



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

**MONTAJE DE CALDERA Y SECADOR AUTOMATIZADO DE
MADERA, EN LA EMPRESA TABLEROS INDUSTRIALES,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**

Hugo Yon Chang

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, agosto de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE DE CALDERA Y SECADOR AUTOMATIZADO DE
MADERA, EN LA EMPRESA TABLEROS INDUSTRIALES,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HUGO YON CHANG

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I: Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II: Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV: Br. José Milton De León Bran
VOCAL V: Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR: Ing. Julio Campos Paiz
EXAMINADOR: Ing. Anibal Chicojay Coloma
EXAMINADOR: Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MONTAJE DE CALDERA Y SECADOR AUTOMATIZADO DE
MADERA, EN LA EMPRESA TABLEROS INDUSTRIALES,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha de 20 de octubre de 2008.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hugo Yon Chang', with a circular flourish at the end.

Hugo Yon Chang



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 11 de agosto de 2009
Ref.EPS.DOC.1134.08.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Hugo Yon Chang** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **199910979**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MONTAJE DE CALDERA Y SECADOR AUTOMATIZADO DE MADERA EN LA EMPRESA TABLEROS INDUSTRIALES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

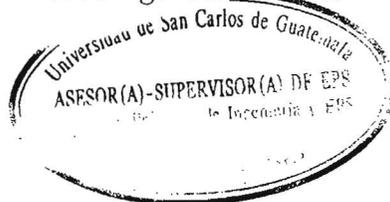
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





Guatemala, 11 de agosto de 2009

Ref.EPS.D.483.08.09

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MONTAJE DE CALDERA Y SECADOR AUTOMATIZADO DE MADERA EN LA EMPRESA TABLEROS INDUSTRIALES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Hugo Yon Chang** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al trabajo de graduación titulado “MONTAJE DE CALDERA Y SECADOR AUTOMATIZADO DE MADERA EN LA EMPRESA TABLEROS INDUSTRIALES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO”, del estudiante **Hugo Yon Chang**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑADO TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, agosto de 2009

JCCP/behdei



Ref. DTG. 287.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE DE CALDERA Y SECADOR AUTOMATIZADO DE MADERA, EN LA EMPRESA TABLEROS INDUSTRIALES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Yon Chang**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olimpo Paiz Recinos', written over a horizontal line.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, agosto de 2009



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Por ser la luz que ha iluminado mi camino en el transcurso de mi carrera y por formar parte fundamental en todo momento de mi vida.
- MIS PADRES:** Mario Antonio Yon Siu y Zoila Fernanda Chang de Yon, por todo su amor, esfuerzo y apoyo que me han brindado durante el transcurso de mi vida.
- MIS HERMANOS:** Mario Fernando y Soniamaría, por su apoyo y comprensión.
- MI FAMILIA:** Por el amor y confianza que han depositado en mí.
- MIS COMPAÑEROS:** Por su amistad y apoyo que me han brindado.
- LA FACULTAD:** Por ser mi casa de estudios.

1.2.3	Calderas.....	13
1.2.3.1	Definición de caldera.....	13
1.2.3.2	Tipos de calderas usadas en secadores de madera.....	15
1.2.3.3	Criterios para la selección de caldera.....	15
1.2.3.4	Definición de trampa de vapor.....	17
1.2.3.5	Tipos de trampas de vapor.....	18
1.3	Diagnostico de recursos disponibles para el montaje del equipo.....	30
1.3.1	Recursos económicos.....	30
1.3.2	Recursos humanos.....	30
1.3.3	Recursos técnicos.....	31
1.4	Análisis de agua requerida para caldera.....	31
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN.....	33
2.1	Evaluación de riesgos.....	33
2.1.1	Identificación de riesgos.....	34
2.1.2	Elaboración de matriz de riesgos.....	34
2.1.3	Identificación de medidas potenciales preventivas y de mitigación de riesgos.....	35
2.1.4	Valoración del riesgo.....	37
2.1.5	Plan de riesgos recomendado.....	39
2.1.6	Plan de emergencia.....	40
3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....	47
3.1	Selección del tipo de secador.....	47
3.2	Selección de fuente generadora de calor.....	48
3.3	Capacitación para el montaje del equipo del secador.....	48

3.4	Desarrollo del plan de montaje.....	49
3.4.1	Ubicación del área del montaje.....	49
3.4.2	Obra civil.....	50
3.4.2.1	Construcción de galera para caldera.....	50
3.4.2.2	Estructura de mampostería para secador y cuarto de control.....	50
3.4.2.2.1	Supervisión de excavación.....	51
3.4.2.2.2	Supervisión de cimentación.....	51
3.4.2.2.3	Supervisión de levantado de muro de block...52	
3.4.2.2.4	Supervisión de armado y fundición de losa de techo.....	53
3.4.2.2.5	Fundición de losa de piso y acabados finales.....	54
3.4.3	Montaje del equipo del secador de madera.....	53
3.4.3.1	Ensamblaje de estructuras externas.....	55
3.4.3.1.1	Paletas de ventilación.....	55
3.4.3.1.2	Mecanismo de activación de paletas.....	56
3.4.3.1.3	Puerta de inspección.....	56
3.4.3.1.4	Compuerta de carga y descarga.....	57
3.4.3.2	Ensamblaje de equipo primario.....	60
3.4.3.2.1	Intercambiadores de calor.....	60
3.4.3.2.2	Equipo de ventilación forzada.....	62
3.4.3.2.3	Cortina reguladora de flujo de aire.....	63
3.4.3.2.4	Riel aspersionador de vapor.....	64
3.4.3.3	Ensamblaje de equipo secundario.....	64
3.4.3.3.1	Tablero de interruptores termomagnéticos.....	64
3.4.3.3.2	Panel electrónico de control.....	65

3.4.3.3.3	Cableado eléctrico y electrónico.....	66
3.4.3.3.4	Sensores térmicos y de humedad.....	68
3.4.3.3.5	Actuador de apertura y cierre de paletas	69
3.4.4	Montaje del equipo generador de calor.....	70
3.4.4.1	Caldera.....	70
3.4.4.2	Trampas de vapor.....	71
3.4.4.3	Tuberías de vapor.....	73
3.4.4.4	Válvulas manuales.....	75
3.4.4.5	Válvulas eléctricas.....	75
3.4.4.6	Manómetros de presión de vapor.....	76
3.4.4.7	Chimenea de extracción de gases de combustión.....	77
3.4.4.8	Ladrillo refractario para quemador de caldera.....	79
3.5	Prueba de equipos.....	81
3.6	Prueba general del sistema.....	83
3.7	Puesta en marcha.....	83
3.8	Desarrollo de programas de secado, según las diferentes especies de madera.....	84
CONCLUSIONES.....		87
RECOMENDACIONES.....		91
BIBLIOGRAFÍA.....		93
APÉNDICE 1.....		97
APÉNDICE 2.....		99
APÉNDICE 3.....		105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa Tableros Industriales.....	3
2.	Secador de madera.....	7
3.	Caldera.....	14
4.	Trampa de vapor.....	18
5.	Matriz de riesgo.....	35
6.	Excavación.....	51
7.	Fundición de cimentación... ..	52
8.	Levantado de muro de block.....	53
9.	Supervisión de armado y fundición de losa de techo	54
10.	Fundición de losa de piso y acabados finales.....	54
11.	Paletas de ventilación	55
12.	Mecanismo de activación de paletas.....	56
13.	Puerta de inspección	57
14.	Ensamblaje de marco externo y del mecanismo de apertura y cierre de la compuerta	58
15.	Instalación de lámina a cara interna de compuerta	58
16.	Colocación de tensores internos de compuerta.....	59
17.	Instalación de fibra de vidrio aislante y lámina de cara externa de compuerta.....	59
18.	Compuerta y mecanismo de apertura y cierre instalados.....	60
19.	Ensamblaje de estructura de soporte de intercambiadores de calor	61

20.	Instalación de intercambiadores de calor.....	61
21.	Intercambiadores de calor instalados.....	62
22.	Equipo de ventilación forzada.....	62
23.	Colocación de lámina de cortina	63
24.	Riel aspersor de vapor	64
25.	Panel electrónico de control	66
26.	Sensores térmicos y de humedad	69
27.	Actuador de apertura y cierre de paletas.....	69
28.	Montaje de caldera	71
29.	Trampa de vapor	72
30.	Instalación de soportes de tubería de vapor.....	73
31.	Fabricación de roscas de tubos de vapor.....	74
32.	Conexión de tubería de vapor.....	74
33.	Válvulas manuales de vapor.....	75
34.	Válvulas eléctricas de vapor.....	76
35.	Manómetro de presión de vapor.....	76
36.	Tubos de chimenea.....	77
37.	Instalación de chimenea.....	78
38.	Acoplamiento de chimenea a caldera.....	78
39.	Diagrama del quemador.....	79
40.	Construcción de quemador con ladrillo refractario.....	80
41.	Quemador de caldera en funcionamiento.....	80
42.	Monitoreo del proceso de secado.....	84
43.	Programas de secado del Software Wood Wizard 2.....	85
44.	Distribución de planta de producción.....	97
45.	Hoja de análisis de riesgo 1.....	99
46.	Hoja de análisis de riesgo 2.....	100

47.	Hoja de análisis de riesgo 3.....	101
48.	Hoja de análisis de riesgo 4.....	102
49.	Hoja de análisis de riesgo 5.....	103
50.	Hoja de análisis de riesgo 6.....	104
51.	Resultado de análisis de agua para caldera 1.....	105
52.	Resultado de análisis de agua para caldera 2.....	106

TABLAS

I.	Tabla comparativa de las características de los combustibles.....	11
II.	Valor calorífico de los combustibles	11
III.	Dimensiones de los secadores de madera.....	12
IV.	Comparativa de los porcentajes de fallas de los diferentes tipos de trampas de vapor	30
V.	Plan de riesgos.....	40
VI.	Teléfonos de emergencia.....	45
VII.	Detalle de interruptores termomagnéticos	65
VIII.	Detalle de cableado de alimentación y distribución	67

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados centígrados
<	Menor a
\$	Dólar Americano
%	Porcentaje
*	Multiplicación
#	Número
=	Igualdad
$\frac{3}{4}$	Tres cuartas partes de unidad
Bar	Unidad de presión
BHP	Caballos de potencia de caldera
BTU	Unidad térmica británica
BTU/gal	Unidad térmica británica por galón
BTU/m³	Unidad térmica británica por metro cubico
CONRED	Consejo Nacional de Reducción de Desastres
Gal	Galón
Kg	Kilogramo
m	Metro
m³	Metro cubico
PH	Potencial de hidrógeno
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
TFF	Aislamiento termoplástico flexible

THHN

Aislamiento termoplástico resistente a alta temperatura

THWN

Aislamiento termoplástico resistente a la temperatura y a la intemperie

GLOSARIO

Agua de alimentación	Agua de reemplazo que se suministra a la caldera.
Caldera Pirotubular	Es una máquina generadora de calor en la cual los gases calientes pasan a través de tubos rodeados de grandes volúmenes de agua para calentarla.
Combustión	Es la unión rápida del oxígeno con un elemento compuesto que resulta en liberación de calor.
Condensación	Agua condensada que resulta de la eliminación del calor del vapor.
Corrosión	Desgaste de los metales en la caldera debido a la acción química, generalmente causada por la presencia de hidrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, un ácido o alcalinos fuertes.

Incrustaciones	Depósitos causados por minerales en el agua de la caldera.
Intercambiador de calor	Es un dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto.
Ladrillo refractario	Es un ladrillo cuya función es reducir las pérdidas térmicas, evitar el calentamiento excesivo del quemador y ayudar a darle forma a la llama del quemador de la caldera.
Mampostería	Es una estructura de block con fundición de concreto reforzada con acero de construcción.
Paletas de ventilación	Son paletas ubicadas en la parte superior de la losa del techo del cuarto de secado cuya función es de extraer el exceso de humedad contenida en el ambiente del mismo debido a la humedad que expele la madera durante el proceso de secado.

PH	Es el índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad en un líquido.
Riel aspersor de vapor	Es un tubo con pequeños agujeros a lo largo del mismo, cuyo propósito es de inyectar vapor para elevar el contenido de humedad del ambiente dentro del secador de madera.
Secador de madera	Es un recinto completamente cerrado con factores físicos controlados como lo son: temperatura, humedad relativa y flujo de aire con el propósito de realizar un secado rápido sin ocasionarle daños a la madera.
UPS	Es un dispositivo encargado de proteger los equipos contra sobrecargas y de proporcionar energía eléctrica durante una corta interrupción de esta.

RESUMEN

El secado de madera es un proceso que consiste en evacuar el exceso de agua que contiene la madera en el menor tiempo, al menor costo y obteniendo la mejor calidad posible. Es de gran importancia, ya que le proporciona mayor resistencia a la pudrición, a la resistencia mecánica que le permite conservar de mejor manera sus dimensiones y formas. El tiempo de secado depende de la especie y espesor de la madera que se este secando.

Un secador automatizado de madera es un recinto completamente cerrado con factores físicos controlados como lo son: temperatura, humedad relativa y flujo de aire, con el propósito de obtener un producto final con una humedad relativa aceptable y sin daños como pandeo o rajaduras.

Existen varias formas de generar calor para elevar la temperatura de un secador de madera, en este caso en particular se opto por realizarlo por medio de una caldera de sólidos (leña) debido a que el costo de funcionamiento es menor comparado con las otras opciones y se requiere vapor para aumentar la humedad relativa dentro del cuarto de secado cuando sea necesario.

Los capítulos más interesantes son el número uno y el tres, ya que en ellos se describen los conceptos generales del secado, tipos y criterios para la selección de secadores de madera y el equipo necesario para su funcionamiento.

OBJETIVOS

General:

- Desarrollo e instalación de un secador automatizado de madera en la empresa Tableros Industriales ubicada en el municipio de Chimaltenango.

Específicos:

1. Conocer el proceso de construcción e instalación del equipo necesario para el funcionamiento del secador automatizado.
2. Realizar un análisis del agua de alimentación de la caldera del secador para reducir corrosión e incrustaciones en los tubos de la caldera y así evitar paros innecesarios de los equipos.
3. Evaluar los riesgos latentes durante la operación del secador de madera para realizar acciones preventivas y correctivas, para mitigar o eliminar los posibles riesgos.

