



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

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PUERTAS DE PINO TIPO  
RADIATA, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS**

**Isidro Everardo Baltazar Cabrera**

Asesorado por el Ing. Juan Elizandro López Gómez

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PUERTAS DE PINO TIPO  
RADIATA, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ISIDRO EVERARDO BALTAZAR CABRERA**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN ELIZANDRO LÓPEZ GÓMEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

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 García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

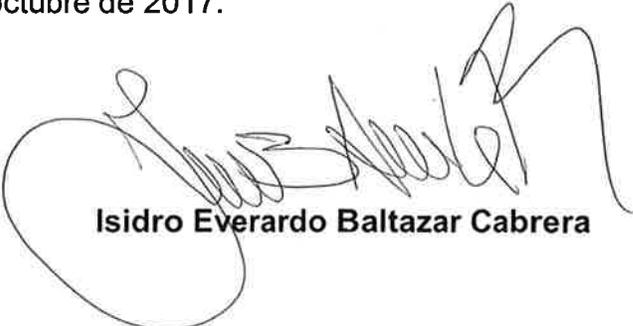
DECANO	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno (a.i.)
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

### **PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PUERTAS DE PINO TIPO RADIATA, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de octubre de 2017.



**Isidro Everardo Baltazar Cabrera**

Guatemala 26 de mayo del 2018

**Ingeniero**

**César Ernesto Urquizú Rodas**

**Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**Facultad de Ingeniería**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por este medio hago de su conocimiento que yo Juan Elizandro López Gómez, Ingeniero Industrial, colegiado 11276, asesore y revise el trabajo de Graduación del estudiante Isidro Everardo Baltazar Cabrera, carné 200212387 titulado: **PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCION DE PUERTAS DE PINO TIPO RADIATA, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACION DE PUERTAS**. Por lo que considero que cumple con los requisitos para que pueda seguir con la continuidad del proceso de aprobación del trabajo de graduación.

Agradeciendo tomar nota de la presente me suscribo

Atentamente

*Juan Elizandro López Gómez*  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado 11276

  
Ing. Juan Elizandro López Gómez

**Colegiado 11276**



REF.REV.EML094.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PUERTAS DE PINO TIPO RADIATA, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS**, presentado por el estudiante universitario **Isidro Everardo Baltazar Cabrera**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Erwin Danilo González Trejo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Danilo González Trejo  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO ACTIVO 0182

Guatemala, agosto de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.134.018

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 **PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PUERTAS DE PINO TIPO RADIATA, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS**, presentado por el estudiante universitario **Isidro Everardo Baltazar Cabrera**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. Juan José Peralta Dardón  
DIRECTOR**

**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, septiembre de 2018.

/mgp



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: **PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PUERTAS DE PINO TIPO RADIATA, EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS**, presentado por el estudiante universitario: **Isidro Everardo Baltazar Cabrera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

*9/11/18*  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, Septiembre de 2018



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la sabiduría y fuerzas para poder culminar mi carrera, entre otras cosas.
<b>Mis padres</b>	Humberto Baltazar y María Rosaura Cabrera. Su amor será siempre mi inspiración.
<b>Mis hermanos</b>	Elma Baltazar Cabrera, Abel Baltazar Cabrera, Julia Baltazar Cabrera, Gerber Baltazar Cabrera y Eric Baltazar Cabrera, por ser una importante influencia en mi carrera y apoyo incondicional.
<b>Mi tío</b>	Alejandro Baltazar, por ser mi segundo padre.
<b>Mis sobrinos</b>	Fernando Rosales Baltazar, Perla Ramírez Baltazar, Gema Ramírez Baltazar y Abby Baltazar Cabrera, por ser parte de todo lo bueno que me da la vida.
<b>Ing. Danilo Trejo</b>	Por ser una gran influencia en mi carrera como profesional y en lo personal.
<b>Rafael Cardona</b>	Por ser parte y apoyo de mis logros como mi mejor amigo.
<b>Juan López</b>	Por el apoyo brindado y las enseñanzas.

**Lourdez Baires**

Por el apoyo brindado y ser parte importante de este logro.

**Mónica Arévalo**

Por todo el apoyo que me da y por creer en mí a pesar de todo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para formarme como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme la oportunidad de formarme como profesional.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Iván Quiacain, Mario de León y Francisco Toledo.
<b>Amigos</b>	Oscar Marroquín, Eduardo Torres, Moisés Ávila y Aníbal Méndez.
<b>Compañeros de trabajo</b>	Por todo el apoyo brindado.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XV
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Empresa en Guatemala.....	1
1.2. Historia .....	1
1.2.1. Ubicación.....	2
1.2.2. Misión .....	3
1.2.3. Visión.....	4
1.3. Tipo de organización .....	4
1.3.1. Organigrama general.....	5
1.3.2. Distribución de personal .....	6
1.4. Procesos productivos .....	7
1.4.1. Producción.....	8
1.4.1.1. Definición.....	8
1.4.1.2. Características.....	8
1.4.1.3. Tipos de producción .....	9
1.4.1.3.1. Producción intermitente.....	9
1.4.1.3.2. Producción continua .....	10
1.4.1.3.3. Producción mixta .....	11

1.5.	Puertas tipo radiata .....	11
1.5.1.	Definición.....	12
1.5.2.	Lineamientos .....	12
1.5.2.1.	Materia prima .....	12
1.5.2.1.1.	Madera tipo radiata .....	13
1.5.2.1.2.	Pegamento tipo industrial.....	14
1.5.2.1.3.	Tarugos de armazón .....	15
1.5.2.2.	Partes de puerta.....	15
1.5.2.3.	Estilos de puertas.....	17
1.5.3.	Tipos de puertas a distribuir .....	17
1.5.3.1.	Puerta de madera con nudos .....	18
1.5.3.2.	Puerta de madera sin nudos .....	19
1.6.	Otros tipos de puertas .....	20
1.6.1.	HDF (tablero de fibra de alta densidad) .....	20
1.6.2.	MDF (tablero de fibra de densidad media) .....	21
1.6.3.	Metálica de seis tableros .....	22
1.7.	Madera.....	23
1.7.1.	Tipos de madera utilizados en la empresa .....	24
1.7.1.1.	Conífera de pino.....	24
1.7.1.2.	Madera de roble tratada .....	26
1.7.1.3.	Madera de Arce Blanco .....	27
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL .....	29
2.1.	Área de producción .....	29
2.1.1.	Proceso actual.....	29
2.1.1.1.	Diagrama de PERT .....	36
2.1.1.2.	Diagrama CPM.....	37
2.1.1.3.	Diagrama de recorrido.....	39

2.2.	Descripción del equipo .....	39
2.2.1.	Maquinaria .....	39
2.2.1.1.	Sierra de banco industrial .....	40
2.2.1.2.	Encoladora de alta revolución.....	41
2.2.1.3.	Prensa industrial .....	42
2.2.1.4.	Perfiladora de cantos manual .....	43
2.2.1.5.	Canteadora de madera .....	45
2.2.1.6.	Trompo de moldura .....	45
2.2.1.7.	Seccionadora de corte horizontal .....	47
2.2.2.	Herramientas .....	47
2.2.2.1.	Guillotina de corte metálico .....	48
2.2.2.2.	Dobladora de perímetro de lámina .....	48
2.2.2.3.	Lijadora orbital .....	49
2.2.2.4.	Calibradora de puertas industrial .....	51
2.2.3.	Distribución de maquinaria .....	52
2.3.	Materia prima actual .....	54
2.3.1.	Consumo de materia prima.....	54
2.3.1.1.	Piezas de madera de pino tipo radiata.....	54
2.3.1.2.	Pegamento Industrial.....	55
2.3.1.3.	Relleno de poliestireno .....	55
2.3.1.4.	Pilastría de madera de pino .....	55
2.4.	Métodos actuales de trabajo.....	56
2.4.1.	Jornadas laborales .....	56
2.4.1.1.	Jornada diurna.....	56
2.4.1.2.	Jornada mixta .....	56
2.4.1.3.	Jornada nocturna.....	57
2.4.2.	Estaciones de trabajo .....	57
2.4.2.1.	Estación de puertas sólidas .....	57

	2.4.2.2.	Estación de puertas HDF .....	59
	2.4.2.3.	Estación de puertas metálicas.....	60
2.5.		Tiempo estándar de la línea de producción .....	61
	2.5.1.	Operaciones productivas e improductivas del método actual de trabajo .....	61
	2.5.2.	Eficiencia actual .....	62
2.6.		Mercado actual.....	65
	2.6.1.	Área de Centroamérica .....	66
	2.6.2.	Otras áreas.....	67
	2.6.2.1.	Panamá .....	67
	2.6.2.2.	El Caribe.....	68
2.7.		Clientes .....	68
	2.7.1.	Empresas distribuidoras .....	69
	2.7.2.	Empresas constructoras.....	69
3.		PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	71
	3.1.	Mejora del proceso.....	71
	3.1.1.	Diagrama de operaciones .....	72
	3.1.2.	Diagrama de recorrido.....	77
	3.1.3.	Toma de tiempos de procesos .....	78
	3.1.4.	Balance de líneas.....	79
3.2.		Maquinaria nueva para los escenarios planteados .....	84
	3.2.1.	Distribución de planta.....	86
	3.2.2.	Capacitación del personal .....	94
3.3.		Mejora de condiciones ambientales de trabajo .....	95
	3.3.1.	Evaluación de condiciones de trabajo .....	96
	3.3.2.	Orden y limpieza .....	97
	3.3.3.	Reducción de contaminación .....	99
	3.3.3.1.	Ruido.....	100

	3.3.3.2.	Polvo y aserrín.....	101
3.4.		Análisis de consumo de materiales .....	102
	3.4.1.	Optimización de consumo de materia prima.....	102
	3.4.2.	Costo de producción.....	103
	3.4.3.	Insumos .....	104
	3.4.3.1.	Placas de madera.....	104
	3.4.3.2.	Pegamento industrial .....	104
	3.4.3.3.	Relleno de poliestireno .....	104
	3.4.3.4.	Pilastría de madera de pino .....	105
3.5.		Administración del proceso.....	105
	3.5.1.	Descripción de nuevo proceso.....	105
	3.5.1.1.	Recurso humano necesario .....	106
	3.5.2.	Control de resultados diarios .....	109
3.6.		Análisis de los puestos de trabajo .....	111
3.7.		Control de producto terminado .....	113
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	115
	4.1.	Plan de acción .....	115
	4.1.1.	Implementación del plan.....	116
	4.1.2.	Entidades responsables .....	117
	4.1.2.1.	Gerencia General .....	118
	4.1.2.2.	Departamento de producción.....	118
	4.2.	Manejo de materiales .....	118
	4.2.1.	Materia prima.....	119
	4.2.1.1.	Control de calidad.....	121
	4.2.1.2.	Evaluación de proveedores .....	122
	4.2.2.	Producto terminado .....	125
	4.3.	Rediseño de estaciones de trabajo .....	126
	4.4.	Costos de implementación .....	126

4.4.1.	Costos de inversión .....	126
4.4.1.1.	Materia prima .....	128
4.4.1.2.	Mano de obra .....	128
4.4.1.3.	Diseño y logística .....	128
4.4.2.	Costos de operación .....	128
4.4.2.1.	Mano de obra directa .....	129
4.4.2.2.	Producción en línea.....	129
4.4.2.3.	Producto terminado .....	130
4.5.	Seguridad e higiene industrial .....	130
4.5.1.	Mitigación de riesgos.....	130
4.5.2.	Formación de brigada de evacuación .....	132
4.5.3.	Equipo de protección personal.....	135
4.5.4.	Áreas señalizadas .....	138
4.6.	Monitoreo de producción al realizarse los cambios.....	138
4.6.1.	Formatos de control sugeridos .....	139
4.7.	Desperdicios .....	139
4.7.1.	Características .....	140
4.7.2.	Cantidad.....	141
4.7.3.	Manejo.....	141
4.7.4.	Aprovechamiento .....	143
4.8.	Controles en entrega de producto terminado del Departamento de Logística .....	143
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA .....	145
5.1.	Evaluación de resultados .....	145
5.1.1.	Escenario primario .....	146
5.1.2.	Escenario secundario.....	147
5.2.	Revisión de procedimientos .....	147
5.2.1.	Medición de eficiencia .....	148

5.2.2.	Medición de productividad de mano de obra .....	150
5.2.3.	Control de calidad en la línea .....	150
5.3.	Control de reportes por estación .....	152
5.4.	Estadísticas .....	152
5.5.	Auditorías .....	154
5.5.1.	Internas.....	154
5.5.2.	Externas .....	155
5.6.	Acciones correctivas.....	155
5.7.	Beneficio/costo .....	156
CONCLUSIONES .....		157
RECOMENDACIONES .....		159
BIBLIOGRAFÍA.....		161



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de empresa productora de puertas y muebles de madera ....	3
2.	Organigrama .....	5
3.	Puerta tipo radiata .....	11
4.	Pino insigne.....	13
5.	Madera de pino insigne .....	14
6.	Pegamento industrial.....	14
7.	Tarugos de madera para armazón .....	15
8.	Partes de puerta.....	16
9.	Nudos en madera.....	18
10.	Puertas con nudos .....	18
11.	Madera sin nudos.....	19
12.	Puerta de madera sin nudos .....	19
13.	Puertas HDF .....	21
14.	Puerta MDF .....	22
15.	Puerta metálica de seis tableros .....	23
16.	Árboles coníferas .....	25
17.	Madera conífera de pino .....	25
18.	Árbol de roble.....	26
19.	Madera de roble .....	27
20.	Árbol Arce Blanco.....	27
21.	Madera Arce Blanco.....	28

22.	Diagrama de flujo proceso actual de la fabricación de puertas de pino tipo radiata .....	30
23.	Diagrama PERT .....	36
24.	Presentación gráfica de una actividad en el diagrama CPM.....	37
25.	Diagrama CPM .....	38
26.	Sierra de banco industrial .....	40
27.	Encoladora de alta revolución.....	41
28.	Prensa industrial 1 .....	42
29.	Prensa industrial 2 .....	43
30.	Perfiladora de cantos manual 1 .....	44
31.	Perfiladora de cantos manual 2 .....	44
32.	Canteadora de madera .....	45
33.	Trompo de moldura 1.....	46
34.	Trompo de moldura 2.....	46
35.	Seccionadora de corte horizontal.....	47
36.	Guillotina de corte metálico.....	48
37.	Dobladora de perímetro de lámina.....	49
38.	Lijadora orbital 1 .....	50
39.	Lijadora orbital 2 .....	50
40.	Calibradora de puertas industrial 1 .....	51
41.	Calibradora de puertas industrial 2 .....	52
42.	Distribución de maquinaria .....	53
43.	Estación de puertas sólidas .....	58
44.	Estación de puertas HDF .....	59
45.	Estación de puertas metálicas .....	60
46.	Diagrama de operaciones propuesto .....	72
47.	Diagrama de recorrido sugerido .....	77
48.	Datos de referencia para realizar balance de línea .....	80
49.	Prensa Weinig.....	85

50.	Distribución parcial .....	94
51.	Distribución final de maquinaria .....	94
52.	Contenido para la capacitación para el manejo de nueva maquina .....	95
53.	Proceso técnica 5s .....	98
54.	Protección auditiva como medida contra el ruido .....	100
55.	Control de resultados diario .....	110
56.	Análisis de puestos de trabajo .....	112
57.	Control de producto terminado .....	114
58.	Pasos del plan de acción .....	115
59.	Calendario de actividades para la implementación .....	116
60.	Gráfica de la metodología ABC .....	120
61.	Control de calidad de materia prima .....	122
62.	Control de proveedores .....	124
63.	Proceso verificación producto terminado .....	125
64.	Cotización prensadora Weinig .....	127
65.	Plan de acción brigada de evacuación .....	132
66.	Ruta evacuación bodega No. 4 .....	133
67.	Señalización equipo de seguridad .....	138
68.	Aserrín .....	140
69.	Piezas pequeñas de madera .....	141
70.	Carretilla para manejo de aserrín .....	142
71.	Carretilla para el manejo de piezas pequeñas de madera .....	142
72.	Proceso de mejora continua .....	146
73.	Proceso para establecer un círculo de calidad .....	151
74.	Estadísticas mensuales de rechazos de producto .....	153

## TABLAS

I.	Información de actividades para el diagrama PERT .....	36
II.	Actividades para la elaboración del diagrama CPM.....	38
III.	Consumo de piezas de madera de pino tipo radiata.....	55
IV.	Tiempos cronometrados en corte de largueros .....	63
V.	Tiempos cronometrados en peinazos de 23 y 19 .....	63
VI.	Tiempos cronometrados en tableros.....	64
VII.	Tiempos cronometrados para largueros de peinazos .....	64
VIII.	Eficiencia actual .....	65
IX.	Tiempos de procesos sin mejoras .....	78
X.	Tiempos de procesos con mejoras .....	78
XI.	Tiempos para producir un lote de 120 puertas de madera de pino.....	79
XII.	Primera iteración balance de la línea.....	81
XIII.	Iteraciones para balancear la línea .....	82
XIV.	Iteración final para balancear línea .....	84
XV.	Maquinaria disponible .....	87
XVI.	Actividades relacionada y porcentaje de participación.....	88
XVII.	Movimientos entre maquinaria y la actividad de largueros .....	88
XVIII.	Movimientos entre maquinaria y actividad de peinazos.....	89
XIX.	Movimientos entre maquinaria y actividad de peinazos de 19 y 23 .....	89
XX.	Movimientos entre maquinaria y actividad de tablero .....	90
XXI.	Movimientos entre maquinaria y actividad de armado .....	90
XXII.	Consolidación de movimientos con actividades.....	91
XXIII.	Resumen movimientos .....	92
XXIV.	Medidas de maquinaria.....	93
XXV.	Costo de producción de una puerta de madera de pino .....	103
XXVI.	Recurso humano necesario .....	107

XXVII.	Decibeles en bodega cuatro.....	136
XXVIII.	Control acumulativo de producción diario .....	139
XXIX.	Control del Departamento de Logística de producto terminado .....	144



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>m</b>	Metro
<b>pulg</b>	Pulgada



## GLOSARIO

<b>AGEXPORT</b>	Asociación Guatemalteca de Exportadores.
<b><i>Canteadora</i></b>	Maquina que es utilizada en el procesamiento de madera para darle la forma deseada.
<b>CAUCA</b>	Código Aduanero Único Centroamericano.
<b>Coniferópsidas</b>	Característica de los árboles que hacen alusión a la palabra conífera es decir que posee estructuras reproductivas denominadas conos o más comúnmente piñas.
<b>Entamborada</b>	Término utilizado en la fabricación de puertas para describir la puerta que está formada por dos hojas de madera y están vacías en medio.
<b>FAUCA</b>	Formulario Aduanero Único Centroamericano.
<b>HDF</b>	Tablero de fibra de alta densidad ( <i>High Density Fiber</i> ).
<b>MDF</b>	Tablero de fibra de densidad media ( <i>Medium Density Fiber</i> ).
<b>Pardoamarillenta</b>	Color amarillo con una tonalidad terrosa.

<b>Perfiladora</b>	Máquina que es utilizada para cortar la madera en perfiles.
<b>Pilastría</b>	Columna de base cuadrada o rectangular de madera que puede servir de moldura.
<b>Poliestireno</b>	Resina sintética que se emplea principalmente en la fabricación de lentes plásticos y aislantes térmicos o eléctricos.
<b>Radiata</b>	Es una tipo de pino del cual se extrae la madera y es de alta calidad.

## **RESUMEN**

Actualmente en nuestro país existe una gran competencia en la fabricación de muebles, puertas, closets, entre otros, lo que ha creado en la empresa la necesidad de reducir costos y mejorar el proceso de producción.

Se analizará el proceso mediante una evaluación de costos y áreas de mejora, el propósito de este análisis será generar competitividad en la empresa.

En el capítulo uno se presenta generalidades de la empresa para tener en cuenta todo el contexto de la empresa que en su momento pueden afectar para la toma de decisiones como por ejemplo el organigrama, la ubicación, misión, visión entre otros.

