup>-3</sup>	1.210 × 10 <sup>-5</sup>	1.85	1.00	0.716 × 10 <sup>-3</sup>
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 <sup>-3</sup>	1.227 × 10 <sup>-5</sup>	1.75	1.00	0.750 × 10 <sup>-3</sup>
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 <sup>-3</sup>	1.261 × 10 <sup>-5</sup>	1.58	1.00	0.798 × 10 <sup>-3</sup>
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 <sup>-3</sup>	1.296 × 10 <sup>-5</sup>	1.44	1.00	0.858 × 10 <sup>-3</sup>
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 <sup>-3</sup>	1.330 × 10 <sup>-5</sup>	1.33	1.01	0.913 × 10 <sup>-3</sup>
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 <sup>-3</sup>	1.365 × 10 <sup>-5</sup>	1.24	1.02	0.970 × 10 <sup>-3</sup>
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 <sup>-3</sup>	1.399 × 10 <sup>-5</sup>	1.16	1.02	1.025 × 10 <sup>-3</sup>
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 <sup>-3</sup>	1.434 × 10 <sup>-5</sup>	1.09	1.05	1.145 × 10 <sup>-3</sup>
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 <sup>-3</sup>	1.468 × 10 <sup>-5</sup>	1.03	1.05	1.178 × 10 <sup>-3</sup>
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 <sup>-3</sup>	1.502 × 10 <sup>-5</sup>	0.983	1.07	1.210 × 10 <sup>-3</sup>
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 <sup>-3</sup>	1.537 × 10 <sup>-5</sup>	0.947	1.09	1.280 × 10 <sup>-3</sup>
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.571 × 10 <sup>-5</sup>	0.910	1.11	1.350 × 10 <sup>-3</sup>
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 <sup>-3</sup>	1.641 × 10 <sup>-5</sup>	0.865	1.15	1.520 × 10 <sup>-3</sup>
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 <sup>-3</sup>	1.712 × 10 <sup>-5</sup>	0.836	1.24	1.720 × 10 <sup>-3</sup>
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 <sup>-3</sup>	1.788 × 10 <sup>-5</sup>	0.832	1.35	2.000 × 10 <sup>-3</sup>
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 <sup>-3</sup>	1.870 × 10 <sup>-5</sup>	0.854	1.49	2.380 × 10 <sup>-3</sup>
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 <sup>-3</sup>	1.965 × 10 <sup>-5</sup>	0.902	1.69	2.950 × 10 <sup>-3</sup>
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 <sup>-3</sup>	2.084 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 <sup>-3</sup>	2.255 × 10 <sup>-5</sup>	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 <sup>-3</sup>	2.571 × 10 <sup>-5</sup>	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	∞	∞	∞	∞	0.043 × 10 <sup>-3</sup>	4.313 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	—

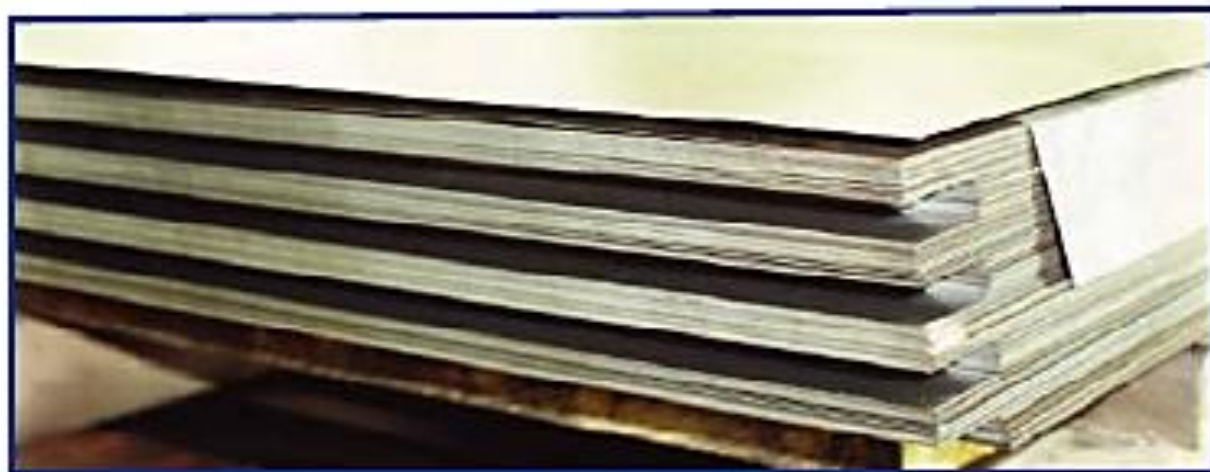


## ANEXO VII



### Planchas de acero

Producto	Recubrimiento	Dimensiones (mm)	Espesor Nominal (mm)	Calidad del Acero	Aplicaciones
Plancha laminada en caliente de paquete	Negro	1,220 x 2,440 1,500 x 6,000 1,800 x 6,000 2,000 x 6,000	3 - 10 4 - 6 5 - 12 8 - 50	ASTM A 36	Estructuras, plataformas, tuberías de grandes diámetros, etc.
Plancha laminada en caliente de bobina (largo bajo pedido)	Negro	1,220 (ancho) 1,500 (ancho) 1,800 (ancho)	3 - 6 4 - 6 5 - 12	ASTM A 36 ASTM A 361 Gr C	Estructuras, plataformas, tuberías de grandes diámetros, etc.
Plancha Naval		1,524 x 6,096	4 - 12	ASTM A 131 Gr A / LLOYDS / ABS	Cubierta, casco de barco, muelles, gabarras, etc.
Plancha antiderrame para piso		1,220 x 2,440	3,5 - 6	EN 1700 ST 37.2	Piso de escaleras, carrocerías, losa de puentes, etc.
Plancha laminada en frío		1,000 x 2,000 1,220 x 2,440	0,35 - 1,4	ASTM A 366 JIS G 3141 SPCC-SD	Puertas metálicas, rituales, muebles, partes de línea blanca, etc.
Plancha Galvanizada	Galvanizada	1,220 x 2,440	0,35 - 1,4	ASTM A 653 CS	Ductos para aire acondicionado, cámaras frigoríficas, perfiles de tambado, etc.



### NOTAS

#### ACTUALIZACIÓN DE NORMAS

Norma descontinuada	Norma Actual
ASTM A 569 / ASTM A 569M	ASTM A 1011 / ASTM A 1011M
ASTM A 570 / ASTM A 570M	ASTM A 1011 / ASTM A 1011M
A 366 / ASTM A 366M	ASTM A 1008 / ASTM A 1008M

#### NORMAS DE FABRICACION

Línea de Productos	Normas
Perfiles	ASTM A 568, JIS G 3350 EN 1623
Tuberías	ASTM A 500, JIS G 3444 JIS G 3445

## ANEXO VIII

**TABLA A.1** Propiedades termofísicas de sólidos metálicos seleccionados<sup>a</sup>

Composición	Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K)									
		$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg · K)	$k$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m · K)/ $c_p$ (J/kg · K)									
						100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Aceero puro	1810	7870	447	80.2	23.1	134 216	94.0 384	69.5 490	54.7 574	43.3 680	32.8 975	28.3 609	32.1 654		
Aceros al carbón															
Carbón ordinario (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%)		7854	434	60.5	17.7			56.7 487	48.0 559	39.2 685	30.0 1169				
AISI 1010		7832	434	63.9	18.8			58.7 487	48.8 559	39.2 685	31.3 1168				
Carbón-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7817	446	51.9	14.9			49.8 501	44.0 582	37.4 699	29.3 971				
Carbón-manganeso-silicio (1% < Mn ≤ 1.65%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		8131	434	41.0	11.6			42.2 487	39.7 559	35.0 685	27.6 1090				
Aceros con cromo (bajo)															
1 Cr-1 Mo-1 Si (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si)		7822	444	37.7	10.9			38.2 492	36.7 575	33.3 688	26.9 969				
1 Cr-1 Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si)		7858	442	42.3	12.2			42.0 492	39.1 575	34.5 688	27.4 969				
1 Cr-1 V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V)		7836	443	48.9	14.1			46.8 492	42.1 575	36.3 688	28.2 969				
Aceros inoxidables															
AISI 302		8055	480	15.1	3.91			17.3 512	20.0 559	22.8 585	25.4 606				
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95	9.2 272	12.6 402	16.6 515	19.8 557	22.6 582	25.4 611	28.0 640	31.7 682		
AISI 316		8238	468	13.4	3.48			15.2 504	18.3 550	21.3 576	24.2 602				
AISI 347		7978	480	14.2	3.71			15.8 513	18.9 559	21.9 585	24.7 606				