INTRODUCCIÓN

El secado de madera es un proceso que consiste en evacuar el exceso de agua que contiene la misma, en el menor tiempo, al menor costo y obteniendo la mejor calidad posible.

La madera seca adquiere varias ventajas favorables en comparación a la húmeda, siendo las principales: resistencia a la pudrición, resistencia mecánica y conservación de formas y dimensiones.

Existen dos tipos de secado de madera, los cuales son: el natural y el artificial; siendo el segundo el más utilizado actualmente ya que con este se consigue mas homogeneidad y rapidez en el secado.

Además de las ventajas favorables mencionadas anteriormente el secado artificial permite bajar el contenido de humedad en la madera a valores inferiores que los que se consiguen con el secado natural.

El proceso de secado artificial es un proceso que requiere el control de humedad y temperatura basándose en las características propias de la madera como lo son: especie, espesor y tipo de corte.

El secador instalado en la empresa donde se realizó la práctica de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), genera el calor necesario para el secado a través del vapor producido por una caldera pirotubular, la cual envía vapor a intercambiadores de calor para transferir el calor del vapor al ambiente del cuarto de secado.

1. GENERALIDADES

1.1 Generalidades de la empresa Tableros Industriales

1.1.1 Reseña histórica

La empresa Tableros Industriales fue fundada en el año 2006, por un grupo de socios emprendedores que decidieron invertir para poder fabricar tableros de madera de formato mayor para máquinas de fabricación de block de tipo industrial automática y semiautomática.

Actualmente, la empresa desea expandir sus servicios, por lo que se requirió la instalación de un horno de secado de madera, para poder prestar el servicio de secado de madera tanto interno como externo.

1.1.2 Actividades y productos

Nombre del producto o servicio

Tableros de madera de formato mayor, es decir, tableros de madera con las dimensiones necesarias para la producción en línea de cuatro o doce blocks por ciclo.

Características o funciones principales del producto

Se utiliza para el proceso de fabricación, transporte y secado del block de diferentes medidas.

Utilidad para el cliente o necesidades que satisface

Anteriormente a la fundación de la empresa solo se podían obtener tableros de calidad, importados de Europa a precios muy altos o tableros fabricados artesanalmente en el mercado local que no llenaban las características de calidad necesarias de producción.

1.1.3 Misión y visión

Misión

Es una empresa dedicada a la producción de tableros de formato mayor para industrias especializadas en la fabricación de mampostería, enfocados a satisfacer las necesidades de tiempo, disponibilidad, calidad y accesibilidad, al mejor costo del mercado industrial regional, con asesoría financiera, dándole a cada uno de ellos atención personalizada.

Visión

Ser la empresa número uno en la producción para el mercado regional (México-Colombia) de tableros de formato mayor, de la mejor calidad, satisfaciendo la demanda presentada por el cliente, brindando el mejor servicio, en el menor tiempo con precios competitivos.

1.1.4 Estructura organizacional

En la figura 1 se muestra el organigrama de los principales cargos de la empresa Tableros Industriales.

Figura 1. **Organigrama de la empresa Tableros Industriales**



Fuente: Referencia bibliográfica 11

Funciones de los principales cargos

Gerente General

Administrar, controlar, supervisión de gerentes, implantar y desarrollar políticas de la empresa (compra, venta, servicio al cliente, producción), asesorar a junta directiva para definir políticas, misión, visión y metas de la empresa, aumentar utilidades y reportes a junta directiva.

Gerente administrativo

Administración general de la empresa, teniendo como tareas la supervisión de ventas, atención al cliente, compras, bodega, recursos humanos, importaciones y exportaciones.

Gerente de operaciones

Mejoramiento de distribución en planta, mejoramiento constante de procesos, manejo de inventarios de materia prima, control de calidad, capacitación de personal, atención de las necesidades de ventas, diseño de nuevos productos, mantenimiento de maquinaria y control de calidad.

Gerente financiero

Administración financiera de la empresa, teniendo a su cargo la contabilidad y manejo de fondos y capital de la empresa.

1.1.5 Ubicación

La planta de la empresa Tableros Industriales está ubicada en el kilómetro 52.7 de la carretera interamericana en el municipio de Chimaltenango del departamento de Chimaltenango.

1.1.6 Planta de producción

La planta de producción de tableros industriales está instalada en el terreno del Aserradero Don Arturo.

La subutilización del espacio de galera en el aserradero permite que la línea de fabricación de tableros industriales pueda montarse al costado del sitio utilizado para el aserradero, sin afectar la operación de la maquinaria de aserrío. La planta tiene una capacidad instalada para producir un volumen de 2000 tableros mensuales.

Con el afán de mejorar la calidad del producto y poder prestar un nuevo servicio, se instaló un secador de madera perpendicular al taller de producción del Aserradero Don Arturo. Ver figura 43.

1.2 Conceptos generales

1.2.1 Definición de secado

El secado de madera consiste en evacuar el exceso de agua que contiene la madera en su interior en el menor tiempo, al menor costo y obteniendo la mejor calidad posible.

Ventajas del secado de madera

El secado proporciona una materia prima de mejor calidad. Las principales ventajas que se obtienen con un correcto secado de madera son:

- **Resistencia a la pudrición:** Aumenta al evitarse el ataque de hongos e insectos.
- **Resistencia mecánica:** Aumento, con lo cual la madera soporta mayor carga de esfuerzos.
- **Reducción de peso:** El peso de la madera disminuye considerablemente debido a que se reduce el porcentaje de agua interno de la madera.
- **Conservación de formas y dimensiones:** Las piezas del producto elaborado con madera seca son más fáciles de ensamblar.

1.2.2 Definición de secador de madera

Es un recinto completamente cerrado con factores físicos controlados como lo son: temperatura, humedad relativa y flujo de aire con el propósito de realizar un secado rápido sin ocasionarle daños a la madera. Ver figura 2.

Figura 2. **Secador de madera**



Fuente: Referencia bibliográfica 14

1.2.2.1 Tipos de secadores de madera

- **Secado al aire:** Es el secado que se efectúa usando el viento natural y el sol. La madera es apilada de manera que permita a los vientos predominantes soplar por la pila y secarla. Este método es estrictamente dependiente del clima, que puede secar demasiado rápido y causar daños, o secarlo demasiado despacio, que es caro. Para una madera que debe ser usada en muebles o algún otro producto que requiere un contenido de humedad del 6 a 8 %, el aire por sí mismo no puede hacer el trabajo completo. A menudo es usado como un primer el paso, colocando la madera en un horno para finalizar el secado. El secado al aire produce verdaderos problemas siendo a menudo el modo más caro de secar, una vez que se considera el capital expuesto, el trabajo, el gasto de tierra, y sobre todo las pérdidas por degradación.

- **Secado de cobertizo:** Es un secado que se realiza bajo techo para evitar el contacto directo con los factores climáticos como lo son la lluvia y el sol ya que estos pueden dañar severamente la madera. Esto mejora la calidad del secado pero amplía el tiempo del proceso. Esto también requiere una inversión en cobertizos y todavía no permite controlar factores como la humedad, el flujo de aire y las temperaturas.
- **Secador por aire forzado:** Tal como el de cobertizo descrito antes, excepto que se utilizan ventiladores para forzar el aire por dentro la pila de madera, sin depender del viento natural. Esto es más rápido que el secado natural al aire libre o bajo cobertizo, pero el costo de mantener funcionando los ventiladores es bastante alto. También, la inversión de capital es bastante alta en proporción a la suma de secado que puede ser lograda.
- **Secador convencional:** Es un recinto cerrado donde se usa el calor proporcionado por una caldera e intercambiadores de calor, para calentar la cámara del secador y quitar el agua de la madera, la que es convertida en vapor y extraída con el aire caliente al ambiente, donde el flujo de aire, la temperatura y la humedad son controladas para proveer un secado rápido y eficiente.
- **Secador solar:** Existen varios tipos, pero todos se basan en colectores solares que absorben la energía del sol para producir calor para evaporar el agua de la madera. Las desventajas que tienen los secadores solares es que dependen totalmente del clima de día y de noche y del uso de los ventiladores alimentados por medio de la red de energía eléctrica, los cuales representan un alto costo de operación.

- **Secador al vacío:** La madera es colocada sobre polines dentro de un cilindro. Por medio de una bomba de vacío se genera presión negativa. Los ventiladores empujan el aire a través de resistencias eléctricas para el calentamiento inicial por el canal de presión. El aire caliente circula por las guías a través de pilas de madera hacia el canal de succión. El aire húmedo atraviesa un intercambiador de calor que al ser enfriado por el refrigerante condensa el agua, descendiendo la humedad presente en el aire. El condensado se acumula en el contenedor de condensación. El calor recuperado por el refrigerante durante la condensación es utilizado nuevamente para calentar la instalación por medio de una bomba de calor. La humedad de la madera aumenta la presión interna del sistema al evaporarse, la cual es reducida por medio de la bomba de vacío. Luego el aire caliente y deshumificado puede extraer nuevamente humedad de la madera hasta que se alcanza la humedad final requerida.

1.2.2.2 Criterios para la selección de un secador de madera

Para la selección de un secador de madera se deben analizar y considerar los siguientes factores:

Porcentaje de contenido de humedad requerido: Es la cantidad de humedad presente en la madera después del secado. Un secado artificial permite llevar la madera a valores inferiores del contenido de humedad que un secado al aire, secado de cobertizo y secado por aire forzado. El mercado de exportación de madera exige menor contenido de humedad que el nacional.

Tipo de combustible utilizado: Es el encargado de generar calor para el calentamiento del secador.

Dimensiones de los secadores de madera: El conjunto de estas nos permite calcular el volumen interior del secador.

Materiales utilizados para la construcción del secador: Existen dos tipos de materiales para la construcción de estos los cuales son: Mampostería y aluminio.

1.2.2.3 Combustibles utilizados en secadores de madera

Existen varios tipos de combustibles utilizados para la generación de calor en secadores de madera los cuales se detallaran y se compararan en la tabla I.

En la tabla II se puede observar el valor calorífico de los combustibles más utilizados en el mercado.

Tabla I. **Tabla comparativa de características de los combustibles**

Combustible	Observaciones
Bunker	<ul style="list-style-type: none"> • Produce alto particulado • Produce altas emisiones de azufre
Diesel	<ul style="list-style-type: none"> • Produce bajo particulado • Produce bajas emisiones de azufre
Gas propano (GLP)	<ul style="list-style-type: none"> • No produce particulado ni emisiones de azufre • Puede usarse sin intercambiadores de calor
Leña (35% de humedad)	<ul style="list-style-type: none"> • 40% de aire en exceso • No produce emisiones de azufre • Produce alto particulado
Electricidad	<ul style="list-style-type: none"> • No produce emisiones • Factor de carga 50%

Fuente: **Referencia bibliográfica 2**

Tabla II. **Valor calorífico de los combustibles**

Combustible	BTU/gal. (BTU/m³ en la leña)
Bunker	150,000
Diesel	138,000
Gas propano (GLP)	98,000
Leña (35% de humedad)	3,600,000

Fuente: **Referencia bibliográfica 2**

1.2.2.4 Dimensiones de los secadores de madera

Estas se basan en el volumen de carga del secador de madera, las cuales se describirán a continuación por medio de la tabla III.

Tabla III. Dimensiones de los secadores de madera

Volumen de carga del Secador (m ³)	Dimensiones internas Ancho*Largo*Alto (m)	Dimensiones entarimado Ancho*Largo*Alto (m)
30	4.4 * 5.0 * 5.7	4.0 * 3.6 * 4.4
40	4.4 * 6.4 * 5.7	4.0 * 4.6 * 4.4
50	6.4 * 5.4 * 5.7	6.0 * 3.8 * 4.4
60	6.4 * 6.4 * 5.7	6.0 * 4.6 * 4.4
80	8.5 * 6.4 * 5.7	8.1 * 4.6 * 4.4
100	8.5 * 8.0 * 5.7	8.1 * 6.0 * 4.4
120	10.5 * 8.0 * 5.7	10.0 * 6.0 * 4.4
150	12.6 * 8.0 * 5.7	12.0 * 6.0 * 4.4
200	12.6 * 9.2 * 6.1	12.0 * 7.0 * 4.8

1.2.2.5 Materiales utilizados para la construcción de secadores de madera

Existen dos formas de construir secadores de madera, las cuales dependen de los materiales utilizados.

1.2.2.5.1 Mampostería

Es una estructura de block con fundición de concreto reforzada con acero de construcción.

1.2.2.5.2 Aluminio

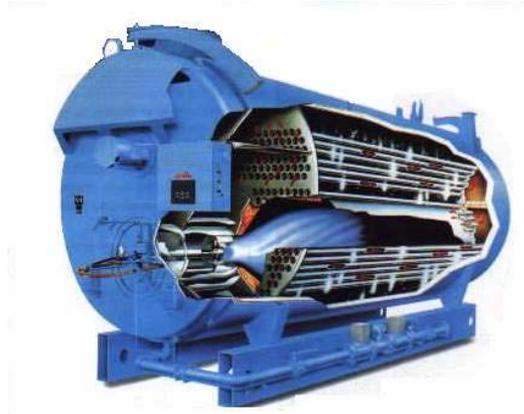
Se utiliza aluminio para evitar corrosión, uniendo las diferentes piezas con remaches y tornillos de acero inoxidable.

1.2.3 Calderas

1.2.3.1 Definición de caldera

El término caldera se aplica a un equipo diseñado y construido para generar vapor a presión, el cual puede producir fuerza en procesos industriales, calefacción, esterilización, etc. En una definición técnica, se comprende como caldera únicamente al cuerpo (shell), que forma el recipiente y las superficies de calefacción, pero con los diseños actuales la definición incluye al conjunto del quemador y el hogar (cámara de fuego). En la figura 3 se puede observar una imagen de una caldera en corte para poder observar sus partes internas.