En el capítulo dos se realiza un diagnóstico situacional del área en estudio, este diagnóstico se efectúa mediante diferentes diagramas, descripciones de equipo, especificaciones del uso de la materia prima, los métodos actuales de trabajo y los diferentes clientes que se posee.

En el capítulo tres se realiza la propuesta, la cual incluye la mejora de los procesos, sugerencia de maquinaria nueva, sugerencia de la distribución de la planta entre otros.

En el capítulo cuatro se presenta la implementación de la propuesta y el capítulo cinco incluye el seguimiento y mejora para la propuesta.



# OBJETIVOS

## General

Proponer una mejora al proceso de producción de puertas de pino tipo radiata para una empresa dedicada a la fabricación de puertas y muebles.

## Específicos

1. Analizar el proceso y capacidad actual de producción de puertas de pino tipo radiata en el área de Puertas Sólidas.
2. Evaluación de procesos con la finalidad de encontrar el proceso más lento.
3. Hacer un análisis estadístico de tiempos del proceso.
4. Analizar los resultados y proponer mejoras en la producción de puertas de pino tipo radiata.
5. Plantear la mejor opción para elevar la producción actual.
6. Estandarizar el proceso de producción actual de las puertas tipo radiata.



## INTRODUCCIÓN

La empresa que se ha decidido analizar para el presente proyecto, se ubica actualmente sus oficinas centrales y sala de ventas en la ciudad de Guatemala y su planta de producción en el municipio de San Miguel Petapa, la empresa pertenece a la industria de la construcción, específicamente se dedica a la fabricación de puertas de diferentes tipos de madera, puertas metálicas, puertas de HDF, puertas de madera sólida así como marcos para puertas. También fabrica set de cocinas y ventanas con maderas totalmente diferente como es el caso de la melanina, para otro mercado más exigente.

Debido a que las empresas se enfrentan diariamente a retos que pone el comercio debido a una exigencia de eficiencia y calidad en los productos, muchas empresas buscan la forma óptima de optimizar los recursos. Aunado a estos retos existen la disminución en la renta de los consumidores, esto hace que muchas empresas establezcan estrategias como disminución de precios, porque es la forma más fácil e inmediata de accionar, sin embargo, la disminución de precios solamente podría aplicarse si existe una disminución de los costos, pero esto también podría ser una desventaja debido que posteriormente si se requiere un incremento, se encontrará con la resistencia de los consumidores, entonces el único camino que les es factible a las empresas es estudiar cada uno de los procesos y verificar en qué áreas es posible mejorar. En los procesos productivos de gran cantidad si no se establecen los procesos adecuadamente estos no logran reflejar la verdadera rentabilidad de los productos, si al final se trata de invertir en equipos, así como en infraestructura y no se logra mantener una producción que sea rentable, solo puede guiar a la empresa al fracaso.

Se debe considerar que cuando se trabaja con madera se debe tomar en cuenta los factores de desperdicio y de irregularidades o defectos que posee la materia prima, para este caso, la madera de pino radiata y que pueden afectar la calidad del producto final.

A continuación se analizará el proceso mediante una evaluación de costos y áreas de mejora, el propósito de este análisis será generar competitividad en la empresa. Mediante un diagnóstico situacional del área en estudio, diagnóstico que incluye diagramas, descripciones de equipo, especificaciones del uso de la materia prima, los métodos actuales de trabajo y los diferentes clientes que se posee, se podrá realizar una propuesta de mejora, esta propuesta irá acompañado de la forma de implementar estas mejoras y como mantener una mejora continua.

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

Como parte de la propuesta para la mejora en la producción de puertas de pino tipo radiata, se presenta una breve reseña de lo que es la empresa productora de puertas y muebles de madera, sus inicios, su misión, visión, entre otros, con el único fin de poder hacer una propuesta más acertada.

### **1.1. Empresa en Guatemala**

La empresa es una compañía que se dedica a la fabricación de puertas. De los pocos fabricantes a nivel industrial en Guatemala y que distribuye localmente a muchas empresas en Guatemala, grandes distribuidores que tienen una gran participación en la distribución de artículos para la construcción. La diferencia con otros productores de puertas es que posee una gran planta de producción.

“Uno de los objetivos a los inicios fue el alcanzar el 3 por ciento del total del mercado local y se logró el objetivo, lo que provocó una introducción de una nueva línea de puertas, siendo estas las puertas metálicas”.<sup>1</sup>

### **1.2. Historia**

La empresa fue fundada en enero de 1995 como una empresa fabricante de puertas.

---

<sup>1</sup> Distribuciones Globales. <http://www.globales.com.gt/>. Consulta: 10 de Junio de 2017.

Al inicio no se contaba con un estudio de mercado, pero si se contaba con los conocimientos necesarios para poder comercializar los productos que se producían, la capacidad instalada con la que se contaba era de 2 000 puertas al mes, con una jornada diurna de trabajo y seis empleados. No se contaba con una programación de producción, solamente se producía para cumplir con los compromisos adquiridos, sin comprobar si realmente era el proceso rentable o no, al iniciar las operaciones por la experiencia de campo se tenía y los contactos en el mercado se logró posicionar con distribuidores quienes le brindaron la oportunidad de presentar y vender sus productos, estos fueron bien aceptados por el mercado, debido a que se producía puertas de bajo costo y con la calidad necesaria para competir con grandes productores de otros países como Chile.

“Actualmente cubre los mercados de todos los países de Centro América, Panamá, República Dominicana y Trinidad y Tobago. Con una producción superior a las 600 000 puertas anuales y una planta de producción de 10 000 metros cuadrados”.<sup>2</sup>

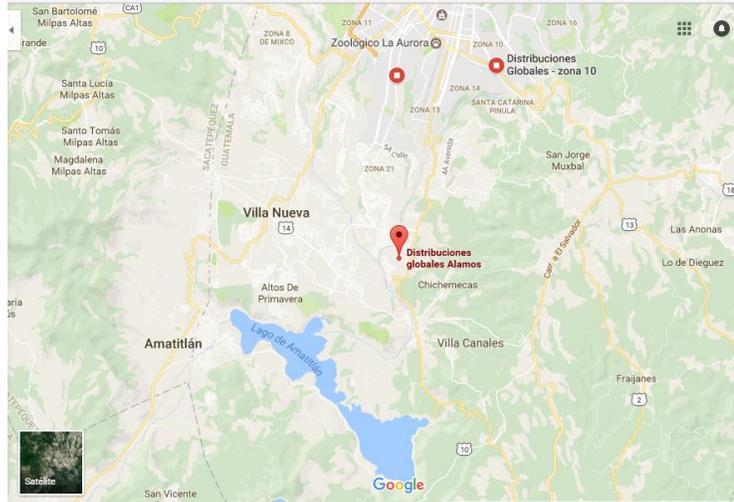
### **1.2.1. Ubicación**

La planta de producción de la empresa se encuentra ubicada en la 3ª. avenida 5-46, colonia Los Álamos, Zona 6, San Miguel Petapa.

---

<sup>2</sup> Distribuciones Globales. <http://www.globales.com.gt/>. Consulta: 10 de junio de 2017

Figura 1. **Ubicación de empresa productora de puertas y muebles de madera**



Fuente: Distribuciones Globales.

<https://www.google.com.gt/maps/place/Distribuciones+globales+Alamos/@14.5116164,-90.6113907,12z/data=!4m8!1m2!2m1!1sdistribuciones+globales+los+alamos!3m4!1s0x8589a666c6433f63:0x37021644e26b560f!8m2!3d14.5116164!4d-90.5413529>. Consulta: 11 de junio de 2017.

## 1.2.2. Misión

La misión empresarial se puede definir como lo que la empresa está realizando para poder lograr el propósito para lo que fue establecida. Para la empresa en estudio se presenta a continuación su Misión.

“Ser una empresa ética que ofrece soluciones de acabados de construcción. Comercializar productos innovadores y de calidad con el mejor

servicio, respaldo y garantía. Desarrollar relaciones de largo plazo los proveedores, promover un ambiente sano y estable para los colaboradores”.<sup>3</sup>

### **1.2.3. Visión**

Las empresas deben tener claro hacia dónde quieren llegar y para esto sirve la visión, es básicamente como espera verse la empresa a futuro, esta visión podría incluir una fecha específica, únicamente se debe tener cuidado de replantearla una vez se haya llegado a la fecha indicada. La visión de la empresa es la siguiente:

“Ser una empresa internacional líder en la producción y comercialización de puertas, marcos y molduras; creciendo selectivamente en otras categorías del negocio de acabados para la construcción. Reconocida por su compromiso hacia los clientes, colaboradores, socios comerciales, accionistas y comunidades en las que opera”.<sup>4</sup>

### **1.3. Tipo de organización**

Para que una empresa tenga éxito en su funcionamiento debe sus directivos tener clara la forma en que ésta se organizará en su actividad comercial. A este proceso se le denomina organización empresarial o estructuración del negocio.

En el caso de la empresa productora de puertas de madera tienen una estructura matricial pues está seccionada por dos criterios a la vez, estas son las funciones y los productos. De esta forma las mismas habilidades y

---

<sup>3</sup> Distribuciones Globales. <https://puertasglobales.com/es>. Consulta: 11 de junio de 2017.

<sup>4</sup> Distribuciones Globales. <https://puertasglobales.com/es>. Consulta: 11 de junio de 2017.

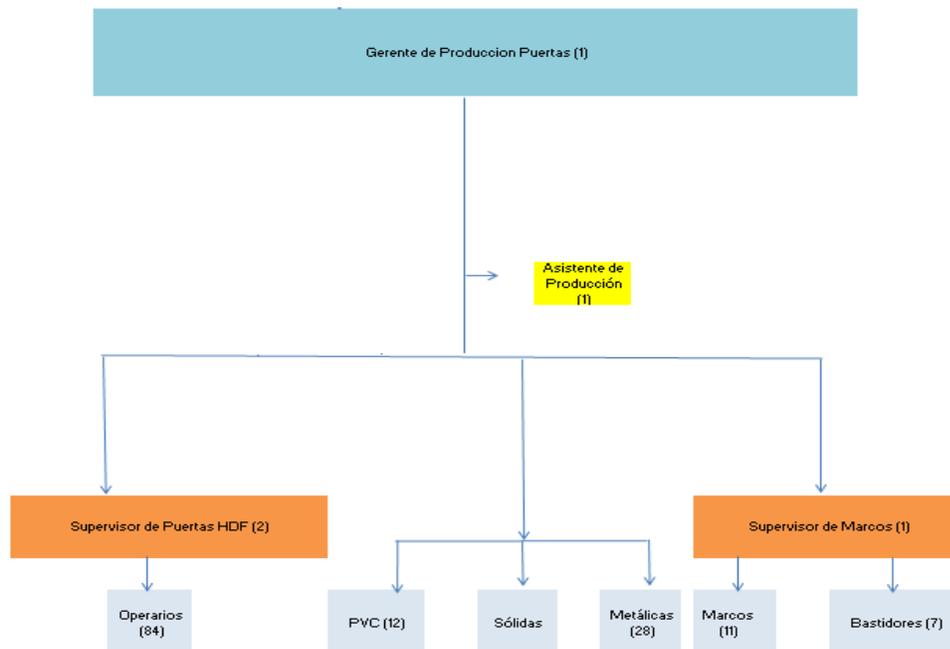
especialidades se vean reunidas dentro de un mismo departamento orientado a ciertas actividades.

El uso de este tipo de organización permite obtener mejores resultados en el trabajo colectivo cuando surgen situaciones de análisis que exigen una pronta solución. Promueve mayor responsabilidad de labores y calidad de trabajo a cada persona especialista en el tema a tratar, con gerentes que demuestren habilidades y competencias claves como la comunicación entre departamentos, trabajo en equipo y manejo de personal.

### 1.3.1. Organigrama general

A continuación se presenta el organigrama del área de producción de puertas de pino tipo radiata.

Figura 2. Organigrama



Fuente: elaboración propia. Microsoft Visio

### **1.3.2. Distribución de personal**

El departamento de producción se encuentra dividido en tres áreas en función de los productos, (área de puertas termoformadas, área de puertas metálicas, área de marcos de pino, área de puertas sólidas y área de marcos mdf), cada área cuenta con un supervisor de línea los cuales tienen a su cargo un determinado número de operarios los cuales se encargan de trabajar directamente en la producción de los productos comercializados.

- Gerente de producción

Es la persona encargado de administrar, planificar organizar, dirigir y controlar todos los recursos de la planta de producción para cumplir con los objetivos planteados, obteniendo los mejores productos, a costos relativamente económicos que beneficie a la organización. Reporta directamente a la Gerencia de Operaciones.

- Asistente de producción

Se encarga de revisar existencias y chequear necesidades para elaborar pedidos: de agua en cisterna, gas propano, agua salvavidas, afilado de sierras y fresas y mantenimiento industrial y automotriz, esta persona le reporta directamente al gerente de producción. Reporta directamente a la Gerencia de Producción

- Supervisor

Cada supervisor de línea le reporta al gerente de producción, dándole a conocer el número de unidades producidas, paros de producción, mantenimientos necesarios, entre otros.

- Jefe de mantenimiento

Es el encargado de reparar y darle mantenimiento a los camiones que se encuentran para la distribución de los productos, este le reporta directamente al jefe de mantenimiento. Una de las atribuciones es mantener en óptimas condiciones todas las máquinas de las diferentes áreas. Esta persona reporta directamente al gerente de producción.

- Operarios

Estos se encargan directamente de la producción de las puertas en todas las áreas y reportan directamente a los supervisores de áreas.

#### **1.4. Procesos productivos**

Se dice que un proceso productivo reúne todas aquellas operaciones que deben ser planificadas con anticipación y estas operaciones transforman los insumos en un bien o servicio, en este proceso se ve involucrada la tecnología.

Este proceso productivo o cadena productiva, como es llamada en otras oportunidades, consta de etapas las cuales son consecutivas una de la otra, al atravesar estas etapas aquellos insumos sufren cierta transformación en cada una de las etapas hasta llegar a convertirse en el producto final.

### **1.4.1. Producción**

Cuando se refiere a producción se puede decir que es una actividad la cual generará valor agregado debido a que crea bienes o servicios. Este concepto nace de la necesidad de la sociedad de tener ciertos insumos sin embargo al unirlos o transformarlos genera otros productos necesarios o demandados.

Es importante notar que cuando se refiere a producción no necesariamente debe ser un producto, se puede producir un servicio tales como servicios médicos, educación, un espectáculo, entre otros. Por lo que este término engloba también todas aquellas actividades que no sean de consumo.

#### **1.4.1.1. Definición**

Esta palabra proviene del latín y hace referencia a la acción de generar, se asocia con los verbos engendrar, procrear, criar, procurar, originar, ocasionar y fabricar. Puede tener dos aplicaciones, para el tema de producir en un terreno o bien de forma industrializada mediante la transformación de insumos.

#### **1.4.1.2. Características**

Cuando un proceso productivo está bien diseñado este puede tener las siguientes características:

- Altos niveles de eficiencia
- Necesidad de personal con menores destrezas debido a que hace la misma operación.
- Construcción de indicadores de gestión y optimización de recursos.

### **1.4.1.3. Tipos de producción**

Generalmente en la producción existen varios caminos a tomar para fabricar el producto deseado, como bien se indicó este puede ser un producto o un servicio y lo que se busca es satisfacer los objetivos establecidos, es decir calidad, costos, confiabilidad y flexibilidad. Cada empresa debe establecer qué tipo de producción se llevará a cabo en la planta, existen tres tipos.

- Producción intermitente
- Producción continua
- Producción mixta

Cada uno de estos tipos de producción tiene sus características, las cuales se muestran a continuación.

#### **1.4.1.3.1. Producción intermitente**

Este tipo de producción también es conocido por lotes o pedidos, esto es debido a que la empresa no se enfoca en producir para el mercado sino para sus clientes en específico, esta decisión la toman antes de que se fabrique el producto, esto significa que la empresa ya tiene garantizada una venta. Este tipo de producción es muy utilizado en la industria artesanal y en la construcción.

Hay ocasiones cuando la producción intermitente no se podrá evitar debido a que la demanda existente del producto que se fabrica no es lo bastante grande como para utilizar el tiempo total de la producción continua.

Este tipo de producción es habitual en talleres. El hecho de que sea por unidades productivas de reducido tamaño no significa que el proceso carezca de complejidad y dificultades ya que se reciben constantemente pedidos de los clientes y son de índole variada y la empresa debe ser efectiva en la producción.

Este modelo se realiza a través de las siguientes etapas:

- Venta real
- Plan de trabajo
- Programación básica
- Programación final
- Órdenes de trabajo

#### **1.4.1.3.2. Producción continua**

Este tipo de producción se basa en la producción de los mismos productos todos los meses, únicamente la diferencia es la cantidad, es necesario agrupar los recursos con que se cuentan en una matriz de asignación de transporte, en esta todos los elementos deben estar en las mismas dimensiones.

En la matriz deben asignarse los siguientes elementos:

- Disponibilidad del tiempo
- Requerimientos de producción
- Costos en producción
- Costos de almacenaje

#### **1.4.1.3.3. Producción mixta**

Este tipo de producción reúne los dos modelos anteriores, se reúne los dos tipos porque hay ocasiones en que las ventas probablemente no lleguen a la meta establecida, aunque en un principio quizá sea continua, con el tiempo se convierte en continua por la demanda mensual.

Esto también puede suceder al contrario, puede ser que se tenga una producción intermitente, sin embargo, se logra vender más al cliente entonces se necesitará la intervención en el proceso y aunque era intermitente se debe convertir en continuo.

#### **1.5. Puertas tipo radiata**

Este tipo de puertas son usados para exteriores o interiores. Se busca que sea fabricada con los más altos estándares de calidad, a diferencia de las puertas comunes estas son puertas sólidas.

**Figura 3. Puerta tipo radiata**



Fuente: Puertas Radiata. [http://www.radiapuertas.com/puertas\\_hoja\\_1](http://www.radiapuertas.com/puertas_hoja_1). Consulta: 20 de junio de 2017.

### **1.5.1. Definición**

Puerta fabricada completamente de madera, es de una estructura sólida, el nombre radiata se le asigna por el tipo de madera de la cual está elaborada. Debido a su estructura el peso es mayor en comparación a las puertas entamboradas.

### **1.5.2. Lineamientos**

Las puertas de madera tipo radiata cumplen con las siguientes especificaciones.

- Puertas elaboradas con láminas enchapadas en madera natural, base plywood
- Ideales para uso interior
- Medidas desde los 60 cm hasta los 90 cm de ancho por 2,10 m de altura.
- Acabado natural, lista para terminar con barniz natural
- Estructura interna reforzada en madera
- Ajustable hasta 5 mm de cada lado

#### **1.5.2.1. Materia prima**

La materia prima utilizada para este tipo de puertas es de la más alta calidad debido al tipo de cliente que requiere este tipo de puertas, normalmente son residencias de lujo.

#### 1.5.2.1.1. Madera tipo radiata

Esta madera es de pino y se le denomina radiata por la especie de la cual proviene y es de los pinos *insigne*, es un pino de Monterrey o de California, es un árbol de talla mediana a elevada, aproximadamente 45 m de altura. Es una especie de crecimiento rápido. Es una especie al cual la industria le ha puesto interés por la calidad de la misma.

Figura 4. Pino insigne



Fuente: Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Pinus\\_radiata](https://es.wikipedia.org/wiki/Pinus_radiata). Consulta: 20 de junio de 2017.

Figura 5. **Madera de pino insigne**



Fuente: Maderas Monterrey. <https://www.maderea.es/madera-de-pino-insigne-radiata-o-monterrey/>. Consulta: 20 de junio de 2017.

#### 1.5.2.1.2. **Pegamento tipo industrial**

Debido a que la calidad de las puertas debe ser alto. Se utiliza pegamento blanco universal con la máxima eficacia de pegado para todo tipo de maderas y material de carpintería. Transparente al secarse. El pegamento fresco se puede eliminar con agua.

Figura 6. **Pegamento industrial**



Fuente: Uhu. <http://www.uhu.com/es/productos/pegamentos-para-madera.html>. Consulta: 20 de junio de 2017.