ANEXO IX

Apéndice A ■ *Propiedades termofísicas de la materia*

**TABLA A.3** *Continuación*

**Materiales y sistemas de aislamiento**

Descripción/composición	Propiedades típicas a 300 K		
	Densidad, $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica, $k$ (W/m · K)	Calor específico, $c_p$ (J/kg · K)
<b>Manta y fibra</b>			
Fibra de vidrio, revestida de papel	16	0.046	—
	28	0.038	—
	40	0.035	—
Fibra de vidrio, recubierta; forro de tubo	32	0.038	835
<b>Tablero y losa</b>			
Vidrio celular	145	0.058	1000
Fibra de vidrio, unión orgánica	105	0.036	795
<b>Poliestireno, expandido</b>			
Estirado (R-12)	55	0.027	1210
Lechos moldeados	16	0.040	1210
Lámina de fibra mineral; material de techado	265	0.049	—
Madera, triturada/encementada	350	0.087	1590
Corcho	120	0.039	1800
<b>Relleno suelto</b>			
Corcho, granulado	160	0.045	—
Óxido de silicio diatomáceo, polvo grueso	350	0.069	—
	400	0.091	—
Óxido de silicio diatomáceo, polvo fino	200	0.052	—
	275	0.061	—
Fibra de vidrio, vaciado o soplado	16	0.043	835
Vermiculita, hojuelas	80	0.068	835
	160	0.063	1000
<b>Formado/espumado de origen</b>			
Granos de lana mineral con aglomerantes de asbestos/ orgánicos, pulverizados	190	0.046	—
Mástique de corcho de acetato polivinilo; pulverizado o fratasado	—	0.100	—
Uretano, mezcla de dos partes; espuma rígida	70	0.026	1045
<b>Reflectivo</b>			
Hoja de aluminio que separa capas de vidrio harinosas; 10–12 capas, al vacío; para aplicaciones criogénicas (150 K)	40	0.00016	—
Hoja de aluminio y papel de vidrio laminado; 75–150 capas; al vacío; para aplicación criogénica (150 K)	120	0.000017	—
Polvo de óxido de silicio típico, al vacío	160	0.0017	—



## ANEXO X

**TABLA 1-5**

Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

Tipo de convección	$h$ , $W/m^2 \cdot ^\circ C^*$
Convección libre de gases	2–25
Convección libre de líquidos	10–1 000
Convección forzada de gases	25–250
Convección forzada de líquidos	50–20 000
Ebullición y condensación	2 500–100 000

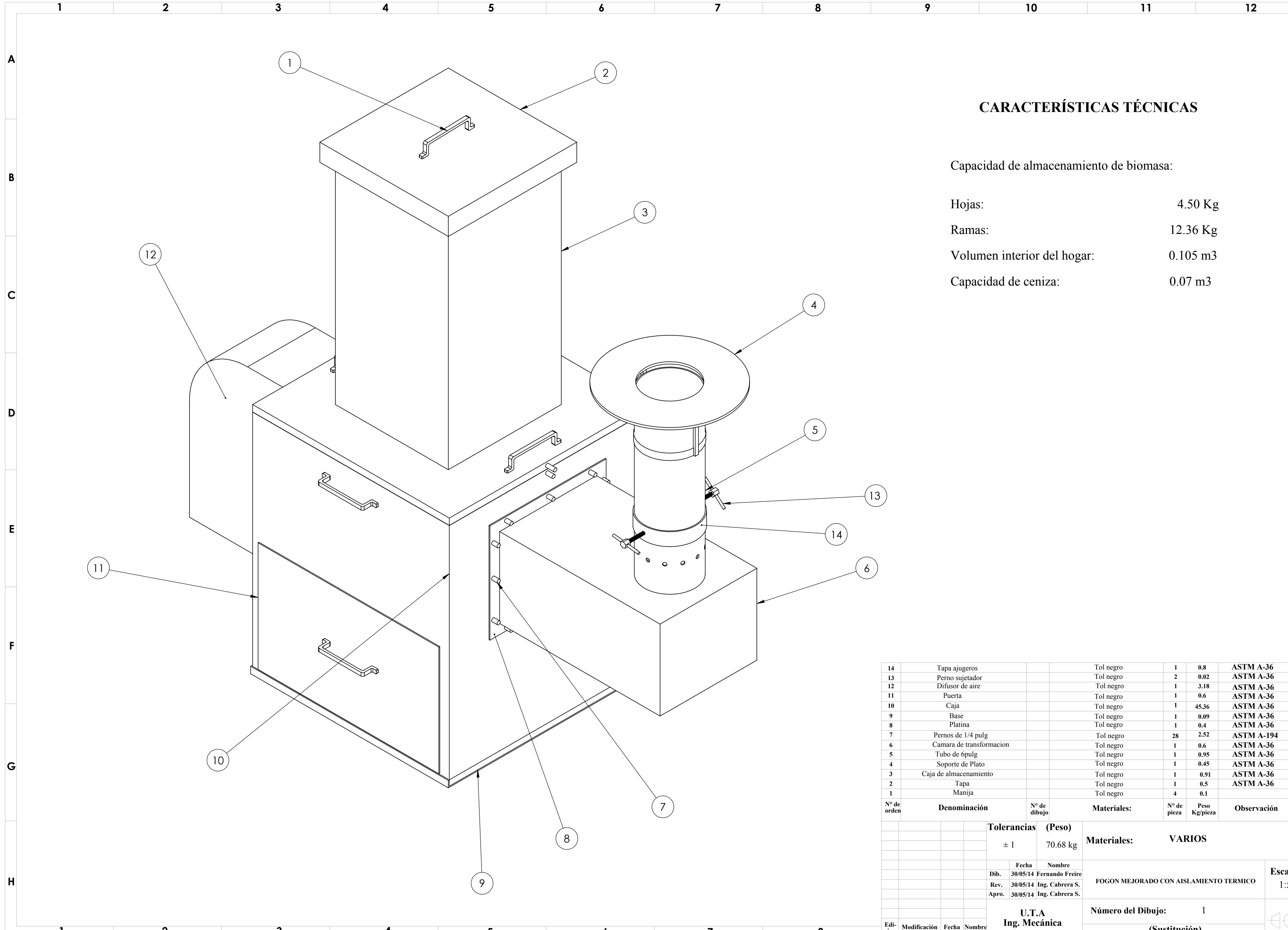
\*Multiplíquese por 0.176 para convertir a  $Btu/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$ .