Figura 3. **Caldera**



Fuente: **Referencia bibliográfica 15**

Clasificación

Existen varios métodos para clasificar las calderas, algunos de ellos de acuerdo con:

- Su uso: Estacionaria, portátil, locomotora y masiva.
- La posición de los gases de combustión: De tubos de fuego y tubos de agua.
- La posición del eje principal: Tubos rectos y tubos curvados,
- Métodos de ensamble: Ensamblada en la fábrica, en el lugar y caldera de paquete o unitaria.

En general las calderas sólo se dividen en dos grandes grupos:

Calderas de tubos de fuego (pirotubulares): En estas calderas los gases calientes pasan a través de tubos rodeados de grandes volúmenes de agua. Estas calderas pueden ser a su vez de tubos horizontales y tubos verticales.

Calderas de tubos de agua (acuatubulares): En estas calderas los gases calientes resultantes de la combustión, circulan alrededor de tubos que contienen agua. Las calderas de tubos de agua pueden ser de tubos rectos y de tubos doblados o curvos.

1.2.3.2 Tipos de calderas usadas en secadores de madera

Las calderas utilizadas para generar calor en los secadores se pueden clasificar según:

- La posición de los gases de combustión: Piro-tubulares y acuatubulares.
- La posición del eje principal: Tubos rectos y tubos curvados.
- Tipo de combustible que utiliza: Sólido, líquido o gaseoso.

1.2.3.3 Criterios para la selección de caldera

Para la correcta selección de una caldera deben tomarse en consideración las siguientes condiciones:

- Necesidades de aplicación del usuario: Se debe considerar en qué tipo de procesos y que temperaturas se requieren para el funcionamiento de la caldera. Por ejemplo: Calentamiento de otros fluidos, secado y aplicación de vapor directo.
- Potencia requerida: Evaluar las especificaciones promedio y máximas que se deben manejar en el proceso. Por ejemplo: Temperatura y demanda de vapor requerida para el proceso.
- Fluido de circulación: Evaluar qué fluido se requiere o es más conveniente manejar, de acuerdo con las condiciones de operación: Agua o aceite térmico.
- Combustible a utilizar: Para escoger el combustible que se va a utilizar hay que tener en cuenta los siguientes aspectos: Costo de adquisición y garantía de suministro.
- Costo de inversión: Considerar la capacidad y expectativas de la empresa en los siguientes aspectos: Capacidad de inversión y estimación del tiempo de recuperación de la inversión.
- Costo de funcionamiento: Considerar la capacidad de la empresa para asumir los siguientes rubros: Suministro de combustible y el costo asociado por operación de equipos adicionales.

1.2.3.4 Definición de trampa de vapor

Una trampa de vapor se puede definir como una válvula automática que tiene tres funciones:

- Permitir el paso del condensado que es generado por el calor latente del vapor en una tubería o proceso, del sistema de vapor a un sistema a menor presión.
- Impedir el paso de vapor, asegurando así que se aproveche su calor latente en el sistema o proceso.
- Remover aire y otros gases no condensables del sistema de vapor para mantener la temperatura y reducir la corrosión en el sistema de vapor.

En la figura 4 se puede observar la imagen de una trampa de vapor.

Figura 4. Trampa de vapor



Fuente: Referencia bibliográfica 19

1.2.3.5 Tipos de trampas de vapor

Las trampas de vapor se dividen en tres grupos según su modo de operación los cuales son: Trampas mecánicas (accionadas por densidad), trampas termostáticas (accionadas por temperatura) y las trampas termodinámicas (accionadas por energía cinética).

Trampas mecánicas (accionadas por densidad)

- Flotador
- Cubeta invertida

Trampas termostáticas (accionadas por temperatura)

- Trampa bimetálica
- Trampa de fuelle
- Trampa de expansión

Trampas termodinámicas (accionadas por energía cinética)

- Trampa de disco
- Trampa de pistón

Trampas mecánicas

Las trampas mecánicas detectan la diferencia de fase entre el vapor y condensado, es decir entre gas y líquido, mediante la diferencia en densidad entre los dos.

Trampa de flotador

Aun cuando es una de las más antiguas en el mercado, es todavía la de más amplio uso, debido a que el orificio de salida siempre queda bajo agua, lo que permite un buen sello contra fugas de vapor. La descarga es continua y modula según la generación de condensado, independiente de la presión de entrada. El aire acumulado se purga por medio de un orificio ubicado en la parte superior de la misma.

Esta trampa consta de concha, flotador, venteador para aire, válvula y asiento para válvula. Cuando la trampa está vacía el flotador baja y cierra la válvula, a medida que el condensado se acumula en la concha, el flotador va subiendo de manera que a cierto nivel de condensado principia a abrir permitiendo la descarga. Estas trampas están diseñadas de tal forma que siempre hay condensado dentro de ellas de manera que siempre hay un sello de agua que impide la salida de vapor vivo. Pero este sello también impide la salida de aire y gases no condensables: para eliminar este problema se coloca un orificio de venteo en la parte superior de la trampa.

Ventajas:

- Descarga inmediata y continua del condensado sin dejar acumular el condensado en la tubería de la trampa.
- Respuesta rápida a cambios en la tasa de condensación
- Alta capacidad para el venteo de aire y gases mediante el orificio ubicado en la parte superior.
- Buena eficiencia térmica a cargas altas y bajas.
- No es afectada por cambios repentinos de presión de entrada.
- Construcción sencilla.

Desventajas:

- Relativamente grande y pesada.
- Difícil comprobar su operación en el campo.
- Cuando falla normalmente falla cerrada.
- Se puede instalar únicamente en una orientación o posición.
- Es sensible a danos de golpe de ariete, especialmente el flotador.
- Se puede utilizar solamente a presiones bajas.

Trampa de cubeta invertida:

Estas trampas mantienen su popularidad desde hace años, debido a su bajo costo, aunque en la mayoría de los casos son más ineficientes que otras trampas. Estas siempre consumen un poco de vapor que pasa a través del orificio de venteo y corren el riesgo de quedar abiertas debido a una caída rápida de presión de entrada, o debido a que están sobredimensionadas para el sistema.

La construcción de esta trampa es tal que la entrada tiene un tubo que descarga en el fondo de una cubeta invertida. La descarga es a través de una válvula controlada por la cubeta. El vapor que entra hace que la cubeta suba y cierre la válvula de descarga evitando así la descarga de vapor. El vapor en la cubeta se condensa y también sale por el orificio de venteo de la cubeta lo que permite que la cubeta baje y abra la válvula de salida para descargar el condensado. Este tipo de trampa descarga condensado intermitentemente, el cual está muy cerca a la temperatura de saturación.

Ventajas:

- Buena resistencia al golpe de ariete.
- Construcción sencilla, fuerte y confiable
- Soporta altas presiones de entrada en la línea de vapor
- Se puede usar con altas presiones de descarga en la línea de retorno de condensados.
- Puede comprobarse su operación en el campo, aunque no se pueden cuantificar las fugas de vapor.

Desventajas:

- El orificio de venteo en la cubeta tiene capacidad muy limitada de venteo de aire, lo que causa tiempos más largos de calentamiento del sistema de arranque.
- Cuando no pasa aire, pasa vapor perdiendo su calor a través del orificio de venteo de la cubeta.
- Se puede instalar únicamente en una orientación o posición.
- Puede perder el nivel de líquido y cuando sucede esto, es necesario cebarla manualmente, ya que no tiene la capacidad de cebarse automáticamente.
- Puede fallar cerrada o abierta
- Baja eficiencia térmica debido a pérdida de calor y de vapor.

Trampas termostáticas

Este tipo de trampas trabajan en base a cambios de temperatura y de esta forma distingue entre vapor y gases no condensables más fríos. Elimina rápidamente el aire del sistema, especialmente durante un arranque en frío y puede ser instalada en varias posiciones.

Trampa bimetalica

Esta trampa utiliza el calor sensible en el condensado juntamente con la presión de la línea para abrir y cerrar el mecanismo de la válvula por medio de un dispositivo que se expande y se contrae según la temperatura. El sistema de la válvula y su asiento están arreglados en tal forma que producen una condición de flujo abajo del asiento.

La presión de suministro tiende a abrir la válvula. Los elementos bimetalicos están en forma de pequeños discos y están arreglados de tal forma que cierran la válvula cuando la temperatura aumenta. La fuerza de cierre esta en oposición a la fuerza para abrir, creada por la presión de la línea.

En condiciones de vapor saturado, la fuerza creada por la temperatura del bimetalico prevalece, cerrando la válvula y previniendo la perdida de vapor. Conforme la temperatura del condensado baja, la presión de la línea llega a ser fuerza dominante abriendo la válvula y permitiendo la descarga de condensado.

Ventajas:

- Construcción fuerte y confiable
- Resistente al golpe de ariete
- Puede instalarse en varias posiciones.
- Sirve para vapor sobrecalentado.
- Normalmente falla abierta
- Puede ajustarse la temperatura de descarga.
- La descarga a baja temperatura elimina la formación del vapor instantáneo.
- Buena eficiencia térmica cuando descarga a baja temperatura.

Desventajas:

- Respuesta lenta.
- Difícil de comprobar su operación en el campo.
- Limitada a aplicaciones donde el condensado puede acumularse y enfriarse antes de ser descargado.
- Elementos bimetálicos pueden necesitar reajuste después de un tiempo en servicio.
- Los elementos bimetálicos son susceptibles a la corrosión.
- Las partículas de suciedad pueden impedir el cierre completo de la válvula.
- La temperatura de descarga baja cuando sube la presión de descarga.

Trampa de fuelle

Otra trampa termostática que responde a la temperatura y presión del vapor para abrir y cerrar la válvula, es la trampa de fuelle. El accionador de la válvula es una capsula o fuelle lleno de un liquido vaporizante; el fuelle tiene un extremo fijo y otro movable, que abre y cierra la válvula como consecuencia de los cambios en la presión interna. El fuelle más frecuentemente utilizado es el corrugado.

Ventajas:

- Excelente capacidad para sacar aire y gases del sistema
- Puede escogerse el modo de falla, abierta o cerrada.
- Diseño sencillo y compacto.
- Puede instalarse en varias posiciones.

Desventajas:

- Limitada a aplicaciones donde el condensado puede acumularse y enfriarse antes de ser descargado.
- Fuelle muy sensible a golpes de ariete.
- Fuelle sensible a la corrosión.
- Difícil comprobar su operación en el campo.
- No es aplicable a presiones muy altas.
- No se recomienda para vapor sobrecalentado.

Trampa de expansión

La operación de la trampa de expansión es similar a las otras trampas termostáticas. Un fuelle o cilindro lleno de líquido que se dilata con la temperatura cierra la válvula en presencia de vapor. Recientemente se han empezado a construir estas trampas llenadas con cera en vez de líquido, lo que aumenta mucho el tiempo de respuesta. En estas trampas el elemento sensible se encuentra a la salida de la trampa o sea que se detecta la temperatura del condensado que sale. Permite calibrar el elemento para abrir la válvula a la temperatura deseada. Esta trampa opera independientemente de la presión del sistema de vapor.

Trampas termodinámicas

Al igual que las trampas mecánicas, las trampas termodinámicas son detectoras de fase; pueden diferenciar entre líquido y gas, pero no entre vapor, aire y gases no condensables.

Trampa de disco

Este tipo de trampa consta de entrada, salida, válvula de disco, cámara y superficie de sello. Esta trampa utiliza la energía calorífica del condensado y la energía cinética de vapor. Al inicio la presión creada por el condensado frío empuja la válvula de disco o deja libre la entrada y la salida, lo que permite la descarga. A medida que el condensado llegue a la entrada (un orificio) este experimenta un aumento de velocidad y una disminución de presión. Si la temperatura del condensado esta próxima a la del vapor, habrá una vaporización instantánea del condensado debido a la disminución de presión.

La alta velocidad resultante bajo el disco con la consecuente reducción de presión, causa que este caiga y cierre parando el flujo. Hasta que la presión en la cámara sobre el disco baje lo suficiente de modo que la presión en la entrada empuje el disco hacia arriba, abriendo la entrada, comienza el condensado a fluir. El condensado fluye nuevamente hasta alcanzar la presión y la velocidad para que ocurra la vaporización instantánea y el disco pueda cerrar nuevamente. Este ciclo se repite continuamente el disco abre para permitir el flujo de condensado y cierra a alta velocidad del vapor instantáneo.

Ventajas:

- Construcción sencilla (solo una parte móvil).
- Tamaño pequeño y ligero.
- Resistente al golpe de ariete.
- Puede instalarse en cualquier posición.
- Larga vida útil
- Respuesta rápida
- Descarga el condensado a la temperatura de vapor.
- Amplia gama de presiones.
- Puede usarse con vapor sobrecalentado.
- Falla abierta.
- Fácil comprobar su operación en el campo.

Desventajas:

- No todos los modelos permiten alta presión de descarga.
- Limitada en sacar aire del sistema.
- No se puede ajustar la temperatura de descarga de condensado.
- Funcionamiento ruidoso.
- La suciedad causa desgaste.

Trampa de pistón

Esta trampa consta de primer orificio, superficie de sello, cámara de control, segundo orificio (orificio de control) y válvula de pistón.

Durante el inicio, la presión creada por el condensado frío levanta la válvula de pistón, lo que permite la descarga del condensado. En esta etapa la presión en la cámara de control es baja, debido a que el orificio de control puede descargar más condensado del que puede ser suplido a la cámara de control a través del primer orificio. Cuando la temperatura del condensado esta próxima a la del vapor y debido a la baja presión este cambiara a vapor en forma instantánea. Esta vaporización instantánea del condensado estrangula el flujo a través del orificio de control y causa así un incremento de presión en la cámara. Esta presión actúa sobre el área de la válvula de pistón que es mayor que el área de la entrada, causando que ésta cierre, al enfriarse el condensado la baja presión en la cámara cesa la vaporización instantánea y la trampa reabre para repetir el ciclo.

El orificio central provee una continua descarga que ayuda a eliminar los gases no condensables y el aire, pero causa cierta pérdida de vapor.

Ventajas:

- Puede usarse para altas presiones
- Puede instalarse en cualquier posición.
- Rápida respuesta a cambios de carga.
- Elimina bien el aire y los gases del sistema.
- Falla abierta.
- Tamaño compacto.
- Resistente al golpe de ariete.
- Resistente a vapor sobrecalentado.