### **1.5.2.1.3. Tarugos de armazón**

Dentro del mundo de la fabricación de puertas de madera y muebles es muy común el uso de tarugos o espigas de madera para la armazón, son fundamentales pues de lo contrario la única forma de ensamblar estos artículos sería con clavos o tornillos lo que le quitaría la parte estética y por ende la calidad disminuiría.

Figura 7. **Tarugos de madera para armazón**



Fuente: Carpintería 32. [http://carpinteria32.com/4.\\_tornillos\\_versus\\_tarugos\\_.html](http://carpinteria32.com/4._tornillos_versus_tarugos_.html). Consulta: 20 de junio de 2017.

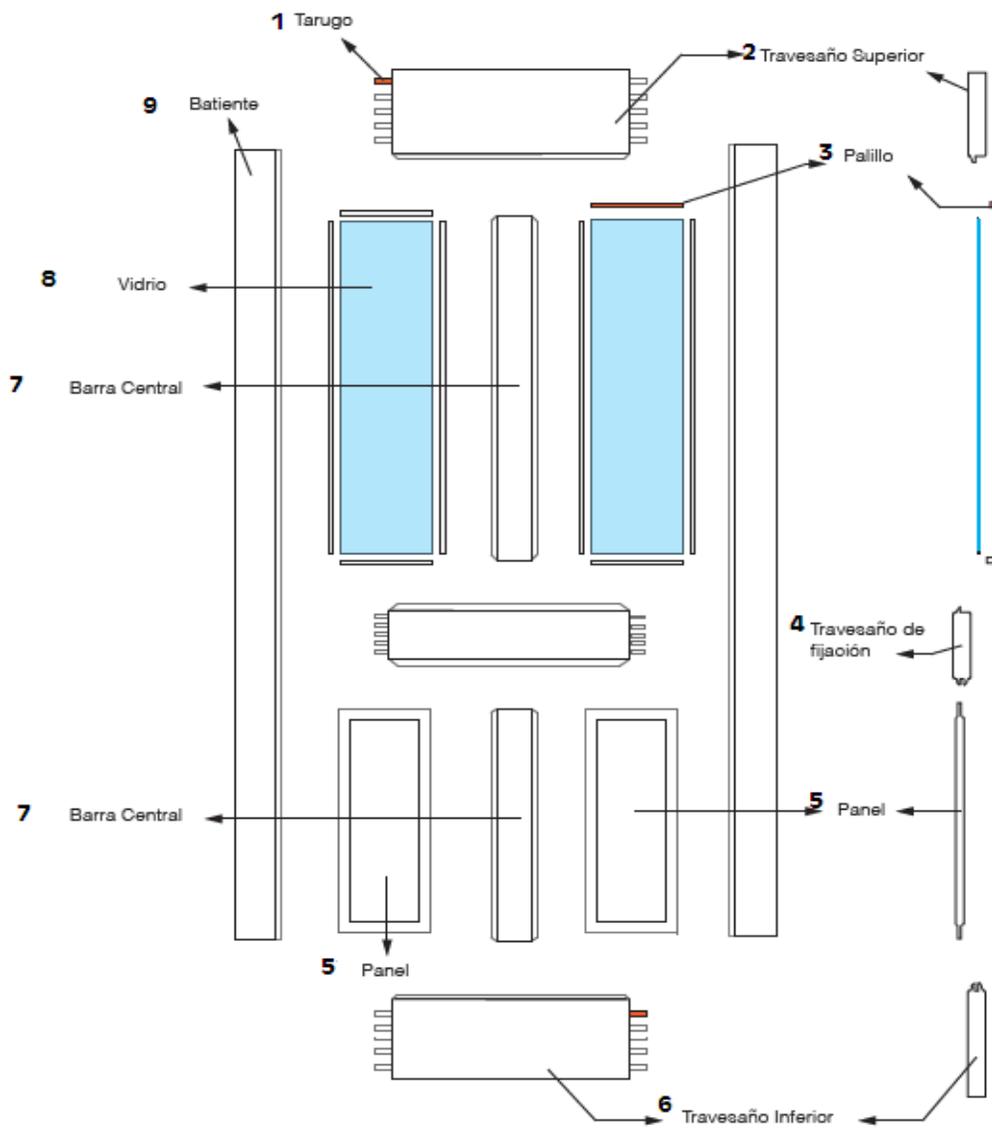
### **1.5.2.2. Partes de puerta**

Las puertas en general tiene por lo general las mismas partes, estas son las siguientes:

- Tarugo
- Travesaño superior
- Palillo
- Travesaño de fijación
- Panel

- Travesaño inferior
- Barra central
- Vidrio
- Batiente

Figura 8. Partes de puerta



Fuente: elaboración propia, empleando Paint

### **1.5.2.3. Estilos de puertas**

Debido a la diversidad de clientes existentes se ve la necesidad de ir innovando cada día. Cabe mencionar que así como la diversidad de clientes va aumentando también las exigencias de los mismos aumenta, haciendo que la empresa busque formas de presentar productos diferentes, teniendo en cuenta esta necesidad surgen algunos tipos de puertas como:

- Puertas de pino
- Puertas de tablero de fibra de alta densidad
- Puertas de tablero de fibra de densidad media
- Puertas de metal

El presente trabajo se enfocará en las puertas de pino.

### **1.5.3. Tipos de puertas a distribuir**

En el mundo de la fabricación de puertas existe una infinidad de materia prima que se puede utilizar, sin embargo para la empresa uno de los determinantes para adquirir una materia prima es la calidad, en vista de los requerimientos de los clientes se distribuyen dos tipos en el caso de las puertas de madera de pino:

- Puerta de madera con nudos
- Puerta de madera sin nudos

### 1.5.3.1. Puerta de madera con nudos

La madera normalmente por naturaleza tiene ciertas particularidades y anomalías morfológicas que pueden ser modificadas y los nudos son las imperfecciones que son más habituales.

Figura 9. **Nudos en madera**



Fuente: Consumer.

<http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria/2004/12/20/113923.php>. Consulta: 21 de junio de 2017.

Figura 10. **Puertas con nudos**



Fuente: Wuaid. <https://goo.gl/images/pWUaid>. Consulta: 21 de junio de 2017

### 1.5.3.2. Puerta de madera sin nudos

Este tipo de puertas es para clientes más exigentes pues los nudos de la madera son mínimos o casi imperceptibles, los nudos en la madera pueden ser disimulados.

Figura 11. **Madera sin nudos**



Fuente: Wuaid. <https://goo.gl/images/fafUaK>. Consulta: 21 de junio de 2017.

Figura 12. **Puerta de madera sin nudos**



Fuente: Wuaid. <https://goo.gl/images/pWUaid>. Consulta: 21 de junio de 2017.

## 1.6. Otros tipos de puertas

Debido a la diversidad en madera es posible poder seguir diversificándose en los productos brindados, es por eso que en la empresa se fabrican las siguientes puertas:

- HDF (tablero de fibra de alta densidad)
- MDF (tablero de fibra de densidad media)
- Metálica de seis tableros

### 1.6.1. HDF (tablero de fibra de alta densidad)

“HDF por sus siglas en Ingles, *High Density Fibreboard* o tablero de fibra de alta densidad es un tablero fabricado de fibras de madera de pino, previamente desfibrado y siendo eliminada la lignina. Estos tableros se aglutinan con resina sintética, este proceso se hace en seco mediante fuerte presión y calor, debe alcanzar una alta densidad que debe superar los 850 kg/m<sup>3</sup>”.<sup>5</sup>

Utilizando este tipo de tableros de madera se producen las siguientes puertas en medidas de 60 cm hasta 90 cm de ancho y 2,10 m de alto:

- 1 tablero
- 2 tableros
- 4 tableros
- 6 tableros

---

<sup>5</sup> Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Tablero\\_de\\_fibra\\_de\\_densidad\\_media](https://es.wikipedia.org/wiki/Tablero_de_fibra_de_densidad_media). Consulta: 21 de junio de 2017.

Figura 13. **Puertas HDF**



Fuente: Negocio en ruedas.

[http://www.ruedasnegocios.com/286/index.cfm?doc=ver\\_perfil&empid=21869&strldioma=es&NumCitas=15](http://www.ruedasnegocios.com/286/index.cfm?doc=ver_perfil&empid=21869&strldioma=es&NumCitas=15). Consulta: 21 de junio de 2017.

### **1.6.2. MDF (tablero de fibra de densidad media)**

MDF por sus siglas en inglés *medium density fibreboard* o tablero de densidad media es fabricado con fibras de madera y resinas sintéticas comprimidas este producto al igual que el HDF no es madera propiamente sino que derivado de ella.

“En el proceso de su fabricación es posible añadir algunos productos químicos para que pueda tener características diferentes como repelente al agua. El color de estos tableros es uniforme y no tiene beta. Cuenta con una densidad media de 500 kg/m<sup>3</sup>”.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Madera Santana. <https://www.maderassantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>. Consulta: 15 de junio de 2017.

Figura 14. **Puerta MDF**



Fuente: Madera Santana. <http://2a33bac5d73c8f56fc53-0b086369f3430e616156762bdbd428e5.r73.cf1.rackcdn.com/productos/375686/375686-d.jpg>.

Consulta: 21 de junio de 2017.

### **1.6.3. Metálica de seis tableros**

Las puertas son de acero galvanizado, entamboradas y marco de madera de primera. El color es blanco, son utilizadas para exteriores de 6 paneles, las puertas únicamente cuentan con una pasada de pintura por lo que el cliente final debe pintarlas a su conveniencia. Las medidas de las puertas van desde 32 pies hasta 36 pies de ancho y 2,10 m de alto.

Figura 15. **Puerta metálica de seis tableros**



Fuente: Home Depot. <http://www.homedepot.com.mx/comprar/es/coapa-del-hueso/mobile/puerta-acero-clasica-6-paneles-90x213-cm>. Consulta: 21 de junio de 2017.

### **1.7. Madera**

La madera es un material duro y al mismo tiempo fibroso que se extrae de los árboles, es su comportamiento elástico está caracterizado por una serie de constantes asociadas a tres direcciones mutuamente perpendiculares. La madera se extrae del tronco específicamente de los árboles. Los árboles crecen año con año formando anillos concéntricos.

Primero la madera debe ser cortada y posteriormente se seca, una vez haya finalizado este proceso es utilizada para diferentes finalidades y distintas áreas.

### **1.7.1. Tipos de madera utilizados en la empresa**

Si bien es cierto que todos los tipos de madera se extraen de los árboles, existen algunos con diferentes características que otras, esto no significa que sean bueno o malo, simplemente se utilizan para diferentes objetivos. Por ello en la empresa se busca siempre la madera de la mejor calidad y tomando en cuenta sus características particulares.

Los tipos de madera que se utilizan son:

- Conífera de pino
- Roble tratada
- Arce blanco

#### **1.7.1.1. Conífera de pino**

Esta madera es extraída de árboles o arbustos muy antiguos, son de la familia de los pinos. Estos árboles tienen millones de años desde su aparición. La palabra conífera se deriva del griego que se traduce llevar conos, lo que hace alusión a su característica principal de las coniferópsidas. Posee estructuras reproductivas denominadas conos o más comúnmente piñas.

Este tipo de coníferas es bien utilizado debido a la calidad de la madera no solo en la fabricación de puertas si no en cualquier ámbito industrial.

Figura 16. **Árboles coníferas**



Fuente: Jardín Botánico.

<http://www.jardinbotanico.uma.es/jardinbotanico/index.php/colecciones-tematicas/coniferas>.

Consulta: 21 de junio de 2017.

Figura 17. **Madera conífera de pino**



Fuente: Madera Santana. <https://goo.gl/images/5qHWou>. Consulta: 21 de junio de 2017.

### 1.7.1.2. Madera de roble tratada

Esta madera como su nombre lo indica es extraída del roble blanco, este árbol puede alcanzar hasta los 30 m de altura y el tronco es largo y recto hasta de 1 m de diámetro.

La madera del roble es pardoamarillenta y tiene una textura gruesa debido a que sus poros son anillados. Tiene un corte tangencial y sus anillos son lo suficientemente visibles. Esta madera es muy pesada tienen una densidad de 720 Kg/m<sup>3</sup>

Figura 18. **Árbol de roble**



Fuente: Molduras Cristóbal. <http://www.moldurascristobal.com/roble-blanco.html>. Consulta: 21 de junio de 2017.

Figura 19. **Madera de roble**



Fuente: Molduras Cristóbal. <http://www.molduras cristobal.com/roble-blanco.html>. Consulta: 21 de junio de 2017.

### 1.7.1.3. **Madera de Arce Blanco**

Los últimos anillos de esta madera tienen un color blanco y el tronco es marrón oscuro. Su fibra es recta aunque en algunos casos es ondulada y el grano es fino, la densidad media de este tipo de madera es de 570 kg/m<sup>3</sup>, tiene una resistencia a la flexión estática de 910 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la compresión de 450 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 20. **Árbol Arce Blanco**



Fuente: Madera Santana. [http://2.bp.blogspot.com/-s188QacZmds/T8e\\_72nxzwl/AAAAAAAAA4M/QaPbpcgE7PM/s1600/arce+blanco.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-s188QacZmds/T8e_72nxzwl/AAAAAAAAA4M/QaPbpcgE7PM/s1600/arce+blanco.jpg). Consulta: 21 de junio de 2017.

Figura 21. **Madera Arce Blanco**



Fuente: Castor. <http://www.castor.es/arce.html>. Consulta: 21 de junio de 2017.

## **2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL**

En la siguiente sección se realizará un análisis de la situación en la que se encuentra actualmente la empresa, esto debido a que no se puede dictaminar cuales son los pasos a seguir si o sabemos de qué adolece la empresa. Se presentará un detalle del proceso actual, equipo, materia prima, entre otros

### **2.1. Área de producción**

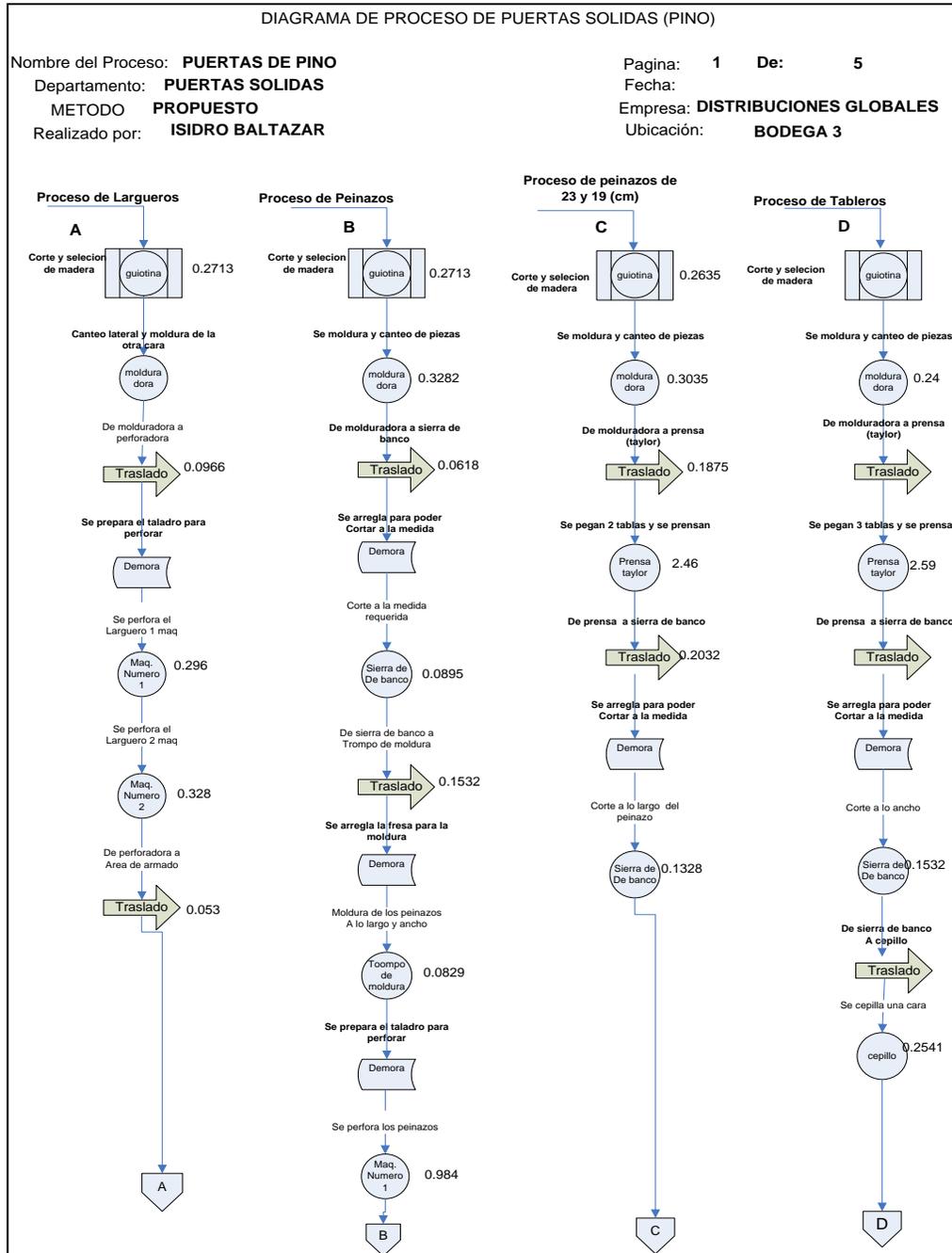
Actualmente la empresa cuenta con un área de 90 000 m<sup>2</sup>, donde se han construido 5 bodegas las cuales están asignadas de la siguiente forma:

- Producto terminado y entrega
- Puerta sólidas
- Puertas HDF y MDF
- Puertas metálicas
- Materia prima

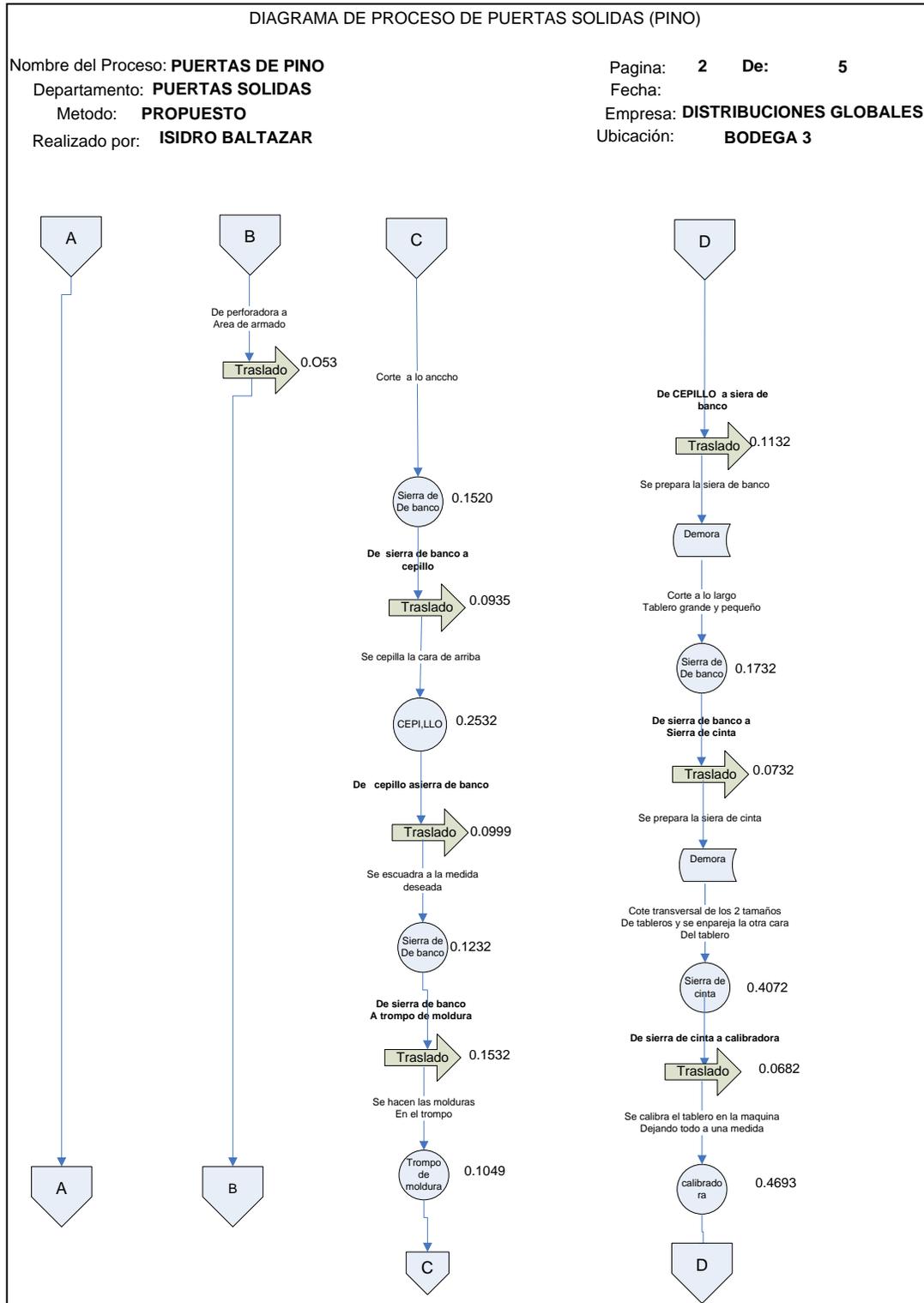
#### **2.1.1. Proceso actual**

A continuación se expone el proceso que actualmente se lleva a cabo para la fabricación de puertas de pino tipo radiata.

