



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

**GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPO EN EL
ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE MADERAS TRATADAS**

Dalvin Rafael Bonilla Lara

Asesorado por el Ing. Oscar Ernesto Jurado Godoy

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPO EN EL
ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE MADERAS TRATADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DALVIN RAFAEL BONILLA LARA

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ERNESTO JURADO GODOY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic Garcia
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADORA	Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE MADERAS TRATADAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2016.

Dalvin Rafael Bonilla Lara

Guatemala, 13 de Junio de 2016

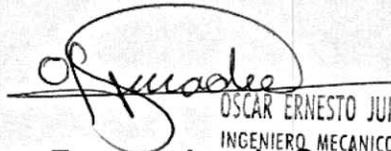
Ingeniero
Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, Usac.

Ingeniero Peralta Dardón.

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como Asesor del estudiante universitario, Dalvin Rafael Bonilla Lara con número de carné: 2002-12170, he tenido a la vista el trabajo de graduación titulado: **GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE MADERAS TRATADAS** El cual encuentro satisfactorio.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.



Ing. Oscar Ernesto Jurado Godoy
Asesor de trabajo de graduación
Colegiado 8604

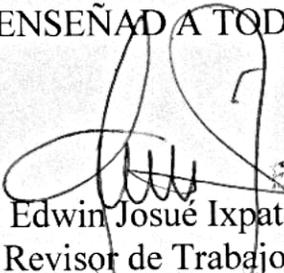
OSCAR ERNESTO JURADO GODOY
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 8604



REF.REV.EMI.162.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE MADERAS TRATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Dalvin Rafael Bonilla Lara**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑADA A TODOS”


Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

*Edwin Josué Ixpata Reyes
Ing. Mecánico Industrial
Código No. 7128*

Guatemala, octubre de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.241.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE MADERAS TRATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Dalvin Rafael Bonilla Lara**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

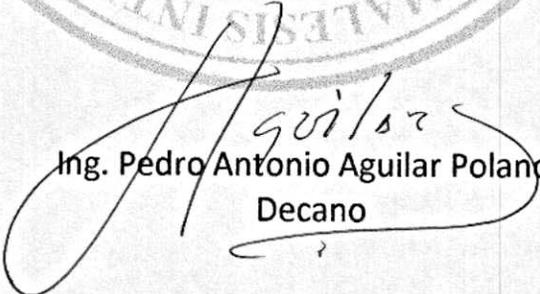


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 018.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CODIFICACIÓN DE EQUIPO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DE MADERAS TRATADAS**, presentado por el estudiante universitario: **Dalvin Rafael Bonilla Lara**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la fuente de sabiduría y conocimiento.
Mi madre	Isabel Lara Natareno, por ser padre y madre, gracias a su esfuerzo y apoyo incondicional pude alcanzar esta meta.
Mi esposa	Licda. Astrid Hernández de Bonilla, por ser un pilar en mi vida con su motivación y apoyo en mi carrera.
Mi hijo	Dalvin Daniel Bonilla, por ser la alegría de mi vida.
Mis hermanos	Jorge, Marlos y Azubel Bonilla, por ayudarme en mi desarrollo y formación profesional.
Mis tíos	En especial a Vidal Lara, por su apoyo, por ser mi guía y mi consejero durante mi vida.
Mis sobrinos	Por ser inspiración, y con el anhelo que este triunfo les sirva de ejemplo.
Suegros	Lic. Carlos Hernandez y Cristina Moscoso, por ser mi guía espiritual y ejemplo de fe.

Cuñados

Por ser parte fundamental en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me formó para ser un profesional con ética y principios.
Facultad de Ingeniería	Por ser un pilar sobre el cual recae todo el éxito que he cosechado como profesional.
Empresa Maderas de Centro América, S. A.	Por permitirme realizar el presente estudio de graduación.
Ing. Oscar Ernesto Jurado Godoy	Por ser un guía para encaminar el presente trabajo de graduación.
Mis amigos	En especial a los de la manzana I, por acompañarme durante toda mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación.....	6
1.1.2. Misión	8
1.1.3. Visión.....	8
1.1.4. Productos.....	9
1.1.4.1. Blanks.....	9
1.1.4.2. Blocks	10
1.1.4.3. <i>Cut stocks</i>	10
1.1.4.4. <i>Rip Clear</i>	11
1.1.4.5. <i>Molduras Finger de Pino</i>	11
1.2. Descripción del aprovechamiento.....	12
1.2.1. Tipo de organización	16
1.2.2. Equipo de trabajo.....	18
1.2.3. Descripción del proceso	23
1.2.3.1. Funciones	24
1.2.3.2. Proceso.....	26
1.3. Mantenimiento	27

1.3.1.	Objetivo del mantenimiento.....	27
1.3.2.	Mantenimiento predictivo.....	28
1.3.3.	Mantenimiento preventivo	29
1.3.4.	Mantenimiento correctivo	29
1.4.	Gestión.....	30
1.4.1.	Definición.....	30
1.4.2.	Características	30
1.5.	Producción	30
1.5.1.	Producción continua.....	30
1.5.2.	Producción intermitente.....	31
2.	SITUACIÓN ACTUAL	33
2.1.	Localización física	33
2.1.1.	Distribución del área de almacenaje	33
2.1.2.	Identificación de productos.....	34
2.1.3.	Registros	34
2.2.	Distribución de la bodega.....	34
2.2.1.	Recepción	34
2.2.2.	Almacenamiento.....	35
2.2.3.	Despacho	36
2.3.	Administración de la bodega	37
2.3.1.	Niveles de responsabilidad.....	37
2.3.2.	Técnicas de almacenamiento.....	38
2.3.3.	Saneamiento	40
2.4.	Inventario de bodega.....	40
2.4.1.	Tipos de inventarios	41
2.5.	Procedimiento de ingreso a bodega.....	41
2.5.1.	Diagrama de ingreso a bodega	44
2.6.	Materia prima	47

2.6.1.	Cubicación de los trozos.....	48
2.7.	Producto terminado	49
2.7.1.	Cubicación de madera.....	49
2.7.2.	Clasificación de la madera.....	50
2.7.3.	Productos de remanufactura.....	50
2.7.4.	Productos obsoletos	50
3.	PROPUESTA PARA GESTIONAR EL MANTENIMIENTO Y LA CODIFICACIÓN	53
3.1.	Descripción del sistema.....	54
3.1.1.	Planificación y control de producción.....	54
3.1.2.	Contabilidad financiera	54
3.1.3.	Control	54
3.1.4.	Sistema de proyectos	55
3.2.	Mantenimiento de planta	55
3.2.1.	Estructura del módulo.....	56
3.2.2.	Gestión de mantenimiento.....	57
3.2.3.	Organización del mantenimiento	59
3.2.4.	Gestión de trabajos de mantenimiento	60
3.3.	Proceso funcional del mantenimiento.....	60
3.3.1.	Elementos de la gestión de mantenimiento de planta.....	61
3.3.2.	Integración del módulo con otras áreas.....	61
3.3.3.	Módulo de mantenimiento preventivo	62
3.3.4.	Módulo de mantenimiento correctivo	63
3.4.	Departamento de mantenimiento.....	64
3.4.1.	Uso del módulo de mantenimiento en planta.....	65
3.4.2.	Programación del mantenimiento	65
3.4.2.1.	Programación diaria.....	66

	3.4.2.2.	Programación semanal.....	67
	3.4.2.3.	Programación mensual.....	69
	3.4.3.	Reunión de coordinación diaria	70
	3.4.4.	Programas semanales.....	70
	3.4.5.	Disponibilidad de máquinas.....	72
	3.4.6.	Turnos de mantenimiento.....	72
	3.4.6.1.	Turnos diarios.....	72
	3.4.6.2.	Turnos semanales	72
	3.4.7.	Manejo de bodega.....	73
3.5.		Acciones del departamento de mantenimiento.....	73
	3.5.1.	Generación de aviso de avería.....	76
	3.5.2.	Ejecución del aviso de avería.....	79
3.6.		Generación de orden de trabajo.....	83
	3.6.1.	Clases de orden de trabajo	84
	3.6.2.	Creación de orden de trabajo	84
	3.6.3.	Liquidación de orden de trabajo	86
	3.6.4.	Notificación de orden de trabajo.....	86
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	89
	4.1.	Plan de mantenimiento.....	90
	4.1.1.	Estrategia de mantenimiento.....	90
	4.1.1.1.	Desmontaje de la máquina.....	91
	4.1.1.2.	Operación de posicionamiento	92
	4.1.1.3.	Conexión eléctrica	94
	4.1.1.4.	Puesta en servicio	94
	4.1.2.	Posiciones de mantenimiento.....	94
	4.1.2.1.	Protección fija	95
	4.1.2.2.	Protección móvil	96
	4.1.2.3.	Dispositivos de seguridad.....	97

4.1.3.	Parámetros de programación de mantenimiento....	98
4.1.3.1.	Informe de inspecciones.....	98
4.1.3.2.	Informe de reparaciones.....	99
4.1.4.	Rendimiento óptimo continuo	99
4.1.4.1.	Formatos de inspección.....	100
4.1.4.2.	Formatos de no conformidades	101
4.1.4.3.	Formato de solicitud de mantenimiento	103
4.2.	Codificación	104
4.2.1.	Ubicación técnica.....	104
4.2.2.	Ubicación en el sistema	105
4.2.3.	Código de equipos.....	106
4.2.4.	Representación de equipos en el sistema	107
4.3.	Área de mantenimiento.....	109
4.3.1.	Ordenar e identificar los repuestos	109
4.3.2.	Ordenar e identificar herramientas	110
4.3.3.	Realizar trazabilidad de las fallas en la maquinaria.....	111
4.3.4.	Manejo de materiales	113
4.4.	Elaboración de procedimientos del proceso de mantenimiento	114
4.4.1.	Procedimiento de control y ejecución del mantenimiento	115
4.4.2.	Procedimiento de distribución de formatos de inspección.....	116
4.4.3.	Procedimiento de no conformidad	117
4.5.	Instrucciones para el operario	117
4.5.1.	Cuadro de mando principal.....	118
4.5.2.	Sistema operativo	119

4.6.	Alarma y señales.....	119
4.6.1.	Señal acústica	120
4.6.2.	Columna luminosa.....	120
4.7.	Dispositivos de seguridad	121
4.7.1.	Normas de seguridad	122
4.7.2.	Prohibición de quitar las protecciones.....	122
5.	SEGUIMIENTOS.....	123
5.1.	Controles periódicos.....	123
5.1.1.	Revisión de piezas	123
5.1.2.	Revisión de sistema neumático.....	125
5.1.3.	Dispositivos de seguridad.....	125
5.2.	Lubricación.....	125
5.2.1.	Lubricación centralizada.....	126
5.2.2.	Lubricación manual	126
5.3.	Tablas de mantenimiento	126
5.3.1.	Mantenimiento programado.....	127
5.3.2.	Control de repuestos	128
5.4.	Informe de inspecciones	129
5.4.1.	Actividades de mantenimiento.....	129
5.4.2.	Informe de inspecciones.....	130
5.5.	Auditoria	131
5.5.1.	Auditoría interna	131
5.5.2.	Auditoría externa	131
5.6.	Beneficio costo	136
5.7.	Estadísticas.....	138
5.7.1.	Tiempo promedio para reparaciones.....	138
5.7.2.	Disponibilidad de equipo	139
5.7.3.	Costo de mantenimiento por hora hombre	139

CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFÍA.....	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta de producción.....	2
2.	Planta de producción.....	2
3.	Área de corte.....	4
4.	Materia prima	5
5.	Área de patio para clasificación de la madera.....	6
6.	Ubicación de la empresa.....	7
7.	Vista área de la planta de producción	7
8.	<i>Blanks</i>	9
9.	<i>Blocks</i>	10
10.	<i>Cut stocks</i>	11
11.	Molduras <i>finger</i> de pino.....	12
12.	Calidad de la madera en un corte longitudinal de la troza.....	14
13.	Ejemplos de diagramas de cortes tangencial y al cuarto	15
14.	Organigrama	17
15.	Descortezador	18
16.	Área de descortezado	19
17.	Máquina descortezadora de cabeza móvil	20
18.	Sierra doble.....	21
19.	Cepilladora	22
20.	Sierra circular múltiple.....	23
21.	Madera clasificada	35
22.	Madera aserrada en patio	36
23.	Diagrama de ingreso a bodega	45

24.	Organización del mantenimiento.....	59
25.	Distribución semanal de trabajos de mantenimiento.....	71
26.	Informe preliminar de aviso de avería.....	80
27.	Prolongación del transportador de traslado lateral.....	93
28.	Transportador de traslado lateral	93
29.	Protección fija	96
30.	Protección móvil.....	97
31.	Hoja de inspección.....	100
32.	Formato de conformidad	102
33.	Formato de solicitud de mantenimiento	103
34.	Pantalla visualización de equipos y sus componentes	108
35.	Hoja de control de mantenimiento programado	127
36.	Informe de actividades de mantenimiento y repuestos utilizados	128
37.	Informe de actividades de mantenimiento.....	129
38.	Informe de inspecciones	130

TABLAS

I.	Aprobación del proceso de ingreso a bodega.....	43
II.	Cubicación de trozos	48
III.	Etapas de reunión diaria.....	67
IV.	Etapas de reunión semanal	69
V.	Etapas de reunión mensual	70
VI.	Módulo de mantenimiento.....	74
VII.	Prioridad de trabajos.....	79
VIII.	Creación de aviso de avería en el módulo de mantenimiento.....	81
IX.	Creación de orden de trabajo.....	85
X.	Mandos de la máquina.....	118
XI.	Hoja de control para auditoría.....	133

XII.	Valor anual neto	136
XIII.	Tasa interna de retorno	137

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HH.	Horas hombre
MRP	Manejo y requerimiento de materiales
m.	Metro
mm.	Milímetro
Ft. (')	Pie
PT.	Pie tablar
PEPS	Primero en entrar primero en salir
Plg. (")	Pulgada
Q.	Quetzales

GLOSARIO

<i>Finger Joint</i>	Unión por dedos, es un proceso que se utiliza para unir piezas de madera, utilizando cola blanca y presión aplicada a las piezas.
<i>Flitch</i>	Se le denomina así a las piezas de madera que tienen tres lados con cortes de sierra y un lado aun con forma de troza.
Madecasa	Es el nombre comercial de la empresa Maderas de Centro América, S.A.
Materia prima	Es todo componente que se utiliza en la fabricación de un producto.
Pie tablar	Unidad de volumétrica de la madera, equivale a una pieza de 1"x12"x12"
PM	Mantenimiento de planta, por las siglas en inglés <i>Plant Maintenance</i>
<i>Rip Saw</i>	Sierra de corte, son sierras tipo circular utilizadas para realizar cortes en la madera.
SAP	Empresa alemana que se dedica a la elaboración de software, que permiten integrar y solucionar

problemas a todo tipo de industria, mediante el uso de la herramienta informática. Sistemas, aplicaciones y productos, por las siglas en alemán *System Anwendungen und Produkte*

Software

Programa que permite realizar en la computadora determinadas tareas, herramienta informática

RESUMEN

Actualmente en la empresa Maderas de Centroamérica S.A. el mantenimiento a la maquinaria se realiza por medio de inspecciones de rutina y reparaciones en el momento que alguna máquina sufra desperfectos. Ante lo cual surge la necesidad de gestionar un plan de mantenimiento y codificación de equipo para disminuir los paros no programados, tener un control del *stock* de repuestos, así como tener rutinas de mantenimiento.

Para llevar un proceso de producción se debe tener procesos de planificación, control de calidad y mantenimiento de los equipos, para saber que materiales, insumos, mano de obra, tiempo de entrega se tiene para cada pedido. Al no existir una buena planificación del mantenimiento la empresa no podrá cumplir a tiempo la entrega de productos a sus clientes, lo que resultaría en quejas, reclamos o rechazos de producto.

OBJETIVOS

General

Gestionar el mantenimiento y la codificación de equipo, en el área de producción para una empresa de maderas tratadas.

Específicos

1. Evaluar la situación actual de la empresa en el proceso de mantenimiento preventivo de la maquinaria.
2. Establecer un criterio unificado de la forma de realizar el mantenimiento mediante la estandarización de los procedimientos.
3. Utilizar una herramienta informática para definir planes de mantenimiento por medio de cronogramas y procedimientos documentados.
4. Determinar el seguimiento respectivo para evaluar la calidad de mantenimiento y el estado de la maquinaria de aserrado.
5. Definir formatos de inspección para la maquinaria con el fin de asegurar que las condiciones de operación sean adecuadas.

INTRODUCCIÓN

La meta de toda empresa es mantener un crecimiento económico continuo que, a su vez, produzca un incremento en la cantidad de operaciones que se realizan en relación a los recursos utilizados, sin embargo, algunas tareas tienden a ser más complejas por lo que necesitan nuevos y mejores procedimientos para ser ejecutadas con mayor eficiencia. La empresa en estudio, Maderas de Centro América S.A., en los últimos años ha logrado un crecimiento económico significativo gracias a la calidad de sus productos. Este crecimiento ha sido acompañado de dificultades en la planificación de actividades para el mantenimiento del equipo productivo, manejo de residuos y seguridad industrial.

Este trabajo de graduación contiene observaciones, análisis, resultados y mejoras propuestas, a partir de la información actual de la empresa en aspectos referentes al mantenimiento de sus equipos. La supervisión continua durante el proceso de implementación es importante para fijar los procedimientos y volverlos una cultura. El manejo de los formatos de inspección se convierte en imprescindible para constatar que el procedimiento está siendo respetado. La base de datos que se obtendrá de los formatos de inspección mostrará nuevas oportunidades de mejora en el proceso o en la herramienta usada para poder cumplir con el mismo. Mostrará, además, los registros de costos ocultos por reparaciones de emergencia, a los que se llamará costos de no calidad, que sencillamente indican costos innecesarios que se dan en el proceso productivo por no seguir un procedimiento eficiente y claramente establecido.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción de la empresa

La empresa en estudio fue creada en 1966 y nació como respuesta a la integración vertical de una de las corporaciones más importantes de Guatemala.

Actualmente, cuenta con más de cincuenta años de experiencia en la transformación de productos forestales, mediante el manejo adecuado y sostenible de los recursos en armonía con el medio ambiente.

Para lograrlo se trabaja de forma conjunta con Reforestadora Industrial, S.A. donde se encuentra la mayor fortaleza ya que cuenta con más de 4 000 hectáreas de bosques propios renovables y con ciclo completo de veinte años.

Figura 1. **Planta de producción**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

Figura 2. **Planta de producción**



Continuación de la figura 2.



Fuente: empresa de maderas tratadas.

Figura 3. Área de corte



Continuación de la figura 3.



Fuente: empresa de maderas tratadas.

Figura 4. **Materia prima**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

Figura 5. **Área de patio para clasificación de la madera**

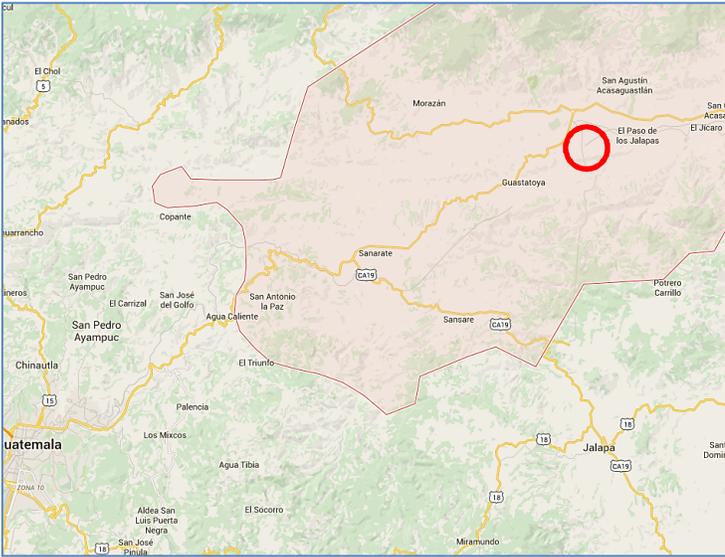


Fuente: empresa de maderas tratadas.

1.1.1. Ubicación

La empresa se encuentra ubicada en el kilómetro 83 El Rancho, El Progreso desarrollada en siete hectáreas (70 000 m²) de terreno. Equipada con el aserradero principal completamente automatizado para el manejo de diámetro mayores y menores de madera.

Figura 6. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Earth.

Figura 7. Vista área de la planta de producción



Fuente: empresa de maderas tratadas.

1.1.2. Misión

La misión genera identidad, define el carácter perdurable de la organización. “Es el objetivo supremo y permanente que señala la contribución de la empresa a la comunidad. Es una percepción clara y compartida que explica por qué y para qué existe la empresa”.¹

La misión de la empresa es:

“Lograr nuestros objetivos por medio de esfuerzo, dedicación y un trabajo constante, el cual se reflejará en un buen servicio y en la calidad óptima de nuestros productos. Ofrecer productos y servicios forestales excelentes que satisfagan las necesidades de los clientes en el mercado. Satisfacer los requerimientos de sostenibilidad económicos, sociales y ambientales a nivel local que garanticen la continuidad y trascendencia de la empresa a través de generaciones”.²

1.1.3. Visión

“Visión es el conjunto de ideas generales que permite definir claramente, a dónde quiere llegar la organización en un futuro, mediante proyecciones descriptivas y cuantitativas”.³

“La visión de la empresa es: Ser la empresa líder de productos forestales sostenibles de Centroamérica”.⁴

¹ BALLVÉ, Alberto. *Misión y valores. La empresa en busca del sentido*. p 3.

² Empresa de maderas tratadas. *Memoria de labores 2015*.

³ GALINDO RUIZ, Carlos Julio. *Creación de empresas. Guía de planes de negocio*. p 5.

⁴ Op. Cit.

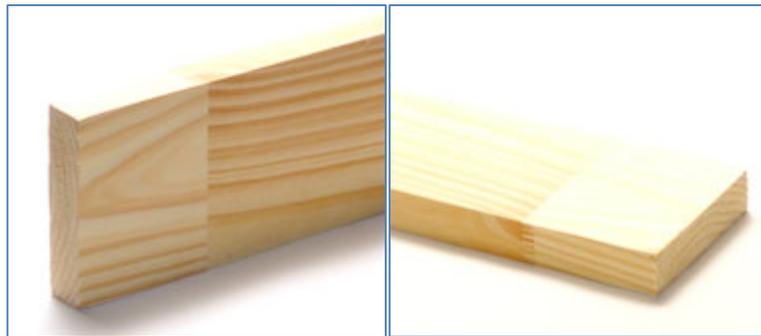
1.1.4. Productos

A continuación se presenta los diferentes productos que comercializa la empresa de maderas tratadas Madecasa.

1.1.4.1. Blanks

Son piezas sólidas de pino unidas mediante proceso de *finger joint* en el sentido ancho de la pieza, en cuanto a calidad es permitido médula y nudos. Producto apto para molduras, vigas, tableros, entre otros.