## ANEXO XI

### PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/(m·K))
lana mineral/vidrio suelta	80/140	0,035
	150/200	0,040
lana mineral/vidrio planchas semirígidas/rígidas	45/80	0,040
	80/200	0,045
poliestireno expandido	15/20	0,030
espuma de uretano/poliuretano	25/40	0,025
perlita suelta	30/130	0,046
mortero de perlita	400	0,080
	600	0,120
espuma de vidrio	100	0,040
paneles de corcho expandido/aglomerado	100/150	0,037
	150/200	0,041
paneles de corcho comprimido	500	0,085
maderas tipo aglomerado	200	0,055
	300	0,060
	400	0,074
amianto	400	0,067
vermiculita suelta	150	0,070
vermiculita expandida	100	0,060
minerales en forma granular	200	0,130
	400	0,150
mampostería ladrillos comunes/macizos	1600	0,700
	1800	0,780
	2000	0,900
mampostería ladrillos sílico calcáreos	1800	0,850
mampostería ladrillos huecos	1000	0,400
	1200	0,450
	1400	0,520
mampostería bloques de hormigón 2c	1000	0,380
	1200	0,420
	1400	0,480
mampostería bloques de hormigón 3c	1400	0,420
	1600	0,480
bloques o placas de hormigón liviano	600	0,300

	800	0,350
	1000	0,480
	1200	0,600
Hormigón	2200	1,200
Hormigón de cascote	1600	0,650
	1800	0,800
bloques cerámicos	730	0,320
mortero de cal y cemento	1900	0,600
mortero de cemento	2100	1,200
mortero de yeso	1000	0,650
mortero para revoques	1800/2000	1,000
mortero de vermiculita	300	0,120
	450	0,160
	650	0,220
placas de yeso	600	0,250
	700	0,280
	900	0,350
	1000	0,400
	1200	0,500
madera	350/450	0,100
	450/600	0,130
	600/750	0,200
	800/100	0,250
bitumen asfáltico	1000	0,170
fieltro saturado con asfalto	1100	0,180
tejas cerámicas	1650	0,650
baldoas cerámicas	1750	0,700
vidrio	2700	0,700
hierro	7870	62
acero	7780	45
fundición	7500	48
aluminio	2700	200
aire	3	0,022
agua	1000	0,500



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Capacidad de almacenamiento de biomasa:

Hojas: 4.50 Kg

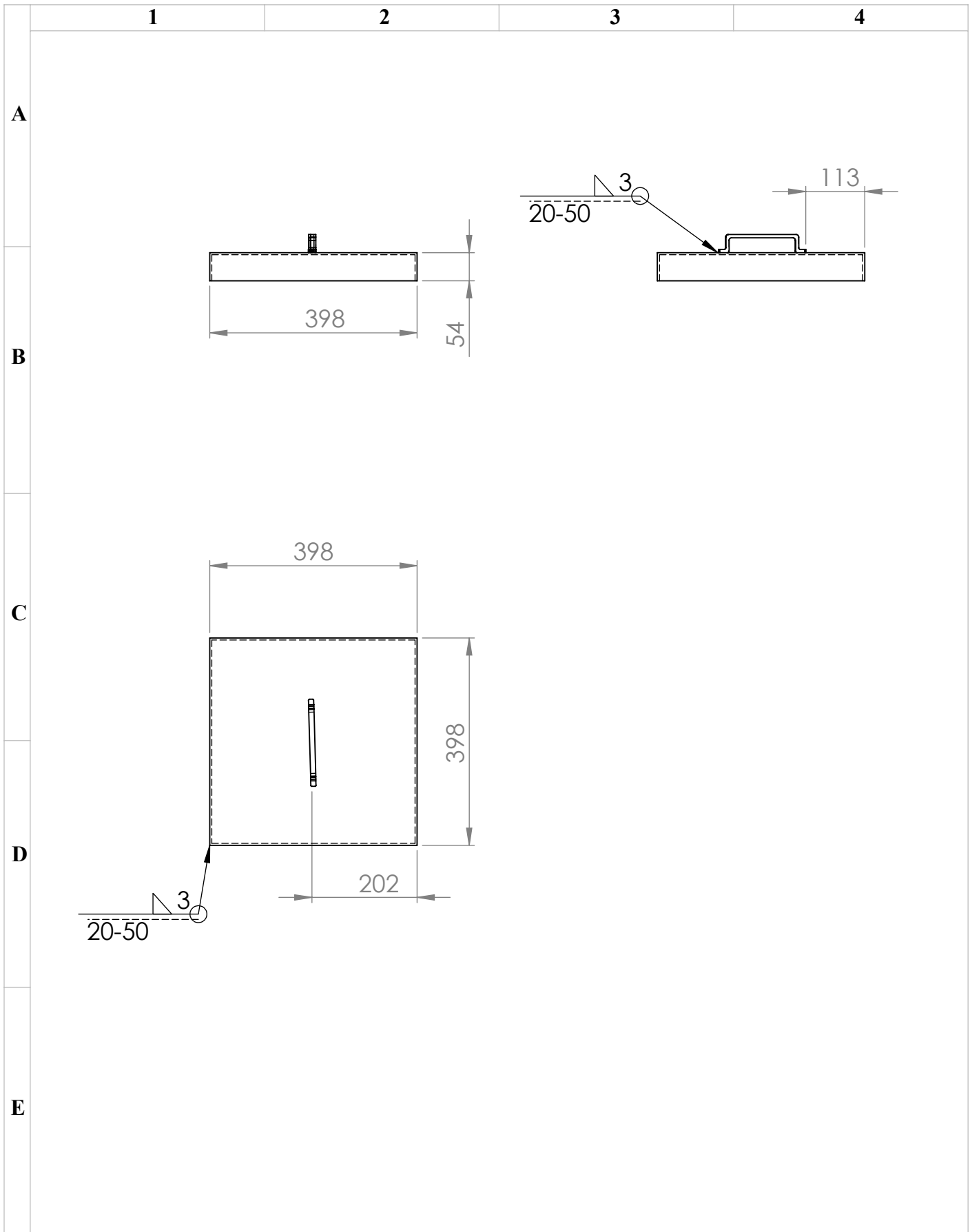
Ramas: 12.36 Kg

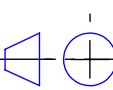
Volumen interior del hogar: 0.105 m<sup>3</sup>

