

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS AMBIENTALES



Aprovechamiento sostenible de los desperdicios de transformación  
primaria de *Pinus sp* para el secado de Madera *in Situ*

Trabajo profesional presentado por  
Alvaro Samayoa Tercero  
Para optar al grado de Maestría en Estudios Ambientales

Guatemala  
2007



Aprovechamiento sostenible de los desperdicios de transformación  
primaria de *Pinus sp* para el secado de Madera *in Situ*

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
MAESTRÍA EN ESTUDIOS AMBIENTALES



Aprovechamiento sostenible de los desperdicios de transformación  
primaria de *Pinus sp* para el secado de Madera *in Situ*

Trabajo profesional presentado por  
Alvaro Samayoa Tercero  
Para optar al grado de Maestría en Estudios Ambientales

Guatemala  
2007

## **Agradecimientos**

Ante todo, agradezco a mis padres ya que nunca han dejado de creer en mí.

A mis amigos que conocí en la Universidad y que gracias a ellos soy quien soy hoy en día. Los heises (Rene, Ivo, David), entre otros que me topè en mi larga carrera Universitaria.

A mis amigos que tuve la oportunidad de conocer afuera de la Universidad y de una manera o otra me hicieron mantener apretando mi sueño de ser un profesional. Gracias Corina y por supuesto Fernando.

A mis compañeros de la maestría, como no los voy a olvidar. Brenda por sus fotocopias, sus eternos e-mails y por último a la persona que estuvo incondicionalmente a mi lado en los dos años de la maestría y por diferencias personales no logró ver este final. Gracias.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
Prefacio	v
Lista de cuadros	viii
Lista de figuras	viii
Lista de anexos	viii
Resumen	ix
Capítulos	
1. Introducción	1
2. Problema	2
3. Antecedentes	4
4. Justificación	9
5. Objetivos	13
5.1. Objetivos generales	13
5.2. Objetivos específicos	13
6. Metodología	14
7. Características básicas del secado de madera	15
7.1. Diseño y construcción del horno de secado	15
7.2. Descripción y discusión de cada elemento del horno de secado de madera	16
7.3. Capacidades calóricas de los diferentes recursos forestales	19
8. Resultados	21
8.1. Análisis del secado de madera de horno de leña con un secador de madera de diesel	21
8.2. Prueba estadística entre los hornos de secado de madera de combustible y biomasa	22
8.2.1. Tablas del porcentaje de humedad	22
8.2.2. Prueba estadística	23
9. Costos asociados al secado de madera	
9.1. Costos comparativos de inversión de los hornos de secado de madera entre un horno de quemado de biomasa y de combustible.	25
9.1.1. Costo de inversión del secado de biomasa	25
9.1.2. Costo de inversión del secado de madera	25
9.1.3. Costo de inversión del secador de combustible	26
9.2. Costos asociados al secado de madera	27
9.3. Costo de operación de los secadores de madera con	28

combustible y biomasa	
9.3.1 Costos de operación del horno de secado de madera con combustible	29
9.3.2 Costos de secador de madera con combustible de biomasa (FB1)	29
9.3.3 Costos de secador de madera con combustible de biomasa (FB2)	29
10. Análisis económico	
10.1.1 El Valor Neto Actual -VAN-	30
10.1.2 La Tasa Interna de Retorno TIR	30
10.1.3 Resultados	30
10.2 Cuadro comparativo de ventajas y desventajas	30
10.3 Resultados	31
11. Discusión	33
12. Conclusiones	35
13. Recomendaciones	36
14. Literatura citada	37
15. Glosario de términos	38
16. Acrónimos	40

## Listado de cuadros

No. Cuadros	Página
1. Producto Interno Bruto a precios de mercado años 2,000-2,005	9
2. Producto Interno Bruto del sector agropecuario a precios de mercado años 2,000-2,005	10
3. Exportaciones realizadas durante el año 2,005	11
4. Listado de equipos para la construcción del secador de madera	16
5. Calor específico de diferentes combustibles	19
6. Datos de porcentaje de humedad del horno de diesel	23
7. Datos de porcentaje de humedad del horno de biomasa	23
8. Cuadro comparativo de costos económicos de operación	25
9. Listado de costos del horno de secado de madera con biomasa	26
10. Listado de costos del horno de secado de madera con combustible	27
11. Costos de operación del horno de combustible	29
12. Costos de operación del horno de biomasa (FB1)	29
13. Costos de operación del horno de biomasa (FB2)	29
14. Flujo de fondos de las diferentes opciones de secado.	31

## Figuras

No. Figura	Página
1. Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra en Guatemala	6
2. Mapa de localización de Departamentos de Guatemala	7
3. Diagrama de un horno de secado de madera	15
4. Fotos de calderas de leña y ladrillos refractarios	17
5. Ventiladores de horno de secado de madera	17
6. Circulación de aire en las perchas de madera en el furgón	18
7. Sistema de secado de horno del furgón visto horizontalmente	19
8. Curva de secado de horno de biomasa	21
9. Curva de secado de horno de diesel	22
10. Prueba t, diferencia de medias poblacionales	24
10. Grafica del historial de los precios del petróleo del mundo	33

## Anexos

No. Anexo	Página
1. Prueba estadística	35
2. Importaciones realizadas durante el año 2,005	36
3. Flujo de fondos de secador de madera con combustible a 5%	37
4. Flujo de fondos de secador de madera con combustible a 8%	37
5. Flujo de fondos de secador de madera con combustible a 10%	37
6. Flujo de fondos del proyecto secador de madera con biomasa FB1	40
7. Flujo de fondos del proyecto secador de madera con biomasa FB2	40



## Resumen

Se presenta una investigación de carácter técnico, económico y ambiental de un secador de madera *in situ* para el aprovechamiento forestal en un centro de acopio de madera. La investigación parte del supuesto que mejorando la calidad de la madera a través de procesos de secado, redundará directamente en una mayor valorización de los recursos forestales y en su manejo sostenible.

El estudio está dividido en cuatro capítulos; en el primer capítulo se presenta la metodología utilizada, determinan los principios, definiciones, así como las fases de un aprovechamiento forestal sostenible, los productos que se obtienen de una extracción, y la definición de equipos para extracción de producción de madera aserrada.

En el tercer capítulo se definen las características básicas del horno de secado de madera, y su relación con la capacidad-calórica de los recursos secundarios de las plantaciones de *Pinus sp.* en hornos de secado de madera.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados de la evaluación técnica y económica de secado de madera *in situ*, en relación de la madera sin secar. Se realiza un análisis de oferta y demanda energética, teórica y práctica del horno de secado de madera, utilizando recursos secundarios de plantaciones de *Pinus sp.* Sobre esta base, se determina el costo de utilizar recursos secundarios de las plantaciones pinus, versus el uso del diesel. La información permite determinar el costo beneficio de un secador de madera y el valor agregado que este proceso confiere a los sub-productos del bosque; valor aún no reconocido debido a la falta de procedimientos para su estimación y valorización económica.

En la parte final se presentan las consideraciones ambientales del secado de madera *in situ* con biomasa forestal, así como un análisis de costo beneficio del secado *in situ* utilizando biomasa como combustible principal.

## 1. Introducción

El sector industrial forestal de pequeñas y medianas empresas se caracteriza por la carencia de tecnologías avanzadas en especial en el área de procesos de transformación de la madera. Esta limitación genera prácticas industriales que inciden directamente en la baja calidad del producto final, limitando el volumen de exportaciones y abasteciendo de manera ineficiente al mercado local. Como resultado tanto el industrial como el productor reciben un bajo retorno financiero que no les permite invertir en tecnología limpia para una mejor utilización de los recursos del bosque y la sostenibilidad ambiental.

Una de las tecnologías de mayor incidencia en la productividad y eficiencia en los procesos de transformación de madera es el secado al horno. El secado al horno consiste básicamente en exponer la madera a aire caliente con determinado grado de humedad. Solamente un reducido número de pequeñas y medianas empresas en Guatemala han implementado esta tecnología de secado de madera debido entre otros factores, a los altos costos que representan los equipos de secado importados a los cuales sólo tienen acceso empresas de gran escala.

La falta de procesos adecuados de secado de madera ha limitado la exportación de madera dimensionada de especies con potencial de exportación como *Cibistax donnell-smithii* (Palo blanco) o *Pinus Sp.* (Pino) en gran medida. Esto incide en la calidad y características finales del producto; en especial, en la fabricación de muebles en donde la estabilidad dimensional de la madera es crítica para la manufactura industrial. La estabilidad dimensional de la madera es la capacidad de mantener estables sus dimensiones frente a cambios prolongados de la higrometría del ambiente en que se encuentra. Esto se logra bajo procesos adecuados de secado en los que la madera pasa por temperaturas y humedades para extraer la humedad de ella.

En atención a su gran espectro de aplicaciones en el sector forestal y a su impacto ambiental, el presente estudio tiene como objetivo analizar la posibilidad de implementar un horno de secado de bajo costo, que permita utilizar biomasa de la industria forestal como combustible para la alimentación del horno y cuya tecnología puede estar disponible para las pequeñas y medianas empresas.

Desde el punto de vista ambiental, el estudio apunta a la rentabilidad financiera y económica de la utilización de los subproductos del bosque, identificando en esta forma su valor económico y, por lo tanto, estimulando un manejo forestal sostenible.

## 2. El Problema

La pérdida de grandes extensiones de bosques en Guatemala es uno de los problemas de mayor preocupación en el país. Aunque existen diversas causas que generan la degradación forestal, una de las más importantes parece ser la baja valoración que los propietarios del bosque y la sociedad en general otorgan a los productos y subproductos del bosque. Este comportamiento genera un círculo vicioso; los propietarios, no realizan un manejo sostenible del bosque, porque no visualizan sus beneficios futuros y, a su vez, sus beneficios son bajos porque los recursos forestales se deterioran.

La principal razón de esta desvalorización es que los productos del bosque, principalmente la madera, son comercializados en el mercado informal sobre la base de baja calidad principalmente por su alto grado de humedad que incide directamente en su grado de capacidad para ser utilizada en procesos industriales de alto valor agregado, especialmente aquellos orientados a la exportación. La otra razón de la baja valoración de los recursos del bosque es que muchos de los servicios que generan la biodiversidad, la recreación, la retención hídrica y otros, no son comercializados en el mercado dado que se ignora su valor económico. Aún cuando los recursos forestales son reconocidos, no existen tecnologías o medidas tendientes a utilizarlos eficientemente, principalmente entre las pequeñas y medianas empresas.

Se parte del principio que el secado de madera es un proceso que confiere mayor valor agregado a la madera, y por lo tanto una valorización de los recursos del bosque. En esta investigación, se propone una tecnología de secado accesible a las pequeñas y medianas empresas que les permita mejorar la calidad de los productos, incrementar sus ingresos y disponer de recursos a ser invertidos en la sostenibilidad ambiental.

El secado de la madera se define como el puente intermedio entre la madera aserrada sin mayor acabado y el paso crítico hacia un producto con alto valor agregado que tipifica su importancia en la cadena productiva del sector forestal. El secado reduce el contenido de humedad de la madera a niveles que no permiten la infección por patógenos; también logra la estabilidad dimensional a través de la contracción permanente en cada uno de los planos de la madera, producto de la misma pérdida de humedad.

Sin embargo, el proceso de secado de madera ha tenido un bajo desarrollo tecnológico en el país a lo largo de los años ocasionando que en Guatemala no exista un mercado interno establecido de madera seca. Esto hace que los procesos de maquilado de productos de valor agregado, en especial muebles, lleven entre un tiempo de fabricación 60% a 80% mayor que en otros países, reduciendo la competitividad de los fabricantes (COFAMA, 2004).

Otro ejemplo importante de la valorización de los recursos forestales es el de manufactura de muebles que en la actualidad se ha convertido en un importante sector de exportación. Actualmente existen 55 empresas afiliadas a la Comisión de Fabricantes de Muebles y otros Productos Forestales – COFAMA- de la Asociación Gremial de Exportadores –AGEXPORT. Adicionalmente la Gremial Forestal de la Cámara de Industria cuenta con 78 empresas y 5 asociaciones afiliadas.

A pesar de la entrada en vigencia del TLC-DR-CAFTA con los Estados Unidos, el cual facilita la exportación de estos productos con un acceso inmediato al mercado con un arancel del 0%, estas empresas enfrentan grandes limitaciones para exportar mayores volúmenes de productos de madera al mercado mundial debido a la dificultad de cumplir con los requerimientos de calidad internacionales. Por ejemplo, los Estados Unidos han

adoptado la norma ISPM 15, de la Convención Internacional de Protección de Plantas (International Plant Protection, IPPC), que cubre todos los materiales de madera para empaque y que se aplica a las importaciones provenientes de todos los países del mundo. De acuerdo con esta norma, se requiere que los materiales de empaque de madera sustenten la marca estandarizada que muestre que han sido secados a una humedad de 19%, y tratados al calor para alcanzar una temperatura de 56 grados Celsius (GTZ, 2006). El sector de madera aserrada ve limitadas sus posibilidades de exportación debido a la falta de procesos de secado, por ejemplo, el tratamiento térmico aplicado a tarimas para permitir su ingreso a los países importadores.

### 3. ANTECEDENTES

Guatemala es un país eminentemente forestal, ya que aproximadamente una tercera parte del país tiene algún tipo de cubierta forestal, ya sea en forma boscosa, en forma de archipiélagos forestales, como agrupaciones aisladas o como hilos o alamedas a lo largo de cauces de ríos (URL, 2004).

De acuerdo con el estudio de capacidad del uso de la tierra (INAB, 2002) se estima que el 40.2% del territorio nacional tiene una aptitud preferentemente forestal y el 24.1% forestal productiva. (Ver Cuadro No.1). Los datos sobre cobertura forestal incluyen todas las categorías de bosques que se caracterizan por las especies presentes: los denominados bosques de coníferas, bosques mixtos (Coníferas-latifoliados), bosques latifoliados y dentro de estos, el bosque de manglar (URL, 2004).

En lo que respecta al recurso forestal el presente trabajo de graduación se centra en el aprovechamiento sostenible del bosque de coníferas, formado por una o mas especies, principalmente las siguientes: pino (*Pinus* spp), pinabete (*Abies guatemalensis*), ciprés (*Cupresus lusitánica*), sabino o ahuehuate (*Taxodium mucronatum*). Estos bosques se distribuyen principalmente en los departamentos de San Marcos, Huehuetenango, Quiché, Baja Verapaz y Totonicapán (ver Figura No.2), departamentos que a su vez tiene el mayor porcentaje de la población en mayor grado de pobreza en Guatemala. Es importante indicar que se estima que cerca del 75% de la madera que se procesa en el país, proviene de bosques naturales de coníferas.