Figura 8. **Blanks**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

- Dimensiones:
 - Espesor: 5/8" (15.87mm) hasta 1 ½" (38 mm.)
 - Ancho: 2" (50.8 mm.) hasta 6" (152.4 mm.)
 - Largo: varios, hasta un máximo de 12' (3657 mm.)

1.1.4.2. **Blocks**

Trozos de madera de pino cepillada en sus cuatro caras, de largos variables de acuerdo con las exigencias del mercado, las medidas de ancho y grosor varían desde 3"x3" hasta 6"x6".

Figura 9. ***Blocks***

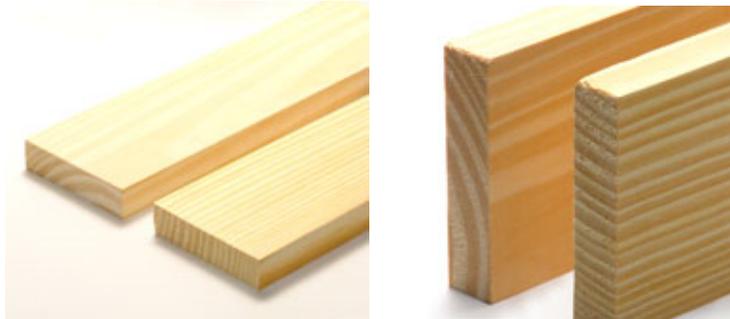


Fuente: empresa de maderas tratadas.

1.1.4.3. ***Cut stocks***

Trozos de madera de pino cepillada en sus cuatro caras, de largos variables de acuerdo con las exigencias del mercado, las medidas de ancho y grosor varían desde 5/8"x1" hasta 3"x3".

Figura 10. **Cut stocks**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

1.1.4.4. Rip Clear

Piezas de madera de pino cepillada en sus cuatro caras, muy similar al producto *Cut Stocks*, con la diferencia que *Rip Clear* no lleva ningún nudo y no tiene medula, también llamada *Madera de grado* ya que es una madera libre de imperfecciones.

1.1.4.5. Molduras Finger de Pino

Perfiles fabricados con madera de pinos, tanto sólida como con piezas *finger joint*, tiene una amplia gama de perfiles, dependiendo del uso y finalidad de la pieza.

Se destinan, principalmente, al uso en terminaciones de interior, partes de muebles, puertas y ventanas.

Figura 11. **Molduras *finger* de pino**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

1.2. Descripción del aprovechamiento

La denominación de madera aserrada hace referencia a las maderas que son cortadas en sentido longitudinal, que pueden presentar forma de vigas, tablones, tablas, listones. A su vez, esta madera es utilizada para obtener subproductos dentro del mismo proceso de aserrado. Prácticamente, todas las especies forestales son utilizadas para producir madera aserrada. En la presente investigación se hará referencia a la madera que se obtiene, sobre todo, de pino.

Se ha determinado que la calidad de la madera aserrada disminuye cuando la calidad de las trozas no es buena y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas. Los trozos con curvatura generan menos madera que los rectos, para la misma categoría dimétrico y longitud.

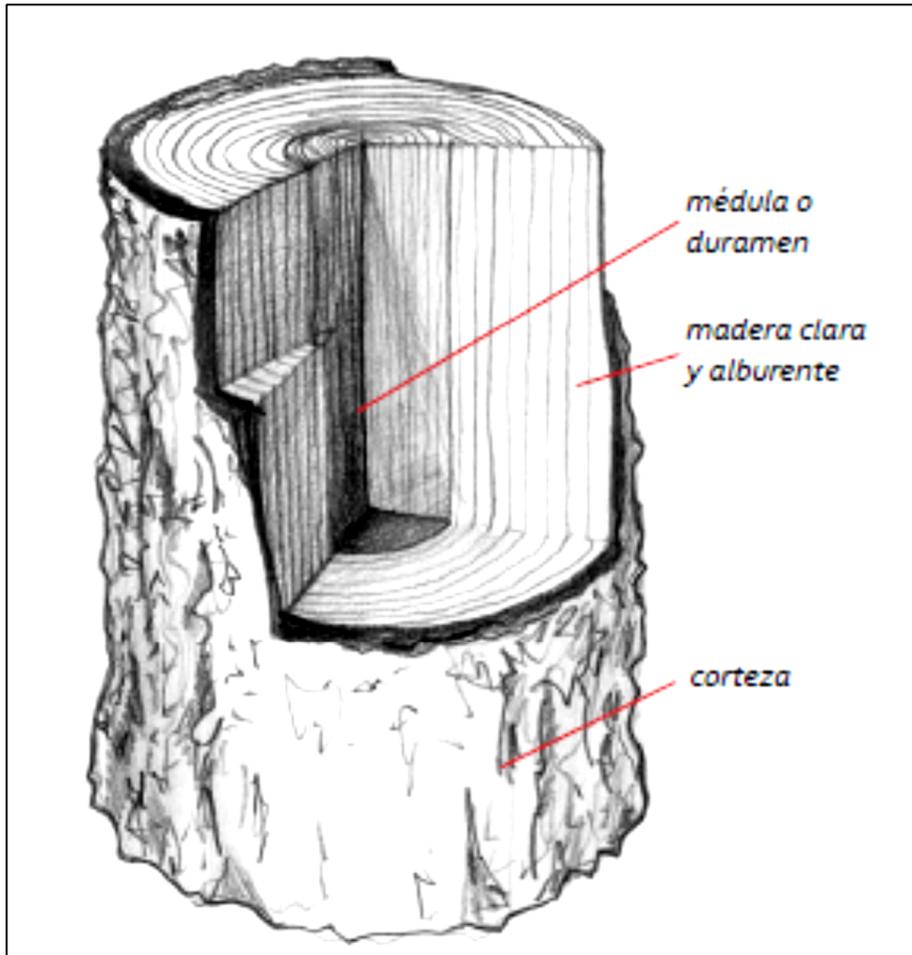
Factores de la materia prima:

- Diámetro de la troza
- Largo de la troza
- Grado de conicidad
- Grado de curvatura de la troza
- Grado de sanidad
- Características anatómicas de la especie

De todos los factores que afectan el aprovechamiento de la madera, el que tiene mayor relación con el coeficiente de conversión es el factor de la materia prima, por lo tanto, se explicará a continuación:

- Diámetro de la troza: el aprovechamiento de la madera crece con el diámetro del trozo. No es nada raro que el aprovechamiento de un trozo de 20 cm sea alrededor de 50 %, mientras que el aprovechamiento para un diámetro de 30 cm esté más cerca de 60 %. Por tanto, queda claro que una distribución de diámetros con un diámetro medio de 32 cm. influirá sobre el aprovechamiento de la materia prima de manera diferente de una distribución con un diámetro promedio de 18 cm.
- Largo de la troza: las trozas cortas requieren de más trabajo para su manipulación y la influencia de los tiempos muertos en la alimentación de las máquinas aumenta en comparación a trozas largas. Sin embargo, con el aumento del largo, aumenta la curvatura de los trozas.

Figura 12. **Calidad de la madera en un corte longitudinal de la troza**

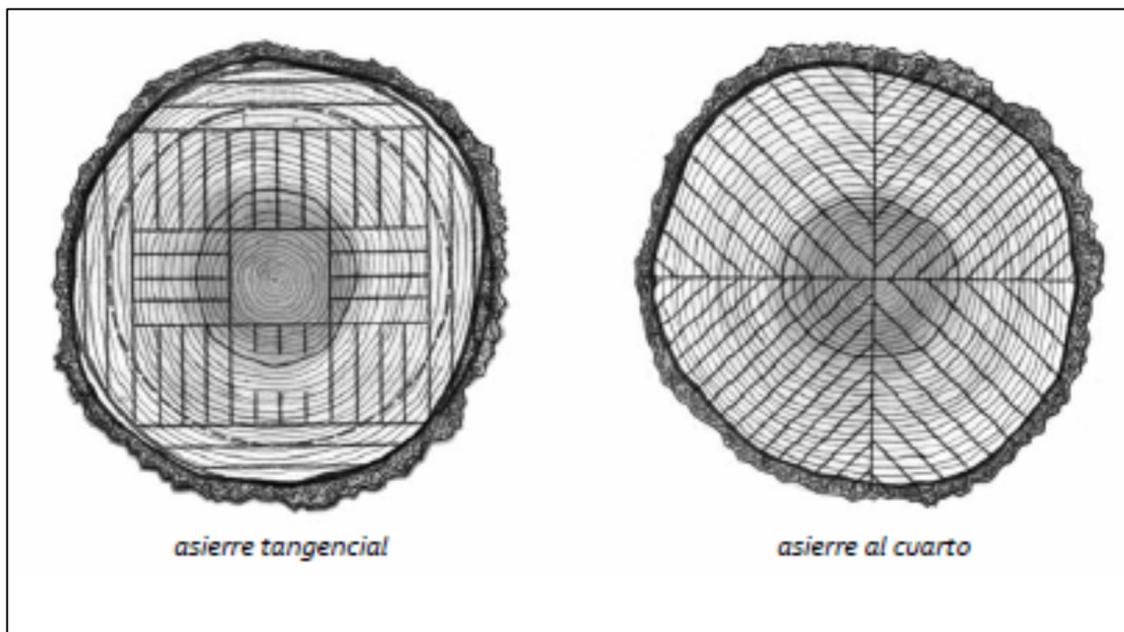


Fuente: empresa de maderas tratadas.

- El diagrama de corte tangencial se emplea regularmente para aserrar madera de varias especies de *Pinus* (por ejemplo *P. duranguensis* y *P. cooperi*); el tipo de asierre al cuarto de la figura es el más empleado para aserrar madera de encino. Las características de forma de la troza, su dimensión (principalmente el diámetro) y los pedidos de los clientes

(productos requeridos en gruesos y anchos) son los elementos principales que se consideran para hacer un diagrama de corte.

Figura 13. **Ejemplos de diagramas de cortes tangencial y al cuarto**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

- Grado de conicidad: el efecto de la conicidad es más notorio para diámetros menores y según el largo. El volumen aprovechable tiende a ser menor, obteniendo tablas más delgadas, angostas y cortas; y el tiempo de aserrado aumenta.
- Grado de curvatura de la troza: la curvatura tiene un efecto muy directo en cuanto al valor del aprovechamiento ya que la madera no se puede aprovechar en las curvas para sacar productos y, por otro lado, dicha madera cuenta en el cálculo del volumen del trozo. Además, trozas

curvadas requieren más tiempo para su posicionamiento correcto en la máquina de aserrado y muchas veces causan dificultades y pérdidas de tiempo en el transporte y manejo mecanizados de ella.

- Grado de sanidad: defectos internos de la madera y presencia de nudos disminuye el aprovechamiento de la troza. Cada trozo tiene distintas calidades. A veces, los productos que han sido pedidos, no necesariamente corresponden a las calidades que se encuentran. Por lo cual hay que sacrificar el volumen producido y utilizar patrones de corte que no son óptimos.
- Características anatómicas de la especie: la resina de algunas maderas se licua producto del calor de fricción que se produce por el corte, ensuciando las hojas de la sierra y formándose una mezcla de aserrín y resina sobre la superficie de los elementos de corte, la cual causa aún más calor, haciendo que las hojas pierdan rigidez y precisión de corte.

1.2.1. Tipo de organización

En el departamento de mantenimiento de Madecasa se realizan tres principales tipos de trabajos en la maquinaria, las cuales son:

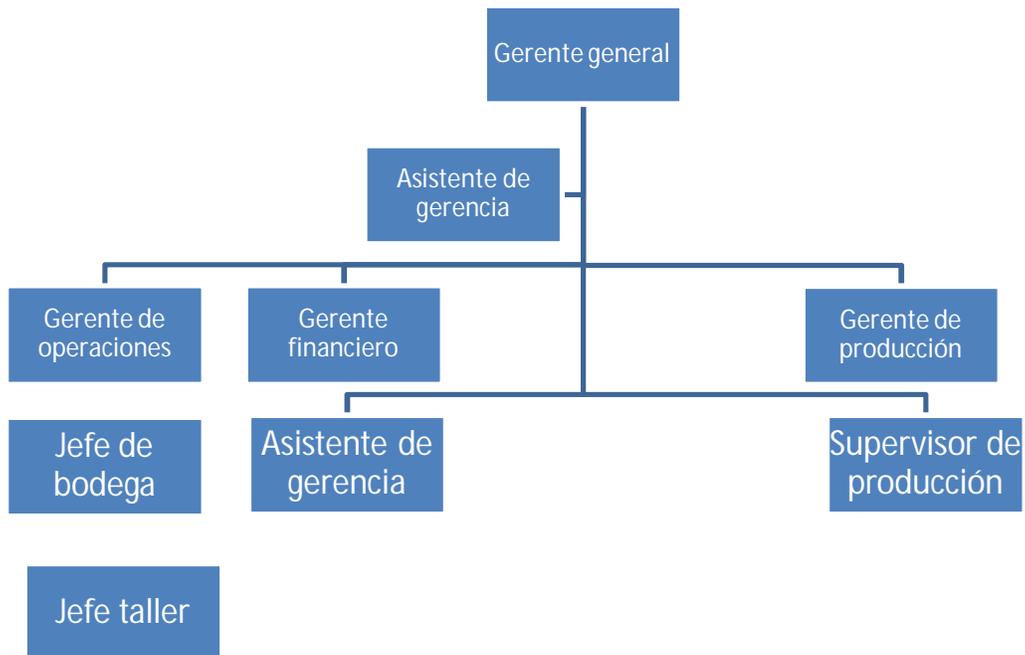
- Mantenimiento preventivo
- Revisiones periódicas
- Reparaciones

La estructura organizativa debe establecerse en función de los trabajos que allí se desarrollan. En tal sentido, hay que considerar los aspectos siguientes:

- Personal de taller y las responsabilidades inherentes
- Planificación de trabajos de mantenimiento
- Planificación de revisiones
- Planificación de reparaciones e inventario de partes por utilizar
- Personal de taller

En esta área labora personal de tipo gerencial, de supervisión, de apoyo administrativo, control y pedido de repuestos, de contabilidad. Planificación de trabajos de mantenimiento.

Figura 14. **Organigrama**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

1.2.2. Equipo de trabajo

Para la ejecución del estudio se trabaja con las siguientes maquinarias:

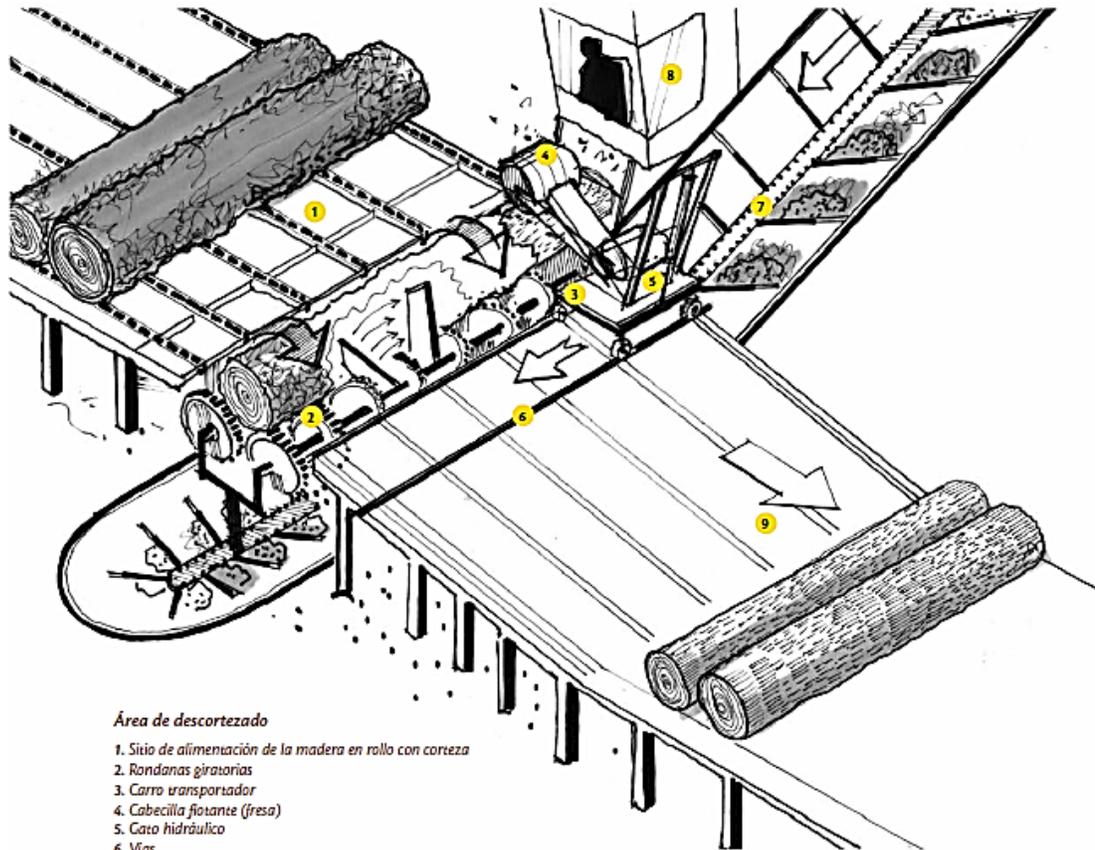
- Descortezador: es de disco y utilizado para sacar la corteza del trozo para su posterior aserrío.

Figura 15. **Descortezador**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

Figura 16. Área de descortezado



Área de descortezado

1. Sitio de alimentación de la madera en rollo con corteza
2. Rondanas giratorias
3. Carro transportador
4. Cabezala flotante (fresa)
5. Gato hidráulico
6. Vías
7. Banda transportadora de la corteza
8. Cabina de control
9. Salida de la madera en rollo descortezada

Fuente: empresa de maderas tratadas.

Figura 17. **Máquina descortezadora de cabeza móvil**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

- Máquina de sierras: equipadas con sierra de cinta doble en máquina principal y circulares en máquina secundaria.

Figura 18. **Sierra doble**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

- Cepilladora: máquina que se emplea para calibrar dos o más lados en un solo paso de trabajo. Se utiliza para lograr superficies homogéneas y con ello la base para el segundo paso de elaboración mediante calibrado de espesor o similar.

Figura 19. **Cepilladora**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

- *Rip Saw*: sierra circular múltiple que tiene una sierra fija y otra ajustable, con el fin de regular los distintos anchos de acuerdo con aprovechamiento de la pieza o bien al producto final que se obtener. Dimensiona en el ancho.

Figura 20. **Sierra circular múltiple**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

- Trozado: sierra circular que hace cortes perpendiculares a la orientación de la fibra, con el fin de obtener piezas libres de defectos (*blocks*). Dimensiona en el largo.
- *Finger*: es una fresa que permite hacer dientes de entre 5 mm. y 12 mm., luego posee una encoladora generando uniones dentadas de gran resistencia, con el fin de obtener uniones dentadas.
- Moldurera: máquina fresadora, que se emplea para diferentes trabajos de fresado para piezas rectas o curvas, que le da un perfil determinado a la pieza.

1.2.3. Descripción del proceso

La empresa en estudio cuenta con varios procesos para llegar a obtener el producto final, estos son:

- Recepción de materia prima: en este proceso se lleva a cabo la recepción, descarga y conteo de la madera en rollo (troza) proveniente del bosque
- Aserrado de madera: en este proceso es en donde se lleva a cabo toda la transformación de la madera en rollo (troza) hasta obtener la madera con las medidas finales (grosor, ancho y largo), mediante el uso de máquinas de aserrado.
- Almacenaje en húmedo: luego de ser aserrada la madera, esta pasa a un almacenaje por medida, cuando la madera aun está húmeda. Dicho almacenaje es por muy poco tiempo, ya que debe ser secada lo antes posible.
- Secado de madera: es el proceso mediante el cual se extrae la humedad de la madera para ser cepillada y moldurada, posteriormente.
- Cepillado de madera: en este proceso se da el acabado final en cuanto al cepillado o bien se realiza la moldura necesaria.
- Tratamiento de madera: es el proceso mediante el cual se realiza una impregnación en la madera, extendiendo de esa forma su tiempo de vida útil.
- Almacenaje y despacho: es el proceso en donde se almacena según medida y tipo de acabado, se lleva el control de inventario y se preparan los despachos de pedidos.

1.2.3.1. Funciones

El trozo llega al campo de acopio, con corteza y en largo de 3,05 m. (10´), 6,66 m. (12´) y 4,27 m. (14´), se ordena por largos y anchos.

- Recepción materia prima: el auxiliar interpreta la orden de trabajo, verifica las condiciones del patio de almacenamiento y realiza los controles de calidad, bajo supervisión del responsable del sector. Obtiene

la información para la descarga, la medición y el almacenamiento de rollos. Verifica las condiciones de trabajo, observa el estado y las características de los rollos por medir y almacenar. Identifica las condiciones de uso del patio de rollos para el almacenado.

- Determina la mejor forma de medir y almacenar. Obtiene los recursos que son necesarios para realizar las tareas planificadas, solicita las planillas de registro según normativa del establecimiento. Solicita y retira las herramientas para la medición y almacenado de rollos, aplicando criterios de calidad y normas de seguridad e higiene de trabajo.
- Manipular y medir: participa bajo supervisión en el proceso de descarga y apilado. Realiza la manipulación de rollos para su posterior medición y saneo. Aplica técnicas de medición para obtener las dimensiones del rollo bajo supervisión del responsable del sector, aplicando criterios de calidad y normas de seguridad e higiene de trabajo.
- Sanear, clasificar y mantener reserva de materia prima: reconoce los defectos más frecuentes en los rollos. Opera herramientas para el saneado. Mantiene un volumen adecuado de rollizos según la producción de la planta. Registra y comunica el desarrollo de las tareas según lo solicitado por la supervisión, aplicando criterios de calidad y normas de seguridad e higiene de trabajo.
- Descortezar y abastecer la línea de aserrado: gestiona las herramientas e insumos para el descortezado y abastecimiento de la línea de aserrado según órdenes recibidas. Abastece la línea de aserrado con rollos descortezados.

1.2.3.2. Proceso

A continuación se describe cada uno de los pasos del proceso de producción del aserradero.

- Descortezado: pasa al descortezador mecánico del diámetro 28 cm. al 46 cm., y del diámetro 48 cm. al 64 cm. son descortezados manualmente para que quede libre de corteza y facilitar el proceso de aserrado.
- Sierra I: en este paso la sierra realiza dos cortes tangenciales al trozo para que quede en posición para el siguiente proceso.
- Sierra vertical: esta sierra hace el tercer corte a la semi-base, y las tapas que salen del carro les hace otro corte lateral, y de la el espesor ya sea 38 mm. o 46 mm.
- Separador: después pasa a una mesa de clasificación donde separan las reglas de los laterales, lo que se puede recuperar en pulgada se devuelve a la sierra.
- Sierra II: le da el ancho a la base, ya terminada y a los laterales les da el espesor, para proseguir en el proceso de canteo.
- Sierra circular: se utiliza para despuntar la troza a 4 m. o según el largo de la orden de trabajo.
- Canteadora: en este proceso la máquina saca los cantos muertos y deja la madera con cantos rectos sin merma del ancho

- Clasificación: en este proceso se realiza la tarea de clasificar la pieza según el atributo del largo y ancho.