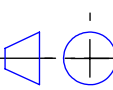
Capacidad de ceniza: 0.07 m<sup>3</sup>

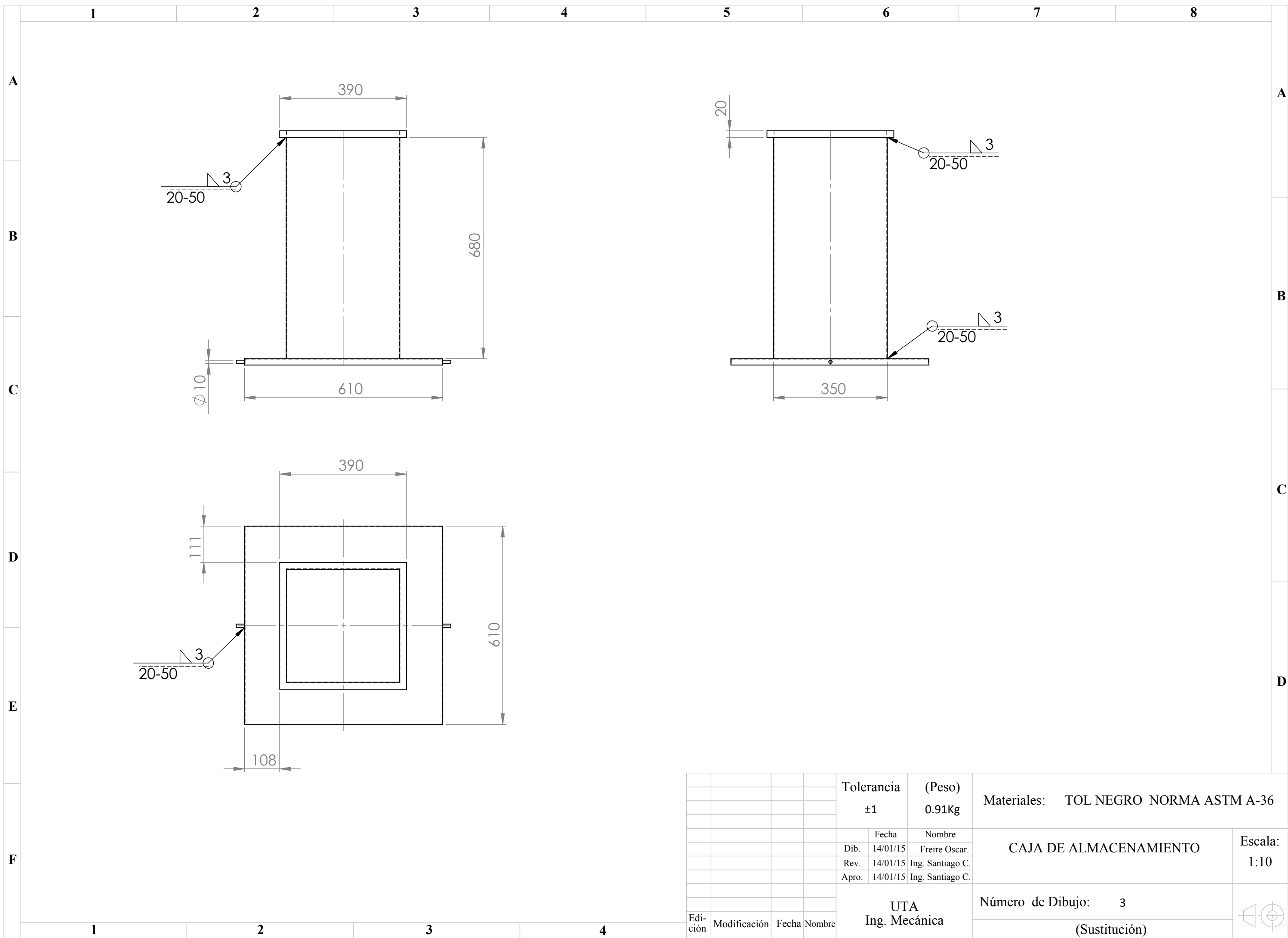
Nº de orden	Denominación	Nº de dibujo	Materiales:	Nº de pieza	Peso Kg/pieza	Observación
14	Tapa agujeros		Tol negro	1	0.8	ASTM A-36
13	Perno sujetador		Tol negro	2	0.02	ASTM A-36
12	Difusor de aire		Tol negro	1	3.18	ASTM A-36
11	Puerta		Tol negro	1	0.6	ASTM A-36
10	Caja		Tol negro	1	45.36	ASTM A-36
9	Base		Tol negro	1	0.09	ASTM A-36
8	Platina		Tol negro	1	0.4	ASTM A-36
7	Pernos de 1/4 pulg		Tol negro	28	2.52	ASTM A-194
6	Camara de transformacion		Tol negro	1	0.6	ASTM A-36
5	Tubo de 6pulg		Tol negro	1	0.95	ASTM A-36
4	Soporte de Plato		Tol negro	1	0.45	ASTM A-36
3	Caja de almacenamiento		Tol negro	1	0.91	ASTM A-36
2	Tapa		Tol negro	1	0.5	ASTM A-36
1	Manija		Tol negro	4	0.1	

Tolerancias		(Peso)		Materiales:	Nº de pieza	Peso Kg/pieza	Observación
± 1		70.68 kg					
Fecha	Nombre	FOGON MEJORADO CON AISLAMIENTO TERMICO				Escala: 1:5	
Dib.	30/05/14 Fernando Freire						
Rev.	30/05/14 Ing. Cabrera S.						
Apro.	30/05/14 Ing. Cabrera S.						
U.T.A Ing. Mecánica		Número del Dibujo: 1		(Sustitución)			
Edi-cion	Modificación	Fecha	Nombre				



				<b>Tolerancia</b>	<b>(Peso)</b>	<b>Materiales:</b>		<b>TOL NEGRO ASTM A -36</b>
				<b>±1</b>	<b>0.5kg</b>			
					<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>TAPA</b>	
				<b>Dib.</b>	14/01/15	Freire Oscar		
				<b>Rev.</b>	14/01/15	Ing. Santiago Cabrera		
				<b>Apro.</b>	14/01/15	Ing. Santiago Cabrera		
				<b>UTA</b>		<b>Número de Dibujo:</b>		
<b>Edición</b>	<b>Modificación</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ing.Mecánica</b>		<b>2</b>		
						<b>(Sustitución)</b>		