Dada la importancia del sector forestal en la economía del país, el Gobierno ha implementado tres programas de fomento para ampliar la cobertura forestal, los cuales están directamente relacionados con los bosques y plantaciones forestales de pino: i) el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), ii) Programa de Incentivos Forestales Para Pequeños Propietarios (PINPEP), estos son una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo que promueve el Instituto Nacional de Bosques (INAB) con miras a impulsar el fomento de la producción forestal sostenible en el país, mediante el estímulo a la inversión en las actividades de forestación, reforestación y manejo de bosques naturales. Y, iii) el Programa de Incentivos fiscales, herramienta de incentivo puesta en operación en los años 80 por DIGEBOS.

No existe una evaluación de impacto de estos programas, pero de acuerdo a la información del Instituto Nacional Forestal; En el año de 1,989, se promulgó el Decreto 70-89, el cual suprimió al INAFOR, y fue creada la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre, DIGEBOS que fue el primer programa forestal habría promovido 18.8 miles de hectáreas de plantaciones.

A fines de 1996, el decreto legislativo 101-96, esta misma Ley, sustituye el antiguo Servicio Forestal y crea al Instituto Nacional de Bosques –INAB-, como una entidad estatal, autónoma, descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa; con la designación de ser el órgano de dirección y autoridad en Materia Forestal. Entre sus principales atribuciones, la ley le establece: «Ejecutar las políticas forestales que cumplan con los objetivos de esta Ley», «Promover y fomentar el desarrollo forestal el país mediante el manejo sostenido de los bosques», «Otorgar, denegar, supervisar, prorrogar y cancelar el uso de concesiones forestales, de las licencias de aprovechamiento de productos forestales, fuera de las áreas protegidas», entre las más importantes.

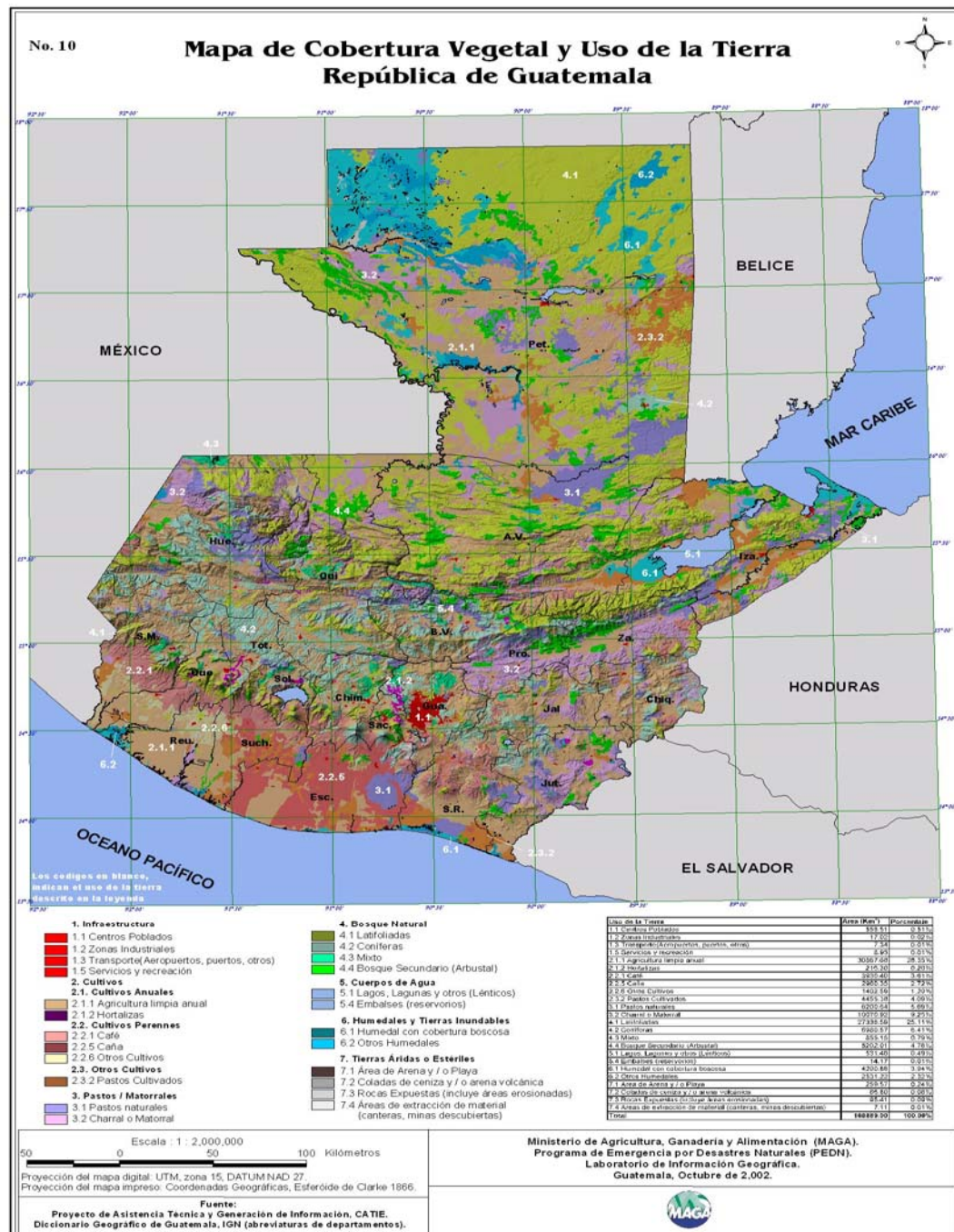
El Instituto Nacional de Bosques, se le delega en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas, la responsabilidad de otorgar incentivos a los propietarios de tierras de vocación forestal, que se dediquen a la ejecución de proyectos forestales. De ahí nace el PINFOR, que en 1997 inicia sus acciones. Con la ayuda de los incentivos forestales, el INAB a generado la reforestación de aproximadamente 19.4 miles de hectáreas.

Bajo el Instituto Nacional de Bosques y con fondos del Reino de los Países Bajos, en 2,006 fue creado el Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal, PINPEP. El periodo de ejecución es de 5 años; 2006-2011 y tiene un monto de Q. 63 millones. El PINPEP, contribuirá a atender a no propietarios de tierras que deseen participar en el proceso de reforestación y manejo sostenible de los bosques naturales. Éste es un sector de la población que por problemas legales no era atendido por el PINFOR. La importancia de los resultados esperados, de concretarse, es que corresponden a productores de escasos recursos poseedores de tierras de vocación forestal que elevarán su nivel de vida por venta de productos maderables y no maderables.

Es importante mencionar que el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), es una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo que promueve el Instituto Nacional de Bosques, INAB, con miras a impulsar el fomento de la producción forestal sostenible en el país, mediante el estímulo a la inversión en las actividades de forestación, reforestación y manejo de bosques naturales.

El PINFOR estará vigente hasta el año 2017. Durante este período de tiempo, el estado otorgará incentivos forestales a los propietarios de tierras de vocación forestal, una sola vez para la misma área de acuerdo al plan de reforestación y/o manejo aprobado por le INAB.

Figura No 1 Mapa cobertura vegetal y uso de la tierra en Guatemala

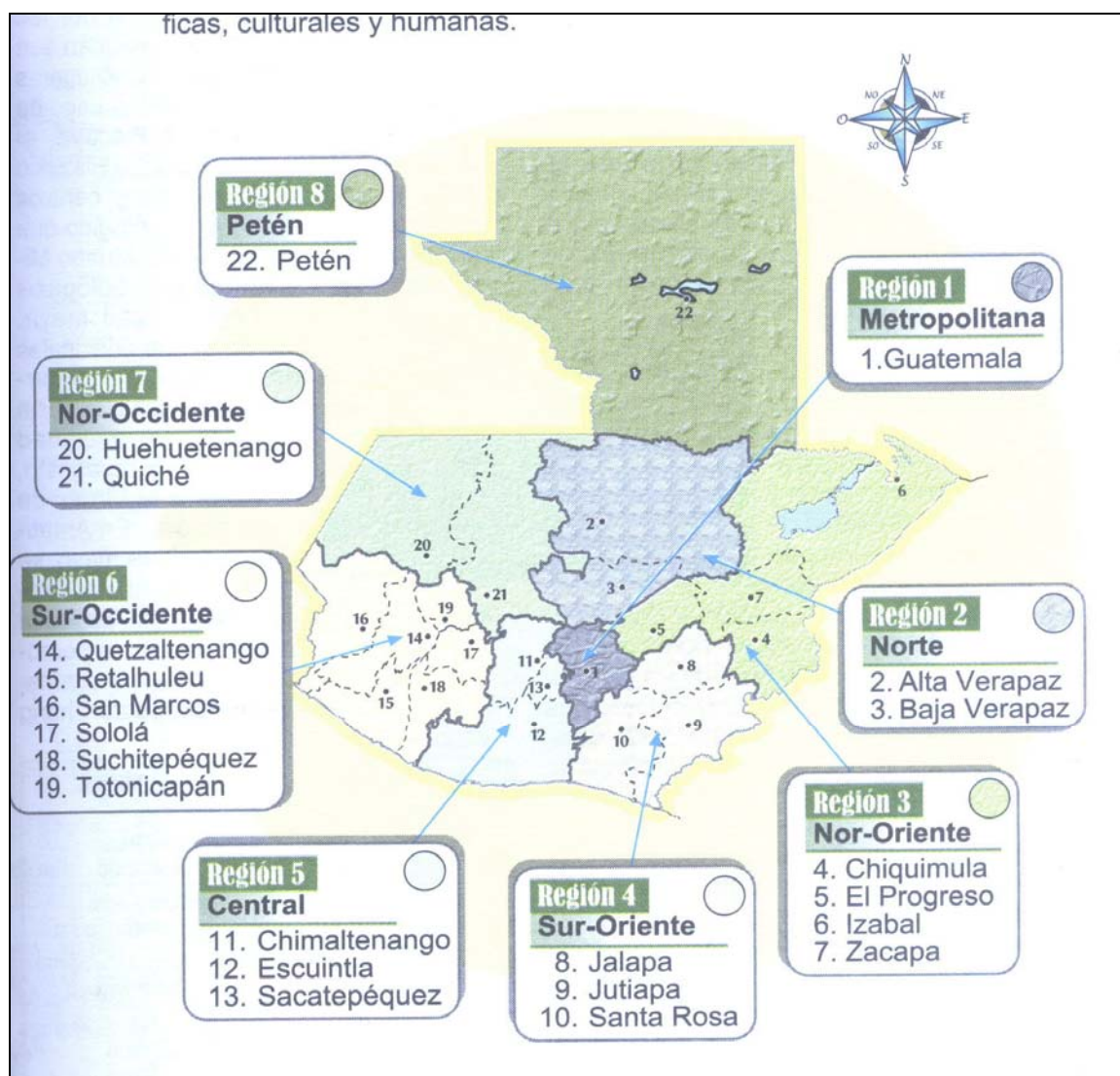


Fuente Perfil Ambiental de Guatemala, 2004

A pesar de los esfuerzos anteriores el problema de la deforestación es evidente en el país. De acuerdo con estudios específicos, el país ha perdido el 50% de los bosques que existían en 1950; otros estudios estiman la deforestación en alrededor de 54.0 mil hectáreas anuales (Castañeda, 2002).

Diversos son los factores que contribuyen a la deforestación masiva del país; entre ellos el crecimiento de la frontera agrícola, la agricultura migratoria y los requerimientos de biomasa como fuente de energía para la población. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística –INE–, más del 50% de la población utiliza biomasa como combustible para cocinar, situación que se eleva al 86% en el área rural (INE, Censo 2002).

Figura No. 2 Mapa de localización de departamentos de Guatemala



Fuente, *Perfil Ambiental de Guatemala, 2004*

Recientemente se está poniendo atención a dos factores que inciden directamente en la deforestación y manejo no sostenible del bosque: las condiciones financieras de la actividad forestal, y el desconocimiento del valor de los productos y subproductos del bosque. Bajo los actuales sistemas de aprovechamiento forestal, la actividad tiene una baja rentabilidad financiera lo que no estimula a los propietarios del bosque a un manejo sostenible de la misma. La baja rentabilidad tiene su origen principalmente en la baja calidad del producto que se ofrece en el mercado. De los 231 aserraderos inscritos como industrias forestales en Guatemala (INAB, 2007) solamente 40 de ellos, o sea el 17.3% poseen un sistema de secado mixto artificial, que les permite ofrecer madera de cierta calidad a precios competitivos. El resto, 82.7%, dependen solamente del secado al sol, insuficiente para alcanzar los estándares de secado internacional.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Son diversos los aspectos que están relacionados con los resultados del presente trabajo de investigación; entre los cuales, son especialmente significativos los siguientes:

- La aplicación de un proceso de secado, a bajo costo, mejora los precios de la madera en el mercado y permite alcanzar los estándares de calidad internacional requeridos.
- Al secar la madera en el bosque o en lugares de acopio, se reducen los costos del transporte de la madera; el transportista deja de transportar volumen y agua, de la humedad extra que tiene la madera al ser cortada. Se calcula que el costo de transporte es más del 30% del costo de la madera y que un negocio forestal no es rentable si el bosque está a más de 150 Km. de la zona industrial que da el necesario proceso a la madera para un mayor valor agregado.
- Se mejora el rendimiento en cada fase del proceso; desde aprovechamiento hasta transformación, con un aprovechamiento forestal que permite procesar la madera antes de ser atacada por patógenos o insectos.
- Se incorpora mayor valor agregado al producto final mejorando la productividad y generando nuevos empleos.

Cuadro No I Producto Interno Bruto a precios de mercado años 2,000-2,005

ORIGEN POR RAMAS DE ACTIVIDAD DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO						
A PRECIOS DE MERCADO						
AÑOS 2000 - 2005						
(millones de quetzales de 1958)						
CONCEPTO	2000	2001	2002	2003	2004	2005 p/
<b>PRODUCTO INTERNO BRUTO</b>	<b>5,073.6</b>	<b>5,191.9</b>	<b>5,308.7</b>	<b>5,421.9</b>	<b>5,571.0</b>	<b>5,747.0</b>
<b>A. Bienes</b>	<b>2,162.0</b>	<b>2,188.6</b>	<b>2,219.5</b>	<b>2,272.5</b>	<b>2,332.7</b>	<b>2,395.7</b>
1. Agricultura, silvicultura, caza y pesca	1,157.9	1,171.3	1,192.5	1,230.3	1,279.3	1,308.0
2. Explotación de minas y canteras	26.4	26.6	29.2	30.4	28.1	27.5
3. Industria manufacturera	668.2	675.6	681.0	688.0	704.1	722.8
4. Construcción	98.6	110.6	93.7	90.6	74.1	86.0
5. Electricidad y agua	210.9	204.6	223.2	233.1	247.0	251.3
<b>B. Servicios</b>	<b>2,911.6</b>	<b>3,003.4</b>	<b>3,089.2</b>	<b>3,149.5</b>	<b>3,238.3</b>	<b>3,351.4</b>
6. Transporte, almacenamiento y comun.	489.6	522.7	552.3	578.7	633.7	692.9
7. Comercio al por mayor y al por menor	1,249.5	1,282.9	1,319.2	1,343.7	1,385.1	1,418.2
8. Banca, seguros y bienes inmuebles	265.6	260.6	265.3	269.2	275.1	283.7
9. Propiedad de vivienda	232.6	239.0	245.4	252.5	259.8	266.3
10. Administración pública y defensa	384.7	398.1	395.8	383.0	350.7	344.4
11. Servicios privados	289.7	300.2	311.2	322.3	333.9	345.7

Fuente: [www.banguat.gob.gt](http://www.banguat.gob.gt)

- La industria de productos de madera, principalmente de muebles, dispone de materia prima que les permite producir productos estables.