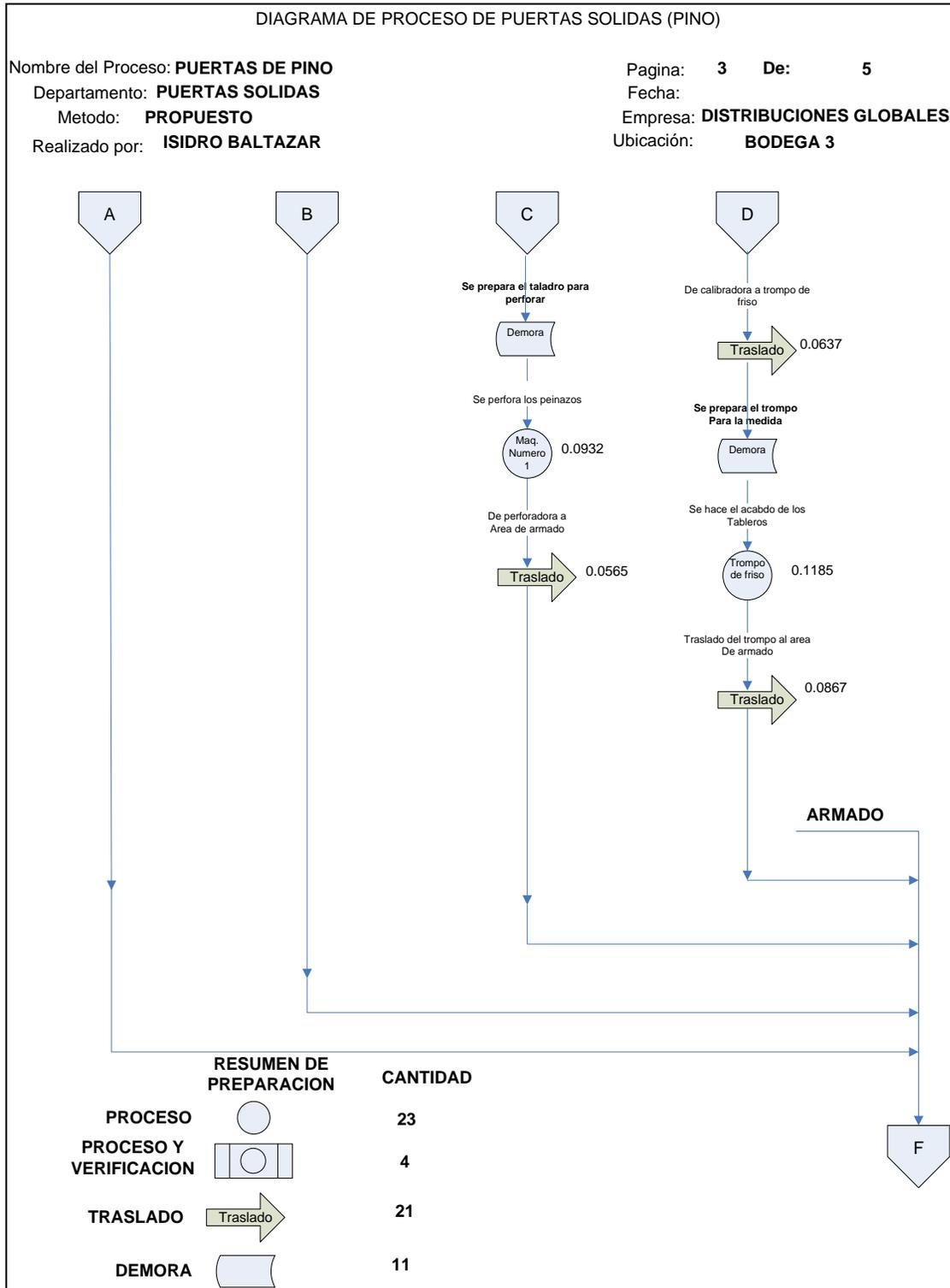
Figura 22. Diagrama de flujo proceso actual de la fabricación de puertas de pino tipo radiata



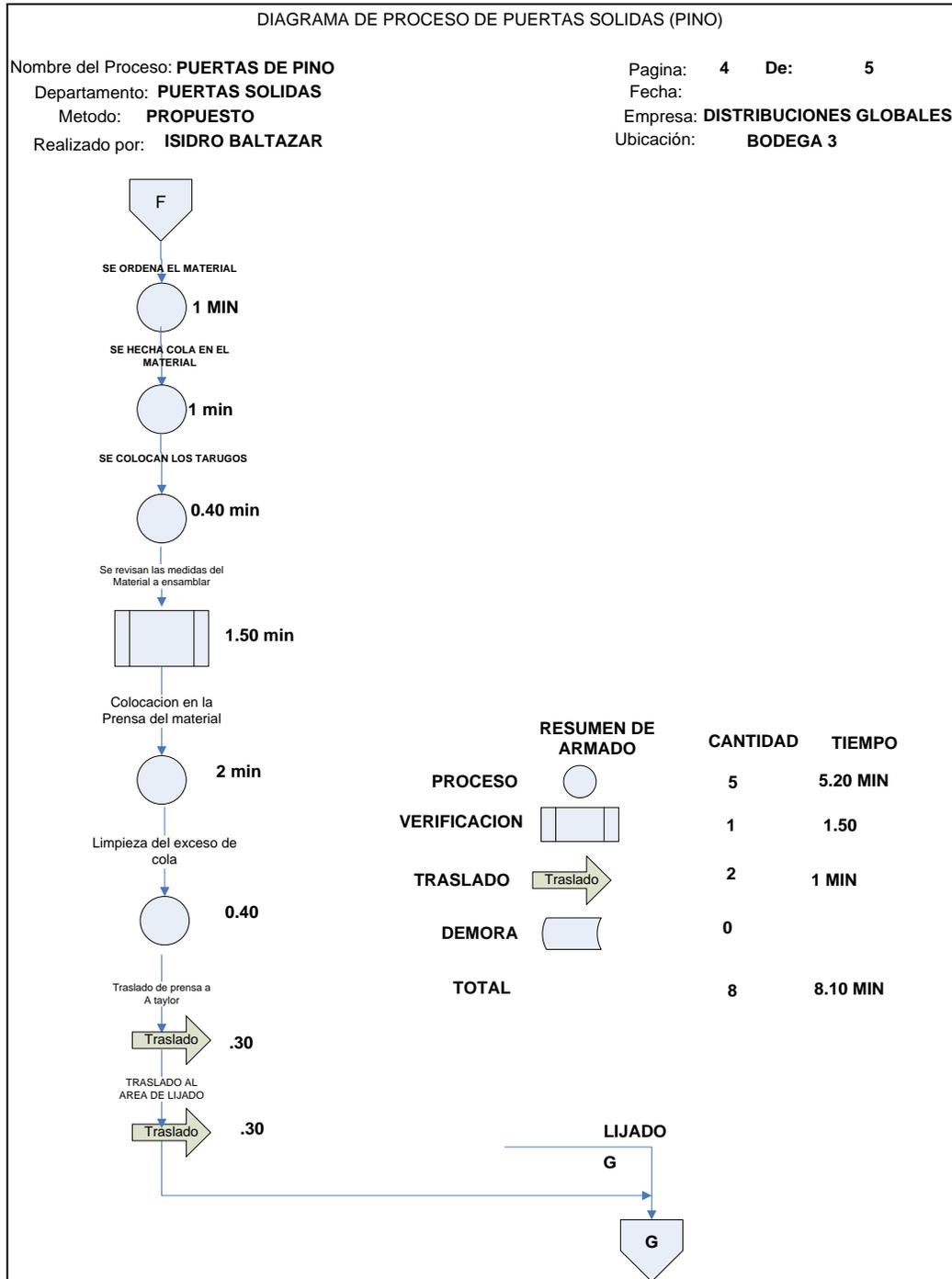
Continuación figura 22.



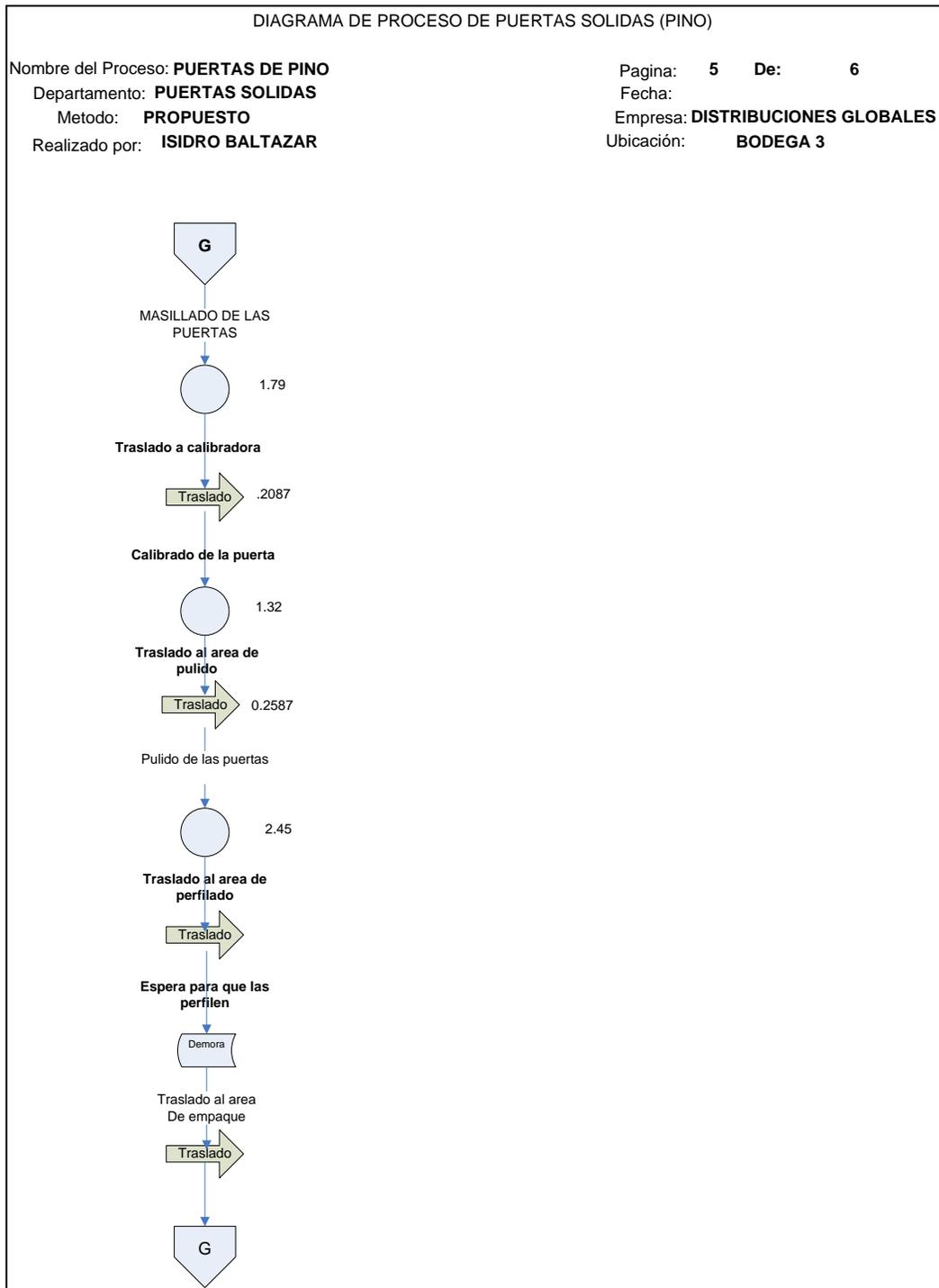
Continuación figura 22.



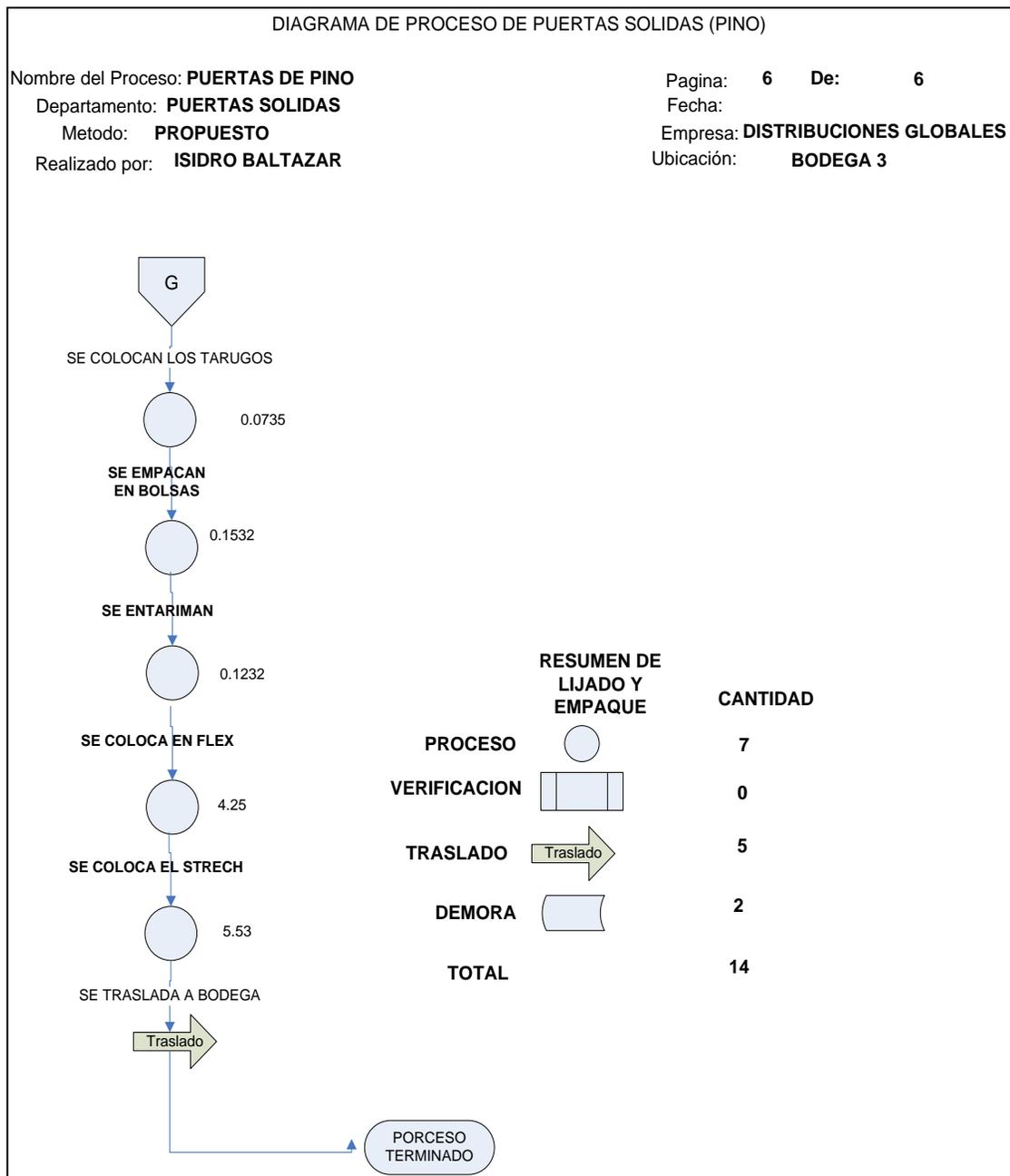
Continuación figura 22.



Continuación figura 22.



Continuación figura 22.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 2.1.1.1. Diagrama de PERT

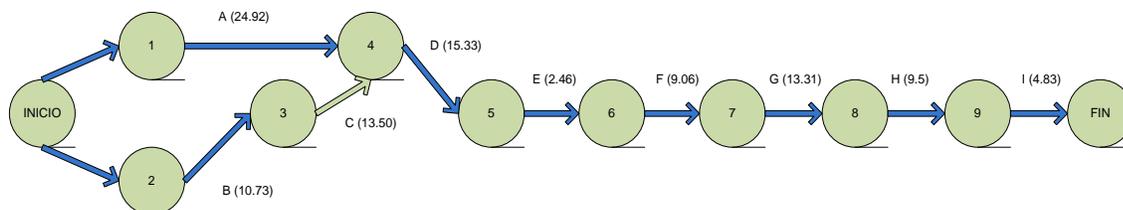
Los gráficos PERT se basan en la creación de una red orientada a eventos con tiempos estimados para actividades no tan precisas ni definitivas.

Tabla I. Información de actividades para el diagrama PERT

Etiqueta	Evento	Duración (Minutos)	Precedencia
A	Tableros	24,92	
B	Peinazos	10,73	
C	Perforación de largueros Y peinazos	13,5	B
D	Moldura	15,33	A,C
E	Prensa Taylor	2,46	D
F	Armado de puertas	9,06	E
G	Área de lijado	13,31	F
H	Calibrado	9,5	G
I	Empaque de puertas	4,83	H

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama PERT

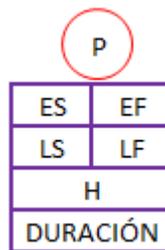


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 2.1.1.2. Diagrama CPM

El diagrama CPM es utilizado para tiempos y actividades definidas, adicionalmente muestra la ruta crítica del proceso.

Figura 24. **Presentación gráfica de una actividad en el diagrama CPM**



Fuente: elaboración propia.

Dónde se entiende lo siguiente:

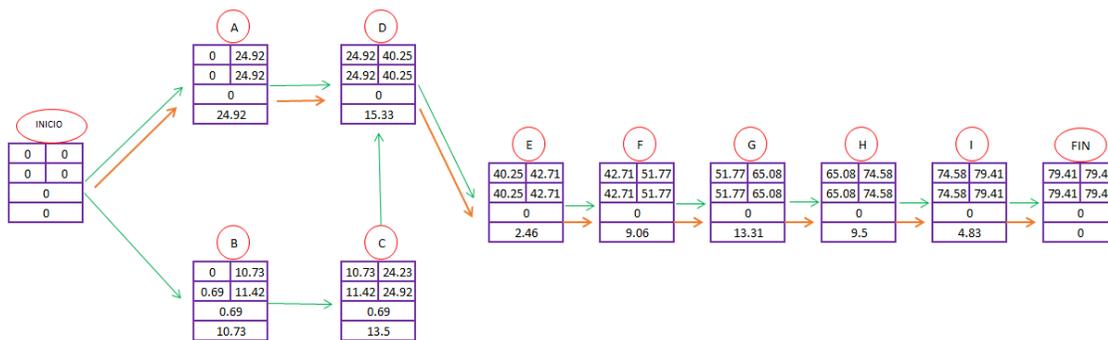
- ES: Tiempo inicial más temprano
- EF: Tiempo final más temprano
- LS: Tiempo inicial más tardío
- LF: Tiempo final más tardío
- P:Partida
- H: Holgura

Tabla II. **Actividades para la elaboración del diagrama CPM**

Etiqueta	Evento	Duración (Minutos)	Precedencia
A	Tableros	24,92	
B	Peinazos	10,73	
C	Perforación de largueros Y peinazos	13,5	B
D	Moldura	15,33	A,C
E	Prensa Taylor	2,46	D
F	Armado de puertas	9,06	E
G	Área de lijado	13,31	F
H	Calibrado	9,5	G
I	Empaque de puertas	4,83	H

Fuente: elaboración propia.