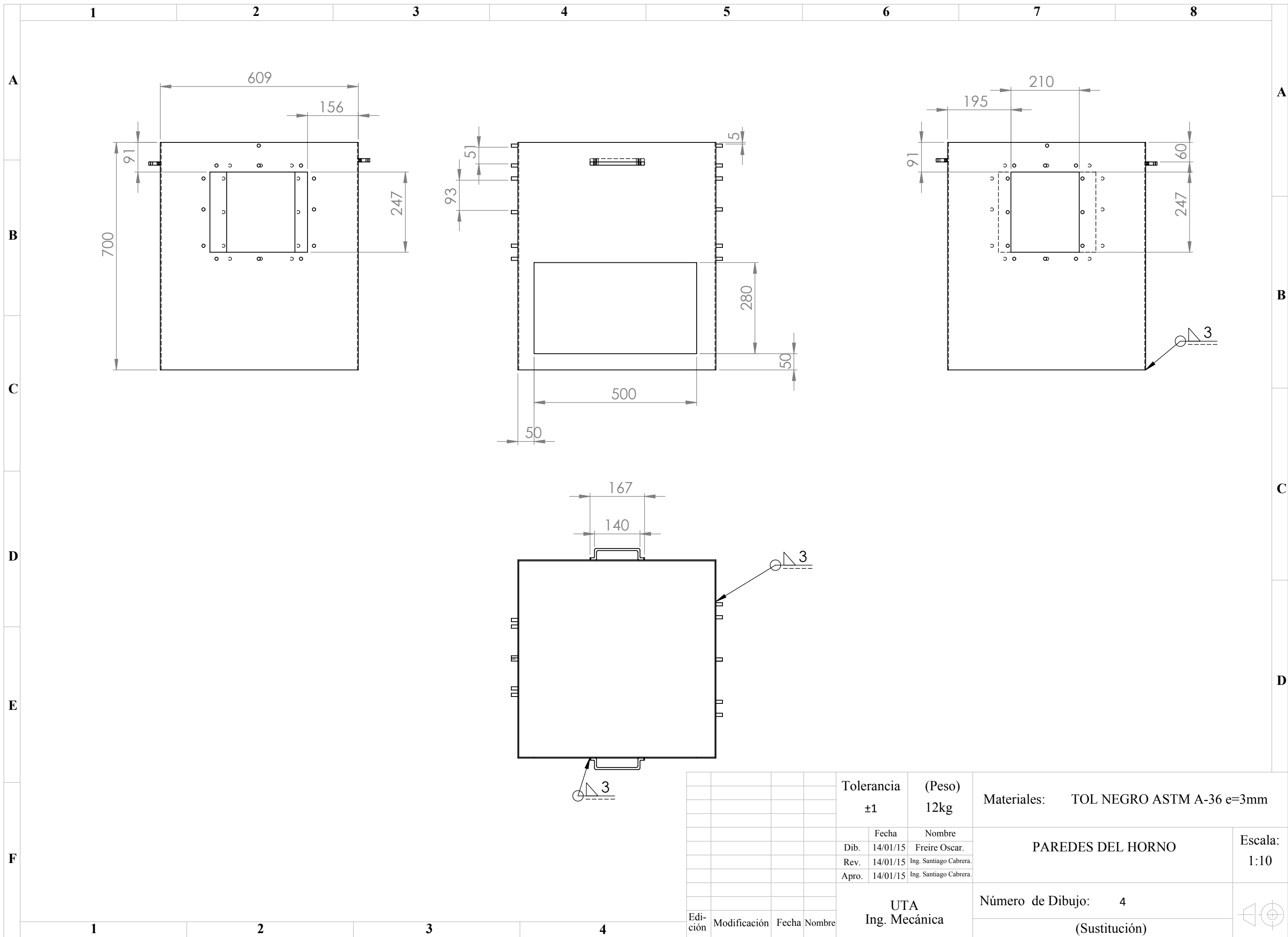


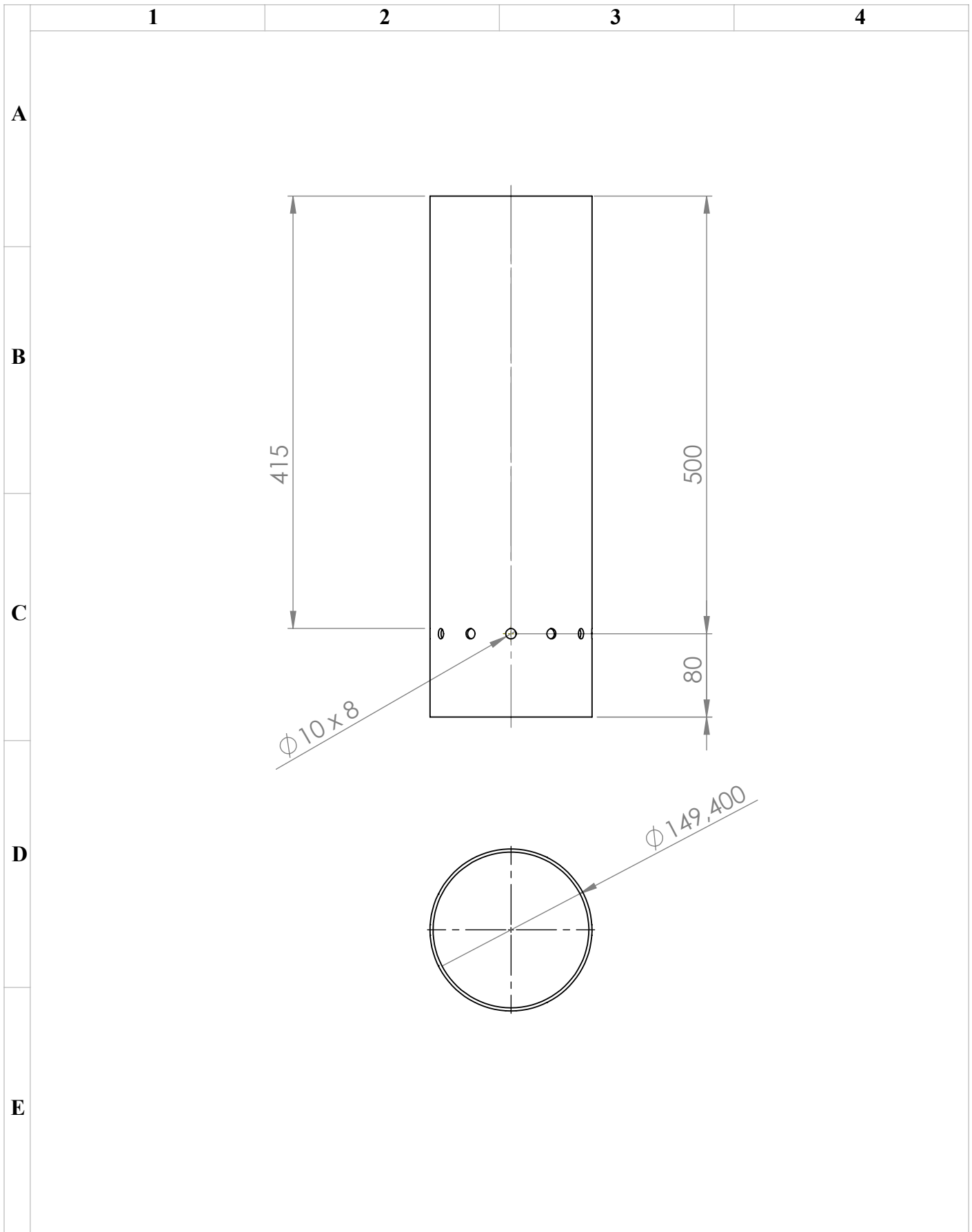


					Tolerancia	(Peso)	Materiales: TOL NEGRO NORMA ASTM A-36
					±1	0.91Kg	
							CAJA DE ALMACENAMIENTO
					Fecha	Nombre	
					Dib. 14/01/15	Freire Oscar.	
					Rev. 14/01/15	Ing. Santiago C.	
					Apro. 14/01/15	Ing. Santiago C.	Escala: 1:10
					UTA Ing. Mecánica		Número de Dibujo: 3
							(Sustitución)

Edición	Modificación	Fecha	Nombre
---------	--------------	-------	--------





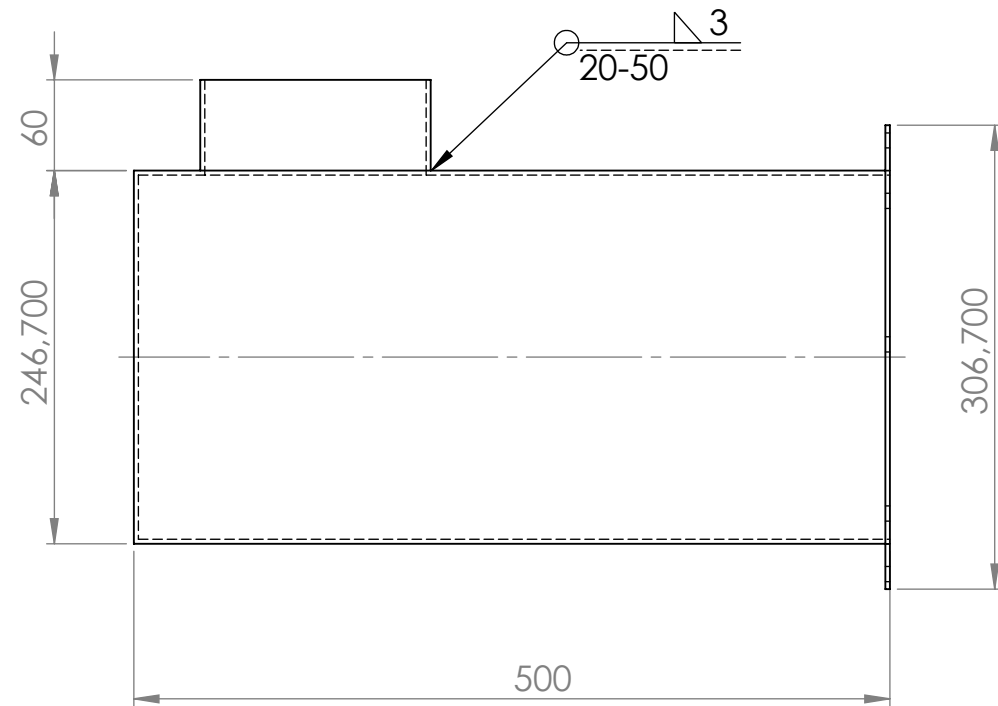
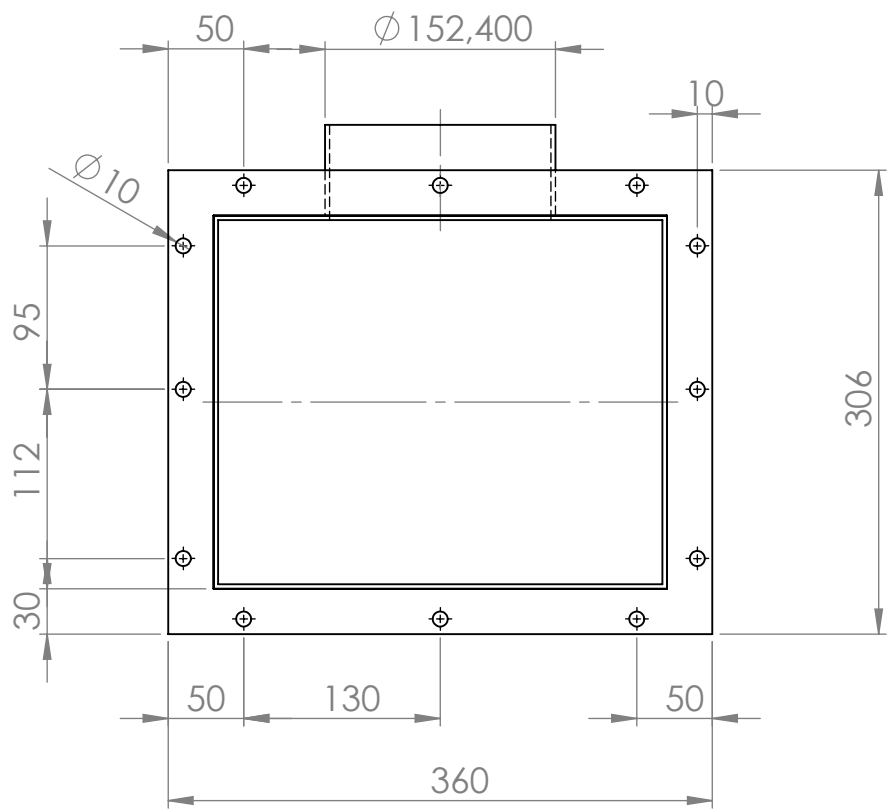