- Se incrementan las exportaciones de madera y productos de madera como resultado de mayor competitividad en el mercado, con base en precio y calidad.
- Los productores de madera, aprecian mejor el valor de los productos y subproductos del bosque lo que los incentiva a adoptar prácticas de manejo sostenible que favorecen el medio ambiente.
- Mejora los ingresos de las personas que viven de la actividad forestal principalmente en las regiones identificadas como las mas pobres del país. De acuerdo con la información proveniente de la Gremial Forestal, alrededor de 55,000 personas derivan su ingreso de la actividad forestal en forma directa. Se considera que una mejora en la calidad del producto estaría originando mejores precios y que de esta forma se estaría incrementando el ingreso real de estas personas.

Cuadro No. 2 Producto Interno Bruto del sector agropecuario a precios de mercado años 2,000-2,005

SECTOR AGROPECUARIO VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN, CONSUMO INTERMEDIO Y VALOR AGREGADO A PRECIOS DE PRODUCTOR AÑOS 2000 - 2005 (millones de quetzales de 1958)						
CONCEPTO	2000	2001	2002	2003	2004	2005 p/
<b>VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN</b>	<b>1,275.5</b>	<b>1,290.3</b>	<b>1,313.6</b>	<b>1,355.3</b>	<b>1,409.3</b>	<b>1,440.9</b>
<b>A. Agrícola</b>	<b>762.4</b>	<b>755.1</b>	<b>768.6</b>	<b>798.1</b>	<b>842.5</b>	<b>866.9</b>
1. De exportación	329.7	317.5	326.9	365.2	402.0	412.7
2. De consumo interno	227.0	226.2	223.9	225.9	224.7	233.8
3. De consumo industrial	205.8	211.4	217.7	207.0	215.7	220.3
<b>B. Pecuario</b>	<b>414.7</b>	<b>433.1</b>	<b>439.3</b>	<b>447.7</b>	<b>455.7</b>	<b>463.7</b>
<b>C. Silvicultura</b>	<b>82.3</b>	<b>84.8</b>	<b>86.9</b>	<b>89.1</b>	<b>91.3</b>	<b>93.6</b>
<b>D. Caza y pesca</b>	<b>16.1</b>	<b>17.3</b>	<b>18.7</b>	<b>20.4</b>	<b>19.8</b>	<b>16.8</b>
<b>CONSUMO INTERMEDIO</b>	<b>117.6</b>	<b>119.0</b>	<b>121.2</b>	<b>125.0</b>	<b>130.0</b>	<b>132.9</b>
<b>VALOR AGREGADO</b>	<b>1,157.9</b>	<b>1,171.3</b>	<b>1,171.3</b>	<b>1,192.5</b>	<b>1,230.3</b>	<b>1,279.3</b>
p/ Cifras preliminares						

Fuente: [www.banguat.gob.gt](http://www.banguat.gob.gt)

De los 5 ejes que mueven la económica del país el área forestal en el año 2,005 se reportó un Producto Interno Bruto (PIB) de 93.60 millones de quetzales de 1958. Este valor es general y no especifica el uso que se le dio a los recursos forestales. En los datos estadísticos del 2,005 del Instituto Nacional de Bosques; (INAB). Se muestra que el mayor producto forestal exportado es el de la madera aserrada con un valor de \$ 16 millones. El segundo producto de mayor exportación en Guatemala es el de cajas, cajones, jaulas, tambores y envases similares de madera, carretes, paletas y plataformas para carga con monto de US \$12 millones y medio. Este producto ya es con valor agregado, lo que lo hace que sea más rentable en el mercado.

Cuadro No. 3 Exportaciones realizadas durante el año 2,005

<b>PRODUCTO</b>	<b>US\$</b>
Semilla	\$10,587.00
Biomasa, madera en partículas, aserrín, biomasa y desechos de madera	\$5,057.00
Carbón vegetal	\$86,396.33
Madera en bruto	\$318,144.15
Flejes de madera, rodrigones hendidos, estacas y estaquillas de madera	\$4,465.31
Madera aserrada	\$16,553,510.92
Hojas para chapado o contrachapado	\$575,830.15
Madera incluida las de tablillas y frisos para parqués (zócalos), sin ensamblar	\$130,863.39
Tableros de partículas y tableros similares	\$2,083,663.04
Tableros de fibra de madera	\$6,578.27
Madera contrachapada, chapada y estratificada	\$4,295,741.15
Madera densificada en bloques, tablas, tiras o perfiles	\$5,257,137.82
Marcos de madera para cuadros, fotografías, espejos y otros objetos similares	\$215,239.59
Cajones, cajas, jaulas, tambores y envases similares de madera, carretes, paletas y plataformas para carga	\$12,534,297.95
Herramientas, monturas, mangos de herramientas, hormas	\$628,438.38
Obras y piezas de carpintería para construcciones	\$10,364,763.19
Artículos de mesa, o de cocina	\$68,741.13
Marquetería, artículos para joyería u orfebrería	\$306,839.10
Otras manufacturas de madera	\$2,064,412.42
Artículos y aparatos de ortopedia	\$412.50
Órganos de tubos y teclados, armonios e instrumentos similares de teclado	\$100.00
Instrumentos musicales en los que el sonido se produzca o tenga que amplificarse eléctricamente	\$1,676.82
Asientos con armazón de madera	\$234,187.25
Muebles de madera	\$11,481,776.37
Somieres, artículos de cama y similares, bien con resortes, bien rellenos o guarnecidos interiormente con cualquier materia, incluidos los de caucho o plástico celulares, recubiertos o no	\$628,492.33
Construcciones prefabricadas	\$175,961.00
Los demás juguetes, modelos reducidos a escala y modelos similares, para entretenimiento, incluso animados, rompecabezas de cualquier clase	\$27,350.43
Lápices, minas, pasteles, carboncillos, tizas para escribir o dibujar, incluso enmarcados	\$9,555,418.36
	<b>\$77,616,131.34</b>

Fuente: Instituto Nacional de Bosques, INAB

La importación de productos forestales tiene un mayor movimiento económico en el país evidenciando que en Guatemala no hay suficiente tecnología forestal ni calidad que pueda cumplir las demandas del mercado interno. El mayor producto que es importado en Guatemala es el papel y cartón. El cartón y el papel es un producto de consumo masivo en Guatemala. Con una inversión adecuada el cartón y el papel, podría ser manejado y producido en Guatemala (Ver Anexo No.1).

Durante el período 1999-2004, el volumen de la madera cosechada fue de aproximadamente 3.4 millones de m<sup>3</sup>. De este total, el 63% se destinó a la industria forestal nacional, el 35% se utilizó como energía primaria para combustión (biomasa), y el resto fue para producir trocilla, carbón y otros productos.

La demanda creciente de madera con fines industriales y energéticos ocasionó presiones significativas a los ecosistemas forestales de Petén, las Verapaces, Quiché, Huehuetenango, Chimaltenango y Sacatepéquez, de donde se extrajo el 68% de troza para abastecer a la industria forestal y el 40% de la biomasa (ver Figura No 5).

Del total de madera que procesó la industria forestal, el 68% se destinó a madera aserrada, 14% a madera elaborada, 8.6% a chapas terciadas y aglomeradas y un 9.4% a manufacturas varias. Se estima que cerca del 70 por ciento de la madera procesada provino de bosques naturales de coníferas (*Pinus sp.*).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 GENERAL**

Elaborar un análisis, desde el punto de vista técnico-económico y ambiental, del proceso de secado de madera aserrada in situ utilizando biomasa de transformación primaria de Pinus sp.

### **5.2 ESPECÍFICOS:**

- Identificar las características básicas del horno de secado de madera propuesto.
- Evaluar las diferentes capacidades calóricas (calor específico de combustión) de los recursos secundarios de plantaciones forestales en horno de secado de madera.
- Evaluar el costo de utilizar recursos secundarios de las plantaciones de Pinus sp. versus el uso de diesel.

## 6. METODOLOGÍA

Como primer paso se realizó un inventario de los componentes de los hornos de secado de madera actualmente en el mercado. Posteriormente se analizó el proceso de secado y se determinaron las variables claves y sus niveles óptimos de secado.

Se busca que los hornos utilizados para las pruebas de secado, tanto con combustible de biomasa como de diesel fueran idénticos en su volumen y especificaciones técnicas. La diferencia entre los dos hornos, radicó en que en el primero se utilizó el quemador de diesel original de fábrica; mientras que en el segundo, se le adaptó un quemador de biomasa fabricado en Guatemala.

Para las pruebas de secado en los dos tipos de hornos se utilizó *Pinus sp* provenientes de la misma plantación, con el mismo grado de humedad inicial y con las mismas medidas de madera. Las medidas muestras utilizadas fueron de 1"x12" (tabla), 1"x6" (regla), 2"x3" (regla), 2"x6" (regla) y 3"x6" (viga). Las medidas están en pulgadas y son nominales<sup>1</sup>. Estas medidas son medidas muy estables y comerciales en el mercado guatemalteco.

Se elaboraron seis pruebas en los dos tipos de hornos. Estas pruebas se realizaron simultáneamente y a plena capacidad de 5,000 pies tablares. La prueba consistió en determinar el tiempo de secado de madera para pasar desde una humedad del 100% al 14-18% trabajando 24 horas al día.

Se midió el consumo total de diesel en galones para el primer horno y en el de biomasa en metros cúbicos. A cada horno se le hizo un registro de datos sobre temperatura del cuarto, temperatura de salida del quemador, temperatura de entrada al quemador, humedad relativa del cuarto y el porcentaje de humedad de la madera. Estos datos se registraron cada media hora, a excepción del registro de porcentaje de humedad, el cual se tomó una vez al día.

Se hizo un sondeo de mercado de los precios de la madera nacional e internacionales. El estudio nacional fue hecho mediante llamadas telefónicas y visitas a las diferentes empresas que ofrecen madera seca. En el caso del estudio internacional, se realizó vía Internet y suscripciones a páginas de corredores de bolsa de productos forestales.

Ya teniendo los costos propios de operación del secado de madera y los precios internacionales y nacionales del secado de madera se realizó un análisis estadístico para confirmar la diferencia de medias resultantes entre los grados de humedad de los dos sistemas. Por último se elaboró un análisis económico del secado de madera utilizando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

---

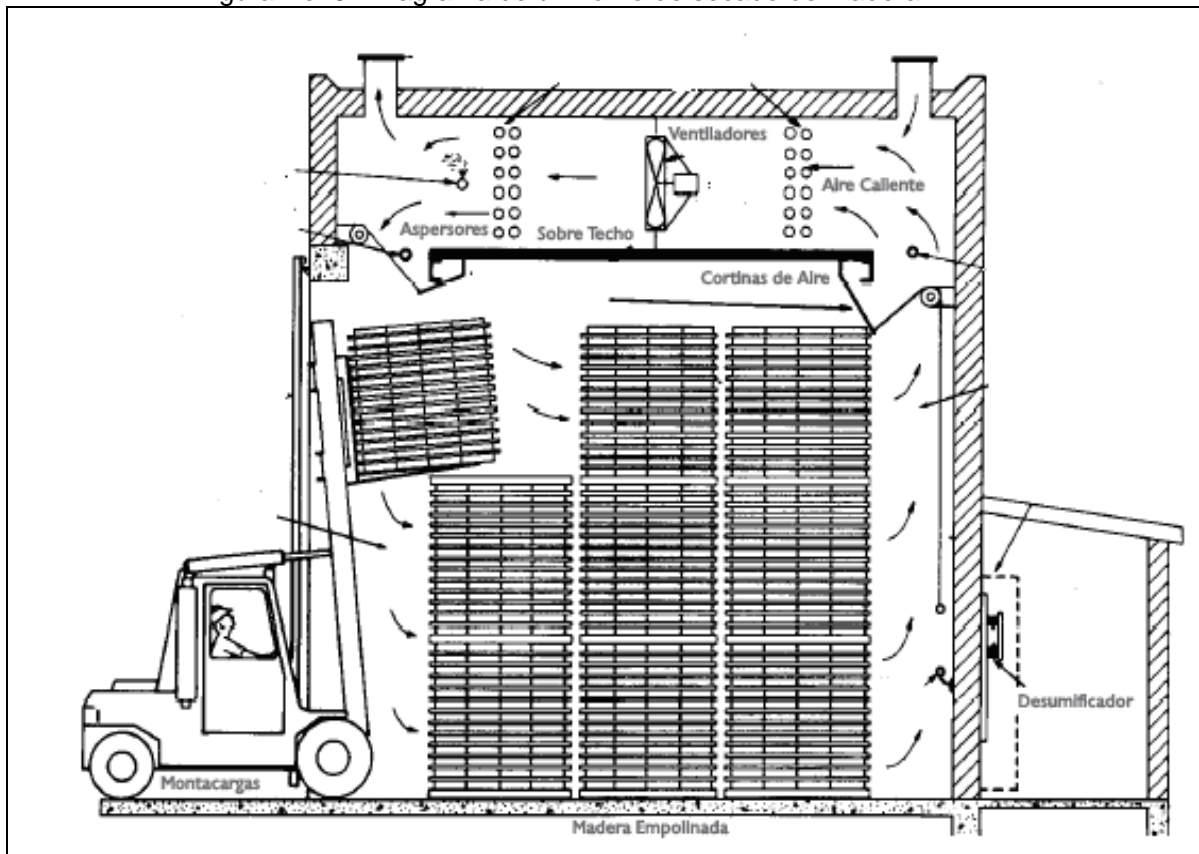
<sup>1</sup> Medida Nominal, Estándar Guatemalteco de medida de la madera, la escala es en pulgadas y quitando un ¼ de pulgada a cada medida. Ejemplo; Una pieza de madera 3 x 4, es realmente de 2 ¾ x 3 ¾ pulgadas.