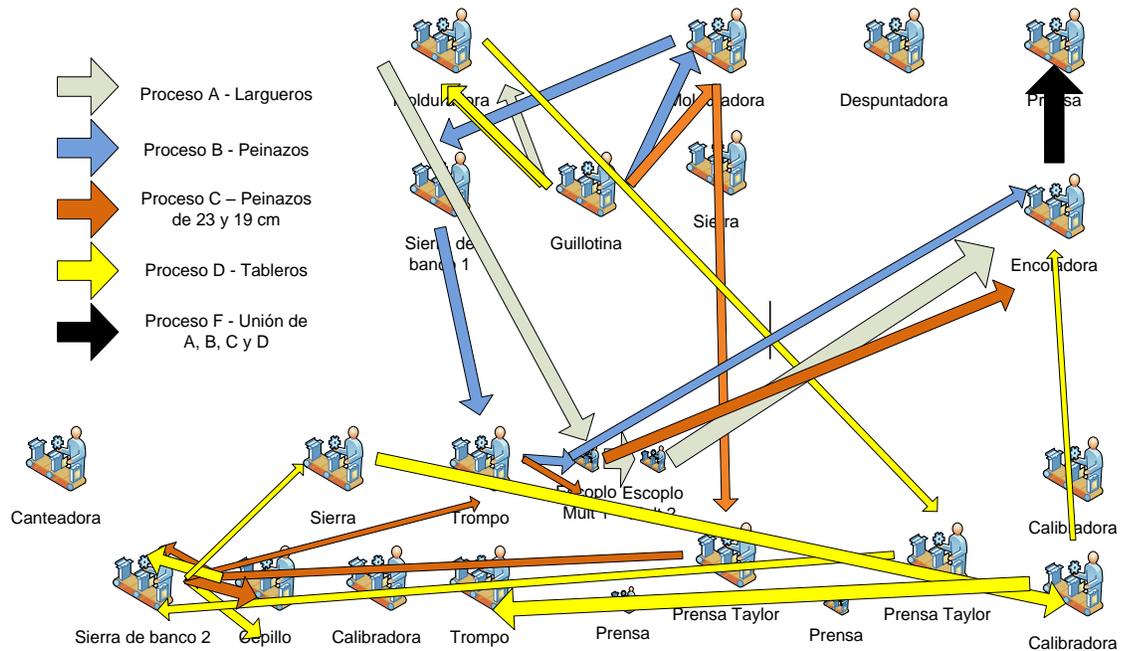
Figura 25. **Diagrama CPM**



Fuente: elaboración propia.

El diagrama CPM muestra con una línea roja la ruta crítica del proceso.

### 2.1.1.3. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

## 2.2. Descripción del equipo

La empresa para poder cumplir con los requerimientos de los clientes no solo de producto sino también de calidad, procura contar con la herramienta y maquinaria que ayude a cumplir este objetivo, siempre teniendo en cuenta el presupuesto de la compañía para la adquisición.

### 2.2.1. Maquinaria

Cuando se habla de una máquina se entiende que posee elementos móviles que se accionan por una energía distinta a la que proporciona un

operario, es decir de forma mecánica, neumática, oleohidráulica, hidráulica, electromagnética, térmica.

#### **2.2.1.1. Sierra de banco industrial**

Esta máquina es utilizada para realizar cortes exactos en la madera, en los casos que se necesiten cortar los topes, las placas de madera, armadores entre otros.

El área que ocupa es de 1,5 x 2,10 m y utiliza una sierra de 40 dientes con 10 pulg de diámetro y 0,3 cm de grosor la cual se debe cambiar cada 3 días aproximadamente.

Figura 26. **Sierra de banco industrial**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1.2. Encoladora de alta revolución**

En el proceso de fabricación de puertas es necesaria esta máquina debido a que con ella se puede aplicar de una forma rápida y fácil el pegamento a las diferentes piezas con las que se conforman una puerta. Esta máquina cuenta con rodillos con los cuales aplica el pegamento, dichos rodillos deben ser cambiados aproximadamente cada dos años pues el desgaste no es mucho. Únicamente se debe limpiar los rodillos una vez finalice la jornada con abundante agua.

El área que ocupa es de 0,7 x 1,9 m y utiliza un voltaje de 110/220.

**Figura 27. Encoladora de alta revolución**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.1.3. Prensa industrial

La prensa industrial es una máquina que básicamente su función es compactar y presenta un mecanismo de vasos que están comunicados entre sí y son puestos en marcha por pistones y por medio de distintas fuerzas de baja intensidad logra otras fuerzas más intensas.

En la empresa se cuenta con dos presas las cuales ocupan cada una un área de 1,3 x 2,6 m trabaja con una presión de 100 psi. Presiona el lote de puertas por aproximadamente 20 minutos esto con la finalidad de que el pegamento actúe de una mejor forma.

Figura 28. Prensa industrial 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Prensa industrial 2**



Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.1.4. Perfiladora de cantos manual**

Esta máquina es la encargada de perfilar o corregir cualquier imperfección que tengan las puertas a los lados, se cuenta con dos perfiladoras la primera posee las siguientes características: 220 voltios, 8 cuchillas, medidas de 50x12x1,5 mm, ocupa un área de 2,5 x 3,2 m. Las cuchillas deben cambiarse aproximadamente cada tres días.

La segunda perfiladora trabaja con 220 voltios, 4 discos de 3 mm de grosor, 30 cm de diámetro y 40 dientes cada uno. Ocupa un área de 3x3,6m

Figura 30. **Perfiladora de cantos manual 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Perfiladora de cantos manual 2**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1.5. Canteadora de madera**

Esta máquina rectifica las piezas que no están rectas después de haber pasado un proceso de corte. Utiliza 4 cuchillas de rodillo, 220 voltios y ocupa un área de 0,5x0,9 m.

Figura 32. **Canteadora de madera**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1.6. Trompo de moldura**

Esta máquina moldea o le da un acabado fino a las piezas, utiliza una cuchilla de 3 alas para hacer dichas molduras, estas molduras puede ser de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$ . También posee un alimentador que utiliza un motor de  $\frac{1}{4}$  hp y 115 volt, 1 hp. La empresa cuenta con un segundo trompo con las mismas características.

Figura 33. **Trompo de moldura 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Trompo de moldura 2**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1.7. Seccionadora de corte horizontal**

La seccionadora es una máquina automatizada y es usada para cortar los marcos mdf, pino sólido y finger, tiene una capacidad de aproximadamente 2 a 8 planchas, un operador debe programar en el panel de control el tamaño de los cortes que se necesitan.

Figura 35. **Seccionadora de corte horizontal**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.2. Herramientas**

Al definir esta palabra, si bien es cierto que como principio básico es que son elementos que se accionan manualmente, por ejemplo un serrucho o una llave, también es posible que se puedan considerar como herramienta algunas máquinas como atornilladores eléctricos.

### **2.2.2.1. Guillotina de corte metálico**

Es utilizada para cortar las láminas que se utilizan para fabricar puertas metálicas, funciona con una corriente de 220volt., utiliza una cuchilla de 2.15 m de largo y 3 mm de grosor. El área que ocupa es de 3.05x3.16m. Esta herramienta se acciona por un pedal el cual se debe presionar siempre que se quiera realizar un corte.

Figura 36. **Guillotina de corte metálico**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.2.2. Dobladora de perímetro de lámina**

Esta herramienta es utilizada en el área de fabricación de puertas metálicas, su función es hacer doblez de las pestañas que van sujetas a las pilastrillas, utiliza una corriente de 220 volt., ocupa un área de 1,75x2,3 m. Adicionalmente utiliza una cortina de 2 m de largo y 3 mm de grosor.

Figura 37. **Dobladora de perímetro de lámina**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.2.3. Lijadora orbital**

La función de esta herramienta es lijar las piezas para darles un mejor acabado. Utiliza una banda lijadora de 60 y -88, trabaja con una corriente de 115/230 volt y ocupa un área de 0,7 x 0,9 m. La empresa posee dos lijadoras de este tipo.

Figura 38. **Lijadora orbital 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Lijadora orbital 2**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.2.4. Calibradora de puertas industrial

Esta herramienta es útil debido a que calibra o rectifica las piezas que los proveedores envían ya que estas no vienen parejas y cuando se cortan estas piezas forman demasiadas rebabas a los lados. Básicamente utiliza una banda lijadora de 25x60 plg. Ocupa un área de 1x1m y utiliza una corriente de 220 volt. La empresa cuenta con dos calibradoras, la segunda ocupa un área de 1x1,6 m.

Figura 40. Calibradora de puertas industrial 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Calibradora de puertas industrial 2**



Fuente: elaboración propia

### **2.2.3. Distribución de maquinaria**

Se refiere al ordenamiento físico de los elementos industriales de tal forma que el sistema sea productivo y capaz de alcanzar los objetivos fijados siempre eficaz y adecuadamente. Incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, trabajadores.

A continuación un plano de la distribución de la maquinaria.



## **2.3. Materia prima actual**

La materia prima se refiere a todos aquellos elementos que se incluyen en la elaboración de un producto final, la empresa mediante un proceso de transformación modifica esta materia prima para poder entregar un producto de calidad.

Estos elementos deben ser identificables y medibles ya que solo así se puede determinar los costos involucrados. Dentro de los puntos críticos de la materia prima es su manejo pues este manejo puede ser determinante para la disminución de costos.

### **2.3.1. Consumo de materia prima**

En esta sección se presenta el consumo de materia prima, este consumo es en base a un lote de puertas que se fabrican, en el caso de cada una de las piezas no hay tanto problema en cuantificarlo, el inconveniente se presenta en producto que no es tan fácil cuantificarlo.

#### **2.3.1.1. Piezas de madera de pino tipo radiata**

El consumo de estas piezas se presenta a continuación en la tabla, la división se hace por estación y para un lote de 120 puertas en total, lo cual es la producción actual.

Tabla III. **Consumo de piezas de madera de pino tipo radiata**

Estación	Lote de puertas	piezas
Peinazos , tableros, largueros)	120	1 080

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.1.2. Pegamento Industrial**

Actualmente se logra pegar 10 puertas por cada bote de pegamento industrial. Entendiendo que el lote que se logra es de 120 puertas, se utiliza. 12 botes de pegamento industrial para sacar un lote de puertas de madera de pino tipo radiata.

### **2.3.1.3. Relleno de poliestireno**

Este relleno al que se refiere son unas tiras de poliestireno que se colocan a las puertas, en la mayoría de los casos se utiliza para puertas de HDF o MDF en las cuales se utilizan dos placas de madera HDF o MDF y se unen, estas si no se coloca relleno probablemente se deformarían porque en el centro está vacío. En el caso de las puertas de pino normalmente son sólidas por lo que no se necesita este tipo de relleno.

### **2.3.1.4. Pilastría de madera de pino**

La pilastría se refiere a la orilla que llevan las puertas, esta se utiliza únicamente cuando son puertas de HDF o MDF que se unen dos placas y sirve para tapar las orillas de tal forma que no se vea el relleno que llevan las placas.

## **2.4. Métodos actuales de trabajo**

Los métodos de trabajo constituyen el conjunto de jornadas que se laboran, de tal forma que se pretende optimizar las horas-hombre y permitir alcanzar los objetivos de producción.

### **2.4.1. Jornadas laborales**

También llamada jornada ordinaria de trabajo, hace referencia al tiempo que un empleado ha pactado el trabajar para un patrono en una relación laboral. En este contexto existe también el término Jornada de Trabajo Ordinaria de Trabajo Máxima, este término surge debido a que debe existir un máximo que una persona puede brindar un buen servicio. Dentro de la legislación guatemalteca se establecieron tres jornadas:

#### **2.4.1.1. Jornada diurna**

Esta jornada está contemplado que inicia a las 6:00 horas y finaliza a las 18:00 horas, si bien es cierto que tiene un inicio y un final no necesariamente debe trabajarse el total de horas, la ley establece que el máximo de horas a laborarse en esta jornada es de 8 horas diarias pudiendo computarse hasta un máximo de 44 horas a la semana.

#### **2.4.1.2. Jornada mixta**

Esta jornada incluye una parte en jornada diurna y otra parte en jornada nocturna, se pueden trabajar siete horas al día, hay que tener en cuenta que si existen más de cuatro horas en jornada nocturna esta se considerará jornada

nocturna y no mixta. El máximo de horas a laborarse en la semana es de 42 horas.

#### **2.4.1.3. Jornada nocturna**

La jornada se empieza a computar a partir de las 18:00 horas y finaliza a las 6:00 horas del día siguiente, al igual que la jornada diurna, esto no significa que deben trabajarse todas estas horas, lo que establece el Código de trabajo son 6 horas máximas para laborar en esta jornada y se pueden computar un máximo 36 horas a la semana.

#### **2.4.2. Estaciones de trabajo**

Debido a la demanda actual la empresa no se dedica únicamente a la fabricación de puertas de madera de pino sino que existen otros tipos de puertas los cuales cuentan con una sección para dicho propósito. Actualmente existen tres áreas o estaciones las cuales son:

- Estación de puertas sólidas
- Estación de puertas HDF
- Estación de puertas metálicas

##### **2.4.2.1. Estación de puertas sólidas**

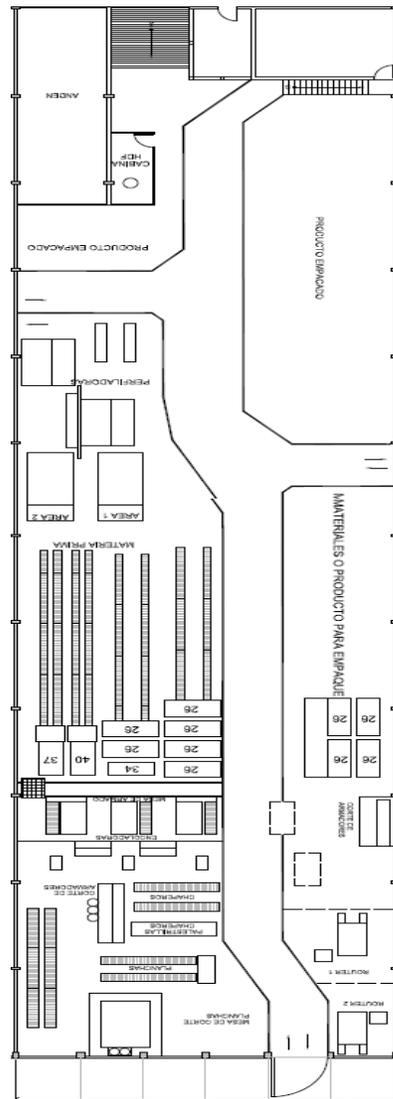
A continuación se muestra un plano de distribución de la estación de fabricación de puertas sólidas.



### 2.4.2.2. Estación de puertas HDF

A continuación se presenta el plano de la estación de puertas HDF.

Figura 44. Estación de puertas HDF

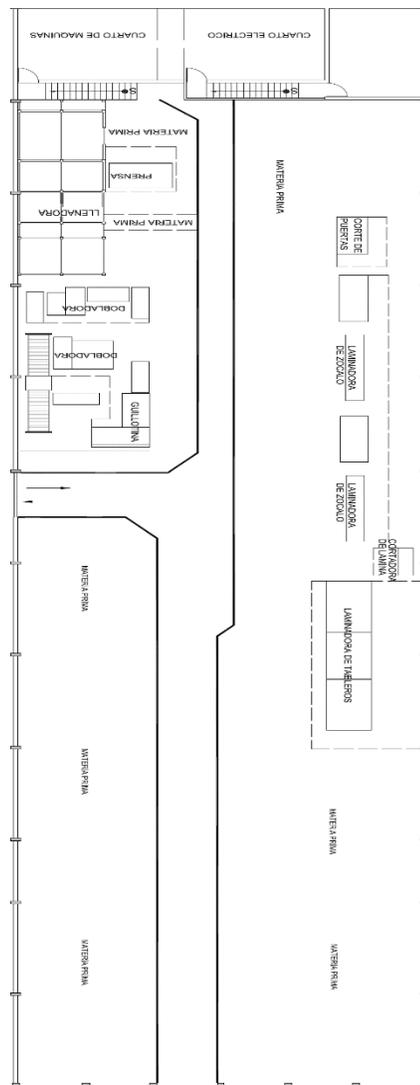


Fuente: Empresa de fabricación de puertas de madera

### 2.4.2.3. Estación de puertas metálicas

En esta sección se presenta el plano que muestra la distribución de la estación donde se fabrican las puertas metálicas.

Figura 45. Estación de puertas metálicas



Fuente: Empresa de fabricación de puertas de madera

## **2.5. Tiempo estándar de la línea de producción**

En toda línea de producción es necesario que esté balanceada de tal forma que se puedan disminuir los cuellos de botella, es necesario recordar que el ritmo de la línea será la de la operación más lenta. Por lo que cuando se dice que una línea está balanceada quiere decir que se ha identificado la operación más lenta y a ese ritmo produce la línea.

### **2.5.1. Operaciones productivas e improductivas del método actual de trabajo**

Dentro del análisis se pudo notar las siguientes acciones que son improductivas:

- La maquinaria con que se cuenta en la planta actualmente presenta un deterioro debido a que son demasiado antiguas y nos e les da mantenimiento preventivo, dando como resultado el paro de la producción algunas veces debido a que alguna de las máquinas presenta falla debido al uso prolongado que poseen.
- No se cuenta con stock de repuestos para la sierra de banco.
- Con la prensa el operario no trabaja con los 100 psi de presión, sino que muchas veces trabaja con más de lo establecido ocasionando recalentamiento.
- No se tiene stock de cuchillas para la perfiladora ocasionando paros en la producción. Muchas veces en el día se tienen paros de 30 a 45 minutos ya que el motor de esta máquina se calienta debido a que es un modelo antiguo y no se le da el mantenimiento preventivo necesario y pasa encendida durante la jornada de trabajo.

- En la guillotina es necesario cambiar los contactores sin embargo no se posee un stock de repuestos.
- El operario lamentablemente no limpia diariamente el canal de la dobladora donde entra la cortina, ocasionando que la máquina se quede trabada en dicho canal o que se caliente el motor debido a que hace un mayor esfuerzo, adicional a los paros que ocasiona también produce gastos en reparación.
- En la prensa el operario muchas veces por hacer el proceso de una forma más rápida baja de una forma rápida y brusca la prensa ocasionando que el mecanismo hidráulico de ésta se forcé, adicionalmente el operario no limpia los residuos de espuma que se impregna en la prensa ocasionando que ésta trabaje muchas veces de forma curvada lo cual puede causar deformación en la misma.
- Debido a que la lijadora es de un modelo antiguo presenta calentamiento y se para automáticamente debido a que pasa encendida toda la jornada.
- No existe stock para el cambio de la cuchilla de 3 alas del trompo, adicionalmente el operario no limpia el mismo constantemente, dejando que se le acumule la rebaba que despide la madera causando paros y recalentamiento en el motor de la cuchilla.

### **2.5.2. Eficiencia actual**

A continuación se presenta el tiempo la toma de tiempos por cada proceso involucrado en la fabricación de las puertas de madera de pino.