1.3. Mantenimiento

Se considera que mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método a fin de conservarlo y del servicio para lo que fue diseñado o para lo que fue adquirido por la empresa, ya que para muchas de éstas el objetivo del mantenimiento es la conservación del servicio que están suministrando los equipos, mismo que puede ser crucial para la continuación de ciertos procesos industriales

1.3.1. Objetivo del mantenimiento

El mantenimiento tiene como objetivo conservar en perfecto estado de funcionamiento todos los elementos productivos de la empresa (máquinas e instalaciones), para lograr su máximo rendimiento, con la calidad adecuada, y con un mínimo costo.

Los objetivos del mantenimiento son:

- Reducir la necesidad de grandes reparaciones, corrigiendo dificultades menores apenas aparezcan. Para detectarlas es necesario escuchar a los operadores, que normalmente se dan cuenta antes que la dirección de que una máquina hace un ruido raro o de otras irregularidades en su rendimiento, así como no reprender a aquellos empleados que intenten comunicar un fallo producido fuera de su área de control.
- Mantener la maquinaria en su estado de máxima productividad. Para eso es necesario seguir las recomendaciones del manual correspondiente,

conservarla limpia y reparar o sustituir las partes desgastadas o faltantes inmediatamente. Agilizar el calendario de reparaciones sin posponer las que sean necesarias previene problemas que después resultará mucho más caro corregir.

- Resguardar la seguridad de operadores. A medida que se desgastan, algunas partes de la maquinaria se vuelven peligrosas, como las cadenas gastadas o las correas de transmisión consumidas. El personal es valioso y las heridas son costosas desde el punto de vista del tiempo perdido y la capacitación del reemplazante, para no hablar del impacto negativo que producen en el ánimo de los empleados.
- Resguardar la seguridad de técnicos de mantenimiento. Puede existir accidentes por falta de comunicación entre los operadores de las máquinas y los técnicos de mantenimiento, al momento que a una maquina se le esté realizando algún tipo de mantenimiento, por lo que se debe establecer criterios para que una maquina este puesta en servicio.
- Mejorar el servicio al cliente. Un establecimiento bien mantenido causa mejor impresión al cliente y, en ocasión de la primera compra, ayuda a convencerlo de que el producto estará correctamente elaborado.
- Reducir los costos operativos generales. El productor obtiene más beneficios de una planta bien mantenida, que disminuye los costos y aumenta la satisfacción del cliente.

1.3.2. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es aquel que se aplica para predecir una falla de los equipos, generalmente utilizando algún tipo de instrumento de medición o análisis de laboratorio para poder determinar el estado del equipo aun cuando este no presenta ninguna falla a simple vista. Esto tiene la particularidad de que

puede tener un costo muy elevado ya que los análisis pueden ser muy costosos.

En un paro general de planta por mantenimiento se debe determinar la factibilidad de aplicar las técnicas disponibles del mantenimiento predictivo al equipo (análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite y alineación con rayos láser) para que sea este el que determine su mantenimiento y no en base a una fecha determinada.

1.3.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones. Su finalidad es reducir al mínimo las mismas y una depreciación excesiva de los equipos.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

1.3.4. Mantenimiento correctivo

Se denomina mantenimiento correctivo, a aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

1.4. Gestión

Gestión es la asunción y ejercicio de responsabilidades sobre un proceso (es decir, sobre un conjunto de actividades), lo que incluye un proceso administrativo.

1.4.1. Definición

Conjunto de acciones mediante las cuales el directivo desarrolla sus actividades a través del cumplimiento de las fases del proceso administrativo: planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar.

1.4.2. Características

Para que la gestión de un proyecto, proceso se cumpla se debe planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar todas las actividades referentes al mismo y su corrección si es necesario en alguna fase.

1.5. Producción

Se denomina producción a cualquier tipo de actividad destinada a la fabricación, elaboración u obtención de bienes y servicios.

1.5.1. Producción continua

En este tipo de sistema las situaciones de fabricación, en las cuales las instalaciones se adaptan a ciertos itinerarios y flujos de operación, que siguen una escala no afectada por interrupciones.

Esto es, las materias primas, se reciben continuamente de los proveedores, son almacenados, y se transportan para su procesamiento y transformación.

1.5.2. Producción intermitente

Se caracterizan por ser un sistema de producción por lotes de fabricación. En estos casos, se trabaja con un lote determinado de productos que se limita a un nivel de producción, seguido por otro lote de un producto diferente.

La producción intermitente es utilizada cuando la demanda de determinado producto no es lo bastante grande para utilizar el tiempo total de fabricación continua.

En la empresa sobre la cual se desarrolla el presente estudio, tiene un tipo de producción intermitente, debido al tipo de producto que desarrolla y el mercado al cual abastece.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Localización física

En Maderas de Centro América, se pueden encontrar principalmente tres grandes áreas, área de materia prima o patio de trozas, área de aserrado y área de almacenamiento de producto terminado.

Dentro de toda empresa debe existir un lugar de almacenamiento de las materias primas y productos terminados, para lo cual se utilizan bodegas por su capacidad de almacenamiento, además, deben ser adecuadas para los procesos productivos.

Una bodega es donde se resguardan los productos, durante el tiempo que son trasladados a los clientes. También se puede usar las bodegas para el almacenamiento de productos en proceso de observación, como el caso de la madera, que algunas veces debe pasar, por lo menos un mes, antes de llegar al consumidor final.

La bodega cuenta con un área 200 metros cuadrados, para la distribución de cada uno de los espacios.

2.1.1. Distribución del área de almacenaje

En el área de la bodega se tiene sectores de almacenamiento cuenta con una zona para carga y descarga de mercadería, otra zona está destinada a para colocar los productos que se envía los clientes. En otra zona se coloca la

mercadería que es resguardado para su comercialización colocando los productos más pesadas en las áreas inferiores de las estanterías. Se identifican para su fácil ubicación y toma de inventarios.

2.1.2. Identificación de productos

Toda la madera que ingresa como trozos son clasificados por el tipo de madera y por su tamaño, estos son colocados en los patios para ser trasladados al área de producción.

2.1.3. Registros

Actualmente la empresa no lleva ningún tipo de registro sobre las entradas, movimientos o salidas de madera en ninguno de los procesos.

2.2. Distribución de la bodega

La distribución de la bodega de productos terminados está basada en la calidad de la madera, se encuentra un área para madera de primera y otra área de menor tamaño para madera de segunda, a la vez, dentro de cada área mencionada se encuentran separadas por medida, teniendo un cubículo para cada medida final de madera tratada, lo cual ayuda para su conteo y despacho.

2.2.1. Recepción

El horario de recepción de madera en un horario de 07-18 horas de lunes a viernes, pero en temporadas altas trabaja día sábado y domingo, para cubrir la demanda de los clientes.

2.2.2. Almacenamiento

El almacenamiento de la madera se realiza con separadores para ayudar al proceso de secado, esto con el flujo de aire que circula a través de la madera.

Figura 21. **Madera clasificada**



Fuente: empresa de madera tratada.

Figura 22. **Madera aserrada en patio**



Fuente: empresa aserradora

2.2.3. Despacho

El despacho de productos se realiza en base los pedidos generados por los clientes, el método para control de inventarios es: primero en entrar primero en salir (PEPS), dado que la madera al estar expuesta a la humedad y a las altas temperaturas del lugar, sufre daños irreversibles en su estructura.

2.3. Administración de la bodega

La bodega es una sección auxiliar que está cercano al área de producción, es importante hacer notar que el tamaño de esta sección, la organización y manejo estarán en función del tamaño del área donde se asierra la madera.

2.3.1. Niveles de responsabilidad

La industria procesadora de madera, por el volumen de operaciones, transacciones diarias, horas de producción, cantidad de unidades de maquinaria pesada, cantidad de camiones, unidades de madera aserrada y materiales requiere de bodegas con capacidad para el manejo de cientos de pies aserrados. Por lo cual el personal que se requiere para mantener en operación una de estas bodegas, debe ser personal calificado, con suficiente capacitación en sistemas de control administrativo a través de computadoras, manejo de documentos relacionados con el proceso de compras, control de existencias, almacenamiento de piezas y de materiales.

Los puestos se definen de la siguiente manera:

- Puestos de dirección
- Gerente de almacenes
- Jefe de almacenes y bodegas
 - Puestos especializados
 - Encargado de digitación de documentos
 - Encargado de bodega principal
 - Encargado de bodegas auxiliares

- Puestos de apoyo general
 - Auxiliar de bodega encargado de recepción.
 - Auxiliar de bodega encargado de entrega.
 - Auxiliar de bodega encargado de almacenamiento.
 - Auxiliar de bodega turnos rotativos (generalmente en horario nocturno).

- Puestos a nivel de apoyo administrativa, asesoría y control
 - Encargado de control de presupuestos (unidades – Maquinas – época de uso).
 - Supervisor de contabilidad, específicamente de control de inventarios.
 - Supervisor de seguridad industrial.

2.3.2. Técnicas de almacenamiento

El almacenamiento de madera aserrada, piezas y materiales de uso general depende de la dimensión y características de los materiales. Estos pueden exigir una simple estantería hasta sistemas complicados, que involucran inversiones cuantiosas y complejas tecnologías para el control. La elección del sistema de almacenamiento depende de los factores siguientes:

- Espacio disponible para almacenar
- Tipos de materiales que serán almacenados
- Cantidad, forma, peso y dimensiones de artículos
- Rotación de los artículos para atender la demanda interna

Para que un sistema de almacenamiento sea eficiente se deben tomar en consideración las formas de almacenajes siguientes:

- **Carga unitaria:** la carga unitaria está constituida por embalajes de transporte que son acondicionados con materiales suficientes para posibilitar la manipulación.
- **Estanterías:** están constituidas por estructuras metálicas tipo perfil, de madera o plástico resistente, que pueden adaptarse al tamaño requerido según el espacio de la bodega, también permiten el almacenamiento de forma vertical, lo cual permite mayor capacidad. En estas estanterías se puede almacenar cajas de forma estandarizada, constituye un medio de almacenamiento simple y económico.
- **Apilamiento:** las cajas o plataformas (pallet) son apiladas unas sobre otras, obedeciendo a una distribución equitativa de cargas, esta forma de almacenamiento reduce la necesidad de divisiones metálicas o de madera.
- **Columnas:** en cualquier bodega de una empresa agroindustrial se utilizan piezas de hierro, acero de diversas dimensiones, las cuales usualmente son almacenadas en columnas cuya estructura es de madera o acero, que permite soportar el peso y manipulación de estos materiales. La empresa maderera, debido a las cantidades de piezas, materiales y repuestos que son utilizadas en el proceso operacional, utiliza las formas de almacenaje indicadas en los párrafos anteriores los cuales son identificados por códigos alfanuméricos, que físicamente son colocados y ordenados dentro de la bodega, así:

- Ubicación horizontal: de izquierda a derecha
- Ubicación vertical: de arriba hacia abajo

2.3.3. Saneamiento

Se debe tener cuidado con el derrame de combustibles y lubricantes al suelo, ya que contaminan los mantos freáticos, donde se almacena el agua que se extrae a través de pozos o ríos naturales.

- Acondicionar el almacenaje de piezas de metal que presenten óxido ferroso, para que pueda ser reutilizados en otro tipo de industria. (Reciclaje de metal para producción de hierro de construcción).
- Evitar el uso de montacargas de combustión de diésel. Si es utilizado, que mantengan filtros que eviten la contaminación de la atmósfera.
- Ubicar en la bodega recipientes para colocar desechos, basura y clasificación de la misma para evitar contaminación

Obviamente, el adecuado almacenamiento, identificación de áreas de la bodega instalaciones señalizadas, accesos, edificios con ventilación.

2.4. Inventario de bodega

Los inventarios son todos los bienes tangibles propiedad de la entidad, disponibles para la venta y/o para usarse en la producción de bienes y servicios. Por su naturaleza los inventarios se clasifican en: materias primas, materiales y suministros, productos en proceso y productos terminados.

Los inventarios tienen importancia relevante en las empresas agroindustriales, porque se realizan grandes inversiones para tener adecuadas existencias de materiales, los cuales representan una importante parte del activo de las empresas, de allí que sea de mayor importancia su control y la determinación de su costo. Por ello, las existencias deben estar debidamente equilibradas, pues de lo contrario, al mantener un exceso se ocasionaran pérdidas por los constantes deterioros, espacio de almacenamiento y costos de oportunidad de capital. Muy al contrario al haber insuficiencia de materiales, se provoca la interrupción en la prestación de los servicios y, por ende, no se satisface la demanda del mercado.

2.4.1. Tipos de inventarios

La empresa actualmente trabaja en base al método PEPS primero en entrar primero en salir, esto lo hacen porque la madera no puede estar expuesta a condiciones climáticas extremas, humedad, lluvia, calor. Deben de tener una rotación alta.

2.5. Procedimiento de ingreso a bodega

Al momento en que entren producto a la bodega, es necesario seguir ciertos pasos para ingresar los datos en el sistema. De esta se lleva un buen control en el inventario de productos. A continuación se describen los procedimientos para ingreso a bodega.

- Procedimiento escrito de ingreso a la bodega: tiene como objetivo: detallar las actividades de ingreso de productos de bodega.

- Alcance: el procedimiento es aplicable para todo el personal, de acuerdo con su competencia, desde girar instrucciones en la elaboración del procedimiento hasta la aprobación, autorización y archivo del mismo.
- Glosario
 - Procedimiento: consiste en una serie de pasos realizados cronológicamente, para efectuar un trámite administrativo. Describe en forma clara y precisa quién, qué, cómo, cuándo, dónde y con qué se realiza cada uno de los pasos.
 - Norma: son las disposiciones administrativas que regulan lo establecido en un procedimiento, a fin evitar o reducir la aplicación de diversos criterios que provoquen confusión en las personas que intervienen en el mismo.
 - Referencias: propietario del proceso: departamento de bodega
 - Políticas: es el jefe de bodega es el responsable de la entrada de productos

Los procedimientos deben ser accesibles para todo el personal y ha de tenerse control de los lugares de localización de los mismos y el control de las copias de dichos procedimiento.

El incumplimiento, por parte de cualquier persona involucrada en el mismo, implicará una sanción con las medidas disciplinarias que rigen al personal de la organización.

Tabla I. **Aprobación del proceso de ingreso a bodega**

		Aserradero
Título de procedimiento:	Departamento:	Procedimiento No.:
Proceso de ingreso a Bodega	Bodega	BE.1.0
APROBACIONES		Autorizaciones
Función y/o Cargo: _____	Función y/o Cargo: _____	
Firma: _____	Firma: _____	
Gerente Administrativo: _____	Gerente General: _____	
Jefe de Bodega _____		
Copia No.		Asignada a:
		1 Gerente General
		2 Gerente Administrativo
		3 Jefe de Bodega

Fuente: elaboración propia.

Detalle del proceso

- El jefe de bodega informa al departamento de compras la necesidad de una requisición de compra.
- El departamento de compras debe trasladar al departamento de bodega una copia de la orden de compra enviada al proveedor con la fecha de entrega de la mercadería solicitada.
- Se recibe la mercadería y se revisa: el cumplimiento del tiempo acordado, el cumplimiento de las características indicadas y, calidad y buen estado del producto.
- Se verifica que la mercadería se recibe conforme a lo estipulado en la orden de compra.

- Si el pedido no está completo se debe registrar el faltante y elaborar una nota de reclamo.
- Si el pedido está completo se inspecciona si se recibe en perfecto estado, esto lo debe realizar control de calidad.
- Si la mercadería no está en perfecto estado, se emite una nota de devolución y se envía de nuevo al proveedor.

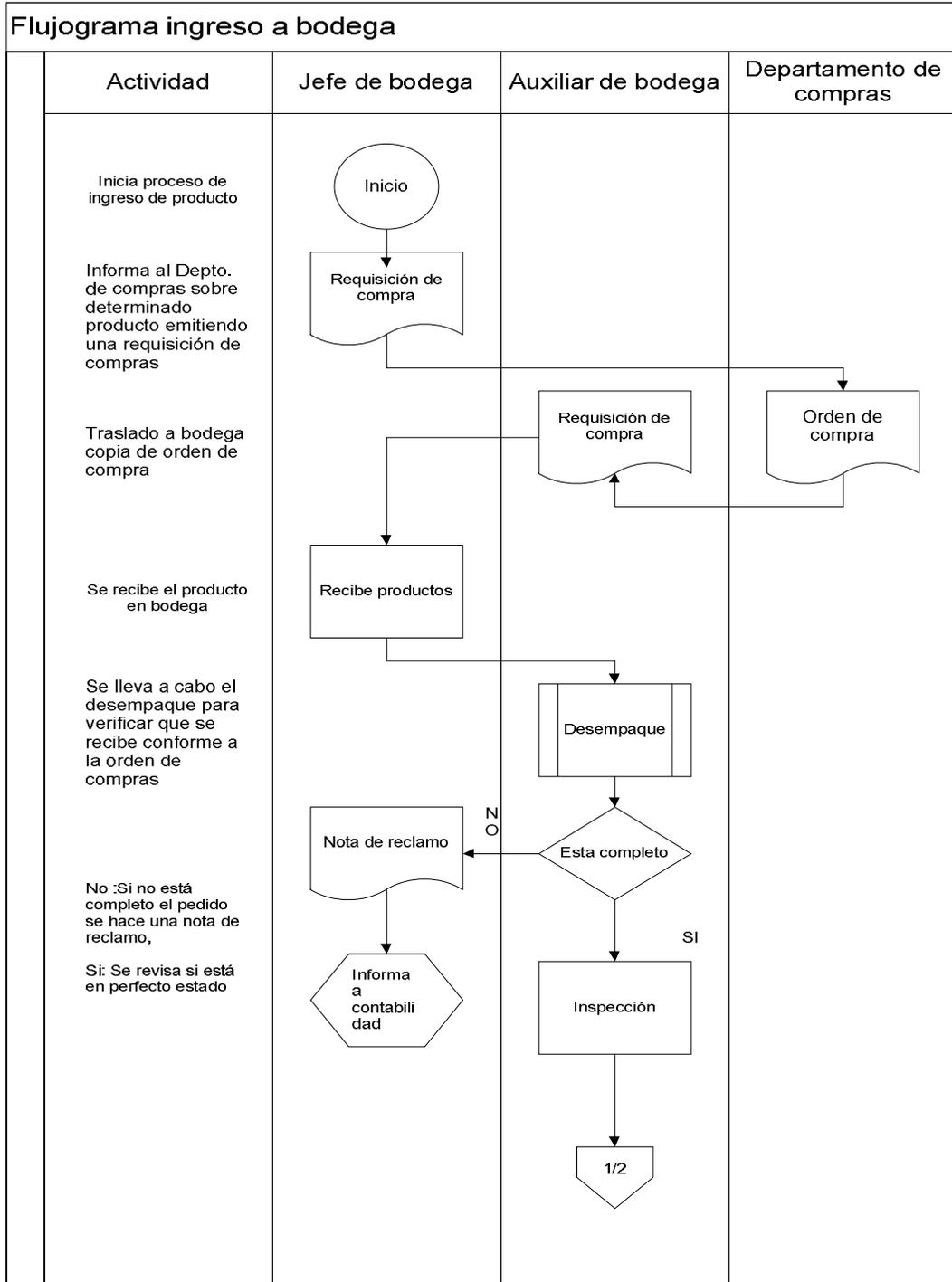
Departamento de compras

- Si la mercadería se recibe en perfecto estado, se le asigna código al producto recibido.
- Se emite un formulario de ingreso a bodega
- Firma el formulario de ingreso a bodega
- Se procede a ingresar en el kárdex del sistema de inventarios
- Se ordena la mercadería ingresada y se identifica

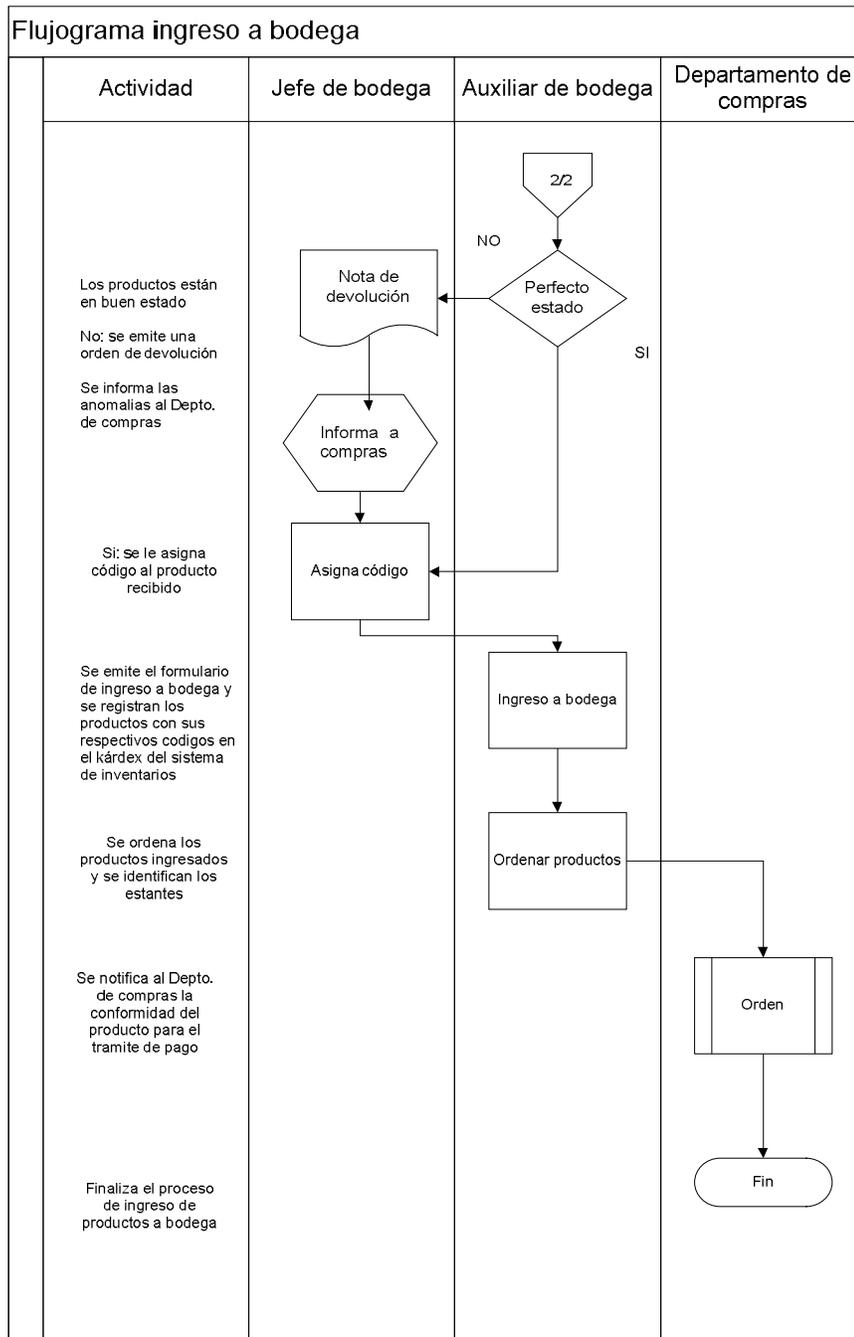
2.5.1. Diagrama de ingreso a bodega

A continuación se presenta el diagrama de ingreso de productos a bodega de la empresa en estudio.