Desventajas:

- Existe pérdida pequeña pero constante de vapor a través del segundo orificio.
- Es difícil comprobar la operación en el campo debido al flujo continuo del vapor a través del segundo orificio.

En la tabla IV se puede observar el porcentaje de falla de cada uno de los tipos de trampas de vapor.

Tabla IV. Comparativa de porcentaje de fallas de los diferentes tipos de trampas de vapor

Tipo de trampa de vapor	Porcentaje de fallas
Flotador	25 %
Cubeta invertida	19 %
Bimetálica	54 %
Fuelle	47 %
Disco	55 %

Fuente: Referencia bibliográfica 10

1.3 Diagnóstico de recursos disponibles para el montaje del equipo

1.3.1 Recursos económicos

Para la instalación del secador de madera se requirió una inversión inicial de aproximadamente US 250,000, la cual sirvió para la instalación y adquisición del equipo del secador de madera.

1.3.2 Recursos humanos

Para la obra civil se requirieron 5 albañiles y un maestro de obra encargado de la misma.

Para la instalación de los equipos se requirió la contratación de una empresa especializada en calderas para la instalación de la caldera y tuberías de vapor, un técnico soldador y ayudantes.

1.3.3 Recursos técnicos

Se utilizaron conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería Mecánica, en el curso de capacitación para el montaje del equipo, manuales de los equipos del secador y consultas de varias bibliografías relacionadas con el tema de montaje del equipo.

1.4 Análisis de agua requerida para la caldera

La calidad del agua de alimentación es uno de los aspectos más importantes para garantizar la correcta operación y tiempo de vida útil de una caldera. Una de las causas más comunes de fallas en las calderas es por un tratamiento inadecuado del agua de alimentación. Por esta razón se debe realizar un análisis de agua de alimentación de la caldera para verificar su composición química, para poder realizarle un tratamiento adecuado a la misma.

Las propiedades químicas más importantes de considerar en el análisis de agua son: La dureza y el PH (acidez o alcalinidad).

Dureza: Es la concentración de compuestos minerales que hay en determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio.

PH: Es un valor adimensional el cual denota el grado de acidez o alcalinidad en el agua. Está comprendido entre 0 y 14, siendo 7 el valor neutro. Los valores menores a 7 implican un incremento en la acidez mientras que los valores comprendidos entre 7 y 14 denotan un crecimiento en la alcalinidad.

El PH se constituye como el factor más importante para determinar la posibilidad de corrosión y formación de depósitos debido a que es la medida de la relativa alcalinidad o acidez del agua. El valor normal del PH está comprendido entre 7.5 y 9.5.

Resultado de análisis de agua requerida para la caldera: Se realizó un análisis químico del agua de alimentación de la caldera en un laboratorio para verificar los niveles de PH y dureza del agua. Los resultados se pueden observar en el informe de laboratorio ubicado en el apéndice 3 en las figuras 51 y 52.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1 Evaluación de riesgos

Cualquier actividad que el ser humano realice está expuesta a riesgos de diversa índole los cuales influyen de distinta forma en los resultados esperados. La capacidad de identificar estas probables eventualidades, su origen y posible impacto constituye ciertamente una tarea difícil pero necesaria para el logro de los objetivos.

Por esta razón es necesario realizar una evaluación de riesgos la cual tiene los siguientes objetivos principales:

- Proteger recursos disponibles.
- Evaluar y entender el riesgo, reduciéndolo a través de controles efectivos para mantener calidad y seguridad en productos, servicios y personal.
- Hacer partícipes a todo el personal en la prevención de riesgos.

Para elaborar una evaluación de riesgos es necesario realizar las siguientes actividades: Identificación de riesgos, valoración del riesgo, identificación de medidas potenciales preventivas y de mitigación de riesgos, elaboración de una matriz de riesgos y elaborar un plan de riesgos recomendado.

2.1.1 Identificación de riesgos

Los riesgos de mayor importancia identificados en la empresa son los siguientes: Explosión de caldera, incendio de cuarto de secado de madera, incendio de las instalaciones de la empresa, quemadura del operador del secador de madera por vapor o por alimentar el quemador, accidentes del personal en la carga y descarga del cuarto de secado y arrollamiento por un vehículo (camión o montacarga).

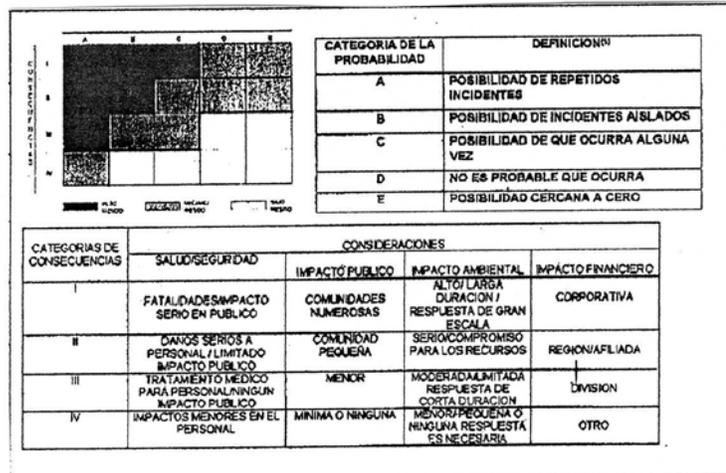
2.1.2 Elaboración de matriz de riesgos

Una matriz de riesgo constituye una herramienta de control y de gestión normalmente utilizada para identificar las actividades (procesos y productos) más importantes de una empresa, el tipo y nivel de riesgos inherentes a estas actividades y los factores relacionados con estos riesgos.

Una matriz de riesgos consta de dos ejes, uno horizontal y otro vertical. El horizontal da la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y el vertical el nivel de consecuencia de los mismos.

La matriz utilizada para la valoración del riesgo se muestra en la figura 5.

Figura 5. Matriz de riesgo



Fuente: Referencia bibliográfica 3

2.1.3 Identificación de medidas potenciales preventivas y de mitigación de riesgos

Explosión de caldera

- Medidas potenciales preventivas: Mantenimiento periódico de caldera, revisión periódica de válvula de seguridad de caldera, no exceder la presión de operación.
- Medidas potenciales mitigantes: Realizar simulacro y un plan de emergencia.

Incendio de cuarto de secado de madera

- Medidas potenciales preventivas: Mantenimiento y revisión periódica de cableado y motores de ventiladores, prohibir fumar dentro de las instalaciones de la empresa y mantener los extintores en buen estado.
- Medidas potenciales mitigantes: Realizar simulacro y un plan de emergencia.

Incendio de las instalaciones de la empresa

- Medidas potenciales preventivas: Prohibir fumar dentro de las instalaciones y mantener los extintores en buen estado.
- Medidas potenciales mitigantes: Señalización de ruta de evacuación, realizar simulacro de emergencia y un plan de emergencia.

Quemadura del operador del secador de madera por vapor o por alimentar el quemador

- Procedimiento alternativo para evitar esta operación: Alimentación automática del quemador.
- Medidas potenciales preventivas: Capacitar al operador como operar la caldera e instalaciones de vapor de manera segura, utilización de equipo de protección personal para el operador.
- Medidas potenciales mitigantes: Realizar simulacro y un plan de emergencia.

Accidentes del personal en la carga y descarga del cuarto de secado

- Medidas potenciales preventivas: Capacitar al personal de cómo cargar y descargar el secador de madera, utilización de equipo de protección personal para el personal.
- Medidas potenciales mitigantes: Realizar plan de emergencia.

Arrollamiento por un vehículo (camión o montacarga):

- Medidas potenciales preventivas: Restringir el paso de personal por donde circulan vehículos y que el personal utilice chalecos reflectivos.

2.1.4 Valoración del riesgo

La valoración del riesgo se realizó en base a la matriz de riesgo mostrada figura 5. Los riesgos más importantes de evaluar son los siguientes:

- Explosión de caldera

Este riesgo se valorizó como: (C I), el cual tiene probabilidad de que ocurra alguna vez y una consecuencia fatal. Al realizar las medidas potenciales preventivas y mitigantes se logro reducir a: (D III) el cual nos da un resultado: No es probable que ocurra y una consecuencia de tratamiento médico.

- Incendio de cuarto de secado de madera

Este riesgo se valorizó como: (C I), el cual tiene probabilidad que ocurra alguna vez y una consecuencia fatal. Al realizar las medidas potenciales preventivas se logro reducir a: (D III) el cual nos da un resultado: No es probable que ocurra y una consecuencia de tratamiento médico.

- Incendio de las instalaciones de la empresa

Este riesgo se valorizó como: (C I), el cual tiene probabilidad de que ocurra alguna vez y una consecuencia fatal. Al realizar las medidas potenciales preventivas y mitigantes se logro reducir a: (D III) el cual nos da un resultado: No es probable que ocurra y una consecuencia de tratamiento médico.

- Quemadura del operador del secador de madera por vapor o por alimentar el quemador

Este riesgo se valorizó como: (A II), el cual tiene probabilidad de que ocurra repetidas veces y una consecuencia de daños serios. Al realizar las medidas potenciales preventivas y mitigantes se logro reducir a: (D III) el cual nos da un resultado: No es probable que ocurra y una consecuencia de tratamiento médico.

- Accidentes del personal en la carga y descarga del cuarto de secado

Este riesgo se valorizó como: (B II), el cual tiene probabilidad de incidentes aislados y una consecuencia de daños serios. Al realizar las medidas potenciales preventivas y mitigantes se logro reducir a: (D III) el cual nos da un resultado: No es probable que ocurra y una consecuencia de tratamiento médico.

- Arrollamiento por un vehículo (camión o montacarga)

Este riesgo se valorizó como: (B I), el cual tiene probabilidad de incidentes aislados y una consecuencia fatal. Al realizar las medidas potenciales preventivas y mitigantes se logró reducir a: (D III) el cual nos da un resultado: No es probable que ocurra y una consecuencia de tratamiento médico.

2.1.5 Plan de riesgos recomendado

En la tabla V se detalla el plan de riesgos recomendado para la empresa, en donde se muestra la actividad, el nombre del responsable y la fecha en que se realizó.

Tabla V. **Plan de riesgos**

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHA
Elaboración de plan de emergencia	Hugo Yon	Julio de 2009
Señalización de ruta de evacuación	Arturo Paíz	Agosto de 2009
Instalación de extintores	Arturo Paíz	Agosto de 2009
Mantener extintores en buen estado	Arturo Paíz	Mantenimiento periódico
Realizar simulacro	Arturo Paíz	Agosto de 2009
Verificar que el personal utilice equipo de protección personal y chalecos reflectivos	Arturo Paíz	Periódicamente
Prohibir fumar dentro de las instalaciones de la empresa	Arturo Paíz	Agosto de 2009

2.1.6 Plan de emergencia

En caso de terremoto

- Mantener la calma.
- Ubicar cables eléctricos caídos para evitar una posible electrocución por parte del personal que se encuentra abajo. Por ningún motivo tocar los cables eléctricos caídos o tratar de movilizarlos.
- Colocarse en un área segura y despejada.

Roles

Personal: Llamar a los bomberos o emergencias que puedan prestar ayuda en Primeros Auxilios o facilite la operación del rescate de las personas que se encuentren en peligro. En caso de emergencia, el personal deberá estar presto con botiquín de primeros auxilios para cubrir cualquier emergencia en espera del cuerpo de socorro, siguiendo los procedimientos de seguridad (siempre que no haya paso de cables eléctricos, o muros y paredones que estén por derrumbarse que pongan en riesgo su vida).

Personas que se encuentren fuera de peligro: Verificar el estado de sus demás compañeros.

En caso de tempestad

- Mantener la calma
- No correr por ningún motivo ya que la persona se puede tropezar y caerse
- Buscar un lugar seguro.
- Por ningún motivo colocarse debajo de arboles o postes.

Roles

Personal: Llamar a los bomberos o emergencias que puedan prestar ayuda en primeros auxilios o facilite la operación del rescate de las personas que se encuentren en peligro. En caso de emergencia, el personal deberá estar presto con botiquín de primeros auxilios para cubrir cualquier emergencia en espera del cuerpo de socorro, siguiendo los procedimientos de seguridad (siempre que no haya paso de cables eléctricos, o muros y paredones que estén por derrumbarse que pongan en riesgo su vida).

Personas que se encuentren fuera de peligro: Verificar el estado de sus demás compañeros.

Siniestro

En caso de tendido eléctrico caído

- Mantener la calma.
- Evaluar condiciones y analizar los peligros y riesgos posibles en el área de trabajo y el lugar siniestrado.

En caso de afirmativo, no acercarse al tendido eléctrico caído. Llamar a los bomberos o si se puede a la compañía de servicio eléctrico. Si hubiese alguien con quemaduras a causa del electrocutamiento mantener la calma, hacer uso de botiquín de primeros auxilios y avisar al cuerpo de socorro más cercano.

- No correr por ningún motivo ya que la persona puede empeorar o por correr podría causar otro accidente.

Roles

Personal: Llamar a los bomberos o emergencias que puedan prestar ayuda en primeros auxilios o facilite la operación del rescate de las personas que se encuentren en peligro. En caso de emergencia, el personal deberá estar presto con botiquín de primeros auxilios para cubrir cualquier emergencia en espera del cuerpo de socorro, siguiendo los procedimientos de seguridad (siempre que no haya paso de cables eléctricos, o muros y paredones que estén por derrumbarse que pongan en riesgo su vida).

Verificar el estado de sus demás compañeros. Analizar los peligros del lugar donde se encuentra el accidentado y proceder a auxiliarlo si las condiciones son seguras. En caso la persona se encuentre suspendida, tratar de colocarlo en una superficie plana por medio de dos personas para evitar que quede suspendido.