## 7. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SECADO DE MADERA.

### 7.1 Diseño y construcción del horno de secado.

El horno de secado de madera está construido en un furgón de 40 pies de largo. Su diseño facilita el rápido acceso y movilización a las regiones y sitios de la industria forestal. El secado en situ asegura su cercanía a la fuente de materia prima tanto de madera como de desechos para el proceso de secado.

Figura No. 5 Diagrama de un horno de secado de madera.



Fuente: Wood handbook, 1999

**7.1.1 Descripción del equipo para el secador de madera.** Para mantener los bajos costos de secado el secador de madera está construido con materiales económicos y de fácil acceso en el mercado nacional. Como se mencionó antes, la base del secador es un furgón y de allí se parte para instalar los equipos de secado. El quemador de combustible de biomasa se adaptó dentro de la cámara de secado del furgón lo que permite mantener un ahorro de calor en el cuarto y al mismo tiempo reducir los costos en tubería y materiales de conducción de calor. La capacidad instalada del horno de secado es de 5,000 pies cuadrados de madera. Esta madera va empalinada y perchada adecuadamente como todo proceso de secado de madera en hornos requiere.

A continuación, se presenta en el Cuadro No. 4, el listado de equipos que componen un secador de madera.

Cuadro No.4 Equipos para la construcción del secador de madera.

Nombre	Función
Contenedor	Cámara de secado
Controladores de temperatura	Monitoreo de temperatura
Controladores de humedad	Monitoreo de humedad
Ladrillo refractario	Aislamiento de cámara
Compuerta	Compuerta del quemador para el combustible orgánico.
Ventiladores	Flujo y distribución de aire
Tubería PVC	Direccional del flujo de agua para los aspersores
Aspersores	Mantiene la humedad del control.
Tubería de aluminio	Calentamiento de aire dentro de la cámara
Nebulizadores	Provee humedad al cuarto
Materiales aislantes de poliuretano y fibra de vidrio	Aislamiento en la cámara y puerta
Generador de electricidad	Genera electricidad para los ventiladores y controladores.

Fuente: Elaboración propia.

## 7.2 Descripción y discusión de cada elemento del horno de secado de madera

**7.2.1 Contenedor** Para el secador se utiliza un furgón usado o de “último viaje”. Un furgón de último viaje se le llama a un furgón que a sufrido daños o que por viejo ya no llena los requerimientos de las navieras. Estos furgones deben ser de 40 pies de largo, 7 pies de alto y 5 pies de ancho, ya que estas medidas le dan una capacidad de uso de secado de 5 mil pies de madera. Las razones para utilizar este tipo de furgones son varias: 1. Estos furgones tienen un precio accesible de entre \$ 1,000.00 y \$1,500.00 en el mercado guatemalteco. 2. Permiten un fácil acceso y fácil movilidad. 3. El espacio que ocupa un furgón es adecuado y de muy buena proporción respecto a cuanta madera se puede secar por camada. 4. La puerta que tienen los furgones es sellada, lo que evita el escape de calor.

**7.2.2 Controladores de temperatura y de humedad.** El horno de secado tiene dos tipos de monitoreo: uno de humedad y otro de temperatura. Estos controles operan los programas de secado que existen para cada especie de madera. El control de temperatura del cuarto consta de un bulbo seco y un bulbo húmedo. La temperatura de bulbo seco o temperatura seca es medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco. Esta temperatura junto con la temperatura de bulbo húmedo son utilizadas en la valoración del confort higrotérmico, que se puede definir como malestar térmico, en la determinación de la humedad relativa para el estudio y determinación del comportamiento de mezclas de aire.

Mediante un diagrama psicrometrico o tablas psicrométricas, a partir de dos valores de entrada, es posible estimar las propiedades de las mezclas de aire seco y aire húmedo.

Figura No. 3 Fotos de caldera de biomasa y ladrillos refractarios



*Fuente: Elaboración propia*

**7.2.3 Ladrillo y compuerta refractarios** Son refractarios aquellos materiales capaces de soportar elevadas temperaturas; los materiales refractarios por excelencia son las cerámicas que pueden soportar altas temperaturas sin corroerse o debilitarse por el entorno.

Los refractarios típicos están compuestos por diversas partículas gruesas de óxido aglutinadas con un material más fino. El material refractario se utiliza en todos los hornos industriales de refineras de petróleo, industria química, industria siderúrgica y metalúrgica, cementeras, ladrilleras, cerámicas, industrias del vidrio, entre los principales.

Los ladrillos refractarios tienen como función en el horno de secado de madera de refractar y mantener el calor del quemador. Lo que más se destaca de el ladrillo refractario, es que se fabrican en gran variedad de calidades que van desde el 36% hasta el 99% de contenido alúmina para soportar diferentes temperaturas y usos distintos del ladrillo.

**7.2.4 Ventiladores.** Se instalan ventiladores a lo largo del contenedor para flujo de aire. Dos a los lados y uno en medio del contenedor; otro es instalado al final del contenedor teniendo como función de alimentar y contribuir al flujo de aire a los tres restantes. Estos son ventiladores de 45 centímetros de alto y con una potencia de 1 hp. Esta potencia eléctrica debe ser producida con un generador de electricidad de 10 hp de gasolina.

Figura No. 5 Ventiladores de horno de secado de madera



*Fuente: Wood handbook, 1999*

**7.2.5 Tubería PVC.** La tubería PVC adentro del horno de secado de madera se utiliza para direccionar el flujo de agua para los aspersores que se encuentran adentro del contenedor.

**7.2.6 Aspersores.** El horno de secado de madera tiene un sistema de aspersores adentro del contenedor. La primera función de los aspersores es regular la temperatura y humedad del cuarto de secado. La humedad es parte del proceso de secado, funcionando como estimulador de los poros de la madera para abrirse y así sacar toda la humedad interna de la madera; secando de adentro para fuera y evitando la formación de defectos e inestabilidad físico mecánica en las piezas de madera.

La segunda función de la humedad es simplemente de emergencia y como respaldo para combatir un incendio. El agua de los aspersores puede ser recolectada de diferentes formas en el bosque: captación de lluvias en toneles, ríos o llevarla de lugares poblados.

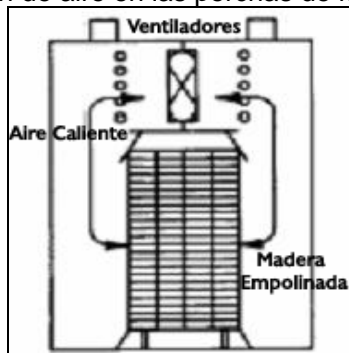
**7.2.7 Tubería de aluminio.** Tiene como función la circulación de aire caliente dentro de la cámara de secado de madera.

**7.2.8 Nebulizadores.** Su función es proveer humedad a la cámara de secado de madera para crear un equilibrio en el cuarto de humedad y así mejorar la calidad y tiempo de secado.

**7.2.9 Materiales aislantes Poliuretano y fibra de vidrio.** Se usan para el aislamiento de cámara y puerta del contenedor.

**7.2.10 Descripción del secador de madera con biomasa.** El quemador de combustible de biomasa se adapta dentro de la cámara de secado del furgón lo que permite mantener un ahorro de calor en el cuarto y al mismo tiempo reducir los costos en tubería y materiales de conducción de calor.

**Figura No. 6** Circulación de aire en las perchas de madera dentro del furgón.



*Fuente: Word handbook, 1999*

El quemador se ubica adentro de la cámara de combustión de madera siendo construido con material refractario. El calor generado es transferido por una lámina de aluminio que se encuentra arriba del quemador con dirección a la madera. Ésta tiene la función de direccionamiento del calor hacia tres ventiladores alternos que a su vez lo mueven a toda el área de secado.

**Figura No. 7** Sistema de secado del furgón visto horizontalmente.

Fuente: Wood handbook, 1999

**7.2.2 Descripción del secador de biomasa a combustible.** El quemador de Biomasa y el quemador de combustible tienen un funcionamiento diferente en su forma de alimentación para la combustión; El sistema de combustión por combustible, consta de un quemador que expulsa aire caliente al cuarto. Lo que hace que el quemador de combustible sea automático ya que este consta de un programador de temperatura. El programador de temperatura del quemador de combustible hace que la temperatura del aire del cuarto de secado de la madera salga constante. Todos estos factores hacen que el quemador de combustible no necesite de mucha mano de obra para sus controles y manejos.

En cambio, el sistema de quemador de biomasa, tiene la necesidad de contar con más mano de obra para ser operado. El quemador de biomasa necesita de dos operadores y de dos ayudantes. El quemador de biomasa es alimentado manualmente por un operador con biomasa del bosque. Por ser alimentación manual, el quemador tiende a tener una temperatura no constante y la calidad de secado no es buena. A la vez debe ver un operador las 24 horas del día en el quemador de biomasa. Lo que hace que sea un trabajo de doble o de tres turnos. La biomasa del bosque que se usa para la combustión del quemador es preparada por dos trabajadores antes de ser ingresada al quemador.

### 7.3 Capacidades calóricas de los diferentes recursos forestales.

Para poder evaluar las diferentes capacidades calóricas de los recursos secundarios del bosque se consultó la tabla de los calores específicos de combustión de diferentes materiales. Al estudiar los valores relativos a los calores específicos de combustión de los recursos secundarios del bosque, se pueden extraer conclusiones de relevante importancia para lograr mayor eficiencia en su empleo.

Cuadro No 5. Calor específico de diferentes combustibles.

Combustible	Calor específico de combustión(MJ/kg)
Hidrógeno	142
Gas metano	55
Gasolina	47
Petróleo crudo	47
Queroseno	46
Alcohol etílico	30
Carbón vegetal	30

Cont. Cuadro no 5. Calor específico de diferentes combustibles

<b>Combustible</b>	<b>Calor específico de combustión(MJ/kg)</b>
Madera de pino	21
Biomasa seca	18
Aserrín seco	15
de caña seco	9
Biomasa verde	9
Aserrín húmedo	8

*Fuente: Principles of heat transfer, 1965*

Es interesante apreciar cómo el calor de combustión de la biomasa seca es el doble del correspondiente a la biomasa verde. Este hecho permite concluir que una cierta masa de biomasa húmeda desprende una cierta cantidad de calor al quemarse totalmente; entonces, cuando se quema el 50% de misma masa de biomasa seca, se puede obtener la misma cantidad de calor. En otras palabras, al utilizar la biomasa seca se ahorra la mitad de la madera que se quema. Esto indica que durante la utilización de la madera como combustible siempre será más conveniente emplear biomasa seca. En los fogones que emplean biomasa se puede incrementar la eficiencia mediante la sustitución de la biomasa verde por biomasa seca.

Si por otro lado se comparan los valores del calor de combustión del carbón vegetal y de la biomasa seca, se puede concluir que el valor del primero es aproximadamente 1,7 veces mayor. De aquí que la opción de utilizar el carbón vegetal en sustitución de la biomasa es interesante en términos de eficiencia.

Por otra parte, la combustión del carbón vegetal resulta mucho menos contaminante que la combustión de la biomasa seca. Estos hechos demuestran que, en lugar de continuar el empleo de la biomasa en los fogones, parece recomendable incrementar la elaboración del carbón, que es más eficiente por su potencia calorífica y más ecológica como combustible. En todo caso, habría que hacer un estudio técnico, económico, ambiental y social para comprobar esta aseveración.

Los calores de combustión de la cáscara del arroz y del cascarón de coco muestran que estos residuos también tienen propiedades combustibles apreciables; su combustión debe estar vinculada con procesos productivos, ya que su quema indiscriminada representa la pérdida de grandes cantidades de energía. El calor desprendido al quemar una tonelada de cáscara de arroz, es equivalente a la combustión de 320 kg de petróleo crudo.

Entre los combustibles presentados en el Cuadro No. 5 se destaca el significativo valor del calor de combustión del hidrógeno. Este gas tiene propiedades muy interesantes como energético y sus potencialidades de obtención a partir de la reconversión de la energía solar están dando resultados muy satisfactorios en la actualidad.

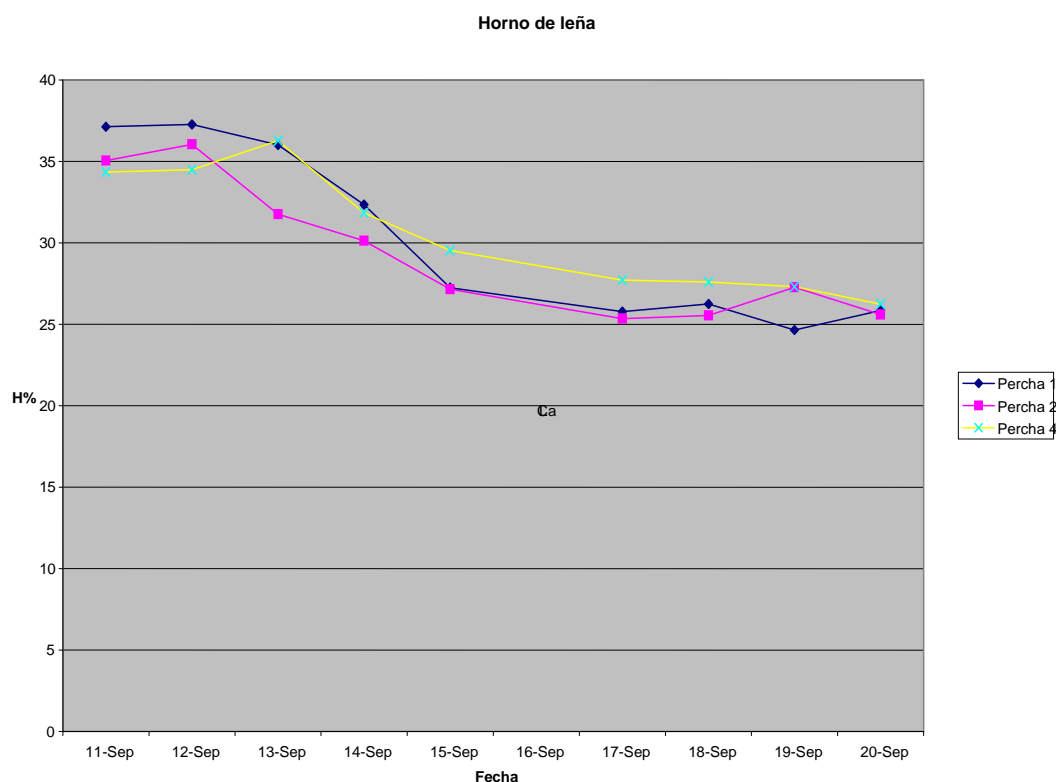
Otro gas, en este caso, el metano, tiene también un valor de calor de combustión considerable, y puede ser obtenido mediante la fermentación de la biomasa en digestores con un bajo costo de producción. Por este motivo tiene una amplia utilización práctica como combustible tanto doméstico como en la industria. Su alto poder de combustión indica que el incremento en su producción podría contribuir a garantizar una fuente estable de energía a partir de los residuos de la biomasa.