Figura 23. Diagrama de ingreso a bodega



Continuación de la figura 23.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio Drawing 2010.

2.6. Materia prima

Semanalmente la empresa realiza un pedido de trozas de aproximadamente tres camionadas para hacer un estimado de 1 500 trozas que entran a la bodega de materia prima semanalmente, dicho pedido es una estimación aproximada del aprovechamiento de cada troza, es decir, la cantidad de madera que se puede obtener de cada troza, tomando en cuenta el diámetro, el largo, y el nivel de curvatura que posea, todo esto ocasiona un mayor desperdicio, y se tiene que estimar a base de conocimiento empíricos para que el desperdicio sea menor. Las trozas provienen del departamento de Izabal siendo una empresa taladora de árboles la encargada de suministrar al aserradero las trozas.

Se manejan varios tipos de inventario, estos son: inventario de desperdicio de materia prima, inventario de desperdicio o variaciones de madera mal aserrada, se labora un reporte mensual comparativo entre la producción real y la producción programada. La diferencia es el desperdicio que se genera en cada orden de producción, llevando así el control del porcentaje de desperdicio para cada uno de los inventarios. El porcentaje de desperdicio es el total de la materia prima desperdiciada. Cada fin de mes el reporte de control de desperdicios es enviado al departamento de contabilidad, en donde se lleva a cabo la verificación de cantidades, las cantidades del reporte de control de desperdicios deben coincidir con el control de órdenes de producción de preparación.

2.6.1. Cubicación de los trozos

El volumen de madera en trozo que ingresan al proceso se caracteriza de la siguiente manera.

Tabla II. **Cubicación de trozos**

Largo	10' (ft)	volumen de madera (PT)
Diámetro (ple.)	cantidad trozas	
4	185	2,466.67
6	173	5,190
7	145	5,920.83
7.5	72	3,375
Total	575	16,322.50

Fuente: elaboración propia.

La información proporcionada por este cuadro es de vital importancia ya que es la base para todos los cálculos posteriores de porcentaje de aprovechamiento. Un error en la transferencia de esta información generará entonces, un sesgo en los resultados, por ello su manejo y control en cuanto a la exactitud y precisión de la información es un aspecto que merece especial atención.

Se considera el volumen en PT., ya que es un valor nominal de volumen apropiado en el ingreso de los trozos al aserradero. Sin embargo, la exactitud de esta medición no es la adecuada dada la subestimación que otorga en el volumen, por eso es interesante su uso al momento de la compra de los trozos. Por ello es necesario indicar que los resultados generados con PT. entrega

valores más altos que los reales en el aprovechamiento final de los diferentes productos.

2.7. Producto terminado

Generalmente, el desperdicio se genera cuando el producto terminado se convierte en producto no conforme, el reporte de este producto incluye las cantidades no conformes y el problema que presenta este producto, y, este reporte es enviado al encargo de manufactura, para que decida si el producto se puede reprocesar o se vende como madera de segunda calidad.

2.7.1. Cubicación de madera

La madera se vende por pie cubico, el precio varía dependiendo del tipo de madera que se venda ya sea regla, viga o tabla siendo este último producto que tiene el valor por pie cubico más elevado.

La fórmula para determinar el volumen es la siguiente:

$$V = (E \times A \times L) / 12$$

Donde:

V = volumen de la madera aserrada en pies tablar

E = espesor de la tabla en pulgadas

A = ancho de la tabla en pulgadas

L = longitud de la tabla en pies

Para el caso de la elaboración de la tabla volumétrica mediante la presente metodología es importante prestar especial cuidado a la determinación del volumen.

2.7.2. Clasificación de la madera

La denominación de madera aserrada se hace conforme a las maderas que son trozadas en sentido longitudinal, que pueden presentar forma de vigas, tablonés, tablas, listones, etc. A su vez, esta madera es utilizada para obtener subproductos dentro del mismo proceso de aserrado. La madera se considera como calidad de primera si no tiene nudos quebradizos, nudos podridos, presencia de medula, si los cortes son rectos y si no está rajada.

2.7.3. Productos de remanufactura

La madera de pino que se utiliza en el área de remanufactura, se obtiene de los cortes laterales de los rollizos; piezas de ancho variable y largo fijo, que se caracteriza por ser madera de buen rendimiento y bajo costo. Esta madera se utiliza en puertas, ventanas, revestimientos, decoración, armado de tarimas, etc. La madera que no tiene ningún uso puede ser triturada para convertirse en *madera tipo chip*, para la cual también existe un mercado.

2.7.4. Productos obsoletos

Muchas cantidades de producto se vuelven obsoletas dentro de los inventarios de producto en proceso o producto terminado, cuando, el cliente decide cambiar la presentación de los productos o bien el cliente deja pasar mucho tiempo y no realiza pedido del producto. Estas cantidades permanecen dentro del inventario de producto terminado ocasionando así enmohecimiento

de la madera lo que conlleva a un rechazo de parte de los clientes de dicha madera.

3. PROPUESTA PARA GESTIONAR EL MANTENIMIENTO Y LA CODIFICACIÓN

La empresa en estudio cuenta con varios procesos, los cuales están descritos en el capítulo 1.2.3 Descripción del Proceso, la propuesta para gestionar el mantenimiento y la codificación, abarca exclusivamente el área de aserrado de madera. En el área de aserrado se tienen las siguientes maquinas:

- Sierra de primer corte, la cual es llamada dentro de la empresa como Mill 1er Corte.
- Sierra doble, la cual es llamada dentro de la empresa como Mill Bloque
- Reaserradora, la cual es llamada dentro de la empresa como Méndes Horizontal.
- Despuntadora, la cual es llamada dentro de la empresa como Méndes Sierra Circular.

La propuesta de codificación se desarrollara en el capítulo 3.7 Codificación de Equipo; también se hará mención en el capítulo 4.2.3 Código de Equipos, para explicar más sobre el criterio a tomar al momento de realizar la codificación.

Para la gestión del mantenimiento se propone el uso del software SAP FULL 4.6, en especial el modulo PM (Mantenimiento de Planta), esto complementado con algunas tablas de control que se explicarán más adelante.

3.1. Descripción del sistema

A continuación se describirán de manera general los módulos del sistema SAP, del mantenimiento y la codificación de equipos, que se utilizará.

3.1.1. Planificación y control de producción

Este módulo está enfocado en cubrir las necesidades de la planta de producción, cubriendo las siguientes necesidades:

- Planificación de producción
- Planificación de necesidades de material
- Control de producción
- Costos de producto

3.1.2. Contabilidad financiera

El módulo financiero soporta todos los procesos del departamento contable. Desde el cobro y pago de facturas, hasta la emisión de reportes impositivos y reportes de exposición contable.

3.1.3. Control

El sistema SAP tiene la capacidad de generar reportes para llevar un mejor control sobre repuestos, historial de mantenimientos por máquina, disponibilidad de maquinaria y costos de mantenimiento, los cuales son útiles a Madecasa para la toma de decisiones y uso de recursos.

3.1.4. Sistema de proyectos

Con este módulo se pueden realizar diferentes grupos de tareas, como pueden ser:

- Planificación aproximada inicial, con tiempos y valores establecidos desde un desglose de la estructura de trabajo, al menos desde una lista de lo que hay que hacer.
- Planeación ajustada, puede utilizar elementos de costos o métodos de cálculo de costos unitarios e implicar la inserción manual de fechas críticas, detalles de las actividades, programación automática con R/3 y la identificación de las actividades del camino crítico.
- Coordinación de los recursos a través de requisiciones de compras automáticas y planes de reserva de materiales.

3.2. Mantenimiento de planta

Vale mencionar que actualmente en Madecasa no se tiene ningún tipo de registro o control sobre los trabajos que se realizan.

El módulo de mantenimiento de planta es para cubrir las necesidades de planificación, administración, seguimiento y control de las tareas de mantenimiento. Cubriendo los tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo en maquinaria de aserrado, llevando un historial de las averías, tiempos de reacción y repuestos utilizados. Estos mantenimientos pueden ser rodos de transferencias inhabilitados, cadenas de transmisión rotas, guías de sierras desgastadas, entre otras.

- Mantenimiento preventivo en maquinaria de aserradero, se ejecuta en función de avisos que se emiten automáticamente de acuerdo a una frecuencia preestablecida, la cual será basada en los datos del fabricante de las máquinas de aserrado. Estos mantenimientos pueden ser cambio de cojinetes de volantes, rectificado de volantes, alineación de sierras, entre otros.
- Mantenimiento predictivo en maquinaria de aserradero, se desarrolla en función de las mediciones de valores críticos. Estos mantenimientos pueden ser evaluación de vibración de volantes, medición de temperaturas en ejes de sierra, medición de ruido en motores y cajas reductoras, entre otras.

Adicionalmente el módulo Mantenimiento de Planta (PM) permite:

- Generar solicitudes de trabajo de mantenimiento
- Aprobar solicitudes de trabajo
- Crear órdenes de trabajo
- Realizar un análisis del trabajo por realizar
- Analizar las órdenes programadas
- Generar un historial del mantenimiento
- Gestionar los servicios de mantenimiento

3.2.1. Estructura del módulo

En la configuración del Módulo PM se encuentra la siguiente estructura de submódulos que dan soporte a la gestión del mantenimiento, los cuales serán aplicados al área de aserrado de la empresa, estos módulos son:

- EQM: *Equipment and Technical Objects* (objetos técnicos y de equipo).
 - Ubicaciones técnicas de referencia
 - Ubicaciones técnicas
 - Equipos
 - Conjuntos
 - Lista de materiales
 - Interrelación de objetos técnicos

- PRIM: *Preventive Maintenance* (mantenimiento preventivo).
 - Hoja de ruta
 - Planes de mantenimiento preventivo

- WOC: *Maintenance Order Management* (administración de órdenes de mantenimiento).
 - Avisos de mantenimiento
 - Órdenes de mantenimiento

- SMA: *Service Management* (administración de servicios)
 - Puestos de trabajo de mantenimiento
 - Contratos a terceros

- PRO: *Maintenance Projects* (proyectos de mantenimiento).
- PMIS: *Plant Maintenance Information System* (sistema de información de mantenimiento de planta)

3.2.2. Gestión de mantenimiento

La gestión del mantenimiento de las maquinarias de aserrado es responsabilidad del jefe del departamento de mantenimiento, pero requiere del

trabajo en conjunto de todo el departamento, desde el planificador de mantenimiento en alimentar el sistema SAP con la información necesaria para su buen funcionamiento, hasta el llenado de boletas de inspección y conformidad (figura 30 y figura 31) por parte de los técnicos.

En caso de que una avería implique un período de parada de producción, se podrá reaccionar inmediatamente y crear las órdenes y los documentos de trabajo necesarios con una cantidad mínima de entradas en un periodo de tiempo muy breve.

La gestión de mantenimiento para las medidas no planificadas se puede dividir en tres áreas:

- Descripción del estado del objeto: el elemento principal de esta área es el aviso de mantenimiento. Se utiliza para describir el estado de un objeto técnico o para notificar una avería en un objeto técnico y solicitar que se repare la avería.
- Ejecución de las medidas de mantenimiento: el elemento principal de esta área es la orden de mantenimiento. Se utiliza para planificar la ejecución de medidas de mantenimiento de forma detallada, seguir el avance del trabajo y liquidar los costos para las medidas de mantenimiento.
- Conclusión de medidas de mantenimiento: El elemento principal de esta área es el historial de mantenimiento. Se utiliza para almacenar los datos de mantenimiento más importantes a largo plazo. Este instrumento se utiliza para gestionar todas las medidas que se ejecutan en el mantenimiento, así como las operaciones que no forman parte

directamente del mantenimiento, por ejemplo: inversión, modificaciones, conversiones, etc.

3.2.3. Organización del mantenimiento

La organización del mantenimiento está definida por unidades organizativas que gestionan el mantenimiento a través de dos tipos de áreas:

- Áreas físicas, refiriéndose a la planta de mantenimiento y sus divisiones de espacio. Como pueden ser área de troza, área de aserrado y área de producto final.
- Funcionales responsables, de acuerdo con funciones específicas realizadas.

Figura 24. **Organización del mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Entre las ventajas de la estructuración de la planta se tiene:

- Se reduce el tiempo necesario para gestionar los objetos técnicos.
- Se simplifica la gestión de mantenimiento.
- Se reduce notablemente el tiempo necesario para introducir datos durante la gestión de mantenimiento.
- Valoración más específica, completa y rápida de los datos de mantenimiento.

3.2.4. Gestión de trabajos de mantenimiento

La gestión de los trabajos por realizar está a cargo del jefe del departamento de mantenimiento, él tomará en cuenta las necesidades de producción, así como el estado de todas las maquinarias; con esta información deberá establecer prioridades y asignar las tareas que deben de ser realizadas por los técnicos. Para una correcta gestión de los trabajos de mantenimiento es necesario realizar reuniones con todo el personal operativo de mantenimiento (esto se desarrollara en el capítulo 3.4.1 Programación de Mantenimiento) de forma periódica.

3.3. Proceso funcional del mantenimiento

Las acciones por tomar, en cuanto al mantenimiento del aserradero se pueden clasificar principalmente en dos, estas son:

- Acciones correctivas (todas las acciones necesarias para corregir algún desperfecto en las máquinas del aserradero).
- Acciones preventivas (dentro de estas están incluidas los mantenimientos preventivos y mantenimientos predictivos).

Respecto de las acciones preventivas, el sistema SAP genera una orden de trabajo, basándose en la información digitada del sistema (dicha información se refiere a tiempos de revisiones establecidas por los fabricantes de las maquinas). En cuanto a las acciones correctivas, al producirse una falla en algún elemento técnico debe generarse un aviso de avería con el cual el planificador genera una orden de mantenimiento conocida también como orden de trabajo.

3.3.1. Elementos de la gestión de mantenimiento de planta

Para una correcta gestión del mantenimiento (preventivo y correctivo) para la planta de aserrado se debe considerar los siguientes elementos:

- La periodicidad o frecuencia con que se realizaran los mantenimientos preventivos son basados en los manuales de los fabricantes de las maquinas, en el caso del aserradero de Madecasa, las máquinas provienen de dos fabricantes, los cuales son Maquinaria Mill y Maquinaria Méndes.
- El tiempo en que la máquina está en reparación finaliza hasta que el técnico de mantenimiento la pone nuevamente en servicio (esto se desarrolla en el capítulo 4.1.1.4. Puesta en servicio)

3.3.2. Integración del módulo con otras áreas

El departamento de mantenimiento no es un ente aislado y a diario debe relacionarse y trabajar integrado con otras áreas de la empresa, esto con la finalidad de que las decisiones que tome sea en beneficio de toda la empresa. A continuación se presentan las áreas con las que el Módulo PM comúnmente

se integra y los elementos que frecuentemente son tratados en esta interrelación.

- Integración con bodega de materia prima
 - Aprovisionamiento de piezas de recambio
 - Aprovisionamiento de material directo
 - Aprovisionamiento a partir de actividades externas

- Integración con producción:
 - Disponibilidad de puestos de trabajo
 - Medios auxiliares de fabricación.

- Integración con administración
 - Centros de costos
 - Facturación interna de habilidades
 - Liquidaciones de órdenes

- Integración con calidad
 - Proyectos de mantenimiento.
 - Presupuesto de mantenimiento.

3.3.3. Módulo de mantenimiento preventivo

La programación de los trabajos de mantenimiento preventivo por realizar en la maquinaria de aserrado será entregada en las reuniones que tiene el departamento (esto se desarrollará en el capítulo 3.4.1 Programación de Mantenimiento) y con el debido formato (esto se desarrollará en el capítulo 3.4.1. Programación de mantenimiento).

El jefe de mantenimiento planifica y programa una orden de trabajo, llegado el período de ejecución de dicha orden de trabajo, el responsable de la ejecución de la orden (jefe de mantenimiento) entrega las instrucciones al personal de mantención (mecánicos, eléctricos, lubricador) para que ejecuten las operaciones demandadas en la orden de trabajo. Una vez ejecutado el trabajo de mantenimiento en el objeto técnico por el personal de mantención, es informado al supervisor quién notifica en el sistema que el trabajo se realizó y se cierra el ciclo de mantenimiento preventivo. En toda esta actividad también está involucrado el planificador ya que es la persona que alimentará el sistema SAP por utilizarse.

3.3.4. Módulo de mantenimiento correctivo

La programación de los trabajos de mantenimiento correctivos por realizar en la maquinaria de aserrado será entregada en las reuniones que tiene el departamento (esto se desarrollara en el capítulo 3.4.1 Programación de Mantenimiento), o bien de forma directa (dependiendo de la urgencia de dicha reparación) y con el debido formato (esto se desarrollara en el capítulo 3.4.1. Programación de mantenimiento).

El jefe de mantenimiento genera una orden de trabajo de mantenimiento correctivo, genera instrucciones al personal de mantención (mecánicos, eléctricos, lubricador) para que ejecuten las operaciones demandadas en la orden de trabajo. Una vez ejecutado el trabajo de mantenimiento en el objeto técnico por el personal de mantención, es informado al supervisor quién notifica en el sistema que el trabajo se realizó y se cierra el ciclo de mantenimiento correctivo. En toda actividad también está involucrado el planificador ya que es la persona que alimentará el sistema SAP por utilizar.

3.4. Departamento de mantenimiento

La estructura del departamento está organizada de la siguiente forma:

Un Jefe de mantenimiento (Ingeniero Mecánico) cuyo principal objetivo es mantener en funcionamiento los equipos el máximo de tiempo disponible de acuerdo con el plan operativo al mínimo costo. Entre sus principales funciones está administrar al personal de mantención, ejecutar la mantención programada en SAP, definir repuestos críticos y stock mínimo de repuestos, elaborar informes técnicos, entre otros.

Un planificador de mantenimiento que tiene la responsabilidad de planificar la mantención, o sea programar y coordinar las actividades de mantención optimizando la combinación de recursos disponibles cumpliendo con los objetivos planeados por la empresa a través de los programas de mantención y de las mantenciones preventivas. Sus funciones principales son las de tratamiento de avisos aprobados por los supervisores, crear órdenes de trabajo, codificación de ubicaciones técnicas, equipos y repuestos, confeccionar hojas de ruta de mantenimiento, realizar planes de mantenimiento para los equipo.

Dos supervisores, uno mecánico y uno eléctrico quienes coordinan y supervisan los trabajos de mantención, asignan personal a las tareas, generan solicitud de retiro de materiales y repuestos de bodega, crean supervisan avisos de avería, etc.

Por otra parte se encuentran los técnicos que son cuatro, cuya tarea primordial es ejecutar el programa de mantención preventiva y dar rápida y

eficaz solución a fallas mecánicas imprevistas de los equipos, respetando normas y procedimientos de seguridad.

3.4.1. Uso del módulo de mantenimiento en planta

La manipulación del sistema SAP sugerido, específicamente el módulo PM para la planta de aserrado queda a cargo del jefe de mantenimiento, pero también tiene un usuario el planificador de mantenimiento, para que él pueda apoyar en ingreso de órdenes de trabajo e impresión de las mismas.

3.4.2. Programación del mantenimiento

Para realizar una mantención eficiente, siempre se debe tener presente:

- Analizar primeramente lo que va hacer el personal técnico, es decir, seleccionar la prioridad de trabajos a realizar en el aserradero para ayudar al departamento de producción a cumplir sus metas, esto a cargo del jefe de mantenimiento.
- Planificar lo que va hacer el personal técnico, dando a conocer mediante reuniones periódicas los trabajos asignados a cada uno y el orden de ejecución
- Coordinar las tareas planificadas, mediante el uso de un formato pueda ser sencilla de entender por los técnicos y sé que se pueda ver el avance (figura 25).
- Ejecutar lo planificado por los técnicos en las máquinas de aserrado, llevando de esa forma la conclusión de la avería y entregando la maquina en perfecto estado, para ellos se utilizara el formato de conformidad (figura 32).

- Analizar finalmente el resultado del trabajo realizado por el departamento de mantenimiento, para revisar el alcance de las metas establecidas

3.4.2.1. Programación diaria

La programación diaria es una importante herramienta con la que cuenta el jefe de mantenimiento para optimizar su gestión, ya que permite coordinar los recursos disponibles para la ejecución de las actividades.

Se realiza una reunión diaria, con el objetivo de coordinación eficientemente las operaciones, siendo estas:

- Trabajos en equipos.
- Generación de solicitudes de trabajo.
- Análisis de problemas en las áreas.
- Información precisa de los problemas potenciales y normales.
- Revisión de órdenes de trabajo finalizadas

Tabla III. **Etapa de reunión diaria**

Ítem	Acción	Minutos	Responsable
1	Se lee la minuta de la reunión anterior, se ve el grado de término de los trabajos solicitados en reuniones anteriores.	5	Jefe del Departamento
2	Supervisores realiza una breve descripción del estado actual de la planta, es decir, niveles de producción, fallas ocurridas el día anterior, entre otros	5	Supervisores
3	Supervisores realiza una breve descripción de los trabajos mayores que se efectuaron el día anterior, los problemas que tuvieron, mejoras para que no vuelva a ocurrir, entre otros	5	Supervisores
4	Jefe del Departamento solicita los trabajos a través de avisos de avería.	10	Jefe del Departamento
5	Jefe del Departamento toma nota de los trabajos solicitados, emite: órdenes de trabajo, la minuta de la reunión y programa los trabajos mayores.	10	Jefe del Departamento

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.2. **Programación semanal**

La programación semanal buscar resolver los problemas de mantención sobre la base de una mínima interferencia con la producción y un máximo aprovechamiento de los recursos humanos y materiales disponibles. Para ello es necesario utilizar una estrategia adecuada que consiste en preparar y programar el trabajo semanal (corto plazo), para obtener un buen resultado con el uso de esta herramienta, se debe mantener constancia y regularidad.

Los beneficios principales que se obtienen con la elaboración de un programa semanal son:

- Disminuir los imprevistos por mantención con tiempo perdido, los cuales generan altos costos de mantención, pérdidas de producción, entre otros.
- Motivación del personal de debido a la disminución de las fallas repetitivas.
- Evitar accidentes, por la mala gestión de la mantención.
- Se entrega un mejor servicio a los clientes directos de mantención, como por ejemplo producción.
- Se evitan molestias, desacuerdos y malas relaciones.
- Entregar nueva programación de trabajos semanal (formato presentado en la figura 25)

El programa semanal es importante para el logro de los objetivos anteriores y se considera una herramienta fundamental para la gestión de mantención.

Para el éxito de un programa semanal, es necesario el apoyo de los niveles superiores de la organización, como también el apoyo fundamental de los clientes de mantención (producción).