Caída

- Mantener la calma.
- Evaluar condiciones y analizar los peligros y riesgos posibles en el lugar.
- Dos personas más cercanas al herido deberán auxiliarlo. Siempre se debe de estar seguro en caso de moverlo que este bien sujetado a una camilla de cuello a piernas.
- No correr por ningún motivo ya que la persona se puede tropezar y caerse.
- En caso esté consciente el trabajador, preguntarle si tiene algún dolor en la espalda. (Puede que el trabajador tenga fracturada la columna, por lo que se deberá movilizarlo con mucho cuidado, de lo contrario podría quedar parálítico).

Roles

Personal: Comunicar a los trabajadores que se encuentran en el área del accidente de suspender las actividades que estén realizando. Llamar a los bomberos o emergencias que puedan prestar ayuda en primeros auxilios o facilite la operación de salvamento de sus compañeros.

Robo o asalto

- Mantener la calma.
- No oponerse de ninguna manera.
- Evitar miradas directas a los asaltantes, ya que para ellos es un tipo de agresión. Bajar la cabeza para evitar este tipo de agresión.
- No correr ni gritar por ningún motivo. Una técnica que pueda ahuyentar a los asaltantes es sufrir un ataque y tirarse al suelo (convulsionando). Esto llamará la atención de las personas alrededor y los asaltantes al ser el centro de atención, huirán para no ser vistos por muchas personas.
- Proceder a llamar a la policía procurando mantener la descripción de los asaltantes. Llamar a los encargados de la empresa.
- En caso de un accidente, el supervisor o la otra persona encargada deberá llamar a los bomberos o emergencias para auxiliar a la persona accidentada.

Incendio en las instalaciones de la empresa

- Mantener la calma.
- No correr por ningún motivo ya que la persona se puede tropezar y caerse.

Roles

Personal: Comunicar a los trabajadores que se encuentran en el área de trabajo de suspender la actividad que estén realizando. Tratar de utilizar los extinguidores propios para apagar el fuego. En caso sea imposible apagar el incendio, proceder a retirarse del lugar. Nunca darle la espalda a un fuego extinguido. Llamar a los bomberos o emergencias que puedan prestar ayuda en primeros auxilios o facilite la operación de salvamento de sus compañeros.

Números de emergencia

En la tabla VI se muestran los principales números de emergencia a los cuales se puede llamar en caso de un accidente o siniestro.

Tabla VI. Teléfonos de emergencia

BOMBEROS	122/123
CRUZ ROJA	125
POLICIA	110
CONRED	119
SEGURO SOCIAL	128

3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

3.1 Selección del tipo de secador

Se seleccionó un secador deshumificador automatizado de madera de mampostería basándonos en los siguientes aspectos:

- Como el proceso de secado de este es artificial nos permite llevar a la madera a un contenido de humedad aceptable para poder venderla tanto para exportación como para el mercado interno de nuestro país.
- Con el controlador electrónico se puede obtener un secado uniforme de la madera.
- El costo de operación es bajo.
- El costo de inversión inicial y tiempo de recuperación del mismo es menor que el de otro tipo de secador artificial.
- El cuarto de secado y de control se construyeron de mampostería en lugar de aluminio debido a que los materiales de construcción se podían conseguir localmente y a un costo menor que el otro.

3.2 Selección de fuente generadora de calor

Se seleccionó una caldera de sólidos (leña) como fuente generadora de calor para el secador de madera por las razones que se describirán a continuación:

- El costo de adquisición del combustible es casi nulo y se garantiza el suministro del mismo en la empresa ya que es material de desecho de los procesos productivos de la empresa.
- El costo de inversión inicial y tiempo de recuperación del mismo es menor que el de otras fuentes generadoras de calor.
- El fluido de circulación que se requiere para el secado de madera es vapor debido a que se necesita inyectar el mismo en el secador para humedecer el ambiente cuando la humedad relativa es muy baja.
- Con el combustible y caldera seleccionada se obtiene la temperatura y demanda de vapor requerida para el proceso.

3.3 Capacitación para el montaje del equipo del secador

Se obtuvo una capacitación por técnicos especializados por la empresa que fabricó el equipo electrónico de automatización del secador de madera. Acompañado de lo anterior se contó con el apoyo técnico para la construcción del quemador de la caldera por parte de la empresa con la que se adquirió la caldera. Además se realizaron visitas técnicas a empresas que utilizan calderas para varios procesos industriales y a empresas que se dedican propiamente al secado de madera.

3.4 Desarrollo del plan de montaje

Este consiste en programar la secuencia de las actividades en que se realizará el montaje del equipo.

- Construcción de galera para caldera, quemador, tanque de condensados, bomba de alimentación de caldera y almacenaje de combustible (leña).
- Supervisión de la excavación y construcción de obra gris del secador y cuarto de control.
- Montaje del equipo mecánico e instalaciones eléctricas del secador.
- Montaje de caldera, tanque de condensados y tuberías de vapor.
- Montaje de caja metálica para quemador e instalación de ladrillos refractarios en el hogar de la caldera.
- Montaje e instalación de panel electrónico de control, sensores de temperatura y humedad y actuadores controlados por el mismo.
- Arranque del equipo y realización de programas de secado dependiendo del espesor y especies de madera.
- Capacitación del personal de operación y entrega de manuales de operación y mantenimiento a la empresa.

3.4.1 Ubicación del área de montaje

El secador de madera se instaló perpendicularmente al taller de producción del Aserradero Don Arturo. Ver figura 43.

3.4.2 Obra civil

3.4.2.1 Construcción de galera para caldera

Está construida utilizando una estructura metálica encargada de soportar la lamina del techo la cual está apoyada sobre columnas de madera. El piso de la misma esta fundido con una plancha de concreto de 30 cm de espesor. Las dimensiones de esta son las siguientes: Largo = 11.80 metros y Ancho = 7.10 metros, área suficiente para albergar la caldera con su quemador, el tanque de condensados, la bomba de alimentación de agua de la caldera y almacenar combustible (leña) para la caldera.

3.4.2.2 Estructura de mampostería para secador y cuarto de control

Los cuartos del secador y de control se construyeron a través de una mampostería reforzada la cual está apoyada sobre una cimentación corrida y con una losa nervurada prefabricada con vigueta y bovedilla. Los materiales utilizados fueron: Block de 50 kg, concreto de 3,000 PSI y acero de 60,000 PSI. El proceso de construcción se realizó siguiendo los siguientes pasos: Excavación, cimentación, levantado de muro de block, armado y fundición de losa de techo, terminando con la fundición de las losas de piso de ambos cuartos y acabados finales.

3.4.2.2.1 Supervisión de excavación

La primera actividad en el proceso de construcción fue la limpieza y nivelación del terreno y la posterior fue la excavación de la cimentación. Se supervisó que la excavación tuviera las medidas de ancho y profundidad adecuadas, así como la correcta colocación de los diferentes ejes de referencia. Ver figura 6.

Figura 6. **Excavación**



3.4.2.2.2 Supervisión de cimentación

Al finalizar la excavación y tallado del cimiento se procedió a la colocación del acero de refuerzo de las columnas y cimiento corrido. Se verificó que los diámetros de las varillas fueran los adecuados, que estuvieran colocadas de acuerdo a los planos estructurales y que se respetaran los recubrimientos mínimos especificados.

Cuando todo el acero de refuerzo estaba correctamente colocado se continuó con la supervisión de la fundición de concreto de la misma. Ver figura 7.

Figura 7. Fundición de cimentación



3.4.2.2.3 Supervisión de levantado de muro de block

Al siguiente día de fundida la cimentación se procedió al levantado del muro el cual se realizo con block de 50 kg. Al mismo tiempo se fueron fundiendo las mochetas (columnas) y soleras (vigas) marcadas en los planos. Durante esta actividad se supervisó que se utilizaran los materiales requeridos, que los refuerzos fueran colocados correctamente y que el muro de block fuera levantado a plomo y con la modulación indicada en los planos. Ver figura 8.

Figura 8. Levantado de muro de block



3.4.2.2.4 Supervisión de armado y fundición de losa de techo

Para la construcción de la losa se utilizó un sistema prefabricado de vigueta y bovedilla. Durante este proceso se supervisó el montaje de las viguetas sobre el muro y la colocación de los blocks sobre las viguetas para ocupar los espacios vacíos. Para la fundición de la losa se utilizó concreto premezclado con el objetivo de mejorar la calidad de la misma a través de la reducción de grietas, el cual fue transportado en camiones a la obra y bombeado hasta el punto requerido a través de una tubería de metal. Ver figura 9.

Figura 9. **Supervisión de armado y fundición de losa de techo**



3.4.2.2.5 **Fundición de losa de piso y acabados finales**

La última actividad que se llevó a cabo en el proceso de construcción de los cuartos del secador y de control fue la instalación de drenajes y la fundición de los pisos de ambos cuartos, realizando al mismo tiempo el resanado de muros, vigas y columnas para mejorar el aspecto de la estructura. Ver figura 10.

Figura 10. **Fundición de losa de piso y acabados finales**



3.4.3 Montaje del equipo del secador de madera

3.4.3.1 Ensamblaje de estructuras externas

3.4.3.1.1 Paletas de ventilación

Son paletas cuadradas con dimensiones de largo y ancho de 36 centímetros las cuales giran sobre un eje y tienen un ángulo de giro de 90 grados, siendo cero grados completamente cerrada y 90 grados completamente abierta. El secador de madera contiene 4 de estas paletas ubicadas en la parte superior de la losa del techo del cuarto de secado cuya función es de extraer el exceso de humedad contenida en el ambiente del cuarto debido a la humedad que expelle la madera durante el proceso de secado. Ver figura 11.

Figura 11. Paletas de ventilación



3.4.3.1.2 Mecanismo de activación de paletas

Es un mecanismo tipo biela – manivela cuyo objetivo es de abrir y cerrar las paletas gradualmente de la forma descrita en el inciso anterior. Es impulsado por un actuador que es un pequeño motor el cual es capaz de girar a favor y en contra de las manecillas del reloj para abrir y cerrar las paletas. En la figura 12 se puede observar la fabricación del mecanismo de activación de paletas.

Figura 12. **Mecanismo de activación de paletas**



3.4.3.1.3 Puerta de inspección

Su principal objetivo es de crear un ingreso al secador para que el operador del mismo pueda verificar el estado en la que se encuentra la madera durante el proceso de secado. Es de pequeño tamaño y está diseñada y construida para proveer un buen aislamiento térmico y sobretodo seguridad al operador ya que cuenta con un mecanismo de apertura para poder abrirla por el lado interno del secador. Ver figura 13.

Figura 13. Puerta de inspección



3.4.3.1.4 Compuerta de carga y descarga

Está construida de aluminio y contiene fibra de vidrio en su interior para proporcionarle un buen aislamiento térmico. Está equipada con un sistema de apertura y cierre a través de un mecanismo que permite levantar, bajar y desplazar la compuerta horizontalmente para que pueda tener una apertura completa permitiendo cargar y descargar el secador de madera con facilidad.

En las figuras de la 14 a la figura 18 se muestran imágenes del proceso de ensamblaje y montaje de la compuerta de carga y descarga.

Figura 14. **Ensamblaje del marco externo y del mecanismo de apertura y cierre de la compuerta**



Figura 15. **Instalación de lámina a cara interna de compuerta**



Figura 16. Colocación de tensores internos de compuerta



Figura 17. Instalación de fibra de vidrio aislante y lámina de cara externa de compuerta



Figura 18. **Compuerta y mecanismo de apertura y cierre instalados**



3.4.3.2 Ensamblaje de equipo primario

3.4.3.2.1 Intercambiadores de calor

Es un dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto.

El secador de madera contiene 4 intercambiadores de calor teniendo cada uno de ellos las dimensiones de 1 metro de altura y 1.80 metros de ancho compartidos en 8 tubos horizontales de 1 pulgada de diámetro.

En las figuras de la 19 a la figura 21 se puede observar el proceso de montaje de los intercambiadores de calor.

Figura 19. Ensamblaje de estructura de soporte de intercambiadores de calor



Figura 20. Instalación de intercambiadores de calor



Figura 21. **Intercambiadores de calor instalados**



3.4.3.2.2 **Equipo de ventilación forzada**

Son ventiladores con hélices acopladas directamente a los ejes de motores eléctricos, teniendo como función principal recircular y forzar el paso del flujo de aire por los intercambiadores de calor, logrando así un incremento de temperatura del secador de madera. Ver figura 22.

Figura 22. **Equipo de ventilación forzada**



3.4.3.2.3 Cortina reguladora de flujo de aire

Es un ducto (canal) de aire encargado de forzar el paso del flujo de aire producido por el equipo de ventilación por los intercambiadores de calor. En la figura 23 se puede observar la colocación de la lámina de la cortina reguladora de flujo.

Figura 23. **Colocación de lámina de cortina**



3.4.3.2.4 Riel aspersor de vapor

Es un tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada con agujeros de 3 milímetros de diámetro respectivamente a lo largo del mismo ubicado arriba de la cortina reguladora, cuyo propósito es de inyectar vapor para elevar el contenido de humedad del ambiente dentro del secador de madera. Ver figura 24.

Figura 24. **Riel aspersor de vapor**



3.4.3.3 Ensamblaje de equipo secundario

3.4.3.3.1 Tablero de interruptores termomagnéticos

Es el encargado de distribuir y proteger los diferentes circuitos acoplados al mismo.

Es un tablero trifásico de 18 circuitos marca General Electric. Los circuitos utilizados están clasificados como se muestra en la tabla VII.

Tabla VII. **Detalle de interruptores termomagnéticos**

Cantidad	Descripción de interruptores termomagnéticos	Aplicación
1	Interruptor termomagnético 3 * 50 amperios	Panel de Control
1	Interruptor termomagnético 2 * 30 amperios	Bomba de Agua de Caldera
1	Interruptor termomagnético 1 * 20 amperios	Equipo Electrónico y Computadora
1	Interruptor termomagnético 1 * 20 amperios	Circuito Fuerza
1	Interruptor termomagnético 1 * 20 amperios	Circuito Iluminación

Se encuentran en funcionamiento únicamente 8 circuitos del tablero, ya que este se dejó diseñado para alimentar 2 cuartos secadores de madera.