**Tabla IV. Tiempos cronometrados en corte de largueros**

Elemento / Ciclo	Ciclos					Total	Promedio
	1	2	3	4	5		
Selección de madera (primaria)	0,04	0,05	0,0635	0,04	0,04	0,2335	0,0467
Corte de las piezas (2)	0,189	0,194	0,1764	0,184	0,1652	0,9086	0,18172
Revisión	0,035	0,032	0,035	0,04	0,045	0,187	0,0374
Se pasa por la molduradora	0,32	0,355	0,356	0,3	0,31	1,641	0,3282

Fuente: elaboración propia.

Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se realizan paros de 2 minutos cada 15 minutos para limpiar la máquina.
- Se necesitan procesar 400 piezas para obtener 200 puertas.

**Tabla V. Tiempos cronometrados en peinazos de 23 y 19**

Elemento / Ciclo	Ciclos					Total	Promedio
	1	2	3	4	5		
Selección de madera (primaria)	0,0475	0,0435	0,0432	0,0329	0,0325	0,1996	0,03992
Corte de las piezas (2)	0,2102	0,2202	0,1875	0,197	0,1965	1,0114	0,20228
Revisión	0,0231	0,02152	0,0296	0,0285	0,045	0,14772	0,029544
Se pasa por la molduradora	0,2814	0,3155	0,3012	0,3269	0,2929	1,5179	0,30358

Fuente: elaboración propia.

Tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Se realizan paros de 2 minutos cada 30 minutos para limpiar la máquina.
- Se necesita procesar 400 piezas para poder obtener 200 puertas

**Tabla VI. Tiempos cronometrados en tableros**

Elementos / Ciclo	Ciclos					Total	Promedio
	1	2	3	4	5		
Selección de madera (primaria)	0,035	0,0399	0,0344	0,0465	0,0236	0,1794	0,03588
Corte de las piezas (2)	0,2697	0,2756	0,2001	0,1978	0,2123	1,1555	0,2311
Revisión	0,0231	0,02152	0,0296	0,0285	0,045	0,14772	0,029544
Se pasa por la molduradora	0,245	0,255	0,264	0,223	0,213	1,2	0,24

Fuente: elaboración propia.

Tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Se realizan paros de 2 minutos cada 30 minutos.
- Es necesario procesar 600 piezas para fabricar 200 puertas

**Tabla VII. Tiempos cronometrados para largueros de peinaos**

Elementos / Ciclo	Ciclo					Total	Promedio
	1	2	3	4	5		
Selección de madera (primaria)	0,04	0,05	0,0635	0,04	0,04	0,2335	0,0467
Corte de las piezas (2)	0,189	0,194	0,1764	0,184	0,1652	0,9086	0,18172
Revisión	0,035	0,032	0,035	0,04	0,045	0,187	0,0374
Se pasa por la molduradora	0,32	0,355	0,356	0,3	0,31	1,641	0,3282

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Eficiencia actual**

<b>Evento</b>	<b>Duración (minutos)</b>	<b>Precedencia</b>
<b>Tableros</b>	24,92	
<b>Peinazos</b>	10,73	
<b>Perforación de largueros Y peinazos</b>	13,5	B
<b>Molduradora</b>	15,33	A,C
<b>Prensa Taylor</b>	2,46	D
<b>Armado de puertas</b>	9,06	E
<b>Area de lijado</b>	13,31	F
<b>Calibrado</b>	9,5	G
<b>Empaque de puertas</b>	4,83	H
<b>Tiempo Total</b>	103,64	
<b>Tiempo disponible</b>	420	
<b>Demanda</b>	120	
<b>Tiempo del ciclo</b>	3,5	
<b>No. Mínimo de Estaciones</b>	13	
<b>% Eficiencia Línea</b>	46	

Fuente: elaboración propia

La eficiencia que tiene actualmente el proceso es del 46 por ciento.

## 2.6. Mercado actual

Cuando se busca definir la palabra mercado, se revocan muchas definiciones aunque con casi el mismo sentido, en cada área respectiva se tiene un concepto de lo que es mercado, ejemplificando esta premisa, para un accionista si se le consulta que es mercado seguramente dirá algo relacionado con valores o capital, para un economista probablemente indicará que es todo lo relacionado con la oferta y la demanda y se deben determinar los precios de venta de los bienes y/o servicios mediante el comportamiento de esta oferta y

demanda, en cambio si se le consultara a un ama de casa probablemente dirá que es un lugar donde puede comprar productos que necesita para su hogar.

Para el caso de producción de puertas se puede decir que el mercado se define como la oferta y la demanda que existe de las puertas, es decir incluye todos los compradores reales y en algún punto potenciales, es decir en esta industrial el mercado incluye no solo aquellos que poseen una puerta si no también los que están dispuestos a comprar y disponen los medios para pagar el precio de esta puerta.

### **2.6.1. Área de Centroamérica**

Este mercado es el principal al cual se dirige la empresa por los beneficios que se tienen entre la comercialización entre países, como es bien sabido en Centroamérica se negoció un tratado de libre comercio entre Centroamérica, este es regido por el CAUCA y RECAUCA.

Este tratado de libre comercio permite a la empresa exportar a todos los países de Centroamérica mediante un documento llamado FAUCA. Este documento es bastante fácil de llenar debido a que se han creado entidades que apoyan la exportación y proveen los accesos para el llenado de dichos documentos.

Para poder exportar a Centroamérica y cualquier parte del mundo como productores de puertas en Guatemala es necesario contar con un código de exportador el cual debe de solicitarlo en la Asociación Guatemalteca de Exportadores, AGEXPORT, esta asociación brinda un acceso a la página llamada Seadex, esta es una plataforma que permite a los productores crear un FAUCA para poder exportar.

## **2.6.2. Otras áreas**

Si bien es cierto que exportar a Centroamérica tiene ciertos beneficios la empresa ha decidido buscar otros mercados a los cuales llegar, pues aunque por ejemplo en el caso de los documentos de exportación no sean los mismos, si se reciben los beneficios por ejemplo de estar bajo el Decreto número 29-89, Ley de Fomento y Desarrollo de la Actividad Exportadora y de Maquila, emitido por el Congreso de la República, este decreto se emitió en Guatemala para favorecer de cierta forma a los productores guatemaltecos que utilizaban productos de otros países y en Guatemala solo se ensamblaban, es decir únicamente la mano de obra era realizada en nuestro país.

Aunque las reglas del juego cambiaron, debido a que este decreto fue modificado y únicamente beneficia completamente a dos industrias específicas en Guatemala, aun se puede tener los beneficios para materia prima en el caso de otras industrias, es decir la empresa puede seguir exportando aunque no con todos los beneficios.

### **2.6.2.1. Panamá**

En el caso de Panamá es especial únicamente porque aunque este país ha insistido en no pertenecer a Centroamérica si ha buscado los beneficios que existen de comercio en Centroamérica mediante el tratado de libre comercio. Por lo que al momento de exportar se apega a los beneficios que conlleva este tratado de libre comercio entre Centroamérica.

Actualmente para la empresa es un mercado muy productivo pues Panamá no es un país productor si no consumidor, existen grandes empresas que son distribuidores de los productos que fabrica la empresa

### **2.6.2.2. El Caribe**

Debido al producto que se comercializa, que es un producto que en cualquier país lo utilizan, la empresa ha llegado a ciertos países del Caribe, estos países son:

- República Dominicana
- Jamaica
- Trinidad y Tobago

Estos son países especiales debido a la humedad que existe en ellos, por lo que si se comercializa un producto que no ha sido tratado con el suficiente tiempo tenderá a expandirse por dicha humedad. Este ha sido un punto a favor de la empresa ya que la materia prima cumple con los parámetros de exposición en el ambiente antes de procesarla.

### **2.7. Clientes**

Para la empresa cada cliente debe ser especial y se debe investigar cada necesidad en específico, por eso se ha dividido en dos secciones los clientes estos son:

- Distribuidores
- Constructoras

A continuación una descripción de cada uno de estas grandes divisiones de clientes.

### **2.7.1. Empresas distribuidoras**

Se refiere a las empresas que son grandes distribuidoras de productos para la construcción y el hogar, estas empresas representan la mayor parte de los clientes debido a que son los que más consumen los productos.

Cabe mencionar que en Guatemala no existen muchas empresas que se dediquen a distribuir por lo que los clientes normalmente están en el extranjero.

En Guatemala se podría mencionar empresas como CEMACO y EPA

A nivel internacional es posible mencionar empresas como SINSA o Cochez y Cía.

### **2.7.2. Empresas constructoras**

Estos clientes son específicos pues se dedican a vender a proyectos, al final la empresa no le vende al consumidor final.

Este tipo de clientes probablemente no compra volumen si no que puertas específicas que representan un ingreso algo debido a esas especificaciones que solicitan.

En Guatemala no se cuenta con este tipo de clientes, únicamente se cuentan en el extranjero.



### **3. PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN**

En vista del mundo cambiante en el que se está viviendo a nivel mundial, si las empresas quieren crecer, es necesario ver de qué forma se modernizan y mejoran los procesos que poseen, esta mejora no necesariamente debe ser grande, únicamente se debe velar porque mejore quizá otro proceso y así como una cadena lograr recorrer una gran parte del proceso mejorando cada eslabón lo cual mejorará el proceso completo. A continuación se presentan algunas mejoras aunque no todas significativas, pero contribuirán a la mejora del proceso completo de fabricación de puertas sólidas de madera de pino tipo radiata en la empresa fabricante de puertas.

#### **3.1. Mejora del proceso**

En la sección anterior se planteó varios escenarios en los cuales existen deficiencias entre las cuales incluye el mantenimiento, los repuestos, tiempos muertos, entre otros. Las secciones que a continuación se presentan analizarán siete áreas, las cuales son las siguientes:

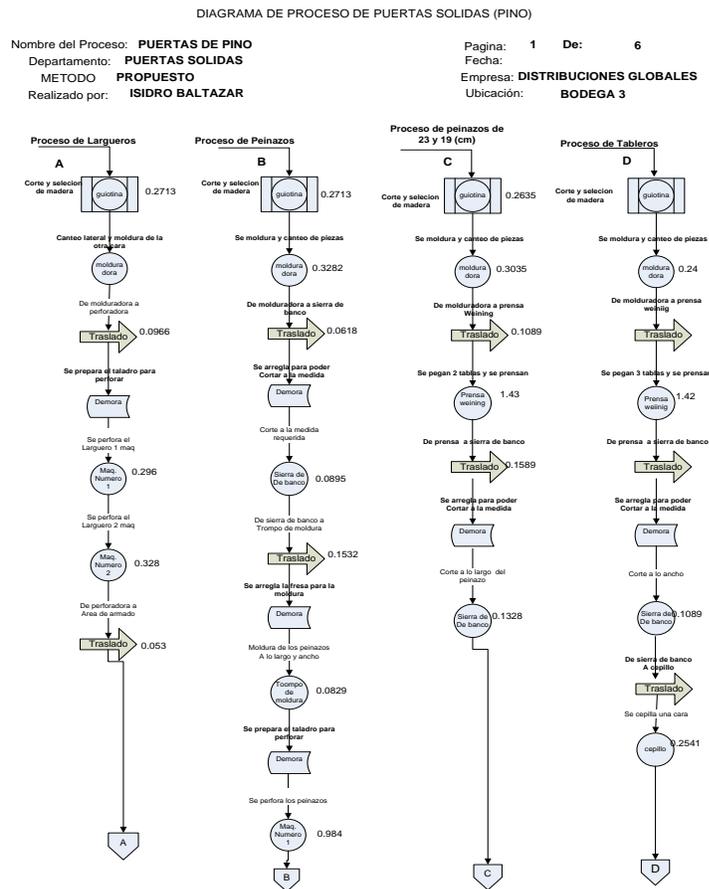
- El proceso productivo
- La maquinaria
- Condiciones ambientales de trabajo
- Consumo de materiales
- Administración del proceso
- Puestos de trabajo
- Producto terminado

Dentro de las mejoras más relevantes que se proponen es el cambio de una máquina Prensadora, actualmente se utiliza la Prensadora Taylor, el cambio que se sugiere es por una Prensadora Weining, en una sección posterior se dará las especificaciones.

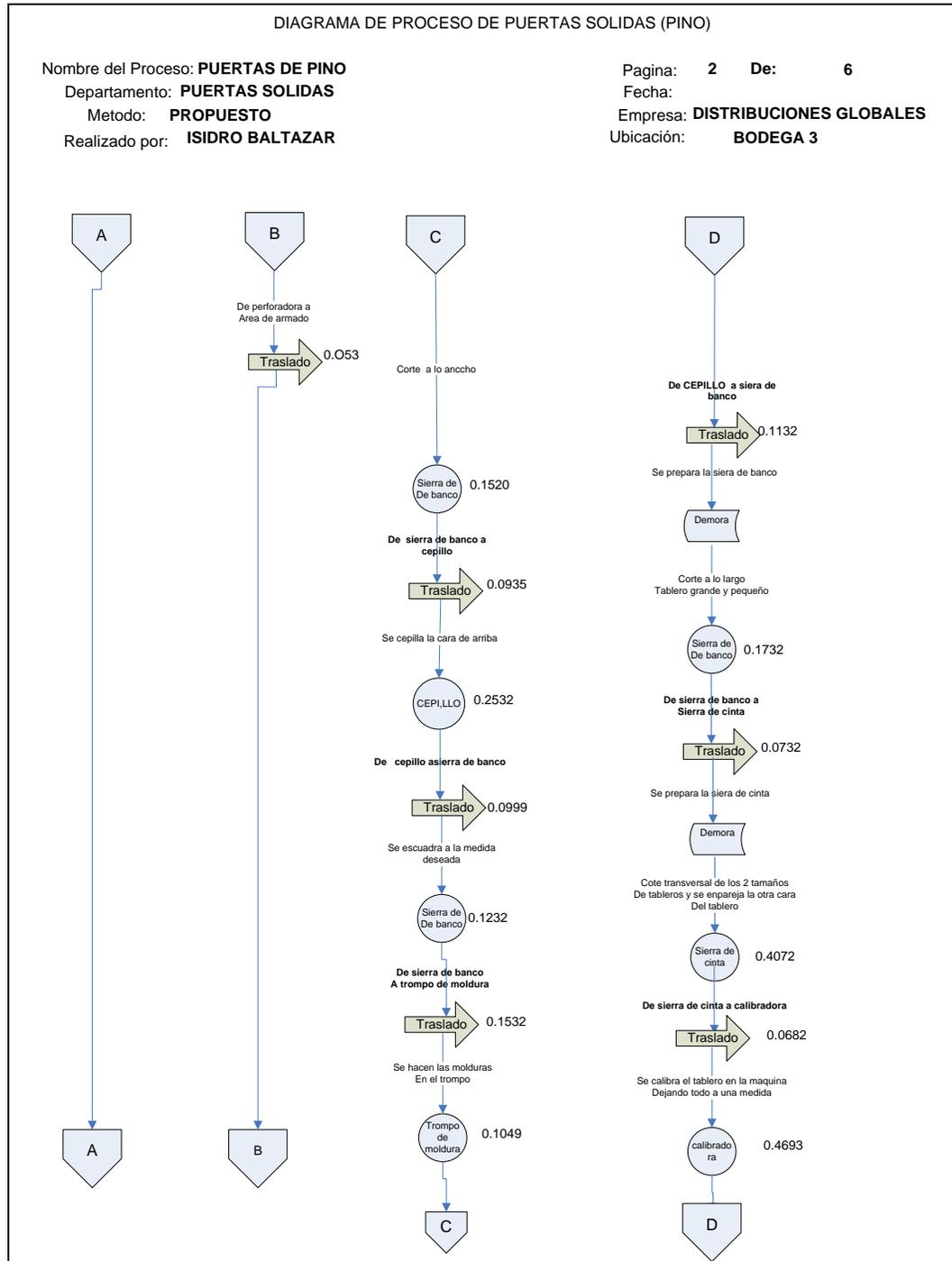
### 3.1.1. Diagrama de operaciones

En vista del cambio sugerido de la adquisición de una Prensadora Weining, el diagrama de operaciones propuesto sería el siguiente.

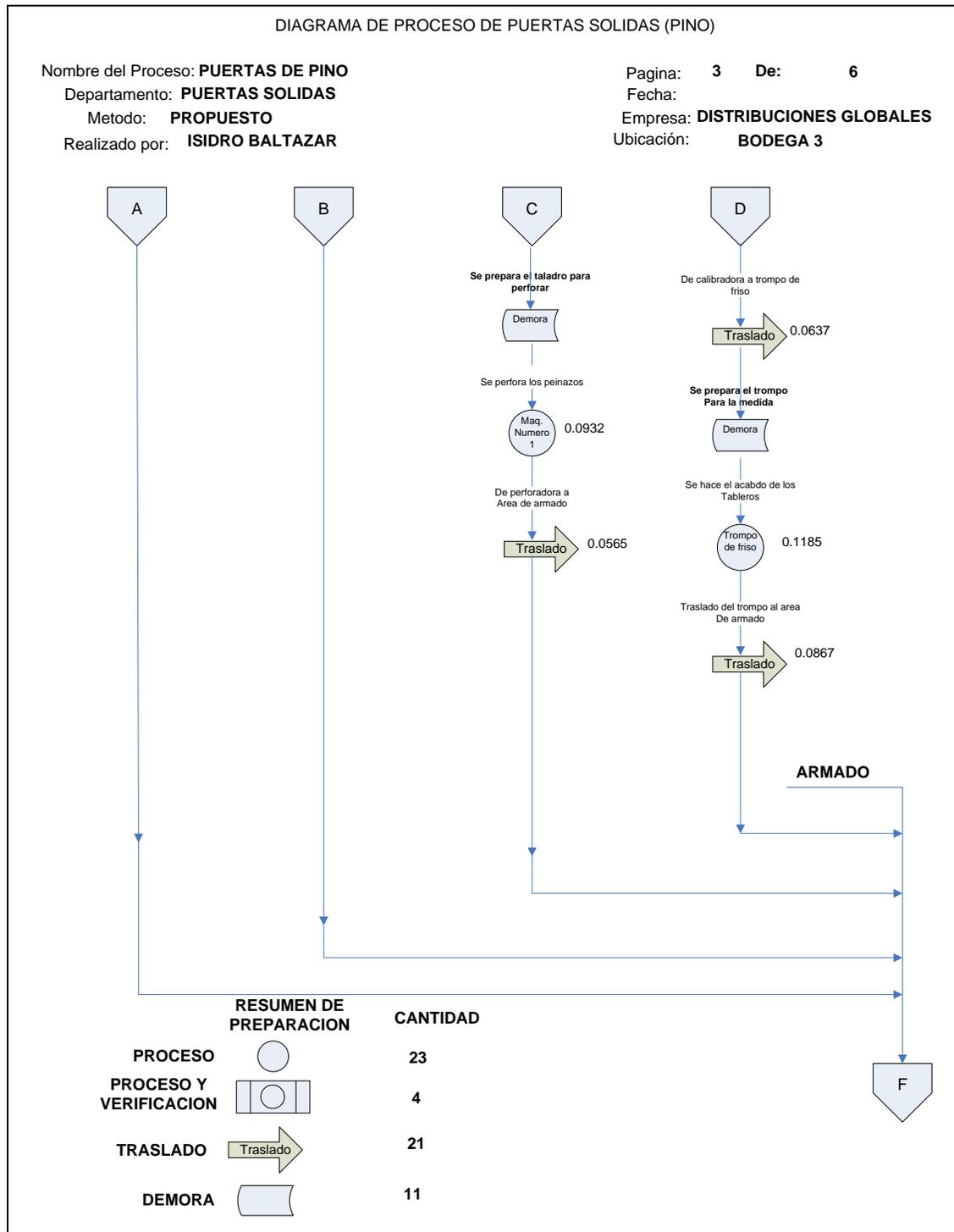
Figura 46. Diagrama de operaciones propuesto