## 8. Resultados

### 8.1 Comparación del secado de madera de horno de biomasa con un secador de madera de diesel

El horno de secado de madera está diseñado para tener una capacidad máxima de volumen de secado de 5 mil pies tablares de madera aserrada. Este volumen de madera en el quemador de biomasa tiene un tiempo de secado de 8 a 10 días. En el quemador de diesel se tiene un tiempo menor, entre 5 y 6 días de secado. Los valores exactos dependen del tipo de madera que se está secando en el horno y de variables tales como grosores y especie de las tablas.

Figura No. 11 Curva de secado de horno de biomasa

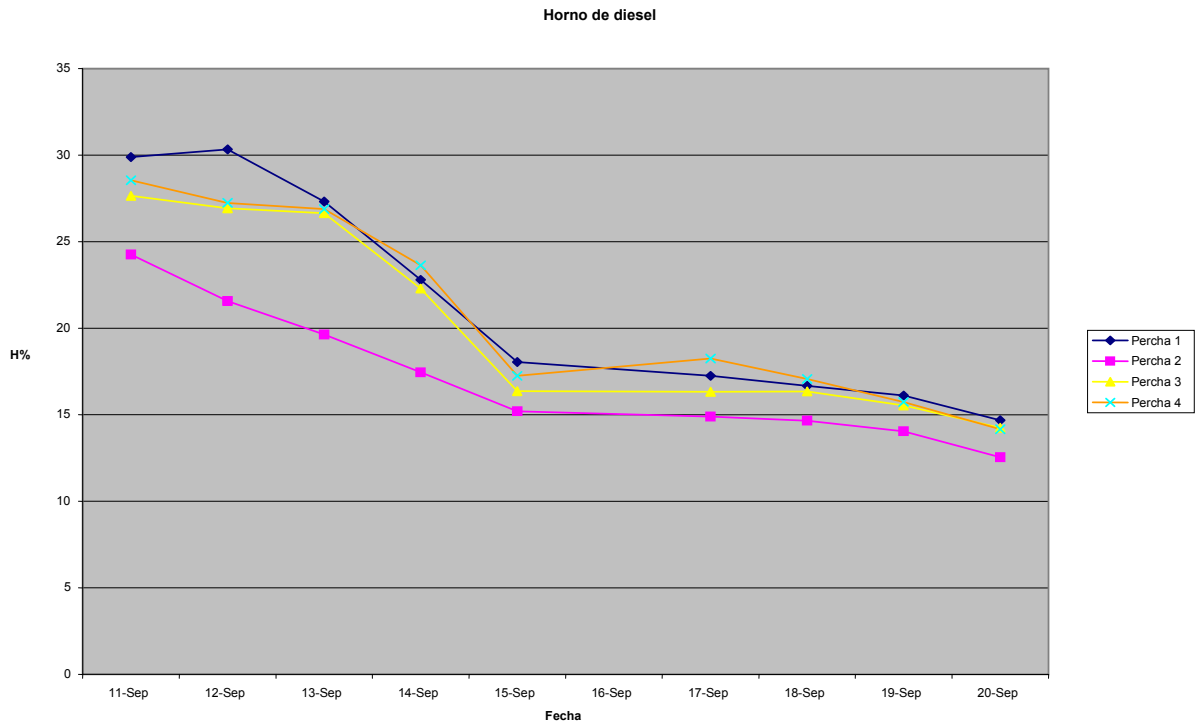


Fuente: Elaboración propia

En el horno de secado de combustible se calculó un consumo de diesel de 25 galones al día. El secador de madera contempla alrededor de 4 tareas de biomasa al día y se debe tener un operador las 24 horas del día alimentando la caldera. Por el contrario el horno de diesel puede tener un regulador de combustible y se pueden ahorrar las horas hombre del operador.

El secador de biomasa tiene una fluctuación de temperatura debido al rendimiento de la biomasa. El rendimiento de la biomasa influye por el porcentaje de humedad que tenga. Si tiene mucha humedad la biomasa, la temperatura en la cámara baja, provocando un desequilibrio en el punto de secado. Para poder compensar este problema el operador debe secar la biomasa antes de ingresarla a la cámara o poner más biomasa a la cámara.

Figura No 12 Curva de secado de horno de diesel



Fuente: Elaboración propia

Al comparar las Gráficas No 11 y la No 12, se puede ver que en los dos hornos hay una baja sustancial de humedad conforme pasan los días. El horno de diesel tiene una mayor pérdida de humedad en menor tiempo y una combustión constante. Por el contrario, el horno de combustible biomasa es operado manualmente y su temperatura fluctúa lo que hace que la pérdida de humedad sea menor y que el tiempo de secado sea mayor.

## 8.2 Prueba estadística entre los hornos de secado de madera de combustible y biomasa

Para probar estadísticamente la diferencia entre los dos hornos se usó la prueba de diferencia de variables. Esta prueba consta de nueve días de prueba de los hornos con las mismas cantidades de madera y con mismos porcentajes de humedad al inicio de cada grupo proceso de secado de madera.

**8.2.1 Tablas de resultados del porcentaje de humedad.** Los resultados de los porcentajes de humedad de la madera, registrados en las dos diferentes cámaras de secado, se presenta en los Cuadros No. 6 y No. 7. Cada cámara contó con 6 puntos de recolección de datos que fueron promediados.

Cuadro No .6 Datos de porcentaje de humedad del horno de diesel

	Especie	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9
1	Pinus	50.00	50.00	50.00	36.10	33.50	30.60	29.80	27.00	26.10
2	Pinus	20.60	22.30	22.20	16.80	15.00	12.00	14.80	13.20	11.60
3	Pinus	32.00	28.70	22.50	19.90	15.40	13.70	13.40	11.50	11.10
4	Pinus	26.20	26.00	24.20	23.70	18.30	19.20	16.20	19.10	16.60
5	Pinus	21.70	22.20	18.80	17.60	13.30	13.70	12.80	12.30	11.20
6	Pinus	28.80	32.80	26.20	22.70	12.80	14.30	13.00	13.60	11.50
	Promedio	<b>29.88</b>	<b>30.33</b>	<b>27.32</b>	<b>22.80</b>	<b>18.05</b>	<b>17.25</b>	<b>16.67</b>	<b>16.12</b>	<b>14.68</b>

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro No. 7 Datos de porcentaje de humedad del horno de biomasa.

	Especie	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12
1	Pinus	39.10	38.10	39.40	38.80	34.60	29.10	34.20	34.50	39.20	36.10	30.60	28.50
2	Pinus	32.20	33.40	39.70	27.50	28.10	24.10	23.10	24.50	22.30	16.80	12.00	10.80
3	Pinus	50.00	50.00	32.50	30.10	24.40	26.40	22.50	22.50	21.50	19.90	13.70	12.40
4	Pinus	31.60	30.80	32.50	29.10	23.10	20.80	23.80	15.00	21.70	23.70	19.20	16.20
5	Pinus	35.80	34.10	35.40	34.50	30.80	31.40	30.90	29.40	28.20	17.60	13.70	11.30
6	Pinus	34.10	37.20	36.60	34.10	22.50	22.90	23.00	22.00	22.20	22.70	14.30	12.20
	Promedio	<b>37.13</b>	<b>37.27</b>	<b>36.02</b>	<b>32.35</b>	<b>27.25</b>	<b>25.78</b>	<b>26.25</b>	<b>24.65</b>	<b>25.85</b>	<b>22.80</b>	<b>17.25</b>	<b>15.23</b>

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se puede indicar que utilizando el horno de diesel la madera alcanza un grado de humedad de 14.7% al 9° día de operación; mientras que en el horno con biomasa, el grado de humedad en el mismo período es de 25.9% de humedad. Por lo tanto, se requieren tres días adicionales de operación del horno con biomasa para que se alcance un nivel de humedad similar (15.23%) al que se logra con el horno con diesel en nueve días.

**8.2.2 Prueba estadística** Para determinar estadísticamente la diferencia entre los dos sistemas de secado, se utilizó la prueba relativa a la diferencia entre dos medias poblacionales, bajo los siguientes supuestos (Lyman Ott, 1977):

- a. Las dos medias provienen de dos poblaciones estadísticamente normales
- b. Las muestras tienen diferentes medias, pero idéntica varianza
- c. Se establecen dos muestras independientes de tamaño  $n_1$  y  $n_2$

- **Resultados :**

La diferencia entre las dos medias puede variar dentro de los siguientes límites:

$$7.86 + 0.61 = 8.47$$

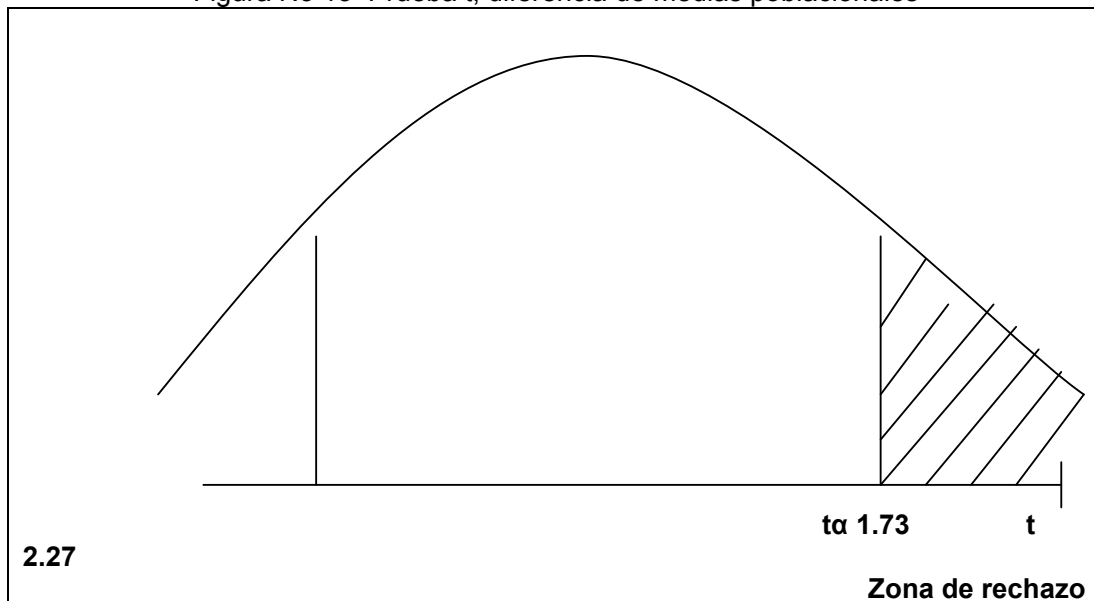
$$7.86 - 0.61 = 7.25$$

El máximo de diferencia de medias utilizando la distribución (t) al 95% de confianza es de un máximo de 8.47 grados de humedad y un mínimo de 7.25 grados de humedad, para un promedio de diferencia de 7.86 grados.

Para comprobar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de las pruebas de secado al horno de biomasa y las pruebas de secado de diesel, se utilizó la prueba t.

La prueba t se calcula con los datos de las dos muestras, utilizando la media y una variancia estimada de 4.91 al 95% de confianza. El resultado es de  $t = 2.27$ . Lo que comprueba que las dos pruebas son diferentes ya que el 2.27 está afuera del rango de fluctuación de las variancias. Esto en la práctica significa que los dos hornos de secado de madera son diferentes. El proceso del secado varía entre el proceso de combustión de biomasa y el proceso de combustión de diesel. Cada tipo de combustión da un resultado diferente en calidad de secado de la madera y en tiempo de secado de la madera.

Figura No 13 Prueba t, diferencia de medias poblacionales



Fuente: Lyman Ott., 1,977

## 9. Costos asociados al secado de madera

Para determinar este análisis económico se debió hacer varias pruebas de secado a los dos secadores de madera, el secador de biomasa y el secador de diesel. Los dos hornos se trabajaron con la misma especie de madera, pino sp. y con las mismas medidas de madera. En estas camadas de secado se analizaron y se recopilieron varios datos; cuanto volumen de madera se seca, cuanto combustible se utilizo, cuantos operadores se necesitan, cuánto tiempo de secado se necesita, temperatura relativas, humedades relativas y su porcentaje de humedad. Conforme estos datos recopilados se pudieron ver lo siguiente;

Cuadro No. 8 Cuadro comparativo de costos económicos de operación

Costo horno de biomasa				Costos horno de Diesel					
	Unitario	Día	Días	TOTAL		Unitario	Día	Días	TOTAL
Tarea	Q100.00	Q400.00	12	Q4,800.00	Diesel	Q26.25	Q656.25	9	Q5,906.25
Mano obra					Mano obra				
Operador (2)	Q60.00	Q120.00	12	Q1,440.00	Operador (1)	Q60.00	Q60.00	9	Q540.00
Ayudante (3)	Q55.00	Q165.00	12	Q1,980.00	Ayudante (3)	Q55.00	Q165.00	9	Q1,485.00
		<b>Q685.00</b>		<b>Q8,220.00</b>			<b>Q881.25</b>		<b>Q7,931.25</b>

### 9.1 Costos comparativos de inversión de los hornos de secado de madera entre un horno de quemado de biomasa y de diesel.

9.1.1 Costos de Inversión del secador de biomasa. Otro aspecto importante para poder comparar los dos hornos son los costos de operación en función del volumen de madera seca, el tiempo de secado, la cantidad de combustible utilizado y la mano de obra necesaria, así como el costo de la inversión.

9.1.2 Costos de inversión del secado de madera. El horno de secado de madera con biomasa tiene un costo de inversión de Q. 115,125.00. Este costo se compone de la mano de obra del armado, la cámara de secado, el quemador, el sistema de ventilación, el sistema de humedad y sus controles de humedad y temperatura. A continuación, se presenta el Cuadro No. 9 con el desglose de los costos de un horno de biomasa.