3.4.3.3.2 Panel electrónico de control

Es un centro de control electrónico dentro del cual están ubicados todos los componentes eléctricos y electrónicos encargados de la operación automática del secador de madera. Su función es de recopilar e interpretar todos los valores proporcionados por los sensores dentro del secador y en base a un programa de computadora poder controlar los diferentes actuadores como lo son: el motor de paletas de ventilación, válvulas eléctricas de vapor y ventiladores de recirculación de aire. Ver figura 25.

Figura 25. **Panel electrónico de control**



3.4.3.3.3 Cableado eléctrico y electrónico

Cableado Eléctrico

Es el encargado de proveer energía eléctrica a todos los componentes que la necesiten para su funcionamiento. Los calibres y tipos utilizados se detallaran en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Detalle de cableado de alimentación y distribución**

Aplicación	Calibre	Tipo
Alimentación de tablero de interruptores termomagnéticos	4	Cable THWN
Tierra física	6	Cable THWN
Alimentación panel electrónico de control	6	Cable THWN
Alimentación de motores de ventiladores de secador	10	Cable THHN
Actuador de apertura y cierre de ventilas	14	Cable THHN
Válvulas solenoides de paso de vapor	14	Cable THHN
Iluminación y fuerza de tomacorrientes	12	Cable THWN

Cableado Electrónico

Es el encargado de proveer y conducir la energía eléctrica a los diferentes componentes electrónicos del panel de control. Se realizó con alambre y cable TFF calibre #16 y #18.

3.4.3.3.4 Sensores térmicos y de humedad

Son los encargados de transmitirle por medio de señales eléctricas información en tiempo real al controlador electrónico sobre la temperatura y humedad a la cual se encuentra el secador de madera.

Sensores térmicos

Son capilares que contienen mercurio en su interior, los cuales aumentan su resistencia eléctrica al disminuir la temperatura y la reducen al aumentar temperatura. El secador de madera cuenta con dos sensores térmicos ubicados en los extremos opuestos para detectar la temperatura del mismo.

Sensores de humedad

Son dos electrodos separados entre sí por una placa de celulosa, los cuales aumentan su conductividad eléctrica al aumentar la humedad y la reducen al disminuir la humedad. Son de igual cantidad y están ubicados de la misma manera que los sensores térmicos.

En la figura 26 se muestra la imagen de los sensores térmicos y de humedad.

Figura 26. **Sensores térmicos y de humedad**



3.4.3.3.5 Actuador de apertura y cierre de paletas

Es un pequeño motor eléctrico que es capaz de girar a favor y en contra de las manecillas del reloj para abrir y cerrar las paletas gradualmente. Ver figura 27.

Figura 27. **Actuador de apertura y cierre de paletas**



3.4.4 Montaje del equipo generador de calor

3.4.4.1 Caldera

La caldera montada para la producción de vapor para el secador de madera está apoyada sobre una fundición de concreto de 15 cm de espesor reforzada con malla electro-soldada.

Características:

Marca: Universal

Capacidad: 60 BHP

Tipo: Pirotubular horizontal de 1 paso

Combustible: Sólidos

Presión de diseño: 125 PSI

Presión de trabajo: 100 PSI

Equipo para quemador de caldera:

Compuertas de hierro fundido

Parillas de hierro fundido

Caja metálica

Descripción de equipo adicional de caldera

Control de nivel de agua Mc Donnell & Miller No.157 con indicador de nivel.

Válvula de seguridad fijada a 100 PSI.

Bomba de alimentación de agua tipo turbina, con motor eléctrico acoplado.

Manómetro de presión de vapor de 0 a 200 PSI.

Válvulas de purga.

Tanque para condensados.

En la figura 28 se muestra una imagen del proceso de montaje de la caldera.

Figura 28. Montaje de caldera



3.4.4.2 Trampa de vapor

La trampa de vapor instalada es tipo flotador. Se instaló este tipo de trampa en el retorno del sistema de calefacción del secador de madera por medio de intercambiadores de calor ya que esta cumple con los requerimientos para esta aplicación siendo los más importantes los siguientes:

- Descarga inmediata y continua del condensado sin dejar acumular condensado en la tubería, lo cual reduce los golpes de ariete.
- Buena eficiencia térmica (reducida pérdida de calor).
- Construcción sencilla, lo cual permite poca probabilidad de falla y fácil mantenimiento.
- Su aplicación es para presiones bajas.

En la figura 29 se muestra una imagen de la trampa de vapor instalada en la tubería de retorno de condensados del secador de madera.

Figura 29. Trampa de vapor



3.4.4.3 Tuberías de vapor

Son las encargadas de transportar el vapor producido por la caldera hacia el riel aspersor de vapor e intercambiadores de calor y de retornarlo al tanque de condensados para luego ser introducido nuevamente a la caldera. La tubería de vapor y de retorno tiene un diámetro de 2 y 1 pulgada respectivamente.

En las figuras de la 30 a la figura 32 se muestran imágenes del proceso de de instalación de tuberías de vapor.

Figura 30. **Instalación de soportes de tubería de vapor**



Figura 31. Fabricación de roscas de tubos de vapor



Figura 32. Conexión de tubería de vapor



3.4.4.4 Válvulas manuales

Estas son válvulas tipo globo de accionamiento manual, cuya función es de permitir y restringir el paso de vapor al riel aspersor e intercambiadores de calor. Estas están conectadas en paralelo con las válvulas eléctricas y se utilizan cuando las válvulas eléctricas o panel electrónico de control presentan alguna falla. Ver figura 33.

Figura 33. **Válvulas manuales de vapor**



3.4.4.5 Válvulas eléctricas

Estas son válvulas de compuerta con un funcionamiento similar a la de un cheque hidráulico y cumplen la misma función que las manuales con la diferencia que estas utilizan un solenoide el cual funciona como un electroimán cuando se le aplica una tensión eléctrica abriendo y cerrando la compuerta. Sirven para controlar de manera automática el paso de vapor al riel aspersor e intercambiadores de calor por medio del panel electrónico de control. Ver figura 34.

Figura 34. **Válvulas eléctricas de vapor**



3.4.4.6 **Manómetros de presión de vapor**

Permiten tomar lecturas de la presión del vapor en la caldera. El rango de lectura en los manómetros los podemos encontrar en psi (libras por pulgadas cuadradas) o en bar, $1 \text{ bar} = 14.7 \text{ psi}$. Estos manómetros deben estar capacitados para medir como mínimo 75 psi más que la presión de trabajo, por ejemplo si tenemos una caldera que trabaja a una presión de 100 psi, el rango de lectura del manómetro de vapor debe tener como mínimo 175 psi, para evitar que se deteriore rápidamente. Ver figura 35.

Figura 35. **Manómetro de presión de vapor**



3.4.4.7 Chimenea de extracción de gases de combustión

Es un conducto para la evacuación de humos y gases procedentes de la combustión. Su funcionamiento consiste en provocar una depresión (tiro) entre la entrada y la salida de la chimenea, para que se establezca una corriente de aire; así mismo, la depresión contribuye a la activación de la combustión. La chimenea está conectada a la caldera por medio del orificio donde se expulsan los gases, el cual tiene un diámetro de 14.5 pulgadas, la instalación de la chimenea es vertical y perpendicular a la caldera. El material de construcción es de lamina rolada y tiene una altura de 25 pies, la altura de la chimenea no es la restricción para la construcción de la misma, sino el peso de esta, las chimeneas no deben pesar más de 2000 libras, ésta medida incluye los efectos del viento y los cables de suspensión.

En las figuras de la 36 a la figura 38 se muestran imágenes del proceso de instalación de la chimenea de extracción de gases.

Figura 36. Tubos de chimenea



Figura 37. Instalación de chimenea



Figura 38. Acoplamiento de chimenea a caldera



3.4.4.8 Ladrillo refractario para hogar de caldera

Su función es reducir las pérdidas térmicas, evitar el calentamiento excesivo del quemador y ayudar a darle forma a la llama del quemador de la caldera. Ver figuras 39, 40 y 41.

Para la construcción del quemador de la caldera se emplearon los siguientes materiales:

500 ladrillos tayuyos

1700 ladrillos refractarios Standard

600 ladrillos refractarios de Punta # 2

20 cubetas de mortero de 40 Libras

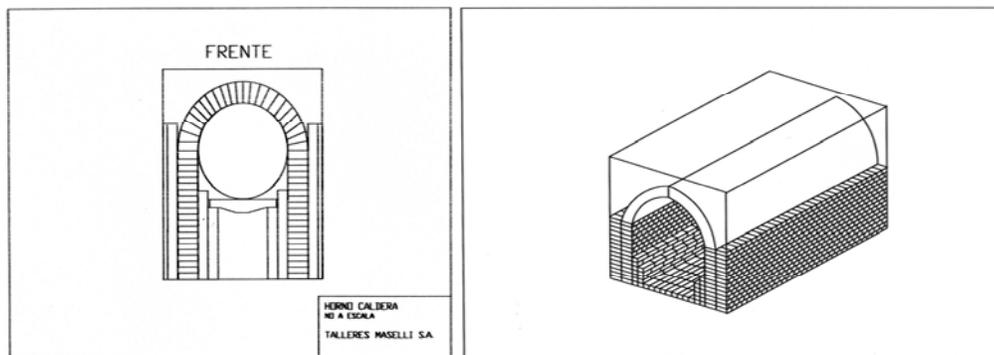
9 bolsas de concreto refractario de 50 libras

2 planchas de Plywood

1 rollo de fibra de vidrio aislante.

En la figura 39 se muestra el diagrama esquemático de la construcción de la bóveda con ladrillo refractario del quemador de la caldera.

Figura 39. Diagrama del quemador



Fuente: Talleres mecánicos Maselli, S.A

Figura 40. **Construcción de quemador con ladrillo refractario**



Figura 41. **Quemador de caldera en funcionamiento**



3.5 Prueba de equipos

Los equipos fueron probados individualmente conforme se fueron instalando en el orden siguiente:

- **Equipo de ventilación forzada**

Al finalizar la instalación de la estructura que soporta este equipo, se procedió al montaje de los motores trifásicos con sus respectivas hélices. Luego fueron probados individualmente verificando su funcionamiento y consumo de electricidad para comprobar que no presentan ninguna falla interna.

- **Compuerta de carga y descarga**

Se inició con el ensamblaje del marco externo y el mecanismo de apertura y cierre de la compuerta. Después de verificar medidas y comprobar la correcta apertura y cierre de la misma, se procedió a desmontarla para colocarle ambas caras con lámina de aluminio y el aislamiento térmico en medio (fibra de vidrio) para reducir pérdidas de calor. Al terminar con este procedimiento se procedió a colocarla nuevamente en el mecanismo y cierre para realizar los últimos ajustes. Ver figuras de la 14 a la 18.

- **Mecanismo de activación de paletas**

Antes de comenzar con la construcción de este mecanismo, se clasificaron todas las piezas que lo componen. Luego se procedió a tomar medidas para realizar los cortes necesarios. Teniendo todas las piezas a su medida correcta continuamos con el ensamblaje de las mismas.

Después de comprobar su funcionamiento manual, continuamos con la instalación del actuador automático. Como último paso se comprobó el funcionamiento automático de apertura y cierre de las paletas. Ver figuras 11 y 12.

- **Cableado eléctrico y tablero de interruptores termomagnéticos**

Después de finalizar con las instalaciones eléctricas, procedimos con las mediciones de voltajes y la prueba de tomacorrientes y sistema de iluminación para verificar su correcto funcionamiento.

- **Panel de control**

Al tener decidido la posición de este procedimos a montarlo en su base. Luego se realizaron todas las conexiones eléctricas como lo son: Alimentación, conexiones internas de todos sus componentes eléctricos y electrónicos y conexiones de salida a los diferentes equipos controlados por el panel. Al finalizar el montaje y las conexiones eléctricas respectivas, continuamos con la prueba final en modo manual y automático para comprobar el correcto funcionamiento de todos los componentes de esta central de control.

- **Caldera y quemador**

Cuando se concluyó con la construcción del quemador y la instalación de la chimenea de extracción de gases de combustión y toda la tubería de alimentación de vapor y retorno de condensados, se arrancó la caldera por primera vez, para comprobar el funcionamiento de la misma y revisar la presencia de alguna fuga de vapor. Se observó que existían algunas pequeñas fugas de vapor, las cuales se corrigieron.

3.6 Prueba general del sistema

Posteriormente a la prueba individual de los equipos y verificación del correcto funcionamiento de cada uno de ellos, procedimos a una corta prueba simulada del secador de madera sin carga (sin madera adentro del cuarto de secado) para comprobar el funcionamiento de sensores, equipo electrónico y programas de secado de madera.

3.7 Puesta en marcha

A la siguiente semana de haber realizado la prueba general del sistema, se programó un secado de prueba con madera húmeda. La madera que se seco fue pino de 1 pulgada de espesor, teniendo una duración de secado de aproximadamente de 60 horas continuas. Después de este periodo de tiempo se termino el secado y procedimos a abrir la compuerta de carga y descarga para verificar el estado y contenido de humedad de la madera. En este secado de prueba obtuvimos buenos resultados ya que la madera no sufrió de danos como lo son: pandeo o rajaduras y el contenido de humedad de la misma fue el esperado. Ver figura 42.