Tabla IV. **Etapa de reunión semanal**

Ítem	Acción	Minutos	Responsable
1	Se expone los trabajos realizados en la semana	15	Jefe del Departamento
2	Supervisores realiza una breve descripción del estado actual de la planta	15	Supervisores
3	Supervisores realiza una breve descripción de los trabajos mayores que se efectuaron	10	Supervisores
4	Jefe del Departamento toma nota de los trabajos solicitados y el avance de los mismos	10	Jefe del Departamento

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.3. Programación mensual

La programación mensual es una importante herramienta con la que cuenta el jefe de mantenimiento para optimizar su gestión, ya que permite coordinar los recursos disponibles para la ejecución de las actividades.

Se realiza una reunión mensual con el objetivo de coordinación eficientemente las operaciones, siendo estas:

- Detección de fallas
- Análisis de *stock* de repuestos
- Análisis de indicadores de mantenimiento
- Determinar acciones de prevención en equipos e instalaciones

Tabla V. **Etapa de reunión mensual**

Ítem	Acción	Minutos	Responsable
1	Se expone los trabajos realizados en el mes	15	Jefe del Departamento
2	Supervisores realiza una breve descripción del stock de repuestos	15	Supervisores
3	Supervisores realiza una breve descripción de los indicadores de mantenimiento	10	Supervisores
4	Jefe del Departamento determina acciones para el mantenimiento preventivo de equipos e instalaciones	10	Jefe del Departamento

Fuente: elaboración propia.

3.4.3. Reunión de coordinación diaria

Las reuniones de coordinación diarias se realizarán treinta y cinco minutos antes del inicio de operaciones de la planta de producción (como se puede ver en el capítulo 3.4.2.1. Programación diaria) y el motivo principal es dar a conocer el avance en las tareas asignadas, problemas en la resolución de las tareas asignadas y si existiera alguna nueva tarea que debe ser atendida de forma inmediata, en ese momento será asignada a un técnico.

3.4.4. Programas semanales

Las reuniones semanales se realizaran el día viernes al finalizar la jornada de trabajo para contar con mayor disponibilidad de tiempo para realizar las exposiciones, su duración es de cincuenta minutos (como se puede ver en el capítulo 3.4.2.2. Programación semanal), en esta reunión será asignada a cada

técnico los trabajos de mantenimiento que deberán de llevar a cabo durante la próxima semana, el formato a utilizar es el siguiente:

Figura 25. **Distribución semanal de trabajos de mantenimiento**

Departamento de Mantenimiento No. De semana _____

Nombre del tecnico asignado _____

Maquina		Falla o trabajo a realizar	Fecha y hora de	Fecha y hora de fin
Descripcion	Codigo			

Firma de Jefe del departamento _____

Firma de supervisor asignado _____

Firma de tecnico asignado _____

Fuente: elaboración propia

3.4.5. Disponibilidad de máquinas

La disponibilidad de máquina se obtiene a través de una coordinación entre operaciones y mantenimiento con el objetivo de realizar revisiones programadas en horario de producción.

El departamento de producción deja producir durante el tiempo que se realiza la mantención a la máquina programada, este tipo de mantención se realiza todos los días, teniendo como tiempo máximo programado de seis horas.

3.4.6. Turnos de mantenimiento

Para tener un control de las operaciones en el área de producción y su adecuado mantenimiento de los equipos e instalaciones se tienen turnos diarios y semanales, cada turno cuenta con dos técnicos, los cuales semanalmente cambian de turno diurno a turno nocturno.

3.4.6.1. Turnos diarios

Los turnos diarios se dan en dos grupos de 7-16 horas (turno diurno) y 16-22 horas (turno nocturno).

3.4.6.2. Turnos semanales

Los turnos semanales de mantenimiento son de los días lunes a sábado en dos grupos de trabajo 7-16 horas (turno diurno) y 16- 22 horas (turno nocturno). Cada grupo de técnicos debe trabajar ambos turnos, una semana en turno diurno y la siguiente en turno nocturno.

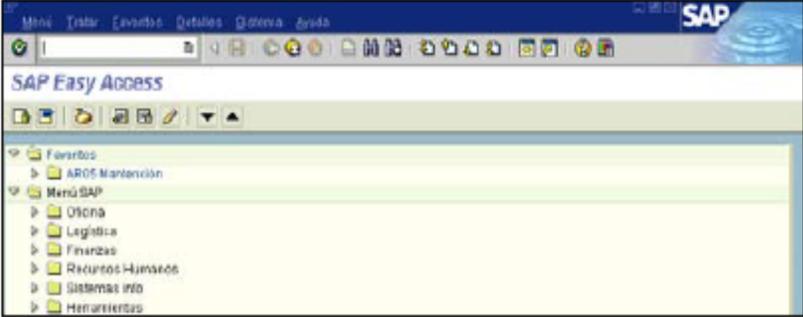
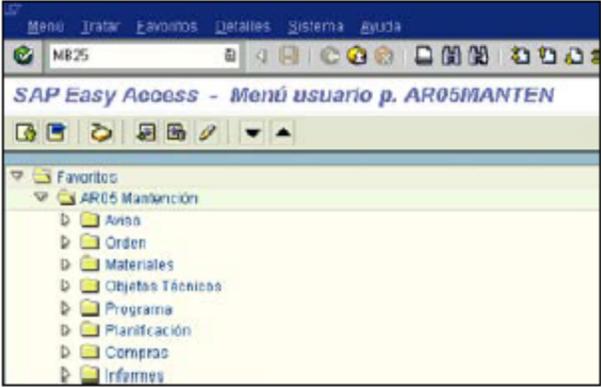
3.4.7. Manejo de bodega

La bodega de mantenimiento es el lugar en donde se tiene resguardado todas las piezas que son intercambiables o reemplazables para las máquinas de aserrado, entre ellas se puede mencionar cojinetes, cadenas, fajas, guías de sierra, sierras circulares, rollos de cierras de cinta, entre otros, así como lubricantes y herramientas para llevar a cabo el mantenimiento. La persona responsable es el jefe del departamento, con la ayuda de los supervisores de mantenimiento.

3.5. Acciones del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento utilizará un sistema SAP Full 4.6, ya que tiene soluciones estándares para todas las necesidades de información de una empresa. A continuación se describe los pasos para iniciar el módulo de mantenimiento PM.

Tabla VI. **Módulo de mantenimiento**

Actividad	Descripción gráfica
Acceso al módulo	 <p>The screenshot shows the SAP Easy Access main menu. The title bar includes 'SAP' and the menu bar contains 'Menú', 'Trabaja', 'Favoritos', 'Detalles', 'Sistema', and 'Ayuda'. The address bar shows 'MR25'. The main content area displays a tree view under 'Favoritos' with the following items: AR05 Mantenimiento, Menú SAP, OS03, Logística, Finanzas, Recursos Humanos, Sistemas info, and Herramientas.</p>
Menú de mantenimiento	 <p>The screenshot shows the SAP Easy Access user menu for 'AR05 MANTEN'. The title bar includes 'SAP' and the menu bar contains 'Menú', 'Trabaja', 'Favoritos', 'Detalles', 'Sistema', and 'Ayuda'. The address bar shows 'MR25'. The main content area displays a tree view under 'Favoritos' with the following items: AR05 Mantenimiento, Arion, Órden, Materiales, Objetos Técnicos, Programa, Planificación, Compras, and Informes.</p>

Continuación de la tabla VI.

<p>Sub menús de mantenimiento</p>	
<p>Sub menús de mantenimiento</p>	

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Generación de aviso de avería

Los avisos de avería son generados para advertir el mal funcionamiento de un objeto técnico que afecta su rendimiento. Estas solicitudes se emiten para pedir una actividad de mantenimiento, como lo pueden ser alineados de volantes de sierra, reparación de mesas de rodos, cambio de elementos dañados.

Cada uno de los componentes del aviso tiene una responsabilidad definida.

Algunos son de responsabilidad exclusiva del sistema planificación y otros de quién emite la solicitud. La pantalla de aviso de avería en el sistema se divide en cinco secciones de información:

1. Objeto de referencia
2. Circunstancias
3. Responsabilidades
4. Datos de la avería
5. Posición (de la avería)

Los principales cuadros que se deben llenar en las secciones son:

- Descripción: aquí se indica la descripción de la falla o avería.
- Ubicación técnica: es la identificación de la posición física en terreno. De esta forma se asegura la correcta distribución de gastos por equipo y la identificación del equipo al cual se le realiza la mantención.

- Equipo: en este campo se identifica al equipo asociado a la ubicación técnica anterior, corresponde a un código único para el equipo, no existen dos equipos con igual código dentro de un mismo centro.
- Grupo de planificación MT: corresponde al código del grupo responsable de la planificación de mantenimiento del objeto identificado. Estos son:
 - Taller mecánico
 - Mecánico aserradero
 - Taller eléctrico
 - Eléctrico aserradero
 - Taller electrónico
- Puesto de trabajo responsable: es el código del puesto de trabajo responsable de realizar el mantenimiento al objeto identificado, por lo cual coordinará las acciones.
También es responsable de los costos que involucra la ejecución del trabajo, y estos serán cargados a su centro de costo.
 - AR01 Taller mecánico
 - AR02 Mecánicos
 - AR201 Taller eléctrico
 - AR202 Eléctricos
 - AR301 Taller electrónico
 - AR801 Prevención de riesgo
 - AR901 Propio del proceso
 - AR902 Externo del proceso
 - Autor del aviso: se ingresa el nombre del autor del aviso de avería.

- Fecha de aviso: corresponde a la fecha en la cual se emite el aviso.
- Inicio avería: es la fecha de realización del trabajo. Además de agrega a un lado la hora de intervención del equipo, y/o el inicio de la detención del equipo cuando se ha marcado el campo de parada.
- Fin de avería: es la fecha del término de la realización del trabajo. Además de agrega a un lado la hora de término de la intervención del equipo.
- Parada: campo que identifica que el equipo está detenido, se considera para los tiempos muertos desde el momento en que se inició la avería y no desde que se emite el aviso.
- Duración de la parada: corresponde al tiempo en minutos que demora la detención.
- Síntoma de avería: es un número asociado a un síntoma de la causa de falla.
- Causa de la avería: es un número asociado a una causa de falla.
- Texto causa: explica en forma superficial la causa de porqué y como se produjo la falla.
- Criticidad: todo trabajo tiene su prioridad, definiéndose en tres grados, que indican la rapidez con que se deben atender los trabajos y estos son:

Tabla VII. **Prioridad de trabajos**

Código	Descripción	Definición
0	Emergencias	Trabajos que se deben de ejecutar inmediatamente
1	Urgencias	Trabajos que se deben de ejecutar lo antes posible
2	Programables	Trabajos que se deben ejecutar en una fecha claramente determinada

Fuente: elaboración propia.

Los avisos de avería se deben generar cuando:

- Operación solicita una intervención.
- Inspecciones diarias de mantención.
- Se limita la producción.
- Cuando se para la producción.

3.5.2. Ejecución del aviso de avería

Cuando un técnico realiza su inspección diaria rutinaria utilizando la hoja de inspección (figura 31) y se encuentra con una falla o algún síntoma de avería, se realiza un aviso de avería y se le entrega al supervisor de producción en turno basándose el informe preliminar de averías (figura 26.), el supervisor de producción en turno deberá solicitar el resolución de dicho problema al

departamento de mantenimiento mediante el formato de solicitud de mantenimiento (figura 33).

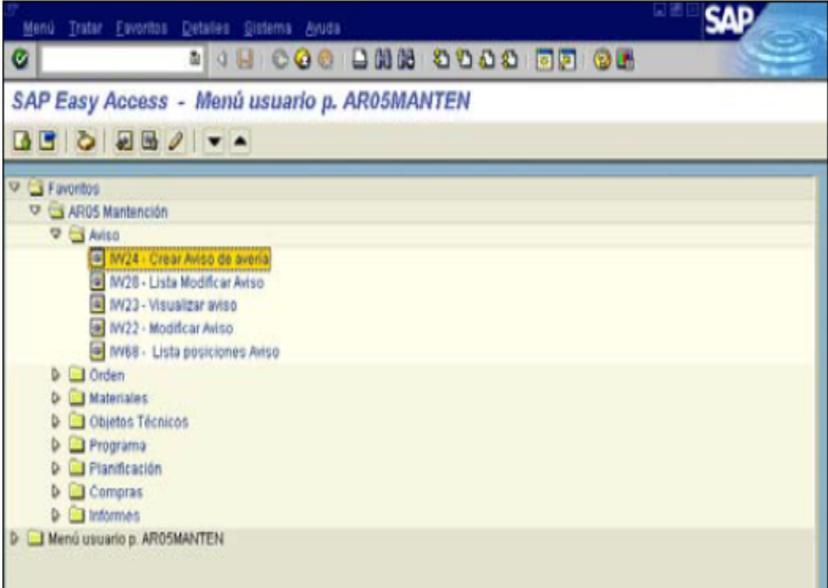
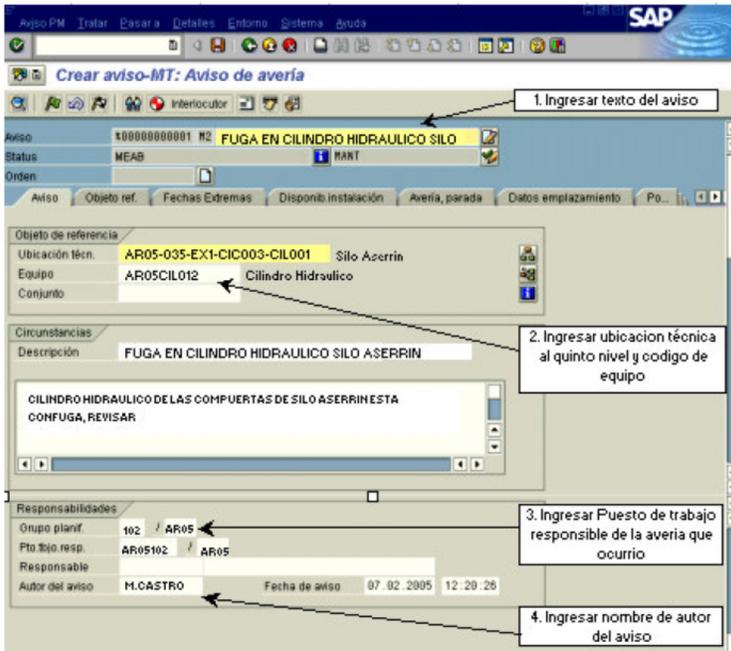
Una vez emitido solicitud, el supervisor de mantenimiento ingresa este aviso al sistema SAP para generar una orden de trabajo, la cual posteriormente será ingresada a la planificación semanal (figura 25).

Figura 26. Informe preliminar de aviso de avería

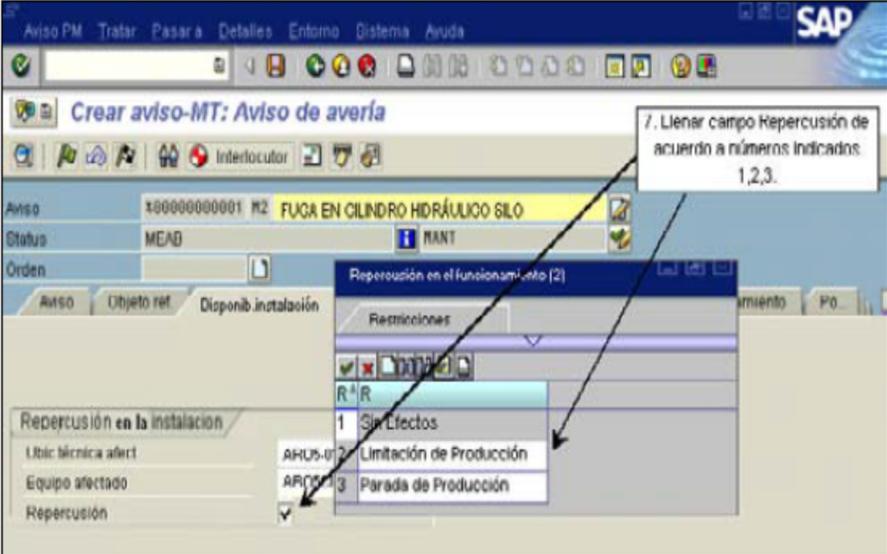
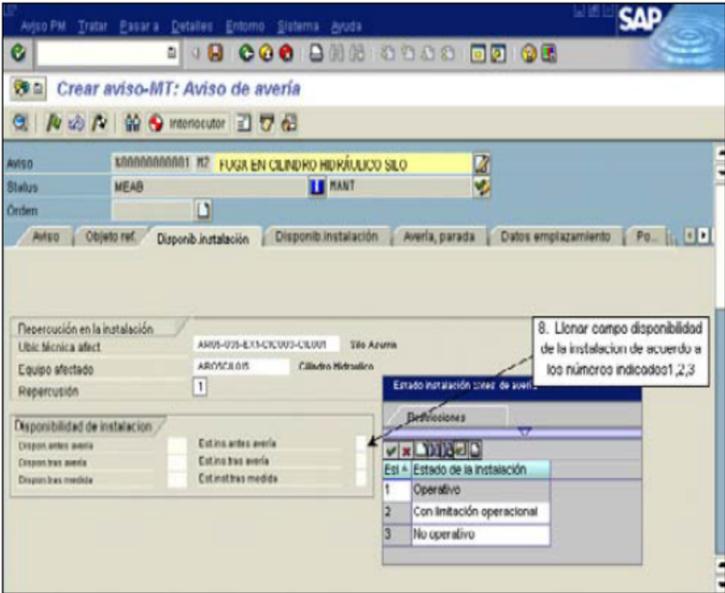
Ubicación técnica	Equipo
Hora	
Tiempo empleado	
Responsable	
Análisis realizado	
Estado actual del equipo	
Materiales	
Observaciones	
Técnico	Supervisor

Fuente: elaboración propia.

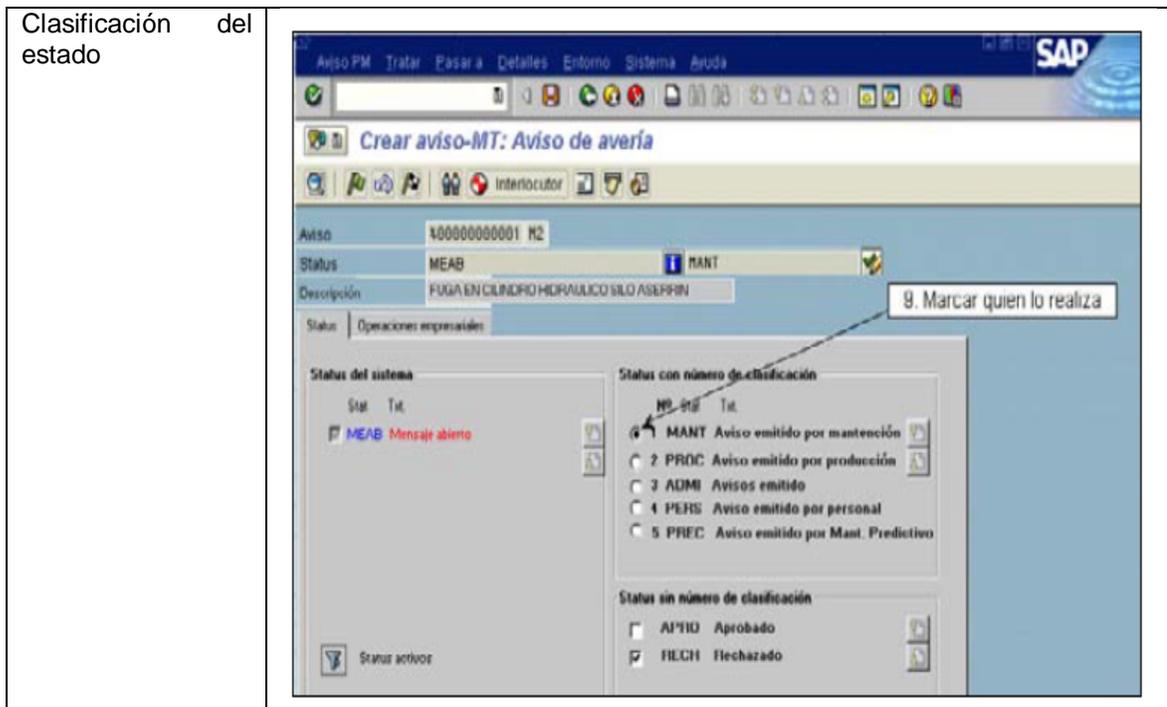
Tabla VIII. Creación de aviso de avería en el módulo de mantenimiento

Actividad	Descripción gráfica
<p>Para ingresar a la pantalla de creación de avisos se debe seguir lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Favoritos • Mantenición • Avisos • Crear Avisos de Avería 	
<p>Se ingresa a la pantalla de aviso de avería en donde se debe completar los campos indicados, y se debe avanzar hacia abajo llenando la información requerida por el sistema</p>	

Continuación de la tabla VIII.

<p>Ya una vez ingresados estos datos se procede a completar los datos de disponibilidad de instalación, para ello se debe marcar el icono que se encuentra en la parte superior de la pantalla y donde se llenarán los datos de repercusión en la instalación, que es un campo obligatorio que se debe llenar y se refiere a los efectos en la limitación de la producción que provocaría la avería.</p>	
<p>Selección del estado, donde se deberá indicar quien realizó el aviso</p>	

Continuación de la tabla VIII.



Fuente: elaboración propia.

3.6. Generación de orden de trabajo

La generación de órdenes de trabajo corresponde a la ejecución de un trabajo, en donde se involucran, costos y mano de obra (H.H.). El jefe del departamento es responsable de planificar la orden de trabajo y tipificarla. Es el encargado también de reservar en bodega los materiales necesarios para su realización. Además debe verificar el costo estimado de la orden y rectificarlo si es necesario.

Respecto a las órdenes de trabajo se debe señalar lo siguiente:

- Todas las órdenes de trabajo deben ser planificadas.
- Todo aviso de avería debe tener asociada una orden de trabajo.
- Toda orden de trabajo ejecutada debe ser cerrada inmediatamente una vez ejecutado el trabajo y junto con él o los avisos asociados

3.6.1. Clases de orden de trabajo

Existen diferentes órdenes de trabajo entre las cuales están las acciones de relaciones industriales y administrativas (ZXG).

Es toda acción que se derive de la capacitación al personal, atención a oficinas de gerencia y administración, acciones sociales, etc. En SAP este tipo de órdenes se transan con la sigla ZXG.

Mantenimiento correctiva (ZAM, ZFO): es la acción de mantención, que se efectúa para devolverle al equipo sus condiciones originales de funcionamiento. En SAP este tipo de órdenes se transan con las siglas ZAM y ZFO.