Cuadro No. 9 Listado de costos del horno de secado de madera con Biomasa

<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>		
<b>Rubro</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Maquinaria y equipo de producción</b>		
Contenedor 40 pies de largo (1)	Q18,000.00	Q18,000.00
Puertas tipo N (2)	Q2,300.00	Q4,600.00
Ventilador 80x80cm (1)	Q5,500.00	Q5,500.00
Ventiladores (4) 1 hp	Q2,800.00	Q11,200.00
Planta eléctrica (1)	Q25,000.00	Q25,000.00
Extractor de humedad (1)	Q5,600.00	Q5,600.00
Ladrillos refractarios (150)	Q20.00	Q3,000.00
Cemento refractario (25)	Q75.00	Q1,875.00
Psicrómetro	Q750.00	Q750.00
IR608 Termómetro de mano infrarrojo	Q700.00	Q700.00
Thermohigrómetro	Q2,300.00	Q2,300.00
Anemometro Plus Kestrel® 2000 Pocket	Q1,200.00	Q1,200.00
Medidor digital de humedad madera Digital Delmhorst	Q4,000.00	Q4,000.00
Electrodos de prueba	Q1,000.00	Q1,000.00
Cintas métricas	Q400.00	Q400.00
Medidor de humedad relativa en cámara de secado	Q5,000.00	Q5,000.00
Medidor temperatura en cámara de secado	Q5,000.00	Q5,000.00
Mano de obra para instalación y armado del horno	Q20,000.00	Q20,000.00
<b>Total</b>		<b>Q115,125.00</b>

Fuente: Elaboración propia

9.1.3 Costo de inversión del secador de combustible. El horno de secado de madera con combustible tiene un costo de inversión de Q. 110,650.00 (ver Cuadro No.10). El horno de secado de madera con combustible es más económico de elaborar que el horno de secado con biomasa. Esto va haciendo por la sencillez de su diseño del quemador de diesel. El diseño del quemador del horno de diesel no necesita de mucha mano de obra de armado y los productos refractarios no son utilizados ya que éste no tiene una cámara de calor.

Cuadro No. 10 Listado de costos del horno de secado de madera con diesel

<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>		
<b>Rubro</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Maquinaria y equipo de producción</b>		
Contenedor 40 pies de largo (1)	Q18,000.00	Q18,000.00
Quemador de Diesel	Q2,300.00	Q10,000.00
Ventilador 80x80cm (1)	Q5,500.00	Q5,500.00
Ventiladores (4) 1 hp	Q2,800.00	Q11,200.00
Planta eléctrica (1)	Q25,000.00	Q25,000.00
Extractor de humedad (1)	Q5,600.00	Q5,600.00
Psicrometro	Q750.00	Q750.00
IR608 Hand-held termometro infrarrojo	Q700.00	Q700.00
Thermohigrometro	Q2,300.00	Q2,300.00
Anemometro Plus Kestrel® 2000 Pocket	Q1,200.00	Q1,200.00
Medidor digital de humedad madera Digital Delmhorst	Q4,000.00	Q4,000.00
Electrodos de prueba	Q1,000.00	Q1,000.00
Cintas metricas (30 meters)	Q400.00	Q400.00
Medidor de humedad relativa en cámara de secado	Q5,000.00	Q5,000.00
Medidor temperatura en cámara de secado	Q5,000.00	Q5,000.00
Mano de obra de armado	Q15,000.00	Q15,000.00
<b>Total</b>		<b>Q110,650.00</b>

Fuente. Elaboración propia

## 9.2 Costos asociados al secado de madera

Los costos de operación del secador de madera con quemador de biomasa son relativamente bajos ya que para el combustible se utilizan subproductos del bosque así como ramillas, corteza, lepas, raíces, etc. Estos productos son baratos ya que no hay demanda para ellos o si los hay no se logra explotar.

En Guatemala, la biomasa es uno de los mayores productos consumidos del bosque para uso doméstico. La biomasa en las áreas rurales de Guatemala es catalogada como el mayor recurso energético. Según el censo del 2,002 el 57.2% de la población guatemalteca utiliza la biomasa como recursos energético y el 86% de éste, en el área rural (Monterroso, 1,989). En promedio se indica que el consumo de biomasa es de 1.8 m<sup>3</sup> / año por persona. Como puede observarse, la biomasa juega un papel muy importante en la economía de Guatemala.

El secador de madera con quemador de biomasa utiliza 4 tareas de biomasa en un turno de 4 horas. Se estima que el precio de la tarea de biomasa es alrededor de Q. 125.00 en área metropolitana y Q100.00 en el área rural. En este estudio se tomaron los datos del área rural. El costo de biomasa diario para el quemador de biomasa es de Q. 400.00.

El secado de madera con biomasa tiene alrededor de 256 días de trabajo al año. Este cálculo considera los días del año trabajados en el secador. Por depender de un aprovechamiento forestal, solo se puede trabajar en las épocas de verano. En Guatemala, el invierno o época de lluvia es del 22 mayo a finales de noviembre. Lo que le da al productor solo 5 meses y medio (160 días) de trabajo. Utilizando el secador de madera a un 100% de su capacidad máxima, se tiene un secado de 160,000 mil pies cuadrados de madera. El secador de madera tiene 3 días más de

secado de madera, lo que le hace que sea las mismas 32 camadas de secado de madera como el de diesel pero en vez de 160 días, se tarda 256 días.

Otro costo fijo que tiene la operación de secado de la madera es el de mano de obra en la alimentación del horno, así como en la preparación del combustible. Se necesitan al menos 2 personas como operadores del horno y 4 personas como ayudantes de operador o preparadores del combustible. El salario mínimo actual es de Q 48.50 diarios en la capital y en las áreas rurales Q 46.32 con una bonificación de Q. 250.00 al mes lo que suma Q. 54.65 al día. Un operador de máquina recibe al día Q. 11.50 más que un trabajador con salario mínimo. El salario del operador de maquinaria es de Q. 60.00 diarios más una bonificación de Q.150.00 por su cargo de operador. Por último, el operador de máquina todavía recibe adicionalmente otros Q.250.00 de bonificación por ley. Esto es por la responsabilidad que conlleva tener ese cargo que incluye las siguientes tareas: recopilación de datos, cuidado y mantenimiento de maquinas, control de humedades y temperaturas.

### **9.3 Costos de operación de los secadores de madera con combustible y biomasa**

El secador de madera con quemador de diesel, utiliza 25 galones al día. El diesel tiene un costo aproximado de Q. 26.25 el galón, lo que da un costo diario de Q. 600.00. El quemador de combustible no necesita un operador las 24 horas del día ya que éste cuenta con un controlador automático que mantiene la temperatura a un mismo nivel siendo esto técnicamente una gran ventaja en el secado de madera. A la vez, el quemador con diesel solo trabaja 160 días al año.

Esto va haciendo por el alto rendimiento que tiene el quemador de diesel, llegue a su punto de equilibrio en cinco días y no en ocho días como el quemador de biomasa. Estos tres días reducen el tiempo de producción de secado en 96 días. Lo cual le permite secar mas madera y bajar costos en mano de obra. Sin embargo, una gran desventaja de este secador es que se debe mantener continuo el abastecimiento de combustible. Esto representa un costo extra en las operaciones de secado. En este estudio se consideró un costo de transporte de Q. 4,000.00 al mes que incluyen costos de transporte del diesel y mano de obra de los chóferes.

**9.3.1 Costos de operación del horno de secado de madera con combustible diesel**

**Cuadro No. 11 Costo de operaciones del horno de combustible de diesel Diesel para**

	<b>horno</b>	<b>flete</b>	<b>mano de obra</b>	<b>TOTAL</b>
galones/ diaria	25.00	4.72		
galones/camada	125.00			
precio galón	Q 26.50	Q 26.50		
Precio día	Q 656.00			
Sueldo diario			Q 115.00	
Días trabajados	160.00		160.00	
Costo flete		Q125.00		
<b>TOTAL diesel</b>				<b>Q 104,960.00</b>
<b>TOTAL sueldo</b>				<b>Q 49,280.00</b>
<b>TOTAL de flete</b>				<b>Q 4,000.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>Q 158,240.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**9.3.2 Costos de secador de madera con combustible de biomasa (FB1)**

**Cuadro No. 12 Costos de operación secador de madera con biomasa (FB1)**

	<b>Biomasa</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>TOTAL</b>
tarea/ diaria	4.00		
tarea/camada	32.00		
precio tarea	Q100.00		
Precio día	Q400.00		
Días trabajados	256.00		
Sueldo diario		Q280.00	
Días trabajados		256.00	
<b>Total biomasa</b>			<b>Q102,400.00</b>
<b>TOTAL Mano de obra</b>			<b>Q87,040.00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>Q189,440.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**9.3.3 Costos de secador de madera con combustible de biomasa (FB2)**

**Cuadro No. 11 Costos de operación secador de madera con biomasa (FB2)**

	<b>Biomasa</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>TOTAL</b>
tarea/ diaria	4		
Tarea/camada	32		
precio tarea	Q0.00		
Precio día	Q0.00		
Días trabajados	256		
Sueldo diario		Q280.00	
Días trabajados		Q256.00	
<b>Total biomasa</b>			<b>Q0.00</b>
<b>TOTAL Mano de obra</b>			<b>Q87,040.00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>Q87,040.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

## 10. Análisis económico.

En esta parte se realiza un análisis económico y financiero con el objetivo de comparar los costos y beneficios de las opciones de secado de madera, utilizando diesel y biomasa. La exposición que aquí se hace se orienta hacia un enfoque práctico y determina la rentabilidad de las diferentes opciones del secado de madera para el productor. Para el efecto, se utilizan las medidas de rentabilidad de Valor Neto Actual -VNA- y de Tasa Interna de Retorno.

### 10.1 El Valor Neto Actual -VAN-

El Valor Neto Actual es la medida más directa para determinar el valor de un proyecto a través del flujo de fondos actualizado. Es el resultado de la sumatoria del flujo de fondos actualizado, a una tasa de actualización considerando el costo de oportunidad del capital invertido que en este caso se estima en 23%. (Samayoa, 2,006)

$$\sum_{T=1}^N \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n}$$

En el caso del proyecto de secado de madera, un resultado positivo ( $> 1$ ) en la actualización indica que el retorno del capital invertido en el equipo de secado es mayor a la tasa de interés del 23%. El VAN positivo en este caso indica que el proyecto de secado de madera a través del tiempo (10 años computados) genera mas ingresos que la tasa de retorno acumulada (ver anexos).

### 10.2 La Tasa Interna de Retorno -TIR-

El segundo indicador a utilizar para determinar la rentabilidad del proyecto de secado de madera bajo las dos alternativas, es la TIR, que corresponde a la tasa de descuento que hace igual al valor actual de los costos brutos igual al valor actual de los beneficios, o sea una sumatoria del flujo de fondos igual a cero. El TIR nos indica la tasa de retorno del proyecto, bajo diferentes alternativas de secado. Se aceptará el proyecto si la TIR es mayor que la tasa de interés de mercado o la que se obtendría con el uso alternativo del dinero.

$$\sum_{T=1}^N \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} = 0$$

### Supuestos del análisis

El precio del diesel se puede incrementar en los próximos años en las siguientes proporciones: 1er año: 5%; 2º Año: 8%; 3er año:10% , estabilizándose al final del año 3. Bajo estos supuestos el flujo de fondos actualizado del secado de madera con diesel se presenta como Flujo de Fondos A1, A2 y A3.

En el caso de la biomasa, se manejan dos escenarios FB1 Y FB2. FB1, es el flujo de la biomasa manteniendo un precio durante los próximos años y está representado en el flujo de fondos como el costo alternativo de en caso el productor vendiera en el mercado la biomasa obtenida en el manejo sostenible del bosque. El escenario FB2, es el flujo de Biomasa sin pago alguno durante los nueve años.

Se obtienen beneficios del proyecto en todas las alternativas que son calculados como la diferencia entre el precio de mercado de la madera sin tratamiento y el precio de la madera secada. O sea la diferencia de precio con valor agregado de secado.

Para todas las alternativas se ha supuesto una tasa de descuento del 23%, como costo alternativo del dinero. Esta tasa de descuento se calculó conforme la tasa bancaria activa que manejan los bancos de Guatemala para el año 2,006.

### 10.3 Resultados

El siguiente cuadro muestra el flujo de fondos actualizado de las dos opciones estudiadas. Las tres primeras columnas representan el secado con combustible, bajo el supuesto de crecimiento de precios en los tres primeros años; la cuarta columna contiene el flujo de fondos de la opción de secado con biomasa.

Flujo de fondos A.

- FA1. Secado con diesel con crecimiento estimado de un precio del 5% anual.
- FA2. Secado con diesel con crecimiento estimado de un precio del 8% anual.
- FA3. Secado con diesel con crecimiento estimado de un precio del 10% anual.

Flujo de fondos B

- FB. Secado con biomasa obtenida del manejo de bosque.

Cuadro No. 18 Flujo de fondos de las diferentes opciones de secado.

Año	FA1	FA2	FA3	FB1	FB2
0	(Q110,650.00)	(Q110,650.00)	(Q110,650.00)	(115,125.00)	(115,125.00)
1	57,780.00	57,780.00	57,780.00	25,560.00	115,960.00
2	52,533.00	49,384.80	47,286.00	25,560.00	115,960.00
3	47,023.65	40,317.98	35,742.60	25,560.00	115,960.00
4	41,238.83	30,525.82	23,044.86	25,560.00	115,960.00
5	41,238.83	30,525.82	23,044.86	25,560.00	115,960.00
6	41,238.83	30,525.82	23,044.86	25,560.00	115,960.00
7	41,238.83	30,525.82	23,044.86	25,560.00	115,960.00
9	41,238.83	30,525.82	23,044.86	25,560.00	115,960.00
10	41,238.83	30,525.82	23,044.86	25,560.00	115,960.00
<b>VAN</b>	<b>Q16,246.53</b>	<b>Q33,625.95</b>	<b>Q20,392.36</b>	<b>(Q17,268.71)</b>	<b>Q252,689.36</b>
<b>TIR</b>	<b>43%</b>	<b>37%</b>	<b>33%</b>	<b>17%</b>	<b>101%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los índices de rentabilidad presentan varios resultados; el primero resultado que se muestra es con los precios actuales del combustible y poniéndole un precio a la biomasa en el caso FB. Esto muestra que bajo estos casos, no es rentable la operación de secado de madera, Entre estos dos operaciones, la operación de biomasa es económicamente más factible que la operación de con combustible. Esta

diferencia entre las dos operaciones se incrementa conforme suben los precios de petróleo.

#### 10.4. Cuadro comparativo de ventajas y desventajas

<b>Sistema de secado con un quemador de diesel</b>	<b>Sistema de secado con un quemador de biomasa</b>
<p><b>Ventajas técnicas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La temperatura del horno no tiene fluctuaciones.</li> <li>- El secado de la madera se logra con mayor rapidez.</li> <li>- El quemador de diesel es mas pequeño por lo que se requiere menos espacio y es mas fácil de transportar.</li> </ul>	<p><b>Ventajas técnicas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un secado más lento ofrece mayor garantía en relación a la calidad de madera. Menos defectos de secado.</li> <li>- La tecnología es relativamente simple, lo que favorece el manejo y mantenimiento del horno.</li> </ul>
<p><b>Ventajas económicas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad inmediata en el mercado.</li> <li>- Requiere menor volumen y por lo tanto tiene menor costo de manejo y transporte.</li> </ul>	<p><b>Ventajas económicas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene mayor rentabilidad económica al capital invertido.</li> <li>-Se utiliza la biomasa resultante del manejo del bosque, ampliando los beneficios al darle un valor económico.</li> </ul>
<p><b>Desventajas técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un secado más rápido y más fuerte puede afectar la calidad de la madera.</li> <li>- La tecnología del quemador de diesel es más compleja y por lo tanto requiere mayor conocimiento y recursos para el mantenimiento.</li> </ul>	<p><b>Desventajas técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La temperatura del horno registra altas fluctuaciones.</li> <li>- El secado es más lento, requiere más horas/días de operación.</li> <li>- El quemador requiere más espacio y es más difícil de transportar.</li> </ul>
<p><b>Desventajas económicas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio del combustible es alto y continúa subiendo.</li> <li>- Mayor riesgo de accidentes ya sea del quemador de la materia prima y de los operadores.</li> </ul>	<p><b>Desventajas económicas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe mayor riesgo de escasez de biomasa en ciertas épocas del año.</li> <li>- El manejo y transporte de la biomasa es más compleja y relativamente de mayor costo, según volumen.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.