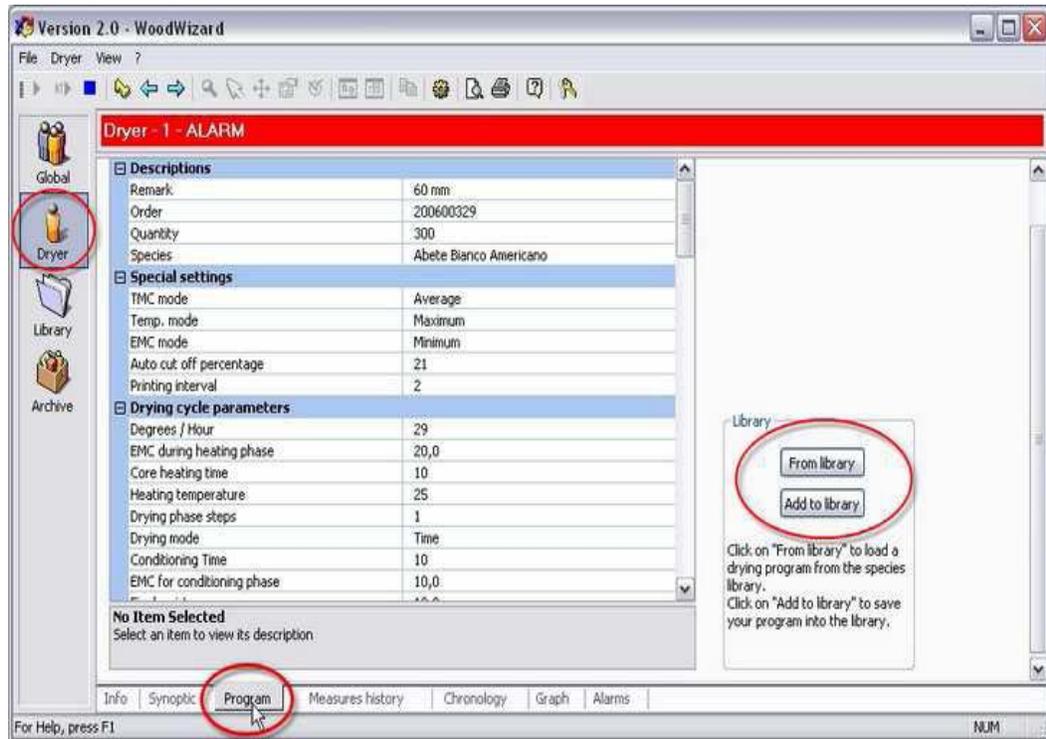
Figura 42. **Monitoreo de proceso de secado**



3.8 Desarrollo de programas de secado según las diferentes especies de madera

En el Software Wood Wizard 2 está incluido en la compra del controlador electrónico automático Holzmeister M800B para secadores de madera. Este software ya incluye los programas de secado para los diversos tipos de misma, por lo cual ya no hubo necesidad de desarrollarlos. Ver figura 43.

Figura 43. Programas de secado del Software Wood Wizard 2



Fuente: Manual software Wood Wizard 2.pdf

CONCLUSIONES

1. El resultado de las visitas técnicas realizadas a empresas que se dedican al secado de madera demostró que en nuestro país, existen muy pocas empresas que prestan un servicio calificado en este campo y que existe poco conocimiento del tema.
2. Se seleccionó un quemador de sólidos para la generación de calor del secador de madera, debido a que se tiene una garantía de suministro y un bajo costo de adquisición, ya que es el material de desecho del aserradero.
3. Se seleccionó una caldera como fuente de energía calorífica, debido a que su costo de operación es menor al de otras fuentes de calor y que se requiere la utilización de vapor para elevar la humedad dentro del cuarto de secado, cuando esta descienda debajo del valor ideal.
4. Es importante contar con un buen aislamiento térmico en el cuarto de secado, tuberías de vapor y quemador de la caldera para aumentar la eficiencia del equipo y obtener un mayor rendimiento en el consumo de combustible, ya que aunque este se considere como material de desecho para el aserradero aún tiene un costo.

5. El operador del secador de madera debe no solo conocer el funcionamiento del mismo, sino que también debe de tener un conocimiento básico del comportamiento de las diversas especies de madera durante su proceso de secado.
6. Es importante que la computadora y controlador electrónico del secador de madera cuenten con un sistema auxiliar de alimentación de energía eléctrica (UPS) encargado de proteger y proporcionarles energía eléctrica durante una corta interrupción de esta para no interrumpir un proceso de secado.
7. En la construcción del secador de madera se utilizaron materiales de primera calidad como lo es el ladrillo refractario, tuberías de vapor, anclajes y otros para aumentar el tiempo de vida de los equipos y evitar paros inesperados por falla de alguno de estos materiales
8. La construcción del cuarto de control y secador de madera se realizó utilizando paredes de block y losa de concreto en lugar de aluminio ya que estos materiales brindan el mismo aislamiento térmico y permiten flexibilidad en la construcción y flujo de caja, debido a que se pueden comprar localmente.
9. Al instalar un sistema automatizado de secado de madera se debe contar con una capacitación técnica previa y con personal con conocimientos de electrónica, calderas, construcción y equipos mecánicos.

10. El secador de madera automatizado instalado cuenta con un sistema adicional de operación manual con la finalidad de poder continuar con un secado de madera ya iniciado cuando el panel o controlador electrónico presenten alguna falla.
11. Es necesario que las personas que quieran instalar un equipo de secado de madera en su empresa estén anuentes al costo del mismo, ya que existen muchos gastos que no se contemplan en el presupuesto inicial.
12. Los sistemas de protección eléctrica y de vapor proporcionan seguridad industrial al operador y evitan daños al equipo.

RECOMENDACIONES

Al Director General

1. Diseñar rutas de evacuación e implementar señalización correspondiente en la empresa como medida de mitigación de riesgos.
2. Planificar mantenimiento preventivo a la caldera y secador de madera, con el fin de aumentar la vida de los componentes, evitándole a la empresa paros inesperados y sobrecostos por reparaciones mayores.
3. Promover a todo nivel y periódicamente simulacros y capacitaciones enfocadas a seguridad industrial, concientizando al personal sobre estos temas, ya que los mismos son el método idóneo para prevenir los accidentes.
4. Incentivar al personal el uso de equipo de protección personal, para reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes.
5. Realizar periódicamente un análisis al agua de alimentación de la caldera, para verificar su estado químico y así reducir la corrosión y la acumulación de lodos e incrustaciones, los cuales le reducen la eficiencia y tiempo de vida a la misma.

6. En un futuro cercano la empresa debería contratar a un ingeniero Industrial, para que realice una redistribución de las maquinas y equipos dentro de la empresa con la finalidad de mejorar el flujo de producción.

Al Director General y personal de la empresa

7. Es importante mantener los extintores en un área de la empresa de fácil acceso y en buen estado como medida de mitigación de riesgos.

Al Operador del secador de madera

8. Se le debe exigir al operador sacar la ceniza periódicamente del cenicero del quemador, para evitar daños a las parillas del mismo por exceso de temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

1. Awallone, Eugene y otros. **Manual del ingeniero mecánico**. Novena Edición, Editorial Mc Graw-Hill, 1997.
2. Brand, Erich. **Informe del estudio técnico del proyecto de manufactura de tableros de formato mayor**. Agosto de 2006.
3. Bartell, Steven y otros. **Manual de evaluación y administración de riesgos**. Editorial Mc Graw-Hill.
4. Cengel, Yunus y otros. **Termodinámica**. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw-Hill.
5. Colmenares de Guzmán, María. **Mantenimiento preventivo y correctivo de las calderas**. Guatemala 2000.
6. Folletos e información recopilada en curso de capacitación y visitas técnicas realizadas a empresas que utilizan calderas y se dedican al secado de madera.
7. Galindo Arana, Amilcar René. Descripción y análisis de equipos y refrigerantes usados en la refrigeración industrial. Trabajo de graduación Ing. Mecánica. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Año: 2002.

8. López Ramírez, Mario Amilcar. Montaje, instalación, mantenimiento y principios de operación de una caldera pirotubular de 600 BHP, para la generación y suministro de vapor a una fabrica dedicada a la producción de sopas instantáneas. Trabajo de graduación Ing. Mecánica Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Año: 2008.
9. Manual de usuario de controlador automático Holzmeister M800B para secadores de madera.
10. Morales, Gilberto. **Folletos del curso plantas de vapor.**
11. Paiz, Arturo y otros. **Plan de negocios de Tableros Industriales.** Febrero de 2006.
12. Vásquez Castillo, Juan José. Montaje de un túnel de enfriamiento para una línea de tortillas de harina, en una planta de panificación. Trabajo de graduación. Ing. Mecánica. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Año: 2007.

Referencias electrónicas:

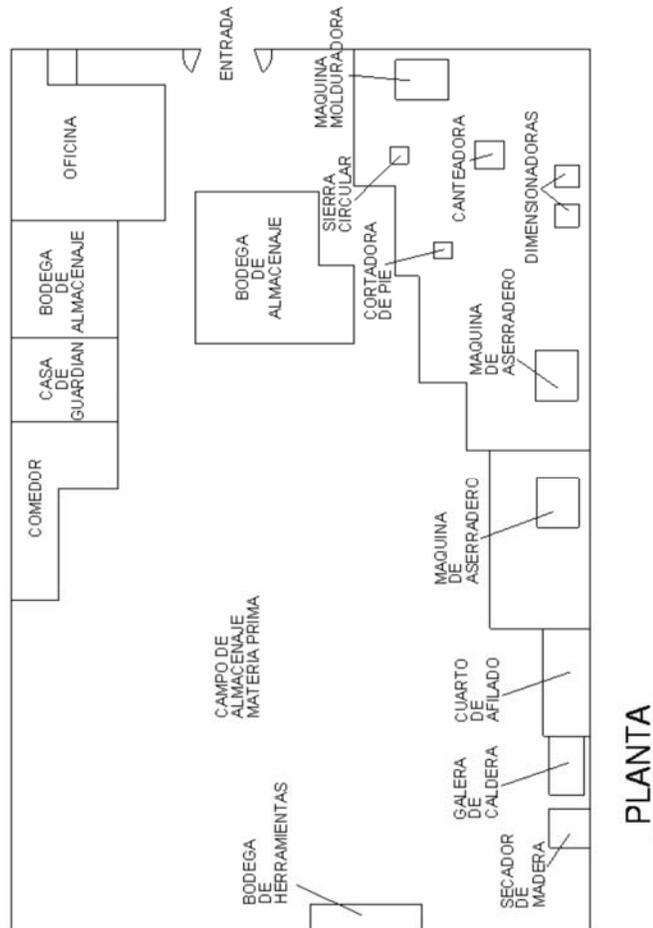
13. Alambres y cables. Fecha de consulta: Julio 2009
www.centelsa.com.co/userfiles/catalogos/EDIFICIOS4.pdf

14. Generalidades de secadores de madera. Fecha de consulta: Julio 2009
www.ingenierialpl.com.ar/maderas.htm
15. Imágenes de calderas. Fecha de consulta : Julio 2009
<http://apsaeirl.cl/cursos/curso-calderas.php>
16. Importancia del secado de madera. Fecha de consulta: Julio 2009
<http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/proyecto/p674.8L864/capitulo9.pdf>
17. Operación eficiente de calderas. Fecha de consulta: Julio 2009
www.acercar.org.co/industria/biblioteca/memorias_2007/introduccion_generalidades.pdf
18. Trampa de vapor. Fecha de consulta: Julio 2009
www.steamcontrol.com/wp/documentos/Trampas para vapor.pdf
19. Trampa de vapor. Fecha de consulta: Julio 2009
[www.syksa.net/trampas y filtros/Trampa2.JPG](http://www.syksa.net/trampas_y_filtros/Trampa2.JPG)

APÉNDICE 1

En la figura 44 se puede observar un plano de distribución de la planta de producción del Aserradero Don Arturo y la empresa Tableros Industriales, en el cual se indica el nombre de los principales ambientes y equipos de ambas empresas.

Figura 44. **Distribución de planta de producción**



APÉNDICE 2

En las figuras de la 45 a la figura 50 se muestran las hojas de análisis de riesgos más importantes que están latentes en la empresa, las cuales sirvieron para hacer el trabajo de campo de la fase 2 de este informe.

Figura 45. Hoja de análisis de riesgo 1

HOJA DE ANÁLISIS DE RIESGO
 ESCENARIO HIPOTÉTICO:
Explosión de caldera

		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">CATEGORIA DE LA PROBABILIDAD</th> <th style="text-align: left;">DEFINICIÓN</th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>POSIBILIDAD DE REPETIDOS INCIDENTES</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>POSIBILIDAD DE INCIDENTES AISLADOS</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>POSIBILIDAD DE QUE OCURRA ALGUNA VEZ</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>NO ES PROBABLE QUE OCURRA</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>POSIBILIDAD CERCANA A CERO</td> </tr> </table>	CATEGORIA DE LA PROBABILIDAD	DEFINICIÓN	A	POSIBILIDAD DE REPETIDOS INCIDENTES	B	POSIBILIDAD DE INCIDENTES AISLADOS	C	POSIBILIDAD DE QUE OCURRA ALGUNA VEZ	D	NO ES PROBABLE QUE OCURRA	E	POSIBILIDAD CERCANA A CERO
CATEGORIA DE LA PROBABILIDAD	DEFINICIÓN													
A	POSIBILIDAD DE REPETIDOS INCIDENTES													
B	POSIBILIDAD DE INCIDENTES AISLADOS													
C	POSIBILIDAD DE QUE OCURRA ALGUNA VEZ													
D	NO ES PROBABLE QUE OCURRA													
E	POSIBILIDAD CERCANA A CERO													

CATEGORIAS DE CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES			
	SALUD/SEGURIDAD	IMPACTO PUBLICO	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO FINANCIERO
I	FATALIDAD E IMPACTO SERIO EN PUBLICO	COMUNIDADES NUMEROSAS	ALTO LARGA DURACION / RESPUESTA DE GRAN ESCALA	CORPORATIVA
II	DAÑOS SERIOS A PERSONAL / LIMITADO IMPACTO PUBLICO	COMUNIDAD PEQUEÑA	SERVOCCUPROBISO PARA LOS RECURSOS	REGIONAL/AFILIADA
III	INSTANTANEO MEDICO PARA PERSONAL / NINGUN IMPACTO PUBLICO	MEJOR	MODERADA/ALTA RESPUESTA DE COSTA DISCUSION	DIVISION
IV	IMPACTOS MENORES EN EL PERSONAL	MINIMA O NINGUNA	MEJOR RESPUESTA O NINGUNA RESPUESTA SI ES NECESARIA	OTRO

PROBABILIDAD: CI

CONSECUENCIAS: SALUD/SEGURIDAD IMPACTO PUBLICO IMPACTO AMBIENTAL IMPACTO FINANCIERO

PROCEDIMIENTO ALTERNO PARA EVITAR ESTA OPERACIÓN: _____

MEDIDAS POTENCIALES PREVENTIVAS: Mantenimiento periodico de caldera, Revisión periodica de valvula de seguridad, No exceder la presión de operación de la caldera.