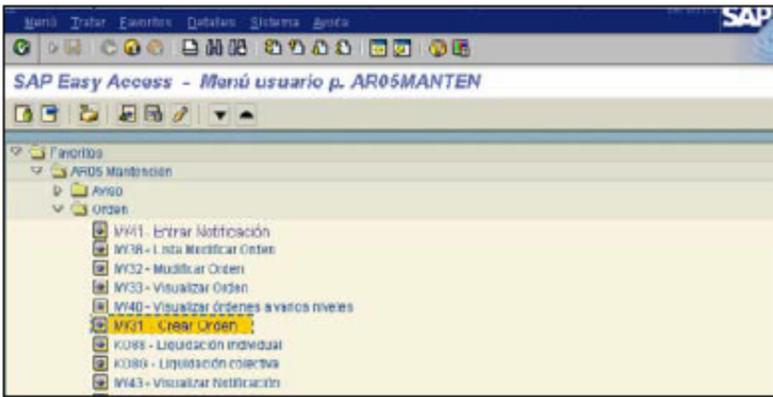
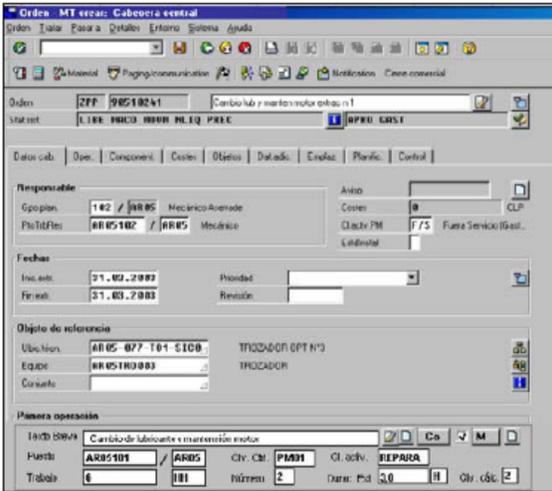
Mejoras de equipos (ZME): son modificaciones propias de mantención, sobre las piezas de los equipos y que no alteran su rol en el proceso. En SAP este tipo de órdenes se transan con la sigla ZME.

3.6.2. Creación de orden de trabajo

Para ingresar a la pantalla de creación de orden de trabajo se debe seguir lo siguiente:

- Favoritos
- Mantención
- Órdenes de trabajo
- Crear orden

Tabla IX. Creación de orden de trabajo

Actividad	Descripción gráfica
Ingreso al módulo	
Generación de orden de trabajo	

Fuente: elaboración propia.

3.6.3. Liquidación de orden de trabajo

La liquidación diaria de las órdenes de trabajo tiene como función el traspaso de los costos almacenados en la orden de trabajo al centro de costo de producción, realizándose diariamente.

A través de este procedimiento se puede:

- Imputar los costos al centro de costo de producción
- Obtener el costo final
- Definir responsabilidades

Para el ingreso de liquidaciones:

- El supervisor digita el número de la orden de trabajo
- Debe digitar el periodo (mes)
- Debe digitar el ejercicio (año)

3.6.4. Notificación de orden de trabajo

La notificación diaria en mantención es el control de las horas hombre asignadas a las órdenes de trabajo ejecutadas. El puesto de trabajo responsable es el encargado de ingresar la información anterior al sistema.

A través del proceso de notificación se puede:

- Controlar las horas hombre (HH.)
- Saber claramente la distribución del personal en los diferentes trabajos
- Informar el término de los trabajos

- Controlar al personal de planta y externo
- Realizar un ordenamiento en la gestión de mantención

Codificación de maquinaria

La codificación de la maquinaria se llevara a cabo solamente en las máquinas involucradas en el aserrado de madera, estas máquinas se detallaron a inicios de este capítulo y se listan a continuación:

- Sierra de primer corte
- Sierra doble
- Reaserradora
- Despuntadora

La forma del código proporciona primero información sobre la ubicación de la máquina, basándose en las áreas productivas de la empresa (capítulo 1.2.3. Descripción del proceso), las áreas y sus códigos son:

- Recepción de materia prima, código BMP
- Aserrado de madera, código ASE
- Almacenaje en húmedo, código BHU
- Secado de madera, código SEC
- Cepillado de madera, código CEP
- Tratamiento de madera, código IMP
- Almacenaje y despacho, código BPT

Los códigos de las máquinas involucradas en el aserrado de madera quedarían de la siguiente forma:

- Sierra de primer corte, ASE01
- Sierra doble, ASE02
- Re-aserradora, ASE03
- Despuntadora, ASE04

Al código de la máquina se le debe agregar el ítem en específico al cual se le va a realizar el trabajo de mantenimiento, estos ítems podrían ser motores, volantes, cajas reductoras, entre otros. La forma en que se trabajara esta codificación está detallada en el capítulo 4.2.3. Código de equipos, en donde también se verán ejemplos y aplicaciones de los códigos.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En capítulos anteriores se han descrito y desarrollado las áreas de producción en Madecasa (capítulo 1.2.3. Descripción del proceso), además se ha descritos las máquinas involucradas en el proceso de aserrado (al inicio del capítulo 3), pero ahora se describen las áreas en las que se subdivide el proceso de aserrado, las cuales son:

- Área de madera en rollo, en esta área la madera aun se encuentra de forma rolliza (como trozo), inclusive con un solo corte. Las máquinas que conforman esta área son la sierra de primer corte y la sierra doble.
- Área de *flitch*, en este punto la madera lleva tres cortes realizados por medio de la maquinaria y el cuarto lado de la pieza aún conserva la forma de troza. Hasta este punto solamente se ha definido una medida de las tres finales del producto. La máquina que conforma esta área es la maquina reaserradora.
- Área de despunte, en esta se definen las últimas dos medidas finales de la pieza de madera, se obtiene una madera dimensionada. La máquina que conforma esta área es la máquina despuntadora.

La implementación de la propuesta se desarrollará en las tres áreas mencionadas, área de madera en rollo, área de *flitch* y área de despunte.

4.1. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento será una sinergia obtenida mediante el uso del sistema informático SAP y la gestión ordenada y sistemática por parte del departamento de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento describe las fechas y rangos de actividades de mantenimiento e inspección para ser ejecutadas y asegurar que el objeto técnico funcione óptimamente.

4.1.1. Estrategia de mantenimiento

Las estrategias de mantenimiento sirven para representar las reglas de programación del mantenimiento preventivo en la empresa y consiste en establecer cada cuanto tiempo (horas) se ejecutará un paquete (conjunto de actividades) de mantenimiento.

Antes de crear una estrategia se debe determinar lo siguiente:

- La frecuencia óptima de ejecución de los planes de mantenimiento, basándose en lo recomendado por fabricantes
- Su unidad de medida (horas, días, meses, actividades, entro otros).
- El nombre de la estrategia (para este caso es correctiva y preventiva)

Las estrategias definidas por parte del departamento son:

- Saber el tipo de mantenimiento más adecuado que se le realiza a una máquina o equipo.
- Los medios o métodos de trabajo más adecuados.

- Que trabajos ejecutar con el personal propio y en qué empresa externa confiar.
- Cantidad de materiales y recambios de *stock*.
- Recogida de datos que permiten en el transcurso del tiempo aportar mejoras a todo el servicio.

La forma en que se van a desarrollar los trabajos, el material de apoyo necesario (tablas, formatos o cuadros) y el orden de las operaciones se detallaran más adelante de este mismo capítulo (4.4. Elaboración de procedimientos del proceso de mantenimiento), en donde se podrá ver los pasos por seguir para llevar a cabo un trabajo de mantenimiento en el área de aserrado.

4.1.1.1. Desmontaje de la máquina

Cuando se refiere al desmontaje de la máquina, para el área de aserrado, no es exactamente desmontar o mover una de las máquina que conforman esta área (sierra de primer corte, sierra doble, re-aserradora o despuntadora), más bien, se refiere al montaje, desmontaje y movimiento de las bandas transportadoras (o mesas de rodos) que interconectan una máquina con otra. Lo anterior es posible, gracias a la versatilidad del proceso se puede hacer muchas combinaciones intercomunicando una maquina con otra, variando así el orden del proceso productivo. Por ejemplo, para un producto el orden de producción podría ser: sierra primer corte, sierra doble, reaserradora y finalmente despuntador. Sin embargo, para algunos productos el orden de la producción varía y podría ser: sierra primer corte, despuntadora, reaserradora y sierra doble. Para ello se necesita movilizar y acomodar las mesas de rodos que transportan la madera en proceso de producción.

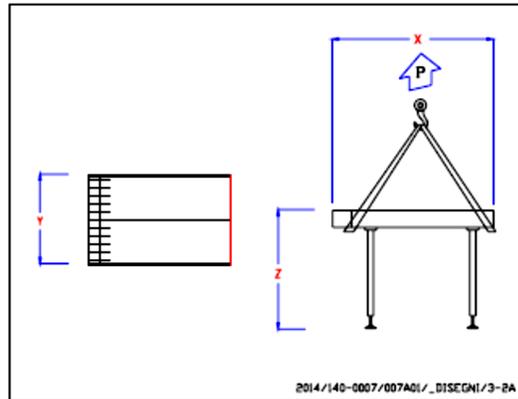
El desmontaje de la máquina (o bandas transportadoras) se realiza directamente por el personal de mantenimiento, luego de generar la orden de trabajo el supervisor designa a los encargados de las operaciones de paro de la máquina, así como las medidas de seguridad para evitar accidentes.

4.1.1.2. Operación de posicionamiento

Para cargar, descargar y desplazar las bandas transportadoras, es necesario seguir las instrucciones

- Los grupos dotados de cáncamos, o en los cuales están indicados los puntos donde se debería aplicarlas, deben ser levantados a los puntos indicados.
- Las eslingas se deben enganchar firmemente a los cáncamos y al gancho de la grúa o del polipasto.
- Los ganchos utilizados deben estar dotados de cierre de seguridad que impida la salida de la eslinga.
- Por lo que concierne los grupos que no están dotados de cáncamos, o en los cuales no pueden ser aplicados, es posible utilizar eslingas, colocándolas de modo que el peso quede balanceado.

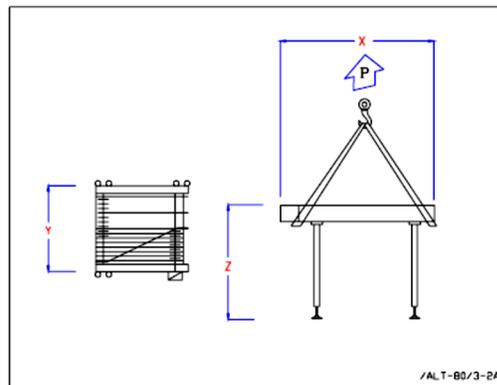
Figura 27. **Prolongación del transportador de traslado lateral**



$P = 300 \text{ kg}$
 $X = 1500 \text{ mm}$
 $Y = 1000 \text{ mm}$
 $Z = 1250 \text{ mm}$

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Transportador de traslado lateral**



$P = 400 \text{ kg}$
 $X = 1730 \text{ mm}$
 $Y = 1970 \text{ mm}$
 $Z = 1740 \text{ mm}$

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.3. Conexión eléctrica

Para la conexión eléctrica, se debe montar los canales de cables que han sido quitados por sus dimensiones.

Los canales recogen los cables que salen del cuadro eléctrico y alcanzan los componentes o cajas de derivación en la máquina.

Una vez distribuidos los cables en los recorridos distintos, es posible empezar a conectar los hilos a los bornes, respetando la numeración de los bornes.

4.1.1.4. Puesta en servicio

La puesta en servicio se refiere a la acción de colocar una máquina en estado “fuera de operación” para realizarle trabajos de mantenimiento y habilitarla nuevamente para continuar su trabajo de producción. Uno de los objetivos del mantenimiento (capítulo 1.3.1. Objetivo del mantenimiento) es el resguardar la seguridad de técnicos de mantenimiento evitando el uso o encendido de las máquinas cuando están siendo manipuladas por personal técnico de mantenimiento. La puesta en servicio siempre debe ser realizada exclusivamente por técnicos de mantenimiento.

4.1.2. Posiciones de mantenimiento

Una máquina está en posición de mantenimiento, cuando se lleva a cabo alguna modificación, ajuste, reparación o cualquier trabajo asignado al departamento de mantenimiento.

Es importante que este posicionamiento se respete, ya que si por algún motivo se acciona algún mecanismo de la máquina, el personal de mantenimiento podría sufrir algún corte por sierras, atascamiento por volantes, descargas eléctricas o cualquier daño a su integridad física.

Para el posicionamiento de mantenimiento se debe utilizar la protección fija y móvil a la maquinaria antes de realizar cualquier inspección y/o trabajo de mantenimiento. Y es importante que la habilitación de la máquina sea hecha exclusivamente por el personal de mantenimiento (como se detalló en el capítulo 4.1.1.4 Puesta en servicio)

4.1.2.1. Protección fija

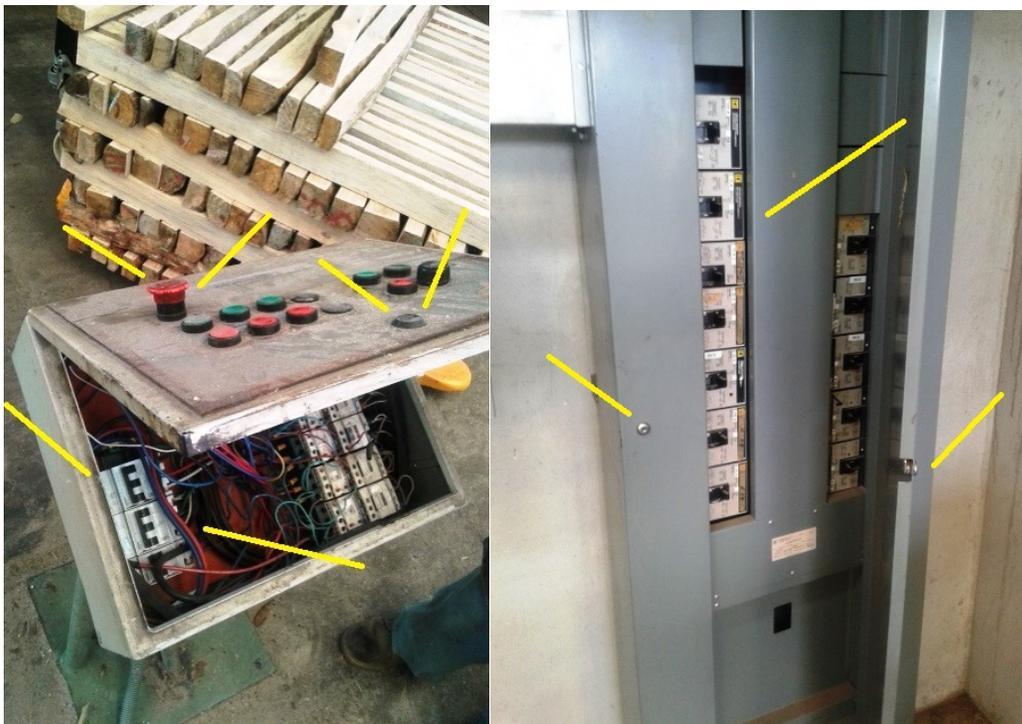
Se denomina como protección fija a toda aquella protección que permanece en todo momento de la máquina y se puede decir que es parte de la misma.

Para las máquinas de aserrado, las protecciones fijas son:

- *Braker* en tablero de control, este *braker* permite interrumpir el paso de energía eléctrica del tablero de control hacia los motores, dejando de esa forma sin poder utilizar los mandos de arranque. Para abrir el tablero se necesita de una llave especial.
- *Braker* en panel principal, este *braker* permite interrumpir el paso de energía eléctrica a toda la máquina. Para abrir el panel principal se necesita de una llave especial.
- Botón de paro de emergencia, botón que deshabilita los mandos de arranque de los motores eléctricos.

Para poder habilitar o deshabilitar una protección fija se necesita de conocimiento y herramientas que solo el departamento de mantenimiento posee, con esto se asegura que solo dicho personal tiene la capacidad de poner en servicio o en mantenimiento una máquina.

Figura 29. **Protección fija**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

4.1.2.2. **Protección móvil**

Una protección móvil es un elemento de seguridad ajeno a la máquina, el cual permite de una forma sencilla, indicar a cualquier personal que una máquina está en trabajos de mantenimiento. La protección móvil no es más que

una funda móvil, que tapa el panel de control, indicando así que no es permitido tocar los botones de control de la máquina.

Figura 30. **Protección móvil**



Fuente: empresa de maderas tratadas.

4.1.2.3. Dispositivos de seguridad

Las máquinas del área de aserrado cuentan con algunos dispositivos de seguridad los cuales vienen de fábrica, entre ellos se puede mencionar:

- Sensor de sierra, es un sensor inductivo que detecta la presencia de la sierra, en caso no se tenga una sierra puesta o la que está trabajando se reviente, el motor principal se detendrá.

- Sensor de tolva, es un sensor inductivo que detecta el correcto cierre de las tolvas protectoras, en caso una tolva no esté en correcta posición o se abra alguna sierra, el motor principal se detendrá.
- Guardamotors eléctricos, son equipos eléctricos que permiten detener cualquier motor al detectar algún aumento en el consumo de potencia, podría ser ocasionado por algún coto eléctrico o algún elemento externo que fuerce el accionamiento libre del motor.
- Botones de paro de emergencia, son botones en forma de hongo que detienen el motor principal y el motor de avance, se encuentra ubicado uno en la entrada de la máquina y otro en la salida.

La importancia de estos dispositivos de seguridad es que el personal tenga claro el uso y que el departamento de mantenimiento se asegure del correcto funcionamiento.

4.1.3. Parámetros de programación de mantenimiento

La programación de mantenimiento debe contar con informes de inspección y reparación de equipo e instalaciones, estos con el fin de tener registros de los problemas que se han detectado (informe de inspecciones) así como de las reparaciones que se han realizado (informe de reparaciones)

4.1.3.1. Informe de inspecciones

El informe de inspección determinará el equipo que presenta averías, así como las áreas de la planta que necesitan mantenimiento. La inspección por parte de los técnicos se debe realizar de forma diaria y apoyándose en el formato encontrado en la figura 31. Hoja de inspección. El supervisor de mantenimiento debe generar un informe apoyándose del formato encontrado en

la figura 38. Formato de inspecciones, en donde se vea de forma resumida todos los problemas encontrados, para posteriormente se incluídos en la programación de mantenimiento semanal (figura 25. Distribución semanal de trabajos de mantenimiento).

4.1.3.2. Informe de reparaciones

El informe de reparaciones es un detalle sobre las acciones que se llevaron a cabo para la habilitación de una máquina. Este informe se debe realizar por cada trabajo ejecutado y finalizado. El informe debe ser generado primeramente por el técnico asignado a la tarea apoyada del formato encontrado en la figura 35. Hoja de control de mantenimiento programado, incluyendo también el detalle de los insumos utilizados, para ello se debe apoyar en el formato encontrado en la figura 36. Informe de actividades de mantenimiento y repuestos utilizados. Luego que el técnico detalle el trabajo realizado, el supervisor deberá generar el informe de los trabajos, utilizando el formato encontrado en la Figura 37. Informe de actividades de mantenimiento.

4.1.4. Rendimiento óptimo continuo

El rendimiento continuo se da en base a los formatos de control de las inspecciones, no conformidades de las tareas de mantenimiento, así como la solicitud de mantenimiento.

4.1.4.1. Formatos de inspección

Se debe verificar el estado general de las áreas de trabajo con el fin de prevenir accidentes, esta actividad la debe llevar a cabo cada técnico y de forma diaria, para lo cual se presenta una hoja de inspección.

Figura 31. Hoja de inspección

Hoja de Inspección para prevenir Accidentes						
Hoja de Inspección para prevenir Accidentes						
Área de Trabajo	Supervisor		Inspector		Fecha	
	Desorden	Fuera de Lugar	Innecesario	Sucio	Deteriorado	Grasiento
Orden y Limpieza						
Califique cada uno de los aspectos marcando con (X)						
Pisos, lugar de almacenamiento						
Camiones, transportadores						
Escritorios, archivos, oficinas						
Esquinas, lugares poco usados						
Máquinas						
Lugares de trabajo						
Armarios						
Baños						
Lugares de descanso						
Pasillos						
Chatarra y Desperdicios (Marque las condiciones que encuentra)						
Debieron removerse						
No hay recipientes						
Recipientes no identificados						
Herramientas y Suministros(Marque las condiciones que encuentra)						
Inadecuados para su uso						
Desgastados, rotos						
No hay lugar para guardarlos						
Uso abusivo o ineficaz						
Otros (especifique)						
Materiales (Marque las condiciones que encuentra)						
Mal apilados o trabados						
No están identificados						
Deben estar guardados						
Luz y Ventilación						
Condiciones de las ventanas						
Luz y aire inadecuado						
Reparaciones						
Mantenimiento (Marque la necesidad en caso necesario)						
	Reparaciones Mayores		Reparaciones Menores		Reemplazo	
Piso, puertas, ventanas, paredes						
Instalación eléctrica						
Máquinas						
Motocargas						
Accesorios de otras máquinas						
Mesas, bancos						
Armarios, estantes, bandejas						
Otros (especifique)						

Fuente: elaboración propia.

4.1.4.2. Formatos de no conformidades

Indicará la forma de documentar las irregularidades que se presentan en los trabajos externos e internos en la planta de producción, para así evidenciar las oportunidades de mejora en cualquier área de la producción y programar acciones correctivas para eliminar la causa de la oportunidad de mejora.

- Alcance: para todas las áreas de producción.
- Coordinadores: coordinador de producción, coordinador de mantenimiento
- Desarrollo del procedimiento: supervisor de producción.
- Coordinadores: en el momento de detener o atrasar algún proceso de producción o trabajo programado, deberá emitir un Formato de No conformidad, este formato debe dirigirse al coordinador del área o proveedor externo que impidió o atrasó la ejecución del trabajo según orden de trabajo.
- El supervisor de producción llena el formato y le entrega el original del formato de no conformidad junto con la copia de la orden de trabajo al supervisor de mantenimiento del área responsable del atraso o impedimento del trabajo. También puede ser dirigida al representante de la compañía externa que se contrató para efectuar un servicio o compra de algún producto que en su efecto no ingreso en tiempo estipulado a la bodega y que atrasó o impidió la ejecución de cualquier trabajo interno. una copia del formato de no conformidad debe enviársele al jefe de producción y otra para el archivo de la persona que lo emite.

Figura 32. Formato de conformidad

Fecha: _____			
De: _____ Area	A: _____ Area o Proveedor externo		
Nombre: _____ Coordinador	_____ Coordinador o Proveedor externo		
DESCRIPCIÓN			
Orden de trabajo No: _____			
Trabajo Programado/Orden de Compra: _____			
Efecto que Causo: _____			
JEFE DE PLANTA			
Causa: _____	Investigación <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Procede</td> <td style="padding: 2px 5px;">No Procede</td> </tr> </table>	Procede	No Procede
Procede	No Procede		
Acciones: _____			
Responsable de las acciones: _____			
Nombre, Puesto			
Fecha Ejecución de las Acciones: _____			

Fuente: elaboración propia

4.2. Codificación

La codificación significa es dar a las máquinas del aserradero y a sus elementos una dirección donde ubicarlas y un nombre con el cual identificarlas. Permitiendo tener un control y conocimiento sobre información técnica, centros de costo, características generales.

En el capítulo 3.7. Codificación de maquinaria, se explica el detalle sobre las áreas con las que cuenta la empresa, también se puede observar las máquinas involucradas en el área de aserrado y el código asignado a cada una.