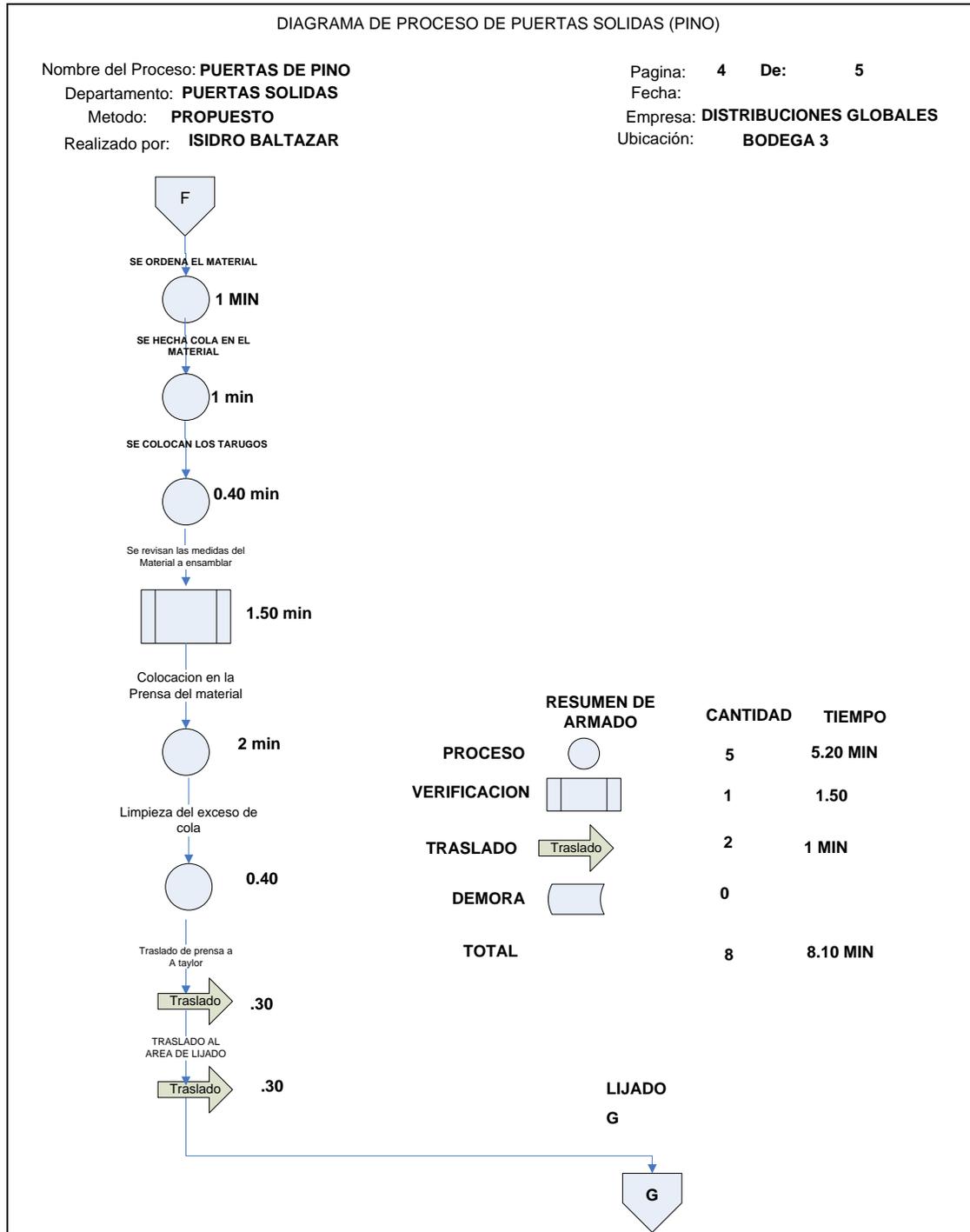
Continuación figura 46.



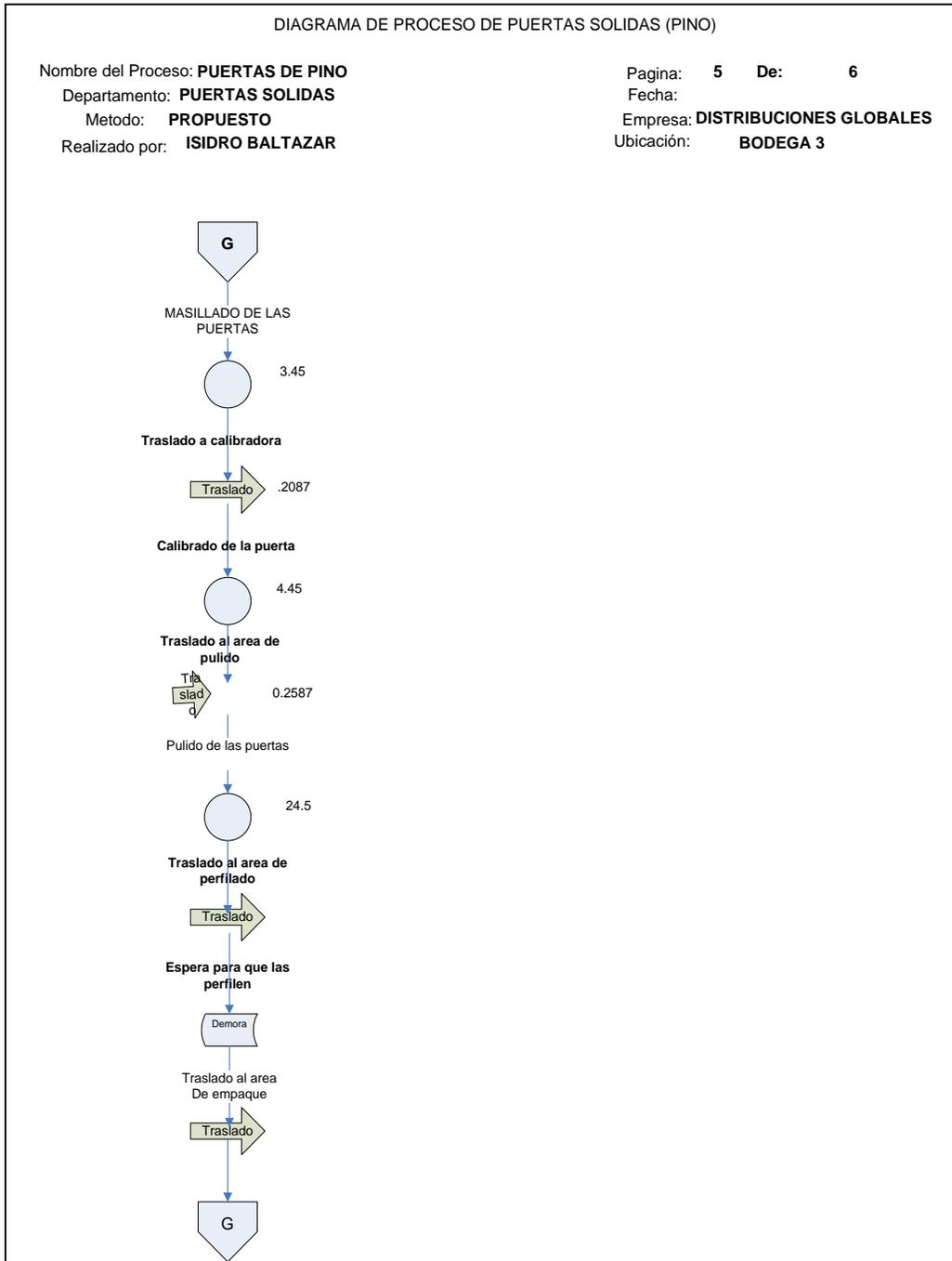
Continuación figura 46.



Continuación figura 46.



Continuación figura 46.

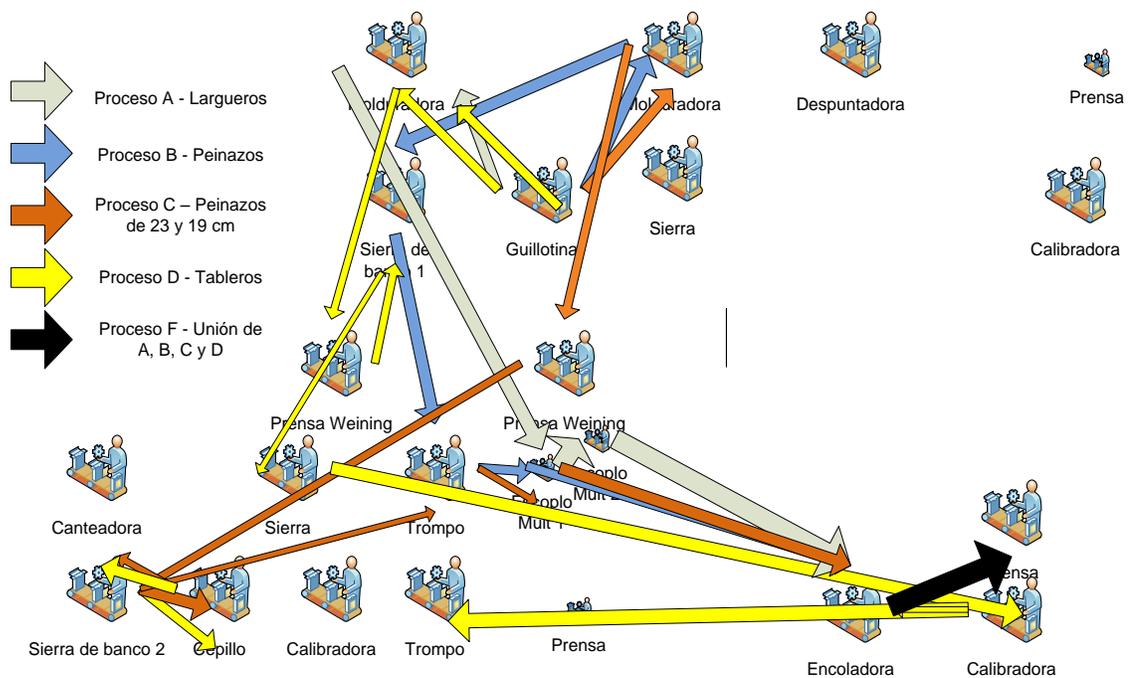


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 3.1.2. Diagrama de recorrido

A continuación se presenta la opción sugerida para el diagrama de recorrido sugerido, con la adquisición de la nueva prensadora se puede reubicar de tal forma que se acorten los recorridos.

Figura 47. Diagrama de recorrido sugerido



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 3.1.3. Toma de tiempos de procesos

Al momento de hacer el cambio en la Prensadora Weining se estima que se reducirían los tiempos en los procesos donde se hace uso de esta máquina que son los procesos de peinaos de 19 y 23 centímetros y el proceso de los tableros.

Tabla IX. **Tiempos de procesos sin mejoras**

PROCESO	TIEMPO EN MIN	PIEZAS POR HORA	TOTAL DE PIEZAS
PROCESO DE LARGUEROS	1,610	37,267	1 LARGUERO
PROCESO DE PEINAZOS	2,300	26,087	5 PEINAZOS
PROCESO DE PEINAZOS DE 19 Y 23	5,110	11,742	2 PEINAZOS DE 19 Y 23
PROCESO DE TABLEROS	5,850	10,256	6 TABLEROS

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Tiempos de procesos con mejoras**

PROCESO	TIEMPO EN MIN	PIEZAS POR HORA	TOTAL DE PIEZAS
PROCESO DE LARGUEROS	1,62	37,11	1 LARGUERO
PROCESO DE PEINAZOS	2,30	26,09	5 PEINAZOS
PROCESO DE PEINAZOS DE 19 Y 23	4,07	14,75	3 PEINAZOS DE 19 Y 23
PROCESO DE TABLEROS	5,07	11,84	6 TABLEROS

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.4. Balance de líneas

Dentro del proceso se tomó tiempos del ciclo completo, los tiempos que a continuación se presentan es para realizar un lote de 120 puertas.

Tabla XI. **Tiempos para producir un lote de 120 puertas de madera de pino**

Descripción	Tiempo
Molduradora	15,33
Prensa	13,67
Tableros	11,7
Peinazos	10,73
Perforación largueros y peinazos	13,5
Armado de puertas	9,06
Lijado	13,31
Calibrado	9,5
Empaque	9,66

Fuente: elaboración propia.

Como referencia a continuación se presenta una descripción de como determinar cada uno de los datos para el balance de la línea.

Figura 48. **Datos de referencia para realizar balance de línea**

<b>Minuto Total del Operario</b>	$\sum_{i=1} (\min x Op)$	Sumatoria del producto entre el tiempo de cada operación y la cantidad de operarios que la realizan.
<b>Ciclo de Control</b>	$\min >$	Es el tiempo mayor entre los tiempos de cada operación.
<b>N° de Operarios</b>	$\sum Op$	Sumatoria de los operarios que ejecutan las operaciones.
<b>Total Minutos por Línea</b>	$Ciclo\ de\ Control\ x\ N^{\circ}\ de\ Op$	Tiempo que toma la línea en relación a su ciclo de control.
<b>% de Balance</b>	$\frac{Minuto\ Total\ del\ Operario}{Total\ del\ minutos\ por\ línea} \times 100$	% del Balance de la línea. Este es mayor a medida que los tiempos de las distintas operaciones se aproximan.
<b>Ciclo de Control Ajustado</b>	$\frac{Ciclo\ de\ Control}{Desempeño\ de\ la\ línea} \times 100$	Ciclo de control ajustado según el desempeño de la línea
<b>Unidades / Hora</b>	$\frac{60\ minutos}{Ciclo\ de\ Control\ Ajustado}$	Cantidad de unidades por cada hora de trabajo.
<b>Unidades / Turno</b>	$(Unidades\ /\ Hora) \times (Horas\ /\ Turno)$	Cantidad de Unidades por cada turno de trabajo.
<b>Costo x Unidad</b>	$\frac{(N^{\circ}\ de\ Op) \times (Salario\ diario)}{Unidades\ /\ Turno}$	Costo de mano de obra por cada unidad producida

Fuente: Ingeniería Industrial. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/balanceo-de-l%C3%A1nea/>. Consulta: 11 de octubre de 2017.

A continuación se presenta la primera iteración, para dicha iteración se tomó en cuenta un salario por hora de Q79,48 que es el salario mínimo sin contar la Bonificación Mensual.

Tabla XII. **Primera iteración balance de la línea**

Descripción	Tiempo	Operario
Molduradora	2,19	7
Prensa Weinig	6,84	2
Tableros	1,95	6
Peinazos	2,68	4
Perforación largueros y peinazos	3,38	4
Armado de puertas	1,51	6
Lijado	1,48	9
Calibrado	2,38	4
Empaque	4,83	2
Minuto total del operario	27,22638889	
Ciclo de control	6,835	
No. De Operarios	44	
Tiempo de la línea	300,74	
% Balance	9,05	
Ciclo de trabajo ajustado	6,835	
Unidad/Hora	8,78	
Unidad/Turno	70,23	
Unidad/Operario	1,60	
Costo por unidad	Q	49,80

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestran las iteraciones realizadas a fin de balancear la línea.

Tabla XIII. Iteraciones para balancear la línea

Descripción	1a. Iteración		2a. Iteración		3a. Iteración		4a. Iteración	
	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario
Molduradora	2,19	7	2,19	7	2,19	7	2,19	7
Prensa Weinig	6,84	2	4,56	3	4,56	3	2,73	5
Tableros	1,95	6	1,95	6	1,95	6	1,95	6
Peinazos	2,68	4	2,68	4	2,68	4	2,68	4
Perforación largueros y peinazos	3,38	4	3,38	4	3,38	4	3,38	4
Armado de puertas	1,51	6	1,51	6	1,51	6	1,51	6
Lijado	1,48	9	1,48	9	1,48	9	1,48	9
Calibrado	2,38	4	2,38	4	2,38	4	2,38	4
Empaque	4,83	2	4,83	2	3,22	3	3,22	3
Minuto total del operario	27,23		24,95		23,34		21,52	
Ciclo de control	6,84		4,83		4,56		3,38	
No. De Operarios	44,00		45,00		46,00		48,00	
Tiempo de la línea	300,74		217,35		209,61		162,00	
% Balance	9,05		11,48		11,13		13,28	
Ciclo de trabajo ajustado	6,84		4,83		4,56		3,38	
Unidad/Hora	8,78		12,42		13,17		17,78	
Unidad/Turno	70,23		99,38		105,34		142,22	
Unidad/Operario	1,60		2,21		2,29		2,96	
Costo por unidad	Q	49,80	Q	35,99	Q	34,71	Q	26,82

Continuación tabla XIII.

5a. Iteración		6a. Iteración		7a. Iteración		8a. Iteración	
Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario	Tiempo	Operario
2,19	7	2,19	7	2,19	7	2,19	7
2,73	5	2,73	5	2,28	6	2,28	6
1,95	6	1,95	6	1,95	6	1,95	6
2,68	4	2,68	4	2,68	4	2,68	4
2,70	5	2,70	5	2,70	5	2,25	6
1,51	6	1,51	6	1,51	6	1,51	6
1,48	9	1,48	9	1,48	9	1,48	9
2,38	4	2,38	4	2,38	4	2,38	4
3,22	3	2,42	4	2,42	4	2,42	4
20,84		20,04		19,58		19,13	
3,22		2,73		2,70		2,68	
49,00		50,00		51,00		52,00	
157,78		136,70		137,70		139,49	
13,21		14,66		14,22		13,71	
3,22		2,73		2,70		2,68	
18,63		21,95		22,22		22,37	
149,07		175,57		177,78		178,94	
3,04		3,51		3,49		3,44	
Q	26,13	Q	22,64	Q	22,80	Q	23,10

Fuente: elaboración propia.

La iteración en la que se balancea la línea es en la quinta.

Tabla XIV. **Iteración final para balancear línea**

Descripción	5a. Iteración	
	Tiempo	Operario
Molduradora	2.19	7
Prensa Weinig	2.73	5
Tableros	1.95	6
Peinazos	2.68	4
Perforación largueros y peinazos	2.70	5
Armado de puertas	1.51	6
Lijado	1.48	9
Calibrado	2.38	4
Empaque	3.22	3
Minuto total del operario	20.84	
Ciclo de control	3.22	
No. De Operarios	49.00	
Tiempo de la línea	157.78	
% Balance	13.21	
Ciclo de trabajo ajustado	3.22	
Unidad/Hora	18.63	
Unidad/Turno	149.07	
Unidad/Operario	3.04	
Costo por unidad	Q	26.13

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. **Maquinaria nueva para los escenarios planteados**

Quizá muchas empresas esperan la menor inversión y aunque es válida esta opción, también hay procesos en los cuales es necesaria la inversión en nueva tecnología.

Básicamente para esta propuesta se sugiere únicamente la compra adicional de una máquina prensadora, es la máquina Weining. Debido a que la Prensadora actual, Taylor, es de modelo muy antiguo.

“Cuenta con un proceso de prensado inteligente, se espera que los tableros se fabriquen casi sin desplazamiento. De esta forma se gasta menos material y el lijado posterior se reduce al mínimo, resultando en un mayor ahorro económico. Además, la aplicación de la cola se puede ajustar de modo muy preciso, ahorrando cola y trabajos de limpieza y garantizando la seguridad del proceso productivo. Los sistemas automáticos de alimentación y la tecnología de alta frecuencia que reduce el tiempo de curado del PVA a fracciones, ya están incluidos en el suministro de serie”.<sup>7</sup>

Figura 49. **Prensa Weining**



Fuente: Weining. <https://www.weinig.com/es/madera-maciza/prensas-de-encolado.html>.

Consulta: 07 de noviembre de 2017.

La Prensa Weining es una prensa de encolado muy compacta y de alto rendimiento del nivel tecnológico más alto que cumple las normas de seguridad más estrictas. Su moderna tecnología de alta frecuencia permite los tiempos de

---

<sup>7</sup> Weining. <https://www.weinig.com/es/madera-maciza/prensas-de-encolado.html>.  
Consulta: 7 de noviembre de 2017.

prensado más cortos con juntas completamente curadas desde la salida misma del tablero.