MEDIDAS POTENCIALES MITIGANTES: Realizar simulacro, plan de emergencia

PROBABILIDAD MODIFICADA D CONSECUENCIA MODIFICADA III

Figura 46. Hoja de análisis de riesgo 2

HOJA DE ANÁLISIS DE RIESGO

ESCENARIO HIPOTÉTICO:
Incendio de cuarto de
seca de madera

CATEGORÍA DE LA PROBABILIDAD	DEFINICIÓN
A	POSIBILIDAD DE REPETIDOS INCIDENTES
B	POSIBILIDAD DE INCIDENTES AISLADOS
C	POSIBILIDAD DE QUE OCURRA ALGUNA VEZ
D	NO ES PROBABLE QUE OCURRA
E	POSIBILIDAD CERCANA A CERO

CATEGORÍA DE CONSECUENCIAS	SALUD/SEGURIDAD	IMPACTO PÚBLICO	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO FINANCIERO
I	FATALIDAD O IMPACTO SERIO EN PÚBLICO	COMUNICACIÓN DE EMERGENCIAS	IMPACTO AMBIENTAL ALTO (LARGA DURACIÓN)	IMPACTO FINANCIERO CORPORATIVO
II	GRAN SERVICIO A PERSONAL LIMITADO	CONSERVACIÓN DE IMPACTO PÚBLICO	IMPACTO AMBIENTAL MEDIO	IMPACTO FINANCIERO PERSONAL/PLACA
III	IMPACTO MENOR PARA PERSONAL, NINGUN IMPACTO EN EL PERSONAL	IMPACTO PÚBLICO MENOR	IMPACTO AMBIENTAL BAJO	IMPACTO FINANCIERO BAJO
IV	IMPACTO MENOR EN EL PERSONAL	IMPACTO PÚBLICO BAJO	IMPACTO AMBIENTAL BAJO	IMPACTO FINANCIERO BAJO

PROBABILIDAD: C I

CONSECUENCIAS: SALUD/SEGURIDAD X IMPACTO PÚBLICO IMPACTO AMBIENTAL IMPACTO FINANCIERO X

PROCEDIMIENTO ALTERNO PARA EVITAR ESTA OPERACIÓN:

MEDIDAS POTENCIALES PREVENTIVAS: Mantenimiento y revisión periódica de cableado, motores de ventiladores, prohibir fumar dentro de las instalaciones de la empresa y mantener los extintores en buen estado.

MEDIDAS POTENCIALES MITIGANTES:

PROBABILIDAD MODIFICADA D CONSECUENCIA MODIFICADA III

Figura 47. Hoja de análisis de riesgo 3

HOJA DE ANÁLISIS DE RIESGO

ESCENARIO HIPOTÉTICO:
Incendio de las instalaciones de la empresa



CATEGORÍA DE LA PROBABILIDAD	DEFINICIÓN
A	POSIBILIDAD DE REPETIDOS INCIDENTES
B	POSIBILIDAD DE INCIDENTES AISLADOS
C	POSIBILIDAD DE QUE OCURRA ALGUNA VEZ
D	NO ES PROBABLE QUE OCURRA
E	POSIBILIDAD CERCANA A CERO

CATEGORÍAS DE CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES			
	SALUD/SEGURIDAD	IMPACTO PÚBLICO	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO FINANCIERO
I	FATALIDADES/IMPACTO SERIO EN PÚBLICO	COMUNICACIONES NUMEROSAS	ALTO/LARGA DURACIÓN Y RESPUESTA DE GRAN ESCALA	CORPORATIVA
II	DAÑOS SERIOS A PERSONAL/IMPACTO IMPACTO PÚBLICO	CONCIENCIA PEQUEÑA	SERVICIOS/PROCESO PARA LOS RECURSOS	REGIONAL/LOCAL
III	TRATAMIENTO MÉDICO PARA PERSONAL/IMPACTO PÚBLICO	MINOR	MODERADA/BUENA RESPUESTA DE CORTA DURACIÓN	DIVISION
IV	IMPACTOS MENORES EN EL PERSONAL	MINIMA O NINGUNA	MODERADA/BUENA RESPUESTA O NINGUNA RESPUESTA ES NECESARIA	OTRO

PROBABILIDAD: CI

CONSECUENCIAS: SALUD/SEGURIDAD IMPACTO PÚBLICO IMPACTO AMBIENTAL IMPACTO FINANCIERO

PROCEDIMIENTO ALTERNO PARA EVITAR ESTA OPERACIÓN: _____

MEDIDAS POTENCIALES PREVENTIVAS: Prohibir fumar dentro de las instalaciones, y mantener extintores en buen estado.

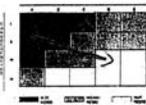
MEDIDAS POTENCIALES MITIGANTES: Señalización de ruta de evacuación, realizar simulacro y plan de emergencia.

PROBABILIDAD MODIFICADA D CONSECUENCIA MODIFICADA III

Figura 48. Hoja de análisis de riesgo 4

HOJA DE ANÁLISIS DE RIESGO

ESCUENARIO HIPOTETICO:
Quemadura del operador del secador de madera por vapor o por alimentar el quemador



CATEGORIA DE LA PROBABILIDAD	DEFINICION
A	POSIBILIDAD DE EFECTOS INCONVENIENTES
B	POSIBILIDAD DE INCIDENTES ALCANZAR
C	POSIBILIDAD DE QUE OCURRA ALGUNAS VECES
D	NO ES PROBABLE QUE OCURRA
E	POSIBILIDAD CERCAJA A CERO

CATEGORIA DE CONSECUENCIAS	CONSECUENCIAS			
	SEGURIDAD	SAUD/SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO FINANCIERO
I	FATAL/IMPACTO SERIO EN PUBLICO	COMUNICACION AMBROSICA	IMPACTO AMBIENTAL ALTO/GRAN QUANTIDAD DE GRAN ESCALA	COMPRATIVA
II	POSIBLE INCIDENTE PERSONAL/IMPACTO SERIO EN PUBLICO	COMUNICACION PROBLEMA	IMPACTO AMBIENTAL MEDIO/ALGUNOS RECURSOS	REMANUFACIA
III	IMPACTO PERSONAL/IMPACTO SERIO EN PUBLICO	MINOR	IMPACTO AMBIENTAL MEDIO/ALGUNOS RECURSOS	IMPACTO
IV	IMPACTO PERSONAL	MINOR/IMPACTO	IMPACTO AMBIENTAL MEDIO/ALGUNOS RECURSOS	OTRO

PROBABILIDAD: A II

CONSECUENCIAS: SAUD/SEGURIDAD X IMPACTO PUBLICO IMPACTO AMBIENTAL IMPACTO FINANCIERO

PROCEDIMIENTO ALTERNO PARA EVITAR ESTA OPERACION: Alimentacion automatica del quemador.

MEDIDAS POTENCIALES PREVENTIVAS: Capacitar al operador como operar la caldera e instalaciones de vapor de manera segura. * Contar aqui.

MEDIDAS PORTENCIALES MITIGANTES: Realizar simulacro y plan de emergencia.

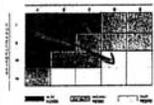
PROBABILIDAD MODIFICADA D CONSECUENCIA MODIFICADA III

* Que el operador utilice el equipo de proteccion personal

Figura 49. Hoja de análisis de riesgo 5

HOJA DE ANÁLISIS DE RIESGO

ESCENARIO HIPOTÉTICO:
Accidentes del personal en la carga y descarga del secador de madera



CATEGORÍA DE LA PROBABILIDAD	DEFINICIÓN
A	ALTERNATIVAS DE REPETIDOS INCIDENTES
B	POSIBILIDAD DE INCIDENTES APLICABLES
C	POSIBILIDAD DE QUE OCURRA AL MENOS UNA VEZ
D	NO ES PROBABLE QUE OCURRA
E	POSIBILIDAD CERCANA A CERO

CATEGORÍA DE CONSECUENCIA	CONSIDERACIONES			
	SAÚDE/SEGURIDAD	IMPACTO PÚBLICO	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO FINANCIERO
I	FATALIDAD O IMPACTO SERVO EN PÚBLICO	CONMUNICACIONES HARMONIOSAS	ENCUENTRO DURACION REPARABLE DE GRAN ESCALA	COMPENSATIVA
II	DAÑOS SERVICIO PERSONAL LIMITADO IMPACTO PÚBLICO	CONSERVACION PARA MANTENIMIENTO	REPARACIONES PARA LOS RECURSOS	RECONVENCION
III	DAÑOS SERVICIO PERSONAL LIMITADO IMPACTO PÚBLICO	MINOR	REPARACIONES PARA LOS RECURSOS	DAÑOS
IV	IMPACTO SERVICIO PERSONAL	MINIMO O NINGUNA	REPARACIONES PARA LOS RECURSOS	OTRO

PROBABILIDAD: B II

CONSECUENCIAS: SALUD/SEGURIDAD IMPACTO PÚBLICO IMPACTO AMBIENTAL IMPACTO FINANCIERO

PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO PARA EVITAR ESTA OPERACIÓN: _____

MEDIDAS POTENCIALES PREVENTIVAS: Capacitar al personal de como cargar y descargar el secador de madera. Que el personal utilice equipo de protección personal.

MEDIDAS POTENCIALES MITIGANTES: Realizar plan de emergencia.

PROBABILIDAD MODIFICADA D CONSECUENCIA MODIFICADA III

Figura 50. Hoja de análisis de riesgo 6

HOJA DE ANÁLISIS DE RIESGO

ESCUENARIO HIPOTÉTICO:
Arrollamiento por un
vehículo (camión o montacarga)
al ingresar o salir de la
empresa.

CATEGORÍA DE LA PROBABILIDAD	DEFINICIÓN
A	POSIBILIDAD DE REPETIDOS INCIDENTES
B	POSIBILIDAD DE INCIDENTES AISLADOS
C	POSIBILIDAD DE QUE OCURRA ALGUNAS VECES
D	NO ES PROBABLE QUE OCURRA
E	POSIBILIDAD CERCANA A CERO

CATEGORÍA DE CONSECUENCIAS	SALUD/SEGURIDAD	IMPACTO PÚBLICO	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO FINANCIERO
I	FATALIDAD O IMPACTO SERIO EN PÚBLICO	COMUNICACIONES NUMEROSAS	ALTO COSTO (QUIRÓFONO, QUÍMICO)	COMPLICADA
II	SALUD SERIO O PERSONAL LESIONADO	CONCIENCIA POSITIVA	SERVICIOS PROFESIONALES PARA LOS RECIERDOS	REGIONAL/LACA
III	IMPACTO PÚBLICO PARA PERSONAL ANOJO O IMPACTO PÚBLICO	MEJOR	RESPUESTA PARA COSTAS BAJAS	INMEDIATA
IV	IMPACTOS LEVEMENTE EN EL PERSONAL	MINIMO O NINGUNA	CONSERVACION O PROGRAMACION DE SERVICIOS	OTRO

PROBABILIDAD: BI

CONSECUENCIAS: SALUD/SEGURIDAD X IMPACTO PÚBLICO IMPACTO AMBIENTAL IMPACTO FINANCIERO

PROCEDIMIENTO ALTERNO PARA EVITAR ESTA OPERACIÓN:

MEDIDAS POTENCIALES PREVENTIVAS: Restringir el paso de personal por donde circulan vehículos, que el personal utilice chalecos reflectivos

MEDIDAS POTENCIALES MITIGANTES:

PROBABILIDAD MODIFICADA D CONSECUENCIA MODIFICADA III

APÉNDICE 3

Figura 51. Resultado de análisis de agua para caldera 1



Empresa: Hugo Yon
 Dirección: Ciudad
 Muestra analizada: Agua de Cisterna
 Muestra tomada por: Cliente
 Temperatura de ingreso: 20.5° C
 Fecha de toma de muestra: 10/10/2008

Parámetro	Dimensionales	Resultado	LMA	LMP
Apariencia	–	No rechazable	–	–
Conductividad eléctrica	Usiemens/cn	346	–	< 1,500
Cloro residual	mg/lt	0.0	0.5	1.0
PH	–	6.8	7.0-7.5	6.5-8.5
Salinidad	0/00	0.0	–	–
Temperatura	°C	20.5	15-25	34.0
Alc. PH=8.3	mg/lt comoCO3	0.0	–	–
Alc. PH=4.3	mg/lt comoCO3	100.0	–	–
Calcio	mg/lt CaCO3	115.0	75.0	150.0
Color	HZ	0.0	5.0	35.0
Dureza Total	mg/lt CaCO3	120.4	100.0	500.0
Hierro Total	mg/lt	< 0.01	0.1	1.0
Manganeso	mg/lt	0.00	0.05	0.5
Nitritos (cono N)	mg/lt	11.4	–	10.0
Nitritos	mg/lt	0.012	–	1.0
Sólidos totales disueltos	mg/lt	142.0	500	1,000.0
Turbidez	UNT	0.0	5	15.0
	Método	M2		

mg/lt (ppm): miligramos por litro

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

HZ: Hazen

LMA: Limite máximo admisible NORMA COGUANOR AGUA POTABLE NGO 29001-99

LMP: Limite máximo permisible NORMA COGUANOR AGUA POTABLE NGO 29001-99

M1: Metodo Colorimetrico

M2: Standar methods for the examination of water and wastewater

21 th Edition 2005



Figura 52. Resultado de análisis de agua para caldera 2



Empresa : Hugo Yon
 Dirección: Ciudad
 Muestra Analizada: Agua de Cisterna
 Temperatura de ingreso: 20.5° C
 Fecha de toma de muestra: 10/11/2008

Parámetro	Dimensiones	Resultado	LMA	LMP
Nitratos (como N)	mg/ lt.	10.1	--	10.0
	Método	M2		

mg/lt (ppm) : miligramos por litro
 UNT: Unidades nefelométricas de turbidez
 HZ: Hazen
 LMA: Limite máximo admisible NORMA COGUANOR AGUA POTABLE NGO 29001:99
 LMP: Limite máximo permisible NORMA COGUANOR AGUA POTABLE NGO 29001:99
 M1: Metodo Colorimetrico
 M2: Standar methods for the examination of water and wasterwater 21 th Edition 2005