El desarrollo del presente tema es para entrar más a detalle sobre la codificación de los componentes que forman parte de una máquina.

4.2.1. Ubicación técnica

Este concepto va directamente relacionado con el proceso de planificación de la mantención, pero la utilidad que presta el contar con ubicaciones técnicas de las máquinas y los equipos se extiende a toda la empresa. La ubicación técnica representa un área en un sistema, en el que se puede instalar un objeto. Estos objetos se denominan equipos en el sistema PM de SAP. Las ubicaciones técnicas son creadas jerárquicamente y pueden también crearse basándose en los siguientes criterios:

- Funcional, como podrían ser compresor, triturador, despuntador, entre otras.
- Relativos al proceso, como podrían ser, aserrado, secado, cepillado, entre otras.

- Espacial, como podrían ser patio de troza, área de secado, área de impregnado, entre otras.

El presente estudio se basa en criterios relativos al proceso (como se pudo ver en el capítulo 3.7. Codificación de maquinaria), la ubicación técnica para Madecasa, usando los criterios relativos al proceso son:

- Recepción de materia prima
- Aserrado de madera
- Almacenaje en húmedo
- Secado de madera
- Cepillado de madera
- Tratamiento de madera
- Almacenaje y despacho

4.2.2. Ubicación en el sistema

La ubicación dentro del sistema SAP de una máquina es la dirección que indica a qué área corresponde cada máquina. Baseándose en las áreas con las que cuenta la empresa en estudio, la ubicación en el sistema se detalla:

- Recepción de materia prima, código BMP
- Aserrado de madera, código ASE
- Almacenaje en húmedo, código BHU
- Secado de madera, código SEC
- Cepillado de madera, código CEP
- Tratamiento de madera, código IMP
- Almacenaje y despacho, código BPT

La codificación de máquinas y equipos a través del sistema SAP módulo PM, se asocia al registro entregado tanto por las ubicaciones técnicas como por los códigos de equipos, siguiendo la estructura SAP. Esta estructura del módulo de mantenimiento del SAP establece una forma de identificación para las ubicaciones.

4.2.3. Código de equipos

El primer nivel de la ubicación técnica corresponde en su conjunto de caracteres que indica el área en donde se encuentra la máquina (BMP, ASE, IMP, entre otros), seguido por un correlativo numérico de la máquina en dicha área. Posteriormente, el código posee un conjunto de caracteres que identifican la parte de la máquina o el grupo de elementos que forman parte de la misma, estos grupos pueden ser:

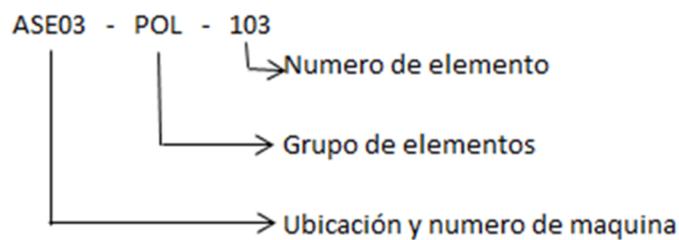
- MOT, utilizado para motores eléctricos
- CAJ, utilizado para cajas reductores
- VOL, utilizado para volantes conductores de sierras
- POL, utilizado para poleas
- SPR, utilizada para *sprockets*
- CIL, utilizada para cilindros

Por último, el código posee un valor numérico de tres dígitos que identifica el número de elemento del grupo asignado. Un ejemplo de código podría ser:

ASE02-CAJ-002

Este código hace referencia al aserradero (ASE), la máquina 2 (Sierra doble), al grupo CAJ (caja reductora), el elementos 2, en otras palabras es la caja reductora número dos de la máquina de sierra doble del aserradero.

En resumen, el código del equipo es de la siguiente forma:



Si se desea hablar de la maquina en general, sin hacer referencia a un grupo o elemento en específico, el código quedará solamente con la ubicación y el número de máquina (por ejemplo ASE01).

Es necesario identificar todos los componentes de cada máquina, además de colocar de forma física el código para evitar confusiones y tener mejor control de ubicaciones.

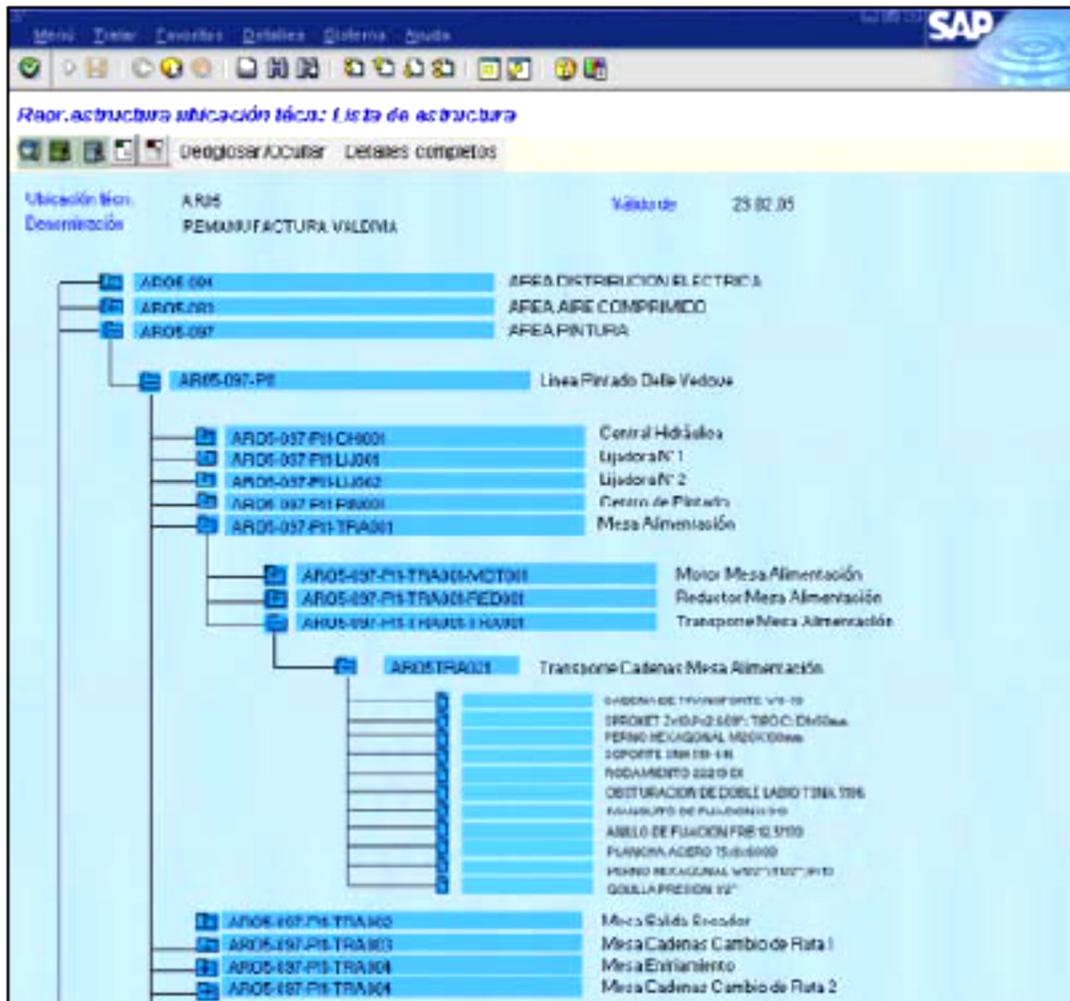
Si alguna máquina tiene algún grupo que no se encuentra en el listado proporcionado se puede generar el código de grupo.

4.2.4. Representación de equipos en el sistema

A continuación se visualiza la pantalla del sistema SAP módulo PM, en donde se observa un listado de ubicaciones técnicas hasta el quinto nivel, al ingresar a una de ellas entrega inmediatamente la visualización de los equipos

que componen esa ubicación técnica correspondientes y estos equipos, a su vez entregan una lista de componentes y materiales que le han sido cargados.

Figura 34. Pantalla visualización de equipos y sus componentes



Fuente: elaboración propia.

4.3. Área de mantenimiento

Debido a que el mantenimiento es vital para un proceso de producción más limpio y más eficiente, se deben realizar acciones que beneficien directamente el uso de recursos tales como el tiempo de producción, el costo de los repuestos y la vida útil del equipo.

4.3.1. Ordenar e identificar los repuestos

Existe una secuencia de pasos para realizar eficientemente un inventario de repuestos; a continuación se describe esta secuencia:

- Planificar el período de tiempo necesario y la fecha oportuna para iniciar y terminar el inventario, decisión que será tomada por todo el personal;
- Diseñar una base de datos: debe contener la clasificación de repuestos que ha sido planificada por el personal encargado y permitir visualizar el cambio en las entradas y salidas por repuesto, así como los costos. En el caso de que ya existe una base de datos para inventario, solo se actualizará al hacer un inventario en detalle de las bodegas;
- Determinar el lugar en donde se ubican los repuestos: por lo general, todos los repuestos se ubican en bodegas del área de mantenimiento; sin embargo, algunas empresas los colocan en espacios alternos distintos a tales bodegas;
- Asignación de tareas: se debe distribuir la tarea de inventario dentro del personal de mantenimiento, y así reducir el tiempo para realizarlo; tal decisión será tomada por el jefe de mantenimiento;

- Identificar los repuestos por inventariar: dependiendo de la clasificación interna que le otorgue el personal encargado que puede ser de acuerdo con el tipo de máquina en el que se utilice, aplicaciones comunes o especiales;
- Cuantificar las existencias por repuesto: hacer un conteo correcto de la cantidad de repuestos e integrar su valor inmediatamente a la base de datos, para el proceso de actualización de la misma;
- Asignar un código y una posición a una clase de repuesto: para tal acción se debe tomar en cuenta el lugar en donde se desean colocar tales repuestos, el código puede variar desde las letras del abecedario hasta las iniciales de las máquinas o utilidad de las piezas, pero ante todo, debe ser visible y claro el proceso de señalización del área donde van los repuestos, de forma que facilite el ordenamiento final;
- Posicionamiento del inventario: el último paso para desarrollar el inventario debe ser la colocación de las piezas en los lugares predestinados y previamente señalizados por el personal encargado.
- La prevención para no inventariar piezas ya inventariadas, será colocar algún tipo de señal que prevenga a todo el personal sobre la posibilidad de repetir el proceso de cuantificación y sobrevaloración del inventario.

4.3.2. Ordenar e identificar herramientas

La herramienta de trabajo necesita que se le asignen aspectos y características especiales a fin de clasificarla de forma adecuada. Los pasos para realizar un proceso de planificación y ejecución de ordenamiento e identificación de herramienta son los siguientes:

- Determinar el tipo de clasificación que se va a aplicar, que puede ser por el tipo de trabajos en los que se utiliza o por sus características propias.

- Realizar una planificación de la ubicación exacta que tendrán las existencias.
- Determinar la forma en que se identificará la herramienta, ya sea por la ubicación, por marcación física de códigos sobre las mismas o por etiquetado de acuerdo con el tipo de elementos que se identifiquen.
- Diseñar documentos que se utilicen para controlar la entrada y salida de cada tipo de herramienta y para el control periódico de la totalidad en bodega.
- Recolectar toda la herramienta que se encuentre dentro y fuera del departamento de mantenimiento.
- Cuantificar las existencias reales y en libros, a fin de verificar para eliminar las diferencias.
- Usar una nomenclatura técnica para designar la herramienta;
- Ubicarla en los lugares designados dentro de la bodega de mantenimiento
- Realizar un proceso de identificación de la herramienta propia del personal encargado de mantenimiento, para evitar confusiones de pérdida, transporte y retención de herramienta, que pueda causar conflictos entre personal y organización.

4.3.3. Realizar trazabilidad de las fallas en la maquinaria

Hay dos tipos de trazabilidad: la externa y la interna. La primera se refiere a estándares internacionales, la segunda se puede aplicar a estándares propios de la empresa y nacionales.

Con el propósito de marcar la tendencia con la que se producen las averías en la maquinaria, se debe realizar una clasificación especial determinada por el personal de mantenimiento y así tomar decisiones

confiables acerca de planificación de actividades, compra y almacenamiento de piezas de repuesto.

Cuando se utiliza la trazabilidad como un concepto de rastreo de datos históricos y se aplica al pronóstico de fallas, se encuentra que los pasos para trazar las ocurrencias son:

- Recolección de datos históricos internos por máquina, de acuerdo con uno o más períodos de producción, utilizando el informe preliminar de aviso de avería (figura 26).
- Clasificación de las ocurrencias, separándolas primero por máquina, segundo por tipo de avería (mecánica, eléctrica, problema con sierras, problema con guías de sierras, entre otros) y último por turno (diurno y nocturno).
- Tabulación de los valores obtenidos, fallas a través del tiempo que pueden ser meses, semanas e incluso días.
- Análisis para determinar la tendencia y comportamiento de los datos.
- Utilizando métodos de correlación se puede establecer el tipo de familia a la que pertenece el comportamiento de los datos tabulados.
- Realizar pronósticos de evaluación y riesgo, a fin de determinar la estimación con el error mínimo.
- Realizar la estimación de fallas a corto, mediano y largo plazo, haciendo estimaciones de requerimiento de repuestos, presupuestando sus valores económicos para la toma de decisiones eficiente.

4.3.4. Manejo de materiales

Un sistema de planificación de manejo y requerimiento de materiales o MRP, por sus siglas en inglés, establece controles exhaustivos de los inventarios a fin de sincronizar la demanda de piezas con los niveles de reorden a los proveedores.

Existen dos tipos de MRP: el primero da una clara determinación de los parámetros tiempo y capacidad. El segundo, planifica el uso eficaz de los recursos de fabricación. Aplicar un MRP al control de repuestos de la empresa tiene como propósito:

- Disminuir inventarios.
- Disminuir los tiempos de espera entre interrupciones y disponibilidad de repuestos.
- Incrementar la eficiencia.
- Reducir reparaciones paliativas.
- Planear a largo y mediano plazo el requerimiento de piezas a fin de hacer los presupuestos correspondientes.
- Reducir costos e incrementar beneficios.
- Simular un proceso de producción en función de necesidad de repuestos y pronóstico de compra de materiales.

El procedimiento para implantar un MRP aplicado a un departamento de mantenimiento de la empresa en estudio es el siguiente:

- Se establece previamente el pronóstico de fallas u ocurrencias en la maquinaria durante un período de producción futuro.
- Son determinadas las cantidades estimadas de ocurrencias por máquina.

- Se investigan los historiales de intervalo de tiempo de entrega de los últimos pedidos de cada repuesto, el cual debe coincidir con el ciclo de tiempo elegido. Los intervalos de tiempos se refieren al tiempo en que el proveedor tardó en entregar el material luego de haber colocado el pedido.
- La matriz de asignación de las distintas materias o repuestos, debe construirse por cada mes que compone el tiempo por trabajar.
- Son determinadas las políticas con base en a los historiales de entrega de producto por parte de los proveedores y con la información actualizada de existencias de repuestos; se calculan las distintas variables que le darán forma al gráfico de inventario determinístico.
- Construido el gráfico con la información anterior, se utiliza una técnica matemática de relación de triángulos para determinar las fechas de puesta de pedido y recibo de material en función de las cantidades de existencia y planificadas para el período en cuestión.
- Se elabora una matriz con la cantidad, fecha de puesta de pedido y fecha de ingreso a bodega de materia prima para cada material.

4.4. Elaboración de procedimientos del proceso de mantenimiento

Dentro del programa de mantenimiento, se requiere elaborar todos los procedimientos necesarios para la organización del sistema, los procedimientos nos indica el cómo realizar alguna actividad y de esta forma estandariza la forma de desarrollar algún proceso.

4.4.1. Procedimiento de control y ejecución del mantenimiento

Los procedimientos deben ser accesibles para todo el personal, debe tenerse control de los lugares de localización de los mismos y el control de las copias de los procedimientos. El procedimiento de mantenimiento en el área de aserrado es de la siguiente forma:

- De forma diaria se debe generar una inspección por parte de los técnicos, utilizando el formato de la hoja de inspección (figura 31).
- En caso el técnico encuentre algún problema debe reportarse al supervisor de producción y al supervisor de mantenimiento, utilizando el formato del informe preliminar de aviso de avería (figura 26). Si la avería es detectada por el supervisor de producción debe solicitar el trabajo al departamento de mantenimiento, a través del formato de solicitud de mantenimiento (figura 33).
- El supervisor de mantenimiento recolecta todas las averías reportadas y deben ser distribuidas a los técnicos de mantenimiento, utilizando el formato de distribución semanal de trabajos de mantenimiento (figura 25).
- Cada técnico debe realizar los trabajos asignados, informando las acciones correctivas y materiales utilizados, utilizando la hoja de control de mantenimiento programado (figura 35).
- Por último, el supervisor de producción, juntamente con el de mantenimiento deben evaluar el trabajo realizado por el técnico, utilizando el formato de conformidad (figura 32).

4.4.2. Procedimiento de distribución de formatos de inspección

El objetivo de este procedimiento es ordenar la distribución y recepción de los formatos de inspección de mantenimiento preventivo, programado y correctivo. La distribución se realiza dentro de los técnicos de mantenimiento y procura abarcar todos los departamentos de la empresa. Por el tamaño de la empresa en estudio, un técnico es suficiente para llevar a cabo la inspección diaria del área de aserrado. Los detalles de este procedimiento son:

- Alcance: para todas las áreas de producción.
- Coordinadores: supervisores de mantenimiento y supervisores de producción.
- Desarrollo del procedimiento: técnicos de mantenimiento.
- Acciones de coordinadores: revisa el programa mensual de mantenimiento preventivo y organiza el mantenimiento diario, semanal, mensual, semestral y anual según corresponda en el organigrama.
- Técnico: luego de recibir instrucción verbal del coordinador de mantenimiento, se dirige a la máquina asignada, toma del porta documento el formato de inspección (figura 31) de la máquina por realizar el mantenimiento, la llena parcialmente con la información requerida, realiza el mantenimiento, vuelve a tomar el formato de inspección y termina de llenarlo, luego lo deposita nuevamente en el porta documento
- Coordinador: luego de terminar el día laboral, revisa todos los formatos de inspección escribe los datos en la hoja Excel de control de mantenimiento y devuelve los formatos de inspección al lugar del porta documentos de cada máquina. Cada mes debe cambiar el formato diario, además de colocar el formato de inspección semanal, mensual,

semestral o anual, según corresponda a la planificación estipulada. En cada uno de los formatos es el mismo procedimiento.

4.4.3. Procedimiento de no conformidad

Este procedimiento indicará la forma de documentar las irregularidades que se presentan en los trabajos externos e internos en la planta de producción, para así evidenciar las oportunidades de mejora en cualquier área de la producción y programar acciones correctivas para eliminar la causa de la oportunidad de mejora. Se debe documentar de tal forma que se pueda detectar que problema se buscaba solucionar, que acciones se realizaron, los alcances que tuvieron las acciones y por último el detalle de la no conformidad, esta acción se lleva a cabo utilizando el formato de conformidad (figura 31), explicando en el formato que el trabajo no cumple los requerimientos y colocando una “X” en el cuadro de “Procede” para que se investigue el trabajo.

4.5. Instrucciones para el operario

Los mandos de la máquina están concentrados en tablero de control, pero otros mandos se encuentran en los alrededores de algunas zonas donde se puede intervenir con los mandos manuales. Los mandos se encuentran:

- En el armario eléctrico
- En el tablero de control

El operario deberá conocer y manipular solamente los mandos que se encuentran en el tablero de control, siempre y cuando no estén bloqueados por alguna protección móvil (capítulo 4.1.2.2).

4.5.1. Cuadro de mando principal

Para las máquinas de aserrado, el cuadro de mando principal, que se encuentra en los tableros de control, tiene varias funciones que se describen a continuación:

Tabla X. Mandos de la máquina

<p>Parada Al presionar este pulsador, el ciclo automático de la máquina se para (si está en curso)..</p>	
<p>Power Mantener presionado este pulsador hasta que la señal acústica deja de sonar para obtener el cierre de los contactores de la máquina. Si el operador suelta el pulsador antes de que la señal acústica deja de sonar, los contactores generales no se conectarán. Cuando la señal acústica deja de sonar, los contactores generales de la máquina se cierran y el pulsador se enciende (luz fija). La luz parpadeante señala que un contactor general de la máquina está desactivado. La luz apagada señala que todos los contactores generales de la máquina están desactivados.</p>	
<p>Emergencia general Estos pulsadores cabeza de hongo de color rojo se reconocen fácilmente. Presionando uno de dichos pulsadores, se produce la parada inmediata del ciclo automático y de todos los motores de la máquina.</p>	

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Sistema operativo

El sistema operativo de las máquinas de aserrado requiere de tres acciones para iniciar el proceso de producción, las cuales son:

- Colocar sierras, para ello se utilizan dos personas, las cuales deberán instalar las sierras dentro del volante inductor y volante inducido, aplicar la tensión de sierra indicado por el fabricante de la máquina y verificar su alineación girando los volantes de forma manual.
- Graduación de medida, también llamado cambio de punto, para ello se debe movilizar las sierras hasta tener la separación necesaria para el set de producción que se está trabajando.
- Arranque de motores, iniciando por el motor principal (o de sierra), posteriormente por los motores de las mesas de rodos y finalmente el motor de avance de la máquina.

4.6. Alarma y señales

Las máquinas de aserrado deben contar con sistema de seguridad que permite asegurarse de una forma fácil del estado de la máquina, estas son señales audibles y visuales que permiten ver si la máquina está en funcionamiento, parada por emergencia o apagadas. Para activar estas alarmas la máquina de aserrado cuenta con pulsadores de emergencia, que se encuentran:

- En la botonera principal
- En el transportador lado opuesto operador
- En la salida de la materia prima lado operador

4.6.1. Señal acústica

En las máquinas de aserrado se encuentra instalado un avisador acústico que se acciona en los casos siguientes:

- Potencia a motores, cuando los motores de las sierras se encienden.
- Inicio del movimiento de la máquina, cuando los motores de avance arrancan.
- Anomalía de las máquinas, cuando existe algún imprevisto o algún operador la acciona.

4.6.2. Columna luminosa

Las máquinas de aserrado cuenta con lámparas luminosas para emitir señales de advertencia visuales en las operaciones. Estas señales tienen una similitud con los semáforos, en cuanto a colores y el significado de cada color.

Las lámparas indicadoras de tres colores en la columna luminosa señalan los estados siguientes:

- Luz verde encendida fija
 - Máquina en funcionamiento continuo, sierra y avance arrancado
- Luz verde parpadeante
 - Ciclo automático con entrada parada, sierra encendida con avance parado.
 - Ciclo automático con ajustes, sierra encendida y realizando algún ajuste de medidas.
- Luz naranja encendida fija

- Acumulación mínima en los transportadores de entrada, en espera de madera de alimentación.
- Acumulación de madera por operador, cuando el operador o el ayudante está ausente por algún motivo.
- Falta consentimiento por grupos siguientes, cuando la maquina aserradora siguiente tiene algún problema
- Luz naranja parpadeante
 - Error corrección, cuando hay algún error en el arranque, podría ser falta de sierra o sensores de tolvas activados.
 - Error longitud, cuando se tienen problemas en las medidas finales y se debe de realizar ajustes en las máquinas.
- Luz roja encendida fija
 - Falta ciclo automático, máquina apagada
- Luz roja parpadeante
 - Anomalía del dispositivo, algún problema detectado, esto requiere presencia del departamento de mantenimiento.