“Gracias a los rápidos tiempos de ajuste y preparación, el encolado con la ProfiPress L II 2 500 resulta económico incluso cuando las dimensiones de los tableros varían con frecuencia. A partir de hoy, aumentará la facilidad y el rendimiento de su producción gracias al proceso automático del ciclo completo de prensado y el vaciado mecánico de la prensa. El pesado banco de prensado macizo es la base para la orientación perfecta de las láminas durante el prensado, reduciendo el desplazamiento vertical y garantizando una superficie plana. Con ello aprovechará mejor la madera y minimizará el lijado posterior. La prensa es la opción para el encolado económico y orientado en el mercado incluso para talleres pequeños y medianos”.<sup>8</sup>

### **3.2.1. Distribución de planta**

Debido a que en la propuesta existe una nueva máquina y adicionalmente se estima una mejora en los tiempos si hay una distribución diferente de la planta se sugiere la siguiente distribución, realizada según el método *Layout*.

---

<sup>8</sup> Weining. <https://www.weinig.com/es/madera-maciza/prensas-de-encolado/serie-profipress-l-ii/profipress-l-ii-2500.html>. Consulta: 7 de noviembre de 2017.

Tabla XV. **Maquinaria disponible**

Maquinaria	No.
Despuntadora	1
Molduradora 1	2
Molduradora 2	3
Sierra de banco 1	4
Guillotina	5
Sierra de cinta 1	6
Calibrador 1	7
Calibrador 2	8
Prensa Weinig	9
Escoplo 1	10
Escoplo 2	11
Trompo 1	12
Trompo 2	13
Sierra de Cinta 2	14
Calibradora 1	15
Cepillo	16
Sierra de Banco 2	17
Canteadora	18

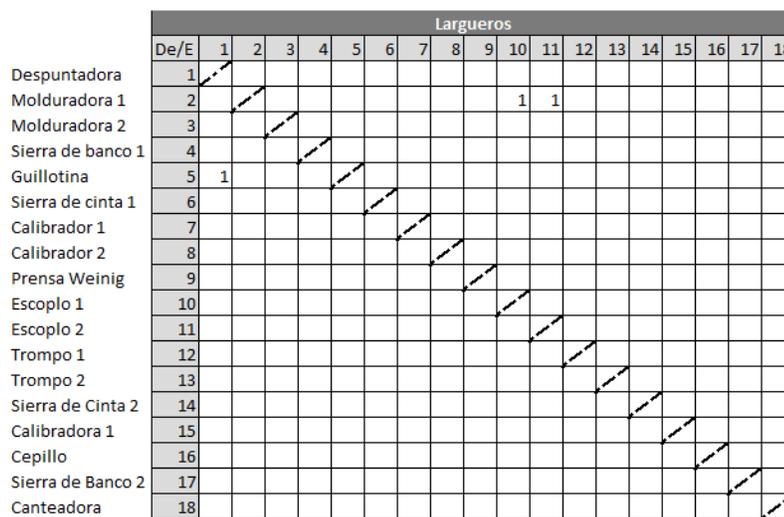
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Actividades relacionada y porcentaje de participación**

Actividad	% utilización
Tableros	11%
Peinazos	10%
Peinazos de 23 y 19 cm	13%
Largueros	14%
Armado, lijado, calibrado y empaque	52%

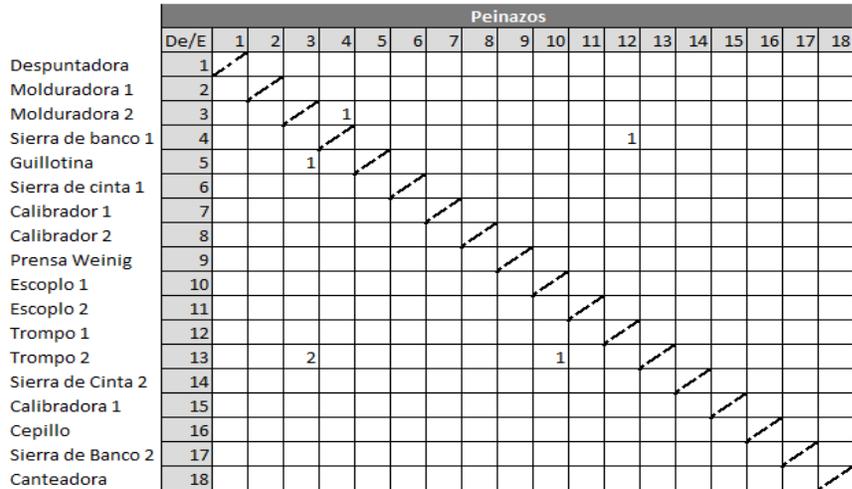
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Movimientos entre maquinaria y la actividad de largueros**



Fuente: elaboración propia

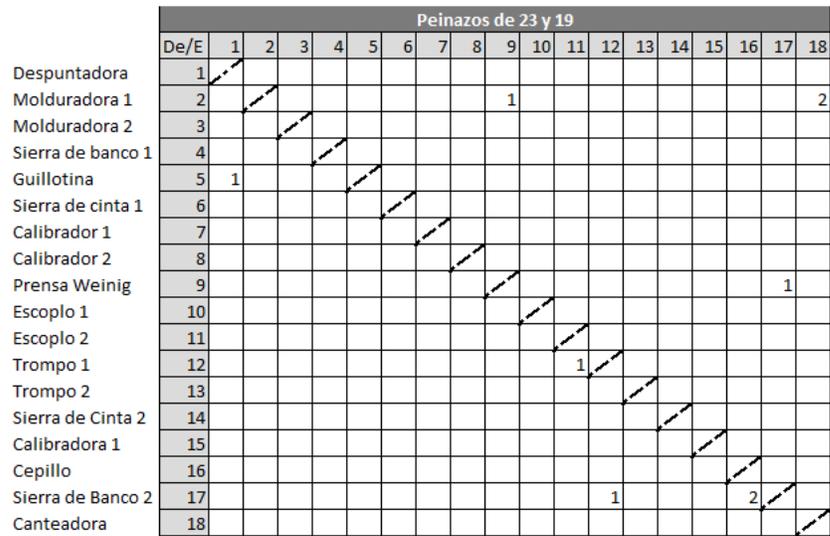
Tabla XVIII. **Movimientos entre maquinaria y actividad de peinazos**



Fuente: elaboración propia.

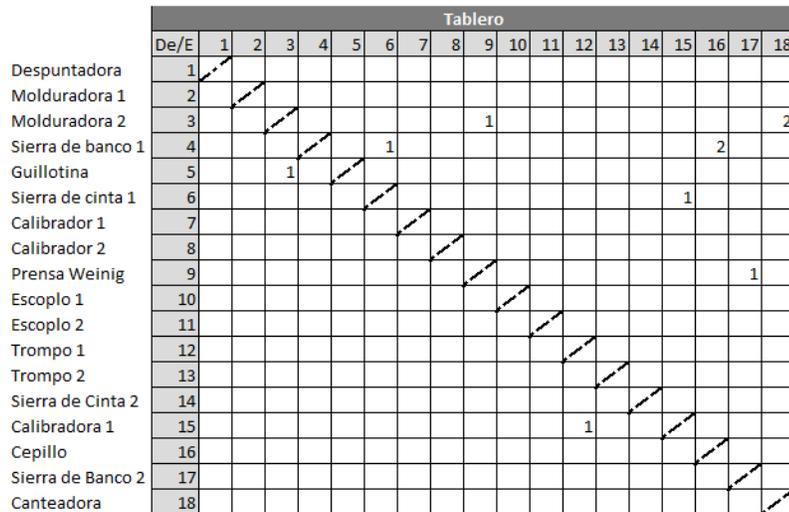
Tabla XIX. **Movimientos entre maquinaria y actividad de peinazos de 19 y**

23



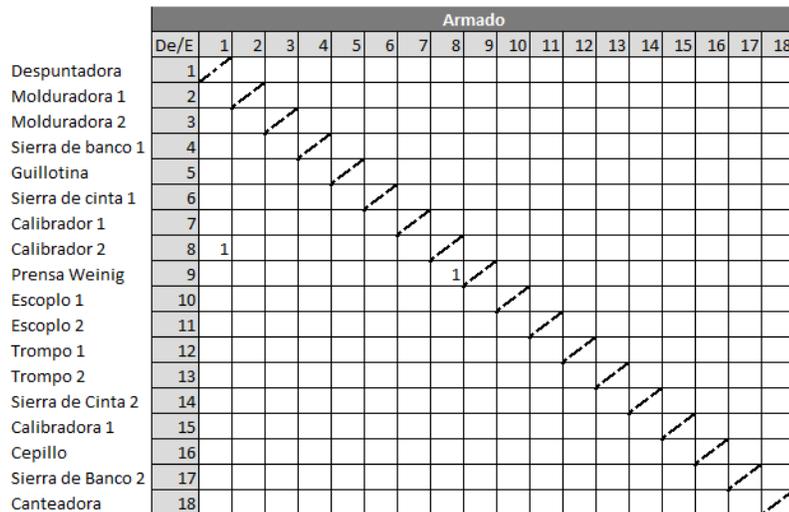
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Movimientos entre maquinaria y actividad de tablero



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Movimientos entre maquinaria y actividad de armado



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Consolidación de movimientos con actividades

1--2		0 2--1		0 3--1		0 4--1		0 5--1	24	6--1		0 7--1	8--1	52	9--1		0
1--3		0 2--3		0 3--2		0 4--2		0 5--2	0	6--2		0 7--2	8--2	0	9--2		13
1--4		0 2--4		0 3--4		10 4--3		10 5--3	24	6--3		0 7--3	8--3	0	9--3		14
1--5		24 2--5		0 3--5		24 4--5		0 5--4	0	6--4		14 7--4	8--4	0	9--4		0
1--6		0 2--6		0 3--6		0 4--6		14 5--6	0	6--5		0 7--5	8--5	0	9--5		0
1--7		0 2--7		0 3--7		0 4--7		0 5--7	0	6--7		0 7--6	8--6	0	9--6		0
1--8		52 2--8		0 3--8		0 4--8		0 5--8	0	6--8		0 7--8	8--7	0	9--7		0
1--9		0 2--9		13 3--9		0 4--9		0 5--9	0	6--9		0 7--9	8--9	52	9--8		52
1--10		11 2--10		0 3--10		0 4--10		0 5--10	0	6--10		0 7--10	8--10	0	9--10		0
1--11		11 2--11		0 3--11		0 4--11		0 5--11	0	6--11		0 7--11	8--11	0	9--11		0
1--12		0 2--12		0 3--12		0 4--12		10 5--12	0	6--12		0 7--12	8--12	0	9--12		0
1--13		0 2--13		0 3--13		20 4--13		0 5--13	0	6--13		0 7--13	8--13	0	9--13		0
1--14		0 2--14		0 3--14		0 4--14		0 5--14	0	6--14		0 7--14	8--14	0	9--14		0
1--15		0 2--15		0 3--15		0 4--15		0 5--15	0	6--15		14 7--15	8--15	0	9--15		0
1--16		0 2--16		0 3--16		0 4--16		28 5--16	0	6--16		0 7--16	8--16	0	9--16		0
1--17		0 2--17		0 3--17		0 4--17		0 5--17	0	6--17		0 7--17	8--17	0	9--17		27
1--18		0 2--18		26 3--18		28 4--18		0 5--18	0	6--18		0 7--18	8--18	0	9--18		0

Continuación tabla XXII.

10--1		11 11--1		11 12--1		0 13--1		0 14--1	15--1		0 16--1		0 17--1		0 18--1		0
10--2		0 11--2		0 12--2		0 13--2		0 14--2	15--2		0 16--2		0 17--2		0 18--2		26
10--3		0 11--3		0 12--3		0 13--3		20 14--3	15--3		0 16--3		0 17--3		0 18--3		28
10--4		0 11--4		0 12--4		10 13--4		0 14--4	15--4		0 16--4		28 17--4		0 18--4		0
10--5		0 11--5		0 12--5		0 13--5		0 14--5	15--5		0 16--5		0 17--5		0 18--5		0
10--6		0 11--6		0 12--6		0 13--6		0 14--6	15--6		14 16--6		0 17--6		0 18--6		0
10--7		0 11--7		0 12--7		0 13--7		0 14--7	15--7		0 16--7		0 17--7		0 18--7		0
10--8		0 11--8		0 12--8		0 13--8		0 14--8	15--8		0 16--8		0 17--8		0 18--8		0
10--9		0 11--9		0 12--9		0 13--9		0 14--9	15--9		0 16--9		0 17--9		27 18--9		0
10--11		0 11--10		0 12--10		0 13--10		10 14--10	15--10		0 16--10		0 17--10		0 18--10		0
10--12		0 11--12		13 12--11		13 13--11		0 14--11	15--11		0 16--11		0 17--11		13 18--11		0
10--13		10 11--13		0 12--13		0 13--12		0 14--12	15--12		14 16--12		0 17--12		0 18--12		0
10--14		0 11--14		0 12--14		0 13--14		0 14--13	15--13		0 16--13		0 17--13		0 18--13		0
10--15		0 11--15		0 12--15		14 13--15		0 14--15	15--14		0 16--14		0 17--14		0 18--14		0
10--16		0 11--16		0 12--16		0 13--16		0 14--16	15--16		0 16--15		0 17--15		0 18--15		0
10--17		0 11--17		13 12--17		0 13--17		0 14--17	15--17		0 16--17		26 17--16		26 18--16		0
10--18		0 11--18		0 12--18		0 13--18		0 14--18	15--18		0 16--18		0 17--18		0 18--17		0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Resumen movimientos**

Maquinaria	Movimientos
1--8	52
8--9	52
3--18	28
16--4	28
9--17	27
2--18	26
17--16	26
3--5	24
1--5	24
3--13	20
6--4	14
6--15	14
9--3	14
12--15	14
2--9	13
11--12	13
11--17	13
1--10	11
1--11	11
3--4	10
12--4	10
10--13	10

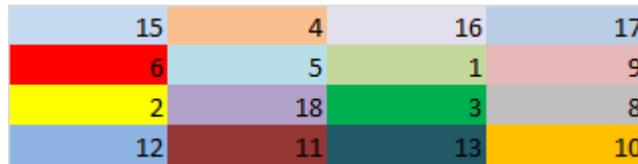
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Medidas de maquinaria**

	Maquinaria	Dimensiones (largo x ancho x alto)
1	Despuntadora	6x3.10
2	Molduradora 1	7,5x3,6
3	Molduradora 2	6,2x4,7
4	Sierra de banco 1	4,1x3,1
5	Guillotina	5,3x2,25
6	Sierra de cinta 1	12x5
7	Calibrador 1	6,60x3,1
8	Calibrador 2	6,60x3,1
9	Prensa Taylor	11,4x6,20
10	Escoplo 1	2,5x1,85
11	Escoplo 2	2,5x1,85
12	Trompo 1	3,2x1,9
13	Trompo 2	2,8x1,8
14	Sierra de Cinta 2	12x5
15	Calibradora 1	8,15x3,1
16	Cepillo	3,2x1,8
17	Sierra de Banco 2	4,1x3,1
18	Canteadora	3,5x1,8

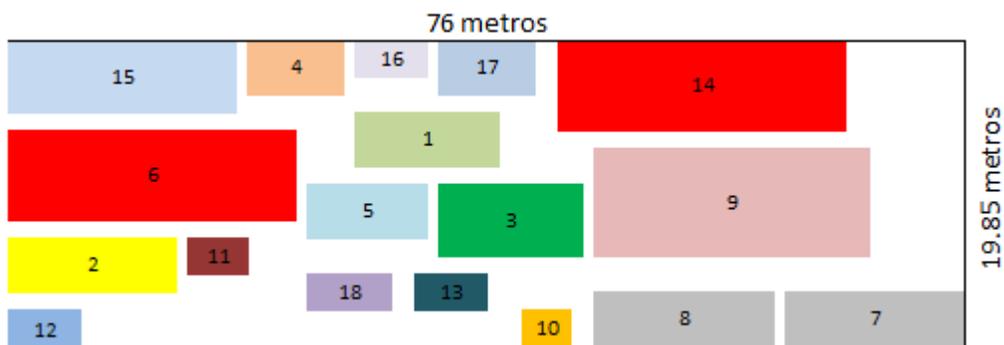
Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Distribución parcial**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Distribución final de maquinaria**



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. **Capacitación del personal**

Es necesario capacitar al personal en relación al funcionamiento de la nueva máquina. Para ello es necesario realizar una programación, la empresa proveedora de la máquina tiene su metodología y contenido, sin embargo se puede sugerir que la capacitación se divida en las siguientes secciones.

Figura 52. **Contenido para la capacitación para el manejo de nueva maquina**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3. **Mejora de condiciones ambientales de trabajo**

Como parte de la propuesta de mejora se incluye también las condiciones ambientales de trabajo ya que esto puede mejorar la eficiencia en la productividad de los trabajadores.

Las áreas en las cuales se realizan análisis y se proponen ciertas mejoras son:

- Áreas de trabajo
- Orden y limpieza
- Contaminación

### **3.3.1. Evaluación de condiciones de trabajo**

A continuación se presenta ciertos aspectos a mejorar en las áreas de trabajo:

- Debido a que en el área de puertas sólidas la materia prima principal que se maneja es madera, esto genera una nube de polvillo en el ambiente, esto causa muchas enfermedades respiratorias.
- El personal no utiliza el equipo de seguridad en todo momento. Lo utiliza a su conveniencia.
- Cuando se está procesando la madera se expulsan partículas de madera que pueden causar daño y se podría decir que en algunos casos será severo.
- El stock de repuestos para las diversas máquinas y herramientas es bajo y no existe un control por lo que hay muchos paros en la producción.
- Existe mucho desorden pues los espacios libres son utilizados para colocar producto terminado ya que el departamento de logística no retira pronto este producto.
- Existe poco control por parte de los operarios en relación a los lotes que están trabajando y existe errores pues se confunden los pedidos.
- Existe solamente un dos montacargas, uno es utilizado en el área de logística para retirar el producto terminado y el otro en el manejo de materiales.
- En el momento que las piezas son operadas en la molduradora, el operario no tiene un adecuado manejo de las piezas pues las deja caer y estas se quiebran lo que significa un uso inadecuado de la materia prima y demoras en el proceso.

### **3.3.2. Orden y limpieza**

Es importante que una organización establezca las políticas para mantener el orden en las áreas de trabajo. Es una manera indirecta para apoyar la producción pues ejerce influencia en los siguientes aspectos: Motivación en los empleados, disminuye accidentes laborales, disminución de pérdida de tiempo, calidad del servicio que se brinda, disminución de desperdicio de material.

Se puede concluir que el orden y limpieza puede utilizarse como estrategia para incrementar la productividad y sin necesidad de invertir de forma motetaria en el proyecto, únicamente se necesitará inversión de tiempo y el recurso humano.

Actualmente es muy conocida la técnica 5S, esta técnica es conformada por las siguientes acciones:

- Seleccionar
- Ordenar
- Limpiar
- Estandarizar
- Mantener

Figura 53. **Proceso técnica 5s**



Fuente: Mejorando la calidad de vida en la organización.

[www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=31&edi=2&xit=las-5s-mejorando-la-calidad-de-vida-en-la-organizacion](http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=31&edi=2&xit=las-5s-mejorando-la-calidad-de-vida-en-la-organizacion). Consulta: 16 de noviembre de 2017.

- Seleccionar

Se necesita deshacerse de lo que no se necesita.

- Ordenar

Colocar cada cosa en su lugar.

- Limpiar

Limpieza de todas las instalaciones, herramienta y maquinaria.

- Estandarizar

Las normas establecidas en los pasos anteriores se deben generalizar y estimular a los empleados a ponerlas en práctica.

- Mantener

En este punto ya se han logrado avanzar en los 4 pasos anteriores, por lo que se debe hacer una rutina, para ello se debe disciplinar al personal y hacerle ver los beneficios que se obtienen, es decir, aumentar la rentabilidad del negocio.

### **3.3.3. Reducción de contaminación**

Cuando se habla de contaminación no es únicamente ambiental, esta también puede ser sonora y visual. En la revisión ocular del área de producción de puertas de madera de pino se pudo observar que hay contaminación ambiental y sonora por lo que es necesario tomar medidas preventivas y correctivas en las siguientes áreas