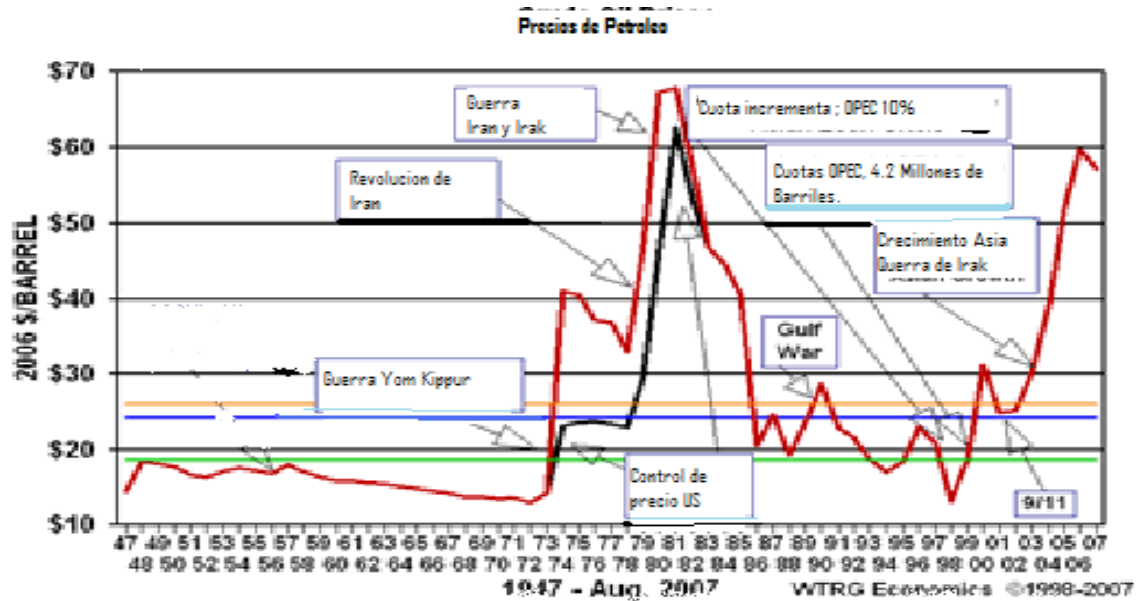
## 11. Discusión.

El costo económico de operación del secado de madera es mayor en un quemador de biomasa que en uno de diesel. Esto se debe a la mano de obra extra que se necesita para operar el horno, por los tres días extras que la madera permanece en la cámara de secado y por que se le asigna un valor al subproducto del bosque. Este valor es el costo de oportunidad que tiene el subproducto del bosque ya que la biomasa es un producto altamente demandado.

El secador de madera con quemador de diesel es un secador de mayor rendimiento pero de mayor precio. Por otro lado, el quemador de biomasa por ser operado manualmente y no estar programado para su alimentación fluctúa su temperatura y puede llegar a causar defectos en el secado de madera así como rajaduras, curvaturas o atrasos en la programación de secado. En el caso del secador de diesel, la temperatura no fluctúa ya que ésta no es controlada por un operador sino por un programa computarizado.

Sin embargo, el secador de madera con combustible de subproductos del bosque puede ser más rentable a largo plazo y de menor impacto ambiental. Con el aumento del petróleo y la inestabilidad política que se maneja en los mercados internacionales el precio del barril de petróleo ha llegado a subir a \$ 96 el barril y se ha pronosticado un incremento a \$120.00 el barril a final del año 2,007. Este incremento de precio del petróleo da una inestabilidad al costo fijo del combustible y deja al productor con margen pequeño de ganancia en su producto.

Figura no. 14 Gráfica del historial los precios del petróleo del mundo



Fuente: Pagina Web [www.wtra.com](http://www.wtra.com)

El historial de los precios mundiales del petróleo muestran la inestabilidad que a tenido este producto. Las guerras y las inestabilidades gubernamentales muestran lo sensible que es este tema a nivel mundial.

En cambio, el uso de secadores con combustible de biomasa no mantiene la inestabilidad de precios. El productor de madera aserrada seca mantiene los costos fijos más estables y a largo plazo son más rentables. Si bien es cierto que el secado con biomasa es más tardado y que el costo de oportunidad de los tres días extra podrían ser para otra camada de madera en el horno de diesel, el secado de madera in situ utilizando la biomasa del bosque tiene sus ventajas económicas, sociales y ambientales.

Las ventajas económicas del secado de madera con biomasa permiten mantener la rentabilidad del secado de madera y encontrar mercados nacionales e internacionales que demanden madera seca. Se contaría con producto a un menor precio siendo mas competitivo en el mercado internacional y nacional. En el mercado internacional, se puede buscar un mejor precio y exportar los productos del bosque con el mayor valor agregado posible tales como, muebles, palets, tarimas y pisos. En el mercado nacional, es mas difícil ya que en Guatemala no existe la cultura de madera seca. Se debe educar al carpintero y al sector a utilizar la madera seca por horno y no seguir con las mismas practicas de secado que se han dado en Guatemala por muchos años, evitando el secado natural de la madera. En Guatemala hay un vivo ejemplo cuando se puede observar a las carpinterías en las áreas rurales, secando su madera de forma tradicional; se observan las maderas puestas en la pared de las carpinterías. La calidad de la madera es menor y el tiempo de entrega del mueble es mayor tiempo.

Al mejorar la productividad de la madera aserrada secada en in situ y al educar al sector de transformación de la madera de Guatemala en llevar la industria al bosque, se llegaría a fortalecer más la economía rural y con ello llegar a una mejora social. Esto causaría mayor empleo en las comunidades que tengan bosque, ya que se llevaría la industria al bosque y en lugar del bosque a la industria. Al crear más fuentes de empleo se evita la migración a la capital.

A la vez les brinda nueva fuente de ingreso a las comunidades en encontrarle un uso a los recursos secundarios del bosque. Las comunidades deben ver el bosque como un recurso que saque madera, sino una forma de aprovechamiento global de madera y de obtener un valor agregado. La venta de madera con certificación, certificados de carbono, fuentes hídricas y fuentes alternas de energía con sub. productos del bosque.

## 11. Conclusiones

Se presentan los resultados comparativos de las pruebas de secado de madera utilizando diesel como fuente de energía o alternativamente biomasa resultante del manejo sostenible del bosque.

- El resultado de las pruebas indicó que la operación de secado de madera con el quemador de diesel tiene menores fluctuaciones y es más eficiente desde el punto de vista técnico, alcanzando el grado de humedad deseado (16-14%) al 9º día de operación, en relación a los 12 días requeridos con el horno que utiliza biomasa como fuente de energía. La diferencia entre las medias del grado de humedad alcanzado por los dos sistemas, es estadísticamente significativa.
- Aunque con menor eficiencia que el diesel, los resultados demuestran que la energía con combustible de biomasa, puede suplir la demanda calórica del secado de madera, y por lo tanto ser un sustituto de los combustibles fósiles en los quemadores de secado de madera.
- A partir de los resultados de las pruebas y con base en la determinación de costo y beneficio se realizó un análisis financiero de los dos sistemas de secado. Los resultados indican que desde el punto de vista económico el quemador de biomasa presenta ventajas sobre el de diesel por media la comparación de los indicadores de rentabilidad económica del proyecto. La superioridad desde el punto de vista financiero del sistema utilizando biomasa, se incrementa conforme se registran alzas en el precio de mercado del diesel.

### **13. Recomendaciones**

1. La utilización de hornos de secado de madera en la industria forestal es esencial para aumentar el valor de las plantaciones forestales y mejorar la competitividad en los mercados internacionales y nacionales.
2. Se recomienda una mejor tecnología de quemadores y hornos de secado de madera utilizando biomasa como combustible que puedan utilizar su poder calorífico.
3. Realizar estudio estadístico más detallado de variables para poder determinar en cuánto es más rentable utilizar biomasa que combustible.
4. Llevar a cabo un análisis económico más intenso para determinar cuánto tiene que subir el precio del petróleo para poder determinar cuando es más rentable el secado de madera con combustible de biomasa al secado de madera con combustible fósil.
5. Se recomienda hacer un estudio más extenso de la capacidad de humedad y secado de los subproductos del bosque.

#### 14. Literatura citada

- Castañeda L. *Situación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Renovables.* Guatemala. (2002).FAO, The State of the World Forest 2001, Roma
- Gittinger, J.1972, *Analisis Economico de Proyectos Agrícolas*, Instituto de Desarrollo Economico Banco internacional de Reconstrucción y Fomento.España, 239pp
- Gremial de Exportadores de Guatemala AGEXPORT, *estadísticas 2005 comisión de fabricantes de muebles.*
- GTZ, Proyecto Regional Centroamericano para Políticas de Comercio Exterior, 2006. *Guía Básica por Producto para Aprovechar el DR-CAFTA. Sector Forestal Muebles y Demás Productos de Madera.*
- Diaz-Vaz O, J.E. 2003. *Anatomía de Maderas.* Universidad Austral de Chile. Valdivia. 151 pp.
- Forest Products Laboratory. 1999. *Wood handbook—Wood as an engineering material.* Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 pp.
- Haslett A. 1983. *Drying properties of New Zealand grown wood.* *New Zealand Journal of forestry Science* 13 (2): 130-138 págs.
- Monterroso, L. 1989. *Evaluación de la Acción del Proyecto Biomasa de Guatemala y sus efecto en dos localidades.* USAC. Facultad de Agronomía
- Ott, Lyman, 1,977, *An Introduction to startistical Methods and Data Analysis*, . United States, Wadsworth Publishing Company: 112- 117 pp
- Kollmann 1984. *Principles of wood science and technology* Vol. 1. 2da Edición Berlin, Heidelberg; New York; Tokyo; Springer, Berlin 592pp.
- Kreith, F. 1965. *Principles of heat transfer*, 2d ed. Scranton, PA: International . Textbook Co. 620 pp.
- Samayoa, O. 2,006. *Administración Financiera y Presupuestaria Aplicada a empresas de Servicios Educativos*, Versión Preliminar, U.V.G, 93 pp
- Simpson, W.T, ed. 1991. *Dry kiln operator's manual.* Agric. Handbook. 188 Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
- INSTITUTO NACIONAL de Bosques. 1997. *Programa de incentivos forestales Guatemala.* 2 págs.
- Leberle, U. 2007. *Energy Uses of Wod. Confederation of European Paper Industries.* BIOENERGY 2007, Finland.

## 15. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Madera**, es un material ortotrópico encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen cada año y que están compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina. Las plantas que no producen madera son conocidas como herbáceas.

**Secado**, diversos procedimientos para eliminar el agua de las emulsiones recién procesadas. Para el papel el método más corriente es el del secado por esmaltadora que mantiene una temperatura elevada (cerca de 80°).

**Madera aserrada**, es la pieza cortada longitudinalmente o producida por un proceso de labrado, la madera cepillada, machihembrada, ranurada, rebajada, etc., tiene más de 5 mm. de espesor.

**Estabilidad dimensional**, refiriéndose a la madera, y producto derivados de la madera, la capacidad de estos para mantener estables sus dimensiones frente a cambios prolongados de la higrometría del ambiente en que se encuentra.

**Humedad relativa**, la humedad es la cantidad de vapor de agua presente en el aire.

**Temperatura**, la temperatura es una magnitud física descriptiva de un sistema que caracteriza la transferencia de energía térmica, o calor, entre ese sistema y otros. Desde un punto de vista microscópico, es una medida de la energía cinética asociada al movimiento aleatorio de las partículas que componen el sistema.

**Tecnología más limpia**, otra expresión de P+L aplicada a la producción de procesos. El término es frecuentemente relacionado con tecnología más eficiente y equipo menos contaminante en comparación con otros.

**Árbol**, planta leñosa con fuste y copa definida.

**Bosque**, es el ecosistema en donde los árboles son las especies vegetales dominantes y permanentes.

**Bosques naturales sin manejo**, son los originados por regeneración natural sin influencia del ser humano.

**Bosques naturales bajo manejo**, son los originados por regeneración natural y que se encuentran sujetos a la aplicación de técnicas silviculturales.

**Bosques naturales bajo manejo agroforestal**, son los bosques en los cuales se practica el manejo forestal y la agricultura en forma conjunta.

**Productos Secundarios del Bosque**, los productos forestales no maderables (PFNM) son todos aquellos bienes de consumo derivados de los ecosistemas

forestales, excluyendo aquellos procedentes de la madera o de la corta de árboles. Estos productos cumplen un rol vital en la generación de alimentos, medicina, empleo, ingresos, forraje; por lo tanto, contribuyen al bienestar de la comunidad. La mayoría son de autoconsumo y forman parte del sistema económico productivo informal, razón por lo cual su estadística, así como su participación en la contabilidad nacional, es dejada de lado.

**Furgón de Ultimo Viaje**, se le denomina a los furgones que están golpeados o tienen alguna característica que las navieras los rechacen.

**Medida Nominal**, estándar Guatemalteco de medida de la madera, la escala es en pulgadas y quitando un  $\frac{1}{4}$  de pulgada a cada medida. Ejemplo; Una pieza de madera 3 x 4, es realmente de  $2\frac{3}{4}$  x  $3\frac{3}{4}$  pulgadas

**Incentivos Forestales**, son un pago en efectivo que el Estado otorga al propietario de tierras de vocación forestal por ejecutar proyectos de reforestación o manejo de bosques naturales.