				<b>Tolerancia</b>	<b>(Peso)</b>	<b>Materiales:</b> TOL NEGRO ASTM A -36	<b>Escala:</b> 1:5
				$\pm 1$	0.95kg		
					<b>Fecha</b>	<b>TUBO DE 6pulg</b>	
				<b>Dib.</b>	14/01/15 Freire Oscar		
				<b>Rev.</b>	14/01/15 Ing. Santiago Cabrera		
				<b>Apro.</b>	14/01/15 Ing. Santiago Cabrera		
				<b>UTA</b> <b>Ing.Mecánica</b>		<b>Número de Dibujo:</b> 5	
<b>Edición</b>	<b>Modificación</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>			<b>(Sustitución)</b>	



A

A



B

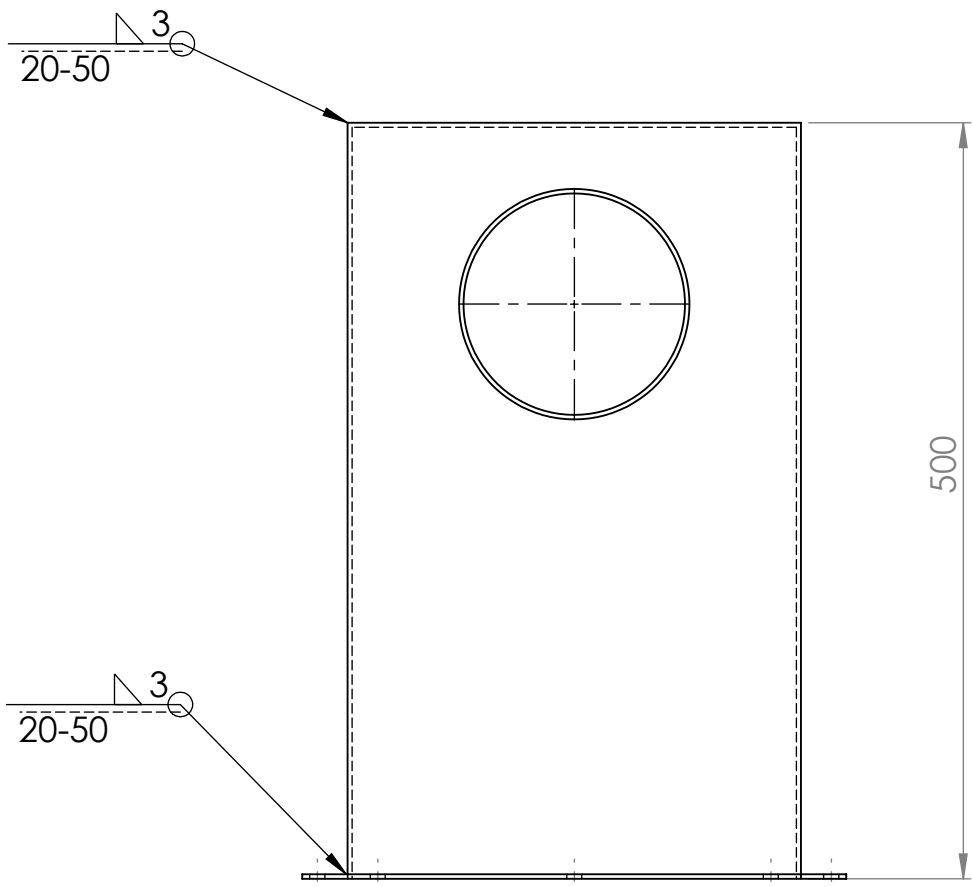
B

C

C

D

D



E

F

						Tolerancia	(Peso)	Materiales: TOL NEGRO NORMA ASTM A-36		
						±1	0.6Kg			
							Fecha	Nombre	CAMARA DE TRANSFORMACION	
						Dib.	14/01/15	Freire Oscar.		Escala: 1:5
						Rev.	14/01/15	Ing. Santiago C.		
						Apro.	14/01/15	Ing. Santiago C.		
						UTA Ing. Mecánica		Número de Dibujo: 6		
								(Sustitución)		

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

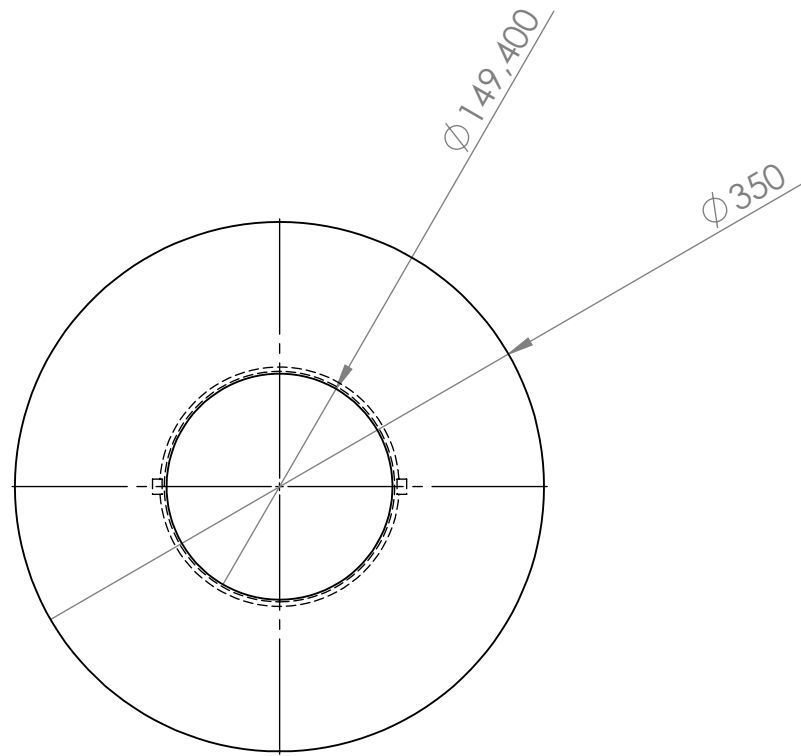
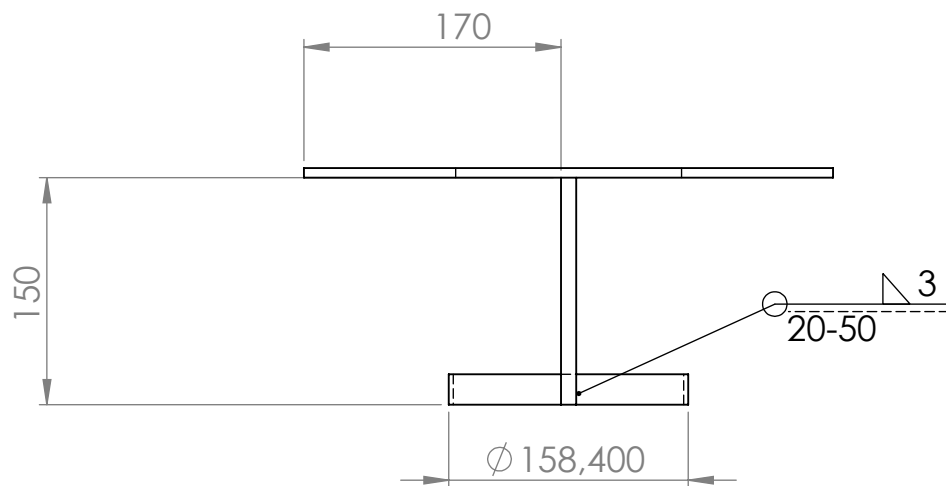
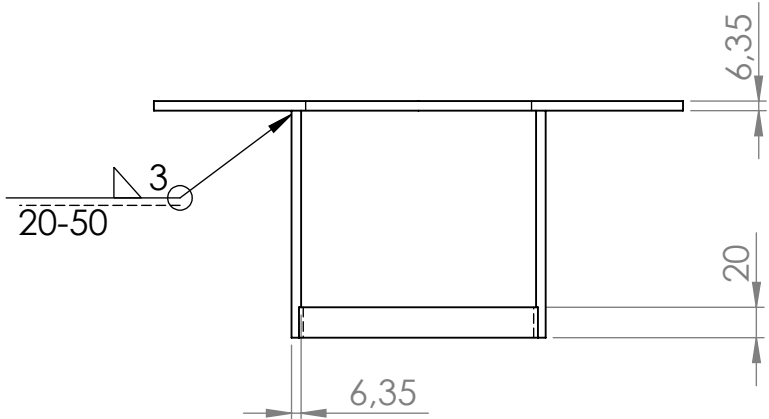
C