4.7. Dispositivos de seguridad

Las actividades de mantenimiento y lubricación deben ser efectuadas solo con la máquina parada, después de cortar tensión a todos los componentes. Para esto es necesario el uso de los dispositivos de seguridad fija y móviles (descritos en el capítulo 4.1.2).

Antes de realizar cualquier operación de mantenimiento o limpieza en las maquinas con sierras, las sierras deben estar completamente en reposo y si es posible, desmontarlas de las máquinas.

4.7.1. Normas de seguridad

Todo el personal de mantenimiento debe contar con el equipo de protección personal en el momento de trabajar en la máquina para resguardar su integridad física, así como desconectar los equipos para su inspección y/o reparación.

4.7.2. Prohibición de quitar las protecciones

La protecciones de las máquinas es estrictamente prohibido quitarlas por los operarios, solo el personal de mantenimiento tiene autorización para su operación y manipulación (según lo descrito en los capítulos 4.1.1.4 y 4.1.2.2).

5. SEGUIMIENTOS

Los seguimientos son tan importantes como la misma propuesta e implementación, ya que con los debidos seguimientos se podrá detectar, evaluar y medir el avance, mejoras y beneficios de las gestiones del mantenimiento y la codificación del equipo en el área de aserrado.

5.1. Controles periódicos

Se deben realizar los siguientes controles periódicos:

5.1.1. Revisión de piezas

Toda revisión que se realice a las máquinas debe quedar documentada a través de la hoja de inspección (figura 31).

Los elementos que se debe revisar de forma periódica son:

- Cadenas, comprobar el tensado de las cadenas después de las primeras 200 horas de trabajo, posteriormente, se debe revisar el tensado cada 500 horas y el tensado de la cadena se efectúa por medio de tensores específicos, hasta el punto de precarga. La cadena debe ser bastante tensada, sin tirar el piñón de transmisión. Dos cadenas paralelas se deben tensar de la misma medida para evitar que el movimiento del grupo resulte desalineado. Por desgaste de la cadena, se entiende el alargamiento de la misma respecto de la medida inicial. Para verificar el estado de desgaste, es necesario medir un trozo de cadena

de 50 cm por lo menos; el valor resultante no debe superar el 3 % del valor de la cadena nueva para las cadenas simples, y el 1,5 % para las cadenas dobles.

- Fajas, comprobar el tensado de las fajas las primeras 50 horas de uso, posteriormente verificar de forma semanal el estado físico de cada faja, revisando que no tengan grietas o se estén deshilando.
- Mangueras, ya que las máquinas de aserrado cuentan con mangueras neumáticas e hidráulicas, la revisión se debe hacer cada semana, inspeccionando el estado y posibles fugas, así como el estado de las conexiones.
- Volantes de sierras, cada mes se debe verificar el estado de los volantes, para ellos inspeccionando que la cara que está en contacto con la sierra no presente rayones o golpes.
- Rodos de transferencia, se debe verificar el correcto funcionamiento de cada rodo, se realiza una vez por semana y basta con dar seguimiento a una pieza de madera para por cada transferencia y observar que no exista ningún rodo que este sin movimiento.
- Conexiones eléctricas, esta revisión se debe realizar de forma semanal y es la verificación de los paneles de control y los conectores de los motores, buscando indicios de sobrecalentamiento o cables en mal estado.

5.1.2. Revisión de sistema neumático

El funcionamiento de las máquinas de aserrado se desarrollan con sistemas mecánicos y eléctricos en su mayoría. El sistema neumático se utiliza para la limpieza de la maquinaria y accionamiento de algunas bandas de transferencia.

Se debe verificar el sistema neumático de las máquinas para evitar desgaste de piezas, verificar el correcto funcionamiento de las trampas de agua, así como de los variadores de presión, esta verificación se debe realizar de forma diaria.

5.1.3. Dispositivos de seguridad

Se debe comprobar mensualmente el funcionamiento de los dispositivos de seguridad. Por lo que concierne la lista de los dispositivos y de las operaciones por efectuarse.

5.2. Lubricación

La lubricación del equipo de aserrado está a cargo del departamento de mantenimiento, la lubricación se debe realizar exclusivamente con la maquinaria apagada y de forma diaria. Los registros de lubricación quedan grabados en la hoja de inspección (figura 31).

5.2.1. Lubricación centralizada

Las máquinas de aserrado de Madecasa tienen un sistema de lubricación centralizado que distribuye el lubricante hasta todos los puntos críticos como los son sistemas de transferencia y sistemas de avance.

La lubricación centralizada de cada máquina se debe realizar de forma diaria y basta con presionar la bomba de lubricación central cinco veces (según fabricantes).

5.2.2. Lubricación manual

La lubricación manual está a cargo de los técnicos de mantenimiento, este trabajo debe ser programado por los supervisores utilizando la distribución semanal de trabajos de mantenimiento (Figura 25).

Según los fabricantes de los equipos de aserrado, cada 1000 horas de trabajo, es necesario engrasar manualmente las partes siguientes:

- Guías lineales
- Lubricación de tornillos
- Volantes de sierras

5.3. Tablas de mantenimiento

A continuación se presentan los formatos para el mantenimiento de la planta de aserrado.

5.3.1. Mantenimiento programado

Los mantenimientos se programan basándose en los detalles encontrados en la hoja de inspección (figura 31) elaborada por los técnicos, los cuales posteriormente son programados y asignados a través de la distribución semanal de trabajos de mantenimiento (figura 25). Cuando el técnico finaliza cualquier trabajo de mantenimiento deberá llenar una hoja de control de mantenimiento en donde describe las acciones que se llevaron a cabo, el formato utilizado es el siguiente:

Figura 35. Hoja de control de mantenimiento programado

MANTENIMIENTO															
Informe		Departamento			Fecha										
Maquina / equipo				Marca		Código									
Ubicación				Sección		Serie									
Mantenimiento		P	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>	Problema		Mecánico	<input type="checkbox"/>	Eléctrico	<input type="checkbox"/>	Electrónico	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>
Condición		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Informe-Turno:		A	<input type="checkbox"/>	B	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>			
Mecánismo															
Fecha		Descripción de actividad													
Observaciones:															
Ejecutado por		Recibido por			Fecha										

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Control de repuestos

El supervisor de mantenimiento debe realizar las inspecciones de los trabajos realizados por cada técnico, al hacerlo deberá generar un informe en donde se detalle información de la máquina, acciones realizadas, herramienta utilizada y repuestos utilizados. Esto servirá también para la trazabilidad de fallas (capítulo 4.3.3). El formato utilizado es el siguiente:

Figura 36. **Informe de actividades de mantenimiento y repuestos utilizados**

Informe de actividad de mantenimiento y repuestos utilizados										
Reporte No.				Departamento				Fecha		
Máquina/equipo				Marca				Código		
Ubicación				Sección				Serie		
Mantenimiento	Preventivo	Correctivo	Otro	Problema		Eléctrico	Eléctronico	Otro		
Condición	Crítica	Media	Normal	Informe	Turno A	Turno B	Turno C			
Mecánismo	Mecánico- Eléctrico									
Herramientas										
Repuestos utilizado										
Ejecutado por				Recibido por				Supervisor		

Fuente: elaboración propia.

5.4. Informe de inspecciones

Los informes de las inspecciones realizadas por los técnicos son de utilidad para el aseguramiento que se realiza las inspecciones y para la trazabilidad de fallas. En la planta de aserrado se llevará informe de las inspecciones y de las actividades de mantenimiento.

5.4.1. Actividades de mantenimiento

El informe de las actividades de mantenimiento es muy similar a la hoja de control de mantenimiento programado (figura 35), con la diferencia que este último es para que el técnico presente lo relacionado con la reparación realizada, mientras que el informe de actividades de mantenimiento se desarrolla a través de los supervisores, aquí se presenta mayor información y se lleva a cabo cuando el supervisor de producción ha aceptado el trabajo por medio de la hoja de conformidad (figura 32), el formato por utilizar es el siguiente;

Figura 37. Informe de actividades de mantenimiento

Informe de actividad de mantenimiento									
Reporte No.		Departamento				Fecha			
Máquina/equipo		Marca				Código			
Ubicación		Sección				Serie			
Mantenimiento	Preventivo	Correctivo	Otro	Problema		Eléctrico	Eléctronico	Otro	
Condición	Crítica	Media	Normal	Informe	Turno A	Turno B	Turno C		
Mecánismo	Mecánico- Eléctrico								
Descripción del problema									
Observaciones									
Ejecutado por			Recibido por			Supervisor			

Fuente: elaboración propia.

5.5. Auditoria

A continuación se presenta las auditorías por realizar en la empresa en estudio.

5.5.1. Auditoría interna

Mantener un buen manejo y control de inventario permitirá obtener una mejor rotación de producto, y lograr mejor control del espacio de almacenaje, en cuanto al ingreso y egreso del producto, minimizando posibilidades de existencia de producto obsoleto, que le pueda provocar focos de contaminación y pérdidas a la empresa.

Para llevar a cabo un buen seguimiento del manejo de inventario se deben hacer auditorías periódicas, que permitan saber si se le está dando una buena rotación al producto, mediante un comparativo entre los registros y la existencia real, esto ayudará para saber si el método PEPS se está utilizando de forma adecuada.

La auditoría interna será realizada por el personal del departamento de bodega, el cual se encargará de verificar que la información que se informó en los registros sea correcta y que concuerde con la parte física, la cual será verificada periódicamente por el personal que revisará la ubicación, cantidad y fechas de producción. Esta información asegurará que la rotación de producto se está realizando con normalidad.

5.5.2. Auditoría externa

Como su nombre lo indica, éstas son realizadas por profesionales y consultores externos, los cuales serán contactados periódicamente para este

efecto por la empresa. Esto con la finalidad de obtener un punto de vista objetivo y ajeno a la empresa, que permita saber con exactitud la posición en la que está situado el centro de distribución y determinar si es necesario realizar acciones correctivas.

- Verificación de optimización de espacio: es posible verificarla mediante una inspección ocular, en la cual se debe chequear que tanto las tarimas, como los *racks* estén a su máxima capacidad, para que de esta forma el espacio disponible se esté maximizando.
- Verificación de rotación de producto: se puede verificar mediante registros de entrada, salida e inventario; los cuales permiten indicar qué producto se encuentra almacenado, cuándo entró y con qué fecha de producción. Esta información permitirá establecer qué producto debe salir primero y mantener una óptima rotación del producto.
- Verificación del cumplimiento de procedimientos de almacenaje: el cumplimiento de los procedimientos de almacenaje será verificado mediante el personal de bodega que debe conocer, y saber los pasos por seguir, dentro del procedimiento establecido para el ingreso, ubicación y egreso de producto.

La verificación se puede realizar de dos formas, una de forma visual siguiendo las actividades que realiza el personal encargado de bodega al momento de ingresar, ubicar y sacar producto de la bodega. La otra modalidad es, mediante una prueba teórica que permita saber si el personal conoce los procedimientos establecidos para desempeñar su trabajo.

Tabla XI. **Hoja de control para auditoría**

ÁREA : BODEGA FECHA:	AUDITOR HORA
FORMATO DE AUDITORÍA INTERNA	
1. EXCELENTE	100
2. MUY BIEN	80
3. BIEN	60
4. REGULAR	40
5. MAL	20
INSTRUCCIONES: Colocar el número que corresponde a la puntuación deseada en el cuadro, y luego coloque sus observaciones.	

Continuación de la tabla XI.

1. ¿Cómo se encuentra el orden de la bodega? Observaciones	<input type="checkbox"/>
2. ¿La bodega se encuentra limpia? Observaciones	<input type="checkbox"/>
3. ¿Los productos se encuentran identificados con nombre y código según los estándares establecidos? Observaciones	<input type="checkbox"/>
4. ¿Se están utilizando los formatos de entrada y salida de productos para mantener todo movimiento del inventario registrado? Observaciones	<input type="checkbox"/>

Continuación de la tabla XI.

5. ¿Los formatos de entrada y salida se encuentran archivados en orden? Observaciones	
6. ¿El inventario semestral se realizó con éxito? Observaciones	<input type="checkbox"/>
7. ¿El inventario físico cuadra con el inventario del sistema? Observaciones	<input type="checkbox"/>
Puntuación promedio Recomendaciones Hora finalización	<input type="checkbox"/> Firma de auditor

Fuente: elaboración propia.

5.6. Beneficio costo

El beneficio del proyecto se realizó a través del estudio del valor anual neto y la tasa interna de retorno.

El valor actual neto se formuló en base a los datos proporcionados por la gerencia. En la cual indican que para realizar la propuesta del plan de mantenimiento y el control de riesgos, se debe tener una inversión inicial de Q 65 061,00, este dato fue dado por el gerente general el cual, en reunión de gerentes, definieron el monto. También se determinó que de forma anual tendrían que realizar una inversión de Q 13 572,00 y obtener un beneficio de Q 39 000,00. El cálculo se hizo en base a un programa que la empresa proporcione, en la cual se reflejan la proyección del valor anual neto.

Tabla XII. **Valor anual neto**

	Año					
	0	1	2	3	4	5
Flujo de ingresos		Q 39,000				
Flujo de egresos		Q (13,572)				
Flujo neto	Q (65,061)	Q 25,428				
Tasa de retorno	19%					
	VALOR ANUAL NETO		Q10,662.64			

Fuente: empresa de maderas tratadas.

La tasa interna de retorno (TIR) también fue proporcionada por la empresa en estudio, para la cual se tiene:

Tabla XIII. **Tasa interna de retorno**

	Año					
	0	1	2	3	4	5
Flujo de ingresos		Q 39,000				
Flujo de egresos		Q (13,572)				
Flujo neto	Q (65,061)	Q 25,428				
Tasa de descuento	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Tasa de retorno	19%					
	TIR		23.3%			

Fuente: empresa de maderas tratadas.

Para la relación beneficio costo (B/C), se tiene como resultado que la inversión es rentable, con una tasa interna de retorno de 23,3 % y un valor actual neto de Q 10 662,64, lo que indica que la inversión es factible.

Por medio del análisis que se realizó en conjunto con la gerencia se determinó que la tasa es la que se describe. Todos los datos fueron calculados en base a un programa brindado por la empresa.

En la teoría del análisis se hace la identificación de las actividades que se tiene previsto ejecutar, identificación las consecuencias predecibles de cada actividad, asignación de valores a cada consecuencia, reducción de todos estos valores a un común denominador (normalmente económicos), suma de todos los valores para obtener un valor neto. Si se obtiene un valor positivo neto entonces se podrá concluir que el proyecto genera un bienestar económico para la empresa, en este caso se detectarán los defectos en el plan de mantenimiento preventivo.

5.7. Estadísticas

Para determinar las estadísticas de mantenimiento la empresa en estudio debe contar con indicadores y hacer mediciones de la mayor parte de actividades, para determinar la eficiencia del sistema.

5.7.1. Tiempo promedio para reparaciones

Es el valor promedio obtenido de dividir el tiempo total utilizado para reparaciones sobre el número total de reparaciones realizadas.

Una desventaja de este índice es que no permite conocer a detalle las fallas que ocasionaron impactos significativos en la producción, lo cual se soluciona con el principio de Pareto al clasificar las fallas. A medida que este valor se reduzca, las actividades de mantenimiento serán más eficientes en función de tiempo y recursos utilizados.

$$\text{Tiempo promedio de reparación} = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{(No. de reparaciones realizadas)}}$$

De acuerdo con el personal de mantenimiento y producción, el tiempo promedio de una reparación debe estar entre 25 y 30 minutos, lo que en una jornada de trabajo de nueve horas significa un 5,56 %.

5.7.2. Disponibilidad de equipo

Para realizar el cálculo se procede a sacar el cociente de dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un período:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{horas totales} - \text{horas paradas por mantenimiento}}{\text{horas totales}}$$

5.7.3. Costo de mantenimiento por hora hombre

Es llamado costo de mantenimiento a todo pago realizado por las acciones ejecutadas, por el departamento de mantenimiento, para tener una máquina de aserrado en buen estado, es decir, costo de mantenimiento es el precio que le representa a la empresa, el poder contar con la maquinaria de aserrado, en un estado óptimo para el aserrado de madera. Entre los costos para el mantenimiento de una máquina de aserrado se pueden mencionar:

- Costo de repuestos, es el monto por cancelar por la compra de repuestos, como podrían ser cojinetes, fajas, cadenas, entre otros.
- Costo de lubricantes, es el monto por cancelar por la compra de aceite y lubricantes necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivos de las máquinas de aserrado.
- Costo de mano de obra subcontratada, es el monto que se le cancela a otra empresa por realizar algún trabajo específico, que deberá cumplir todas las características pactadas.

- Costo de insumos de mantenimiento, es el monto por cancelar por la compra de insumos necesarios para ejecutar el mantenimiento, como podrían ser electrodos, *waipe*, cintas de aislar, pintura, entre otros.
- Costo de hora hombre, es el monto a cancelar por el trabajo técnico realizado, por el personal del departamento de mantenimiento contratado en la empresa.

De los costos mencionados anteriormente, a excepción de los costos de hora hombre, todos van directamente relacionados con el monto de una factura, ya que cada servicio, repuesto o insumo, se adquiere de algún proveedor, quien está obligado a extender factura. En el caso del costo de hora hombre, está estrechamente relacionado con el pago de planilla que hace la empresa a cada técnico.

Para la empresa Madecasa, el costo de mantenimiento por hora hombre se calcula de la siguiente forma:

1. Calcular las horas trabajadas al mes. Como se pudo definir en el capítulo 3.4.6 Turnos de mantenimiento, la forma de trabajo de los técnicos de mantenimiento es una semana en turno diurno, comprendido de 07:00 a 16:00 horas, de lunes a sábado y otra semana en turno nocturno, comprendido de 16:00 a 22:00 de lunes a viernes. De esta forma, en el horario diurno el técnico trabaja ocho horas al día y cuarenta y ocho horas a la semana, mientras que en el turno nocturno trabajan cinco horas al día y treinta horas a la semana. Según indica la empresa en estudio, para el cálculo de planilla, ellos toman al mes dos semanas diurnas y dos semanas nocturnas. De este modo el cálculo de horas al mes por técnico es de la siguiente forma:

$$(2 \times \text{hrs diurnas semanales}) + (2 \times \text{nocturnas semanales}) = \\ (2 \times 48) + (2 \times 30) = (96) + (60) = 156 \text{ hr/mes}$$

Según se puede ver, para cálculos de planilla, la empresa calcula que el técnico de mantenimiento deberá trabajar 156 horas normales cada mes, el resto de horas se tomarán como extraordinarias.

2. Costo de mano de obra. Según información proporcionada por el departamento de recursos humanos, de la empresa en estudio, el sueldo para un técnico de mantenimiento es de Q 3 200/mes.
3. Relación de costo de mano de obra contra horas laboradas. Según datos proporcionados por la empresa se tiene que al mes un técnico de mantenimiento trabaja ciento cincuenta y seis (156) horas y que el sueldo mensual asciende a Q 3 200, se puede calcular lo siguiente:

$$\text{Costo H.H.} = \frac{\text{costo de mano de obra mes}}{\text{horas trabajadas mes}}$$

$$\text{Costo H.H.} = \frac{\text{Q3,200/mes}}{156\text{hr/mes}} = \text{Q20.51/hr}$$

Por lo tanto, se puede definir el costo de mantenimiento por hora hombre con un valor de Q20.51/hr.

Para este cálculo solo se pudo deducir la mano de obra directa, conformado por los técnicos de mantenimiento. Existen costos de mano de obra indirecta los cuales están involucrados con el trabajo realizado por supervisores

y jefes del departamento de mantenimiento, pero la empresa prefiere no proporcionar información sobre estos puestos.

CONCLUSIONES

1. Se pudo evaluar que actualmente la empresa en estudio está realizando los trabajos de mantenimiento de una forma desordenada y sin ningún tipo de control. Por falta de controles en la ejecución de mantenimiento se detectaron problemas recurrentes, mal uso de repuestos y pérdida de tiempo en realizar trabajos de mantenimiento en maquinarias de aserrado.
2. Al codificar la planta se provee al sistema de una plataforma de información que permite conocer e identificar con mayor facilidad los objetos técnicos, optimizar mejor los recursos y llevar un control y seguimiento más expedito de las acciones de mantenimiento.
3. El software SAP es una herramienta de gestión y cada día son más las empresas que optan por su adquisición. Para la implantación exitosa del sistema SAP y la correcta gestión del mantenimiento a través del módulo PM, es necesaria la codificación de la planta.
4. Para el departamento de mantenimiento su ventaja se refleja en la mejora sustancial que se produce en comparación con los métodos tradicionales de planificación de mantenimiento, disminuyendo y optimizando labores administrativas, evitando el papeleo y la acumulación de información en archivos y carpetas. Además, permite aumentar y mejorar el control de los trabajos de mantenimiento.

5. La planta, al tener una codificación, tendrá la totalidad de sus objetos técnicos identificados, lo que se traduce en una mejora en la gestión de mantenimiento y de los indicadores de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Brindarle mayor importancia a las operaciones relacionadas con los inventarios de repuestos implementando un control computarizado de kárdex que permita llevar cuenta de cada uno de los artículos que integran el inventario con sus diferentes características y llevar a cabo el levantamiento de inventario físico, por lo menos, una vez al año.
2. Realizar un levantamiento de inventario físico de herramientas y equipos con el fin de comparar los inventarios con las existencias en libros para conocer los faltantes.
3. Continuar analizando la categorización de productos para mejorar los pronósticos de consumo y la administración de inventarios, de acuerdo con el análisis de cambios en la demanda.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAPEL, PASTOR; MARCELO, ELI. *Programación e Implementación de Plan de Lubricación para la Planta Remanufactura Arauco utilizando sistema SAP*, Tesis Ingeniero en Mantenimiento, Inacap, Valdivia, 2003. 170 p.
2. CHIESA, Florencia. *Metodología Para Selección De Sistemas Erp*, Paper, Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento (CAPIS), Escuela de Postgrado. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Argentina. 21 p.
3. FOSADO, OSVALDO. *Tratamiento económico matemático de la planificación operativa del proceso de aserrado de la madera*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. 100 p.
4. GONZALEZ, MORALES; CLAUDIO, ALFREDO. *Reestructuración de Ubicaciones Técnicas y Equipos aplicado al sistema SAP Módulo PM para la Planta Puschman*. Tesis Ingeniero en Mantenimiento, Inacap, Valdivia, 2004. 91 p.
5. PLANELLA VILLAGRA, Isidro. *Agroindustria, fundamentos y conceptos básicos*. Colombia: Presencia Ltda. 1983. 370 p.
6. REYES PONCE, Agustín. *Administración de empresas*. México: Limusa. 1985. 385 p.