**El Programa de Incentivos Forestales (PINFOR)**, es una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo que promueve el Instituto Nacional de Bosques, INAB, con miras a impulsar el fomento de la producción forestal sostenible en el país, mediante el estímulo a la inversión en las actividades de forestación, reforestación y manejo de bosques naturales

## 16. Acrónimos

AGEXPORT	Asociación Guatemalteca de Exportadores
CAFTA	Tratado De Libre Comercio de América Central
CONAP,	Consejo de Áreas Protegidas
DIGEBOS	Dirección General de Bosques
GTZ,	Agencia Alemana de Cooperación Técnica
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PIB,	Producto Interno Bruto
PINFOR,	El Programa de Incentivos Forestales.
PINPEP	Programa de Incentivos Forestales Para Pequeños Propietarios
Pt	Pie tablar.
sp	Especie
TIR	Tasa Interna Retorno
TLC,	Tratado de libre comercio
VAN	Valor Actual Neto

## Anexos.

### 1. Prueba estadística

Muestra Diesel.

$$\sum_{j=1}^{10} y_{1j} = 233.03$$

$$\sum_{j=1}^{10} y_{1j}^2 = 233.03$$

Muestra de Biomasa

$$\sum_{j=1}^{10} y_{2j} = 310.63$$

$$\sum_{j=1}^{10} y_{2j}^2 = 8,436.00$$

a. Varianza

$$S_1^2 = 1 / 9 (4,451.00 - (233)^2/10) = 108.57$$

$$S_2^2 = 1 / 9 (8,436.00 - (310.63)^2/10) = 134.72$$

Siendo  $N_1 = N_2$

Entonces

$$S_2 = \frac{(S_1^2 + S_2^2)}{2}$$

$$S = 4.91$$

De acuerdo con el modelo estadístico, el análisis estimado de variancia entre las dos muestras es de  $s = 4.91$  y tiene un valor de acuerdo a la distribución t de  $t_{\alpha} = 1.73$  con el 95% de confianza con el procedimiento de una cola.

Se determinó que la diferencia de medias fluctúa dentro de valores de

$$Y_1 - Y_2 \pm (t_{\alpha} / 2) \sqrt{1 / N_1 + 1 / N_2}$$

$$(31.06 - 23.30) \pm 4.91 (0.285) (0.44)$$

$$7.86 + 0.61 = 8.47$$

$$7.86 - 0.61 = 7.25$$

## 2. Importaciones realizadas durante el año 2,005

Producto	US\$
Plantas, partes de plantas, semillas y frutos de las especies utilizadas principalmente en perfumería, medicina o para uso insecticidas, parasiticidas o similares, frescos o secos, incluso cortados, quebrantados o pulverizados	843,648
Gomas, resinas, gomoresinas y oleoresinas naturales	2,314,623
Biomasa, madera en partículas, aserrín, biomasa y desechos de madera	42,001
Carbón vegetal	14,745
Madera en bruto	634,600
Flejes de madera, rodrigones hendidos, estacas y estaquillas de madera	28,844
Traviesas (durmientes) de madera, para vías férreas o similares	30,100
Madera aserrada	4,989,971
Hojas para chapado o contrachapado	1,089,309
Madera incluida las tablillas y frisos para parqués (zócalos), sin ensamblar	437,816
Tableros de partículas y tableros similares	5,960,349
Tableros de fibra de madera	6,353,970
Madera contrachapada, chapada y estratificada	1,193,063
Madera densificada en bloques, tablas, tiras o perfiles	165,985
Marcos de madera para cuadros, fotografías, espejos y otros objetos similares	162,286
Cajones, cajas, jaulas, tambores y envases similares de madera, carretes, paletas y plataformas para carga	1,313,226
Barriles, cubas, tinas y duelas	677,631
Herramientas, monturas, mangos de herramientas, hormas	720,103
Obras y piezas de carpintería para construcciones	2,025,922
Artículos de mesa, o de cocina	215,739
Marquetería, artículos para joyería u orfebrería	556,736
Otras manufacturas de Madera	2,809,771
Corcho natural, descortezado o simplemente escuadrado, o en bloques, placas, hojas o tiras, cuadradas o rectangulares	2,590
Manufacturas de corcho natural	473,807
Corcho aglomerado y manufacturas de corcho aglomerado	71,418
Pasta química de madera al sulfato	701,376
Pasta química de madera al sulfito	244,135
Pasta de obtenidas de desechos y biomasa o de las demás materias fibrosas celulósicas	19,227
Papel o cartón para reciclar	6,730,720
Papel prensa en bobinas o en hojas	18,456,855
Papel y cartón, sin estucar ni recubrir, del tipo de los utilizados para escribir, imprimir u otros fines gráficos y papel y cartón para tarjetas o cintas para perforar en bobinas o en hojas	49,335,039

<b>Producto</b>	<b>US\$</b>
Papel del tipo utilizado para papel higiénico, toallitas para desmaquillar, toallas y servilletas o papeles similares de uso doméstico, de higiene o tocador, guata de celulosa y napa de fibras de celulosa, incluso rizados, plisados, gofrados, estampados, perforados, coloreados o decoloreados	1,535,150
Papel y cartón kraft, sin estucar ni recubrir en bobinas y en hojas	81,112,254
Los demás papeles y cartones, sin estucar ni recubrir, en bobinas o en hojas, que no hayan sido sometidos a trabajos complementarios	17,670,078
Papel y cartón sulfurizados, papel resistente a las grasas, papel vegetal, papel cristal y demás papeles calandrados transparente o translúcidos, en bobinas o en hojas	1,626,312
Papel y cartón obtenidos por pegado de hojas planas, sin estucar ni recubrir en la superficie y sin impregnar, incluso reforzados interiormente en bobinas o en hojas	357,719
Papel y cartón corrugados, plisados, gofrados, estampados o perforados, en bobinas o en hojas	3,819,019
Papel carbón, papel autocopia y demás papeles para copiar o transferir, incluso impresos en bobinas o en hojas	5,661,202
Papel y cartón estucados por una o las dos caras con caolín u otras sustancias inorgánicas, con aglutinante o sin él	25,670,439
Papel, cartón, guata de celulosa y napa de fibras de celulosa, estucados, recubiertos, impregnados o revestidos, coloreados o decorados en la superficie o impresos en bobinas o en hojas	23,080,360
Bloques y placas, filtrantes, de pasta de papel	88,717
Papel de fumar, incluso cortado al tamaño adecuado en librillos o en tubos	725,204
Papel para decorar y revestimientos similares de paredes, papel para vidrieras	235,261
Papel carbón, papel autocopia y demás papeles para copiar o transferir, clises de mimiógrafo completos y planchas offset, de papel incluso acondicionados en cajas	2,876,107
Papel del tipo de los utilizados para papel higiénico y papeles similares, guata de celulosa o napa de fibras de celulosa, del tipo de los utilizados para fibras domésticas o sanitarios, en bobinas y rollos	63,342,160
Cajas, sacos, bolsitas, cucuruchos y demás envases de papel, cartón, guata de celulosa o napa de fibras de celulosa	58,320,367
Libros registro, libros de contabilidad, agendas, bloques, memorandos, bloques de papel de cartas y artículos similares, cuadernos, carpetas de mesa, clasificadores, encuadernaciones	10,052,700
Etiquetas de todas clases, de papel o cartón, incluso impresas	25,965,883
Los demás papeles, cartones, guata de celulosa y napa de fibras de celulosa, cortados en formato, los demás artículos de pasta de papel, de papel, cartón, guata de celulosa o napa de fibras de celulosa	9,431,811

<b>Producto</b>	<b>US\$</b>
Pizarra natural trabajada y manufacturas de pizarra natural y aglomerada	140,521
Abrasivos naturales o artificiales en polvo o gránulos con soporte de materia textil, papel cartón u otras materias, incluso recortados, cosidos o unidos de otra forma.	3,168,810
Manufacturas de amiantocemento, celulosacemento o similares	1,600,714
Mica trabajada y manufacturas de mica, incluida la mica aglomerada o reconstituída, incluso con soporte de papel, cartón u otras materias	8,730
Asientos con armazón de madera	9,161,748
Muebles de Madera	36,351,159
Somieres, artículos de cama y similares, bien con muelles, bien rellenos o guarnecidos interiormente con cualquier materia	3,218,789
Construcciones prefabricadas	3,961,699
	498,133,651

Fuente. Instituto Nacional de Bosques, INAB

### 3. Flujo de fondos del proyecto secador de madera con combustible.

#### Aumento de 5%

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Inversión</b>	- Q110,650.00									
<b>Costos</b>										
Diesel		104,940.00	110,187.00	115,696.35	121,481.17	121,481.17	121,481.17	121,481.17	121,481.17	121,481.17
Mano de obra		49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00
Transporte		4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
Gastos imprevisto 10%		24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00
		<b>182,220.00</b>	<b>187,467.00</b>	<b>192,976.35</b>	<b>198,761.17</b>	<b>198,761.17</b>	<b>198,761.17</b>	<b>198,761.17</b>	<b>198,761.17</b>	<b>198,761.17</b>
<b>Ingresos</b>										
Secado de madera		240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00
Procesa										
<b>Flujo de fondos</b>	- Q110,650.00	<b>57,780.00</b>	<b>52,533.00</b>	<b>47,023.65</b>	<b>41,238.83</b>	<b>41,238.83</b>	<b>41,238.83</b>	<b>41,238.83</b>	<b>41,238.83</b>	<b>41,238.83</b>

#### Costos de diesel

	galones/ diaria	galones/camada	precio galón	Precio día	Días trabajados	Total
<b>Diesel</b>	25.00	125.00	Q26.25	Q656.00	160.00	Q104,960.00

#### Costo de mano de obra de operación de horno de diesel

Mano de obra	Sueldo diario	Días trabajados	TOTAL
Un operador	Q60.00	Q160.00	Q11,200.00
Cuatro ayudantes	Q55.00	Q160.00	Q38,080.00
			Q49,280.00

#### Costo de transporte

Transporte.	precio /galón	Costo flete	TOTAL
Gasolina pick up	Q26.25	Q125.00	Q4,000.00

#### 4. Flujo de fondos del proyecto secador de madera con combustible

##### Aumento de 8%

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	- Q110,650.00									
Costos										
Diesel		104,940.00	113,335.20	122,402.02	132,194.18	132,194.18	132,194.18	132,194.18	132,194.18	132,194.18
Mano de obra		49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00
Transporte		4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
Gastos imprevisto 10%		24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00
		<b>182,220.00</b>	<b>190,615.20</b>	<b>199,682.02</b>	<b>209,474.18</b>	<b>209,474.18</b>	<b>209,474.18</b>	<b>209,474.18</b>	<b>209,474.18</b>	<b>209,474.18</b>
Ingresos										
Secado de madera		240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00
Procesa										
Flujo de fondos	- Q110,650.00	57,780.00	49,384.80	40,317.98	30,525.82	30,525.82	30,525.82	30,525.82	30,525.82	30,525.82

##### Costos de diesel

	galones/ diaria	galones/camada	precio galón	Precio día	Días trabajados	Total
<b>Diesel</b>	25.00	125.00	Q26.25	Q656.00	160.00	Q104,960.00

##### Costo de mano de obra de operación de horno de diesel

Mano de Obra	Sueldo diario	Días trabajados	TOTAL
Un operador	Q60.00	Q160.00	Q11,200.00
Cuatro ayudantes	Q55.00	Q160.00	Q38,080.00

Q49,280.00

##### Costo de transporte

Transporte.	precio /galón	Costo flete	TOTAL
Gasolina Pick up	Q26.25	Q125.00	Q4,000.00

## 5. Flujo de fondos del proyecto secador de madera con combustible

### Aumento de 10%

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	-Q110,650.00									
Costos										
Diesel		104,940.00	115,434.00	126,977.40	139,675.14	139,675.14	139,675.14	139,675.14	139,675.14	139,675.14
Mano de obra		49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00	49,280.00
Transporte		4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
Gastos imprevisto 10%		24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00
		<b>182,220.00</b>	<b>192,714.00</b>	<b>204,257.40</b>	<b>216,955.14</b>	<b>216,955.14</b>	<b>216,955.14</b>	<b>216,955.14</b>	<b>216,955.14</b>	<b>216,955.14</b>
Ingresos										
Secado de madera		240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00
Procesa										
Flujo de fondos	- Q110,650.00	57,780.00	47,286.00	35,742.60	23,044.86	23,044.86	23,044.86	23,044.86	23,044.86	23,044.86

### Costos de diesel

	galones/ diaria	galones/camada	precio galón	Precio día	Días trabajados	Total
<b>Diesel</b>	25.00	125.00	Q26.25	Q656.00	160.00	Q104,960.00

### Costo de mano de obra de operación de horno de diesel

Mano de obra	Sueldo diario	Días trabajados	TOTAL
Un operador	Q60.00	Q160.00	Q11,200.00
Cuatro ayudantes	Q55.00	Q160.00	Q38,080.00
			Q49,280.00

### Costo de transporte

Transporte.	precio /galón	Costo flete	TOTAL
Gasolina pick up	Q26.25	Q125.00	Q4,000.00

## 6. Flujo de fondos del proyecto secador de madera con biomasa

### Biomasa (FB1)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	-115,125.00									
Costos										
Biomasa		102,400.00	102,400.00	102,400.00	102,400.00	102,400.00	102,400.00	102,400.00	102,400.00	102,400.00
Mano de obra		87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00
Transporte		1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Gastos imprevisto 10%		24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00
		214,440.00	214,440.00	214,440.00	214,440.00	214,440.00	214,440.00	214,440.00	214,440.00	214,440.00
Ingresos										
Secado de madera		240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00
Procesa										
Flujo de fondos	-115,125.00	25,560.00	25,560.00	25,560.00	25,560.00	25,560.00	25,560.00	25,560.00	25,560.00	25,560.00

	tares/ diaria	tareas/camada	precio tarea	Precio día	Días trabajados	Total
<b>Biomasa</b>	4.00	32.00	Q100.00	Q400.00	256.00	<b>Q102,400.00</b>

Mano de obra	Sueldo diario	Días trabajados	TOTAL
Dos operadores	Q60.00	256.00	Q30,720.00
Cuatro ayudantes	Q55.00	256.00	Q56,320.00

**Q87,040.00**

## 7. Flujo de fondos del proyecto secador de madera con biomasa

### Biomasa (FB2)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	-115,125.00									
Costos										
Biomasa		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mano de obra		87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00	87,040.00
Transporte		1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Gastos imprevisto 10%		24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00	24,000.00
		<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>	<b>112,040.00</b>
Ingresos										
Secado de madera		240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00
Procesa										
Flujo de fondos	-115,125.00	127,960.00	127,960.00	127,960.00	127,960.00	127,960.00	127,960.00	127,960.00	127,960.00	127,960.00

	tares/ diaria	tareas/camada	precio tarea	Precio día	Días trabajados	Total
<b>Biomasa</b>	4.00	32.00	Q100.00	Q400.00	256.00	Q102,400.00

Mano de obra	Sueldo diario	Días trabajados	TOTAL
Dos operadores	Q60.00	256.00	Q30,720.00
Cuatro ayudantes	Q55.00	256.00	Q56,320.00

**Q87,040.00**