D

D

E

F



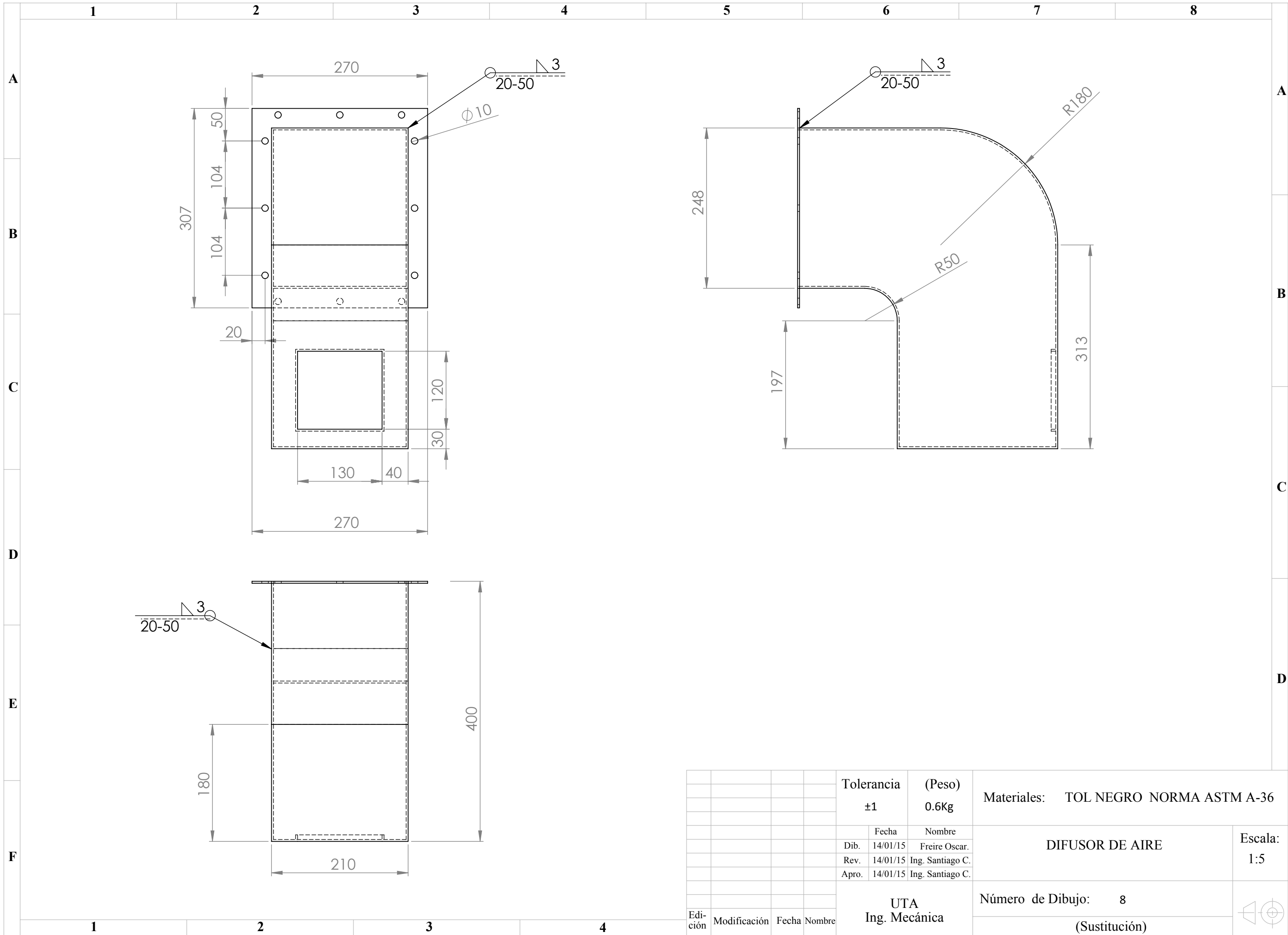
					Tolerancia ±1	(Peso) 0.45Kg	Materiales: TOL NEGRO NORMA ASTM A-36	
							SOPORTE DE PLATO	
							Escala: 1:5	
							Número de Dibujo: 7	
							(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre		UTA Ing. Mecánica			

1

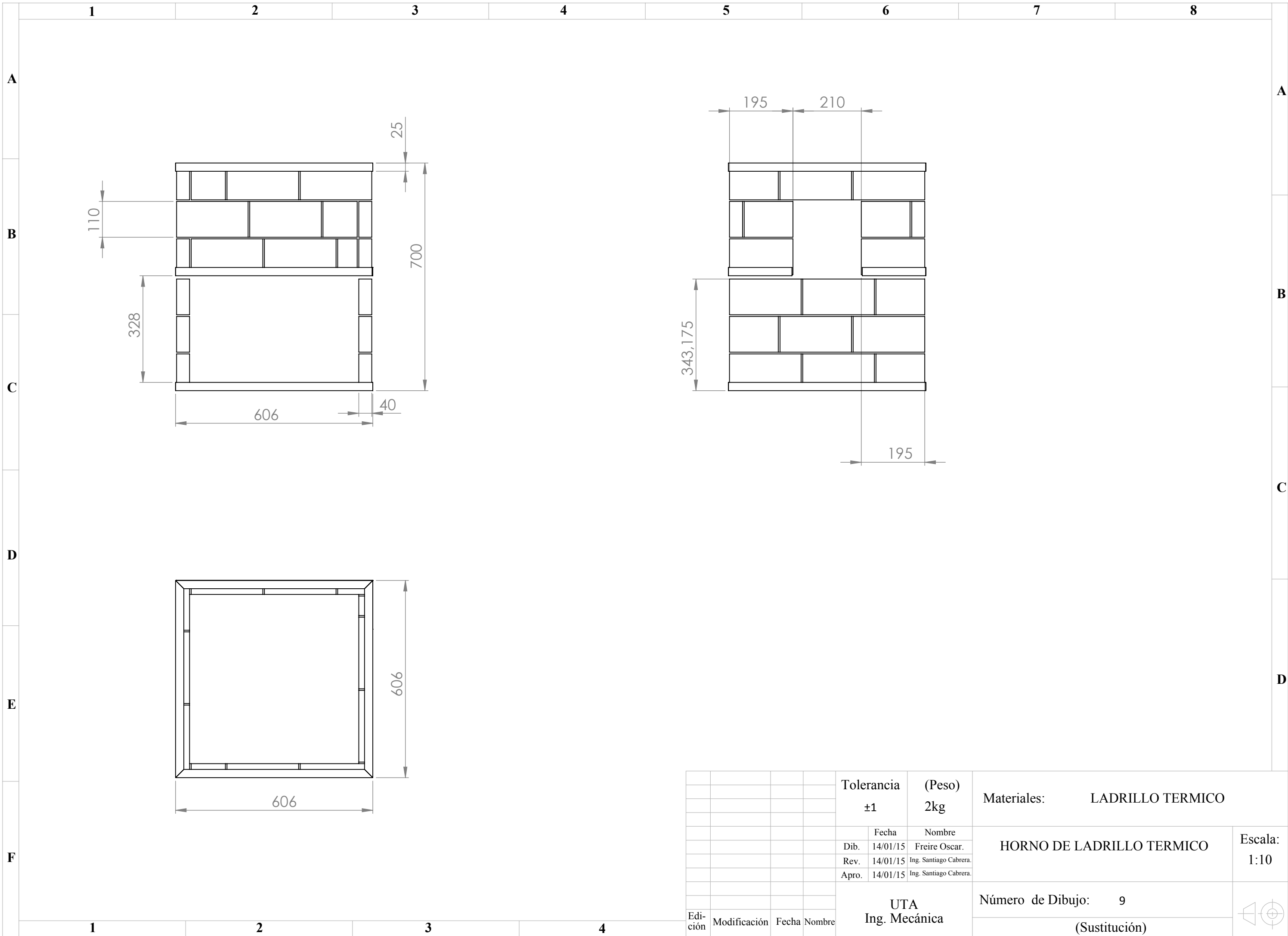
2

3

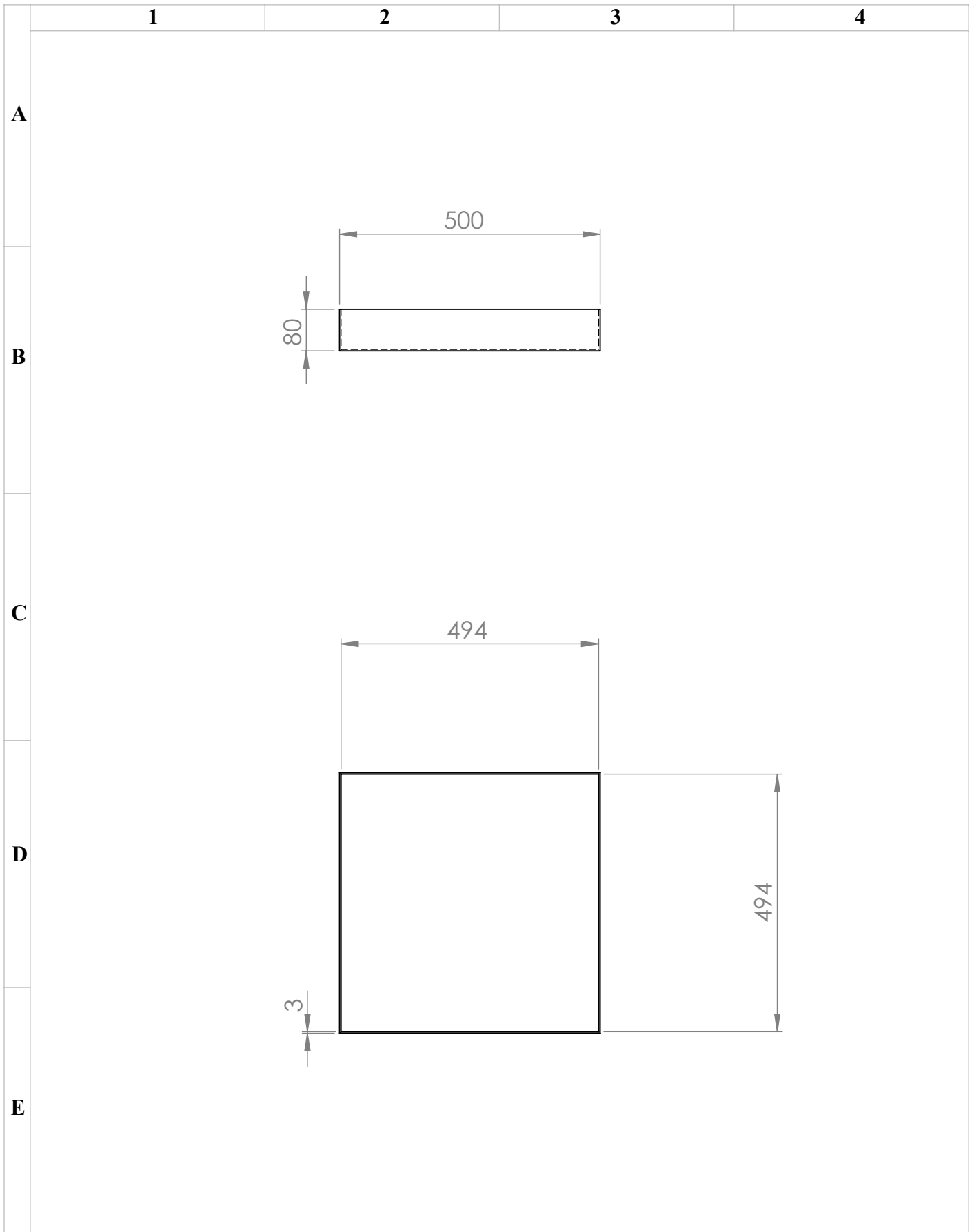
4



					Tolerancia	(Peso)	Materiales: TOL NEGRO NORMA ASTM A-36	
					±1	0.6Kg		
						Fecha	Nombre	
					Dib.	14/01/15	Freire Oscar.	DIFUSOR DE AIRE
					Rev.	14/01/15	Ing. Santiago C.	
					Apro.	14/01/15	Ing. Santiago C.	
					UTA		Número de Dibujo:	8
					Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					Escala: 1:5



					Tolerancia ±1	(Peso) 2kg	Materiales: LADRILLO TERMICO	
							HORNO DE LADRILLO TERMICO	Escala: 1:10
					Fecha	Nombre		
					Dib. 14/01/15	Freire Oscar.		
					Rev. 14/01/15	Ing. Santiago Cabrera.		
					Apro. 14/01/15	Ing. Santiago Cabrera.		
					UTA Ing. Mecánica		Número de Dibujo: 9	
							(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



				<b>Tolerancia</b>	<b>(Peso)</b>	<b>Materiales:</b> TOL NEGRO ASTM A -36	
				<b>±1</b>	<b>0.1kg</b>		
				<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>RECOLECTOR DE CENIZA</b>	
				<b>Dib.</b>	14/01/15 Freire Oscar		
				<b>Rev.</b>	14/01/15 Ing. Santiago Cabrera		
				<b>Apro.</b>	14/01/15 Ing. Santiago Cabrera		
				<b>UTA</b>		<b>Número de Dibujo: 10</b>	
				<b>Ing.Mecánica</b>			
<b>Edi- ción</b>	<b>Modificación</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>			<b>(Sustitución)</b>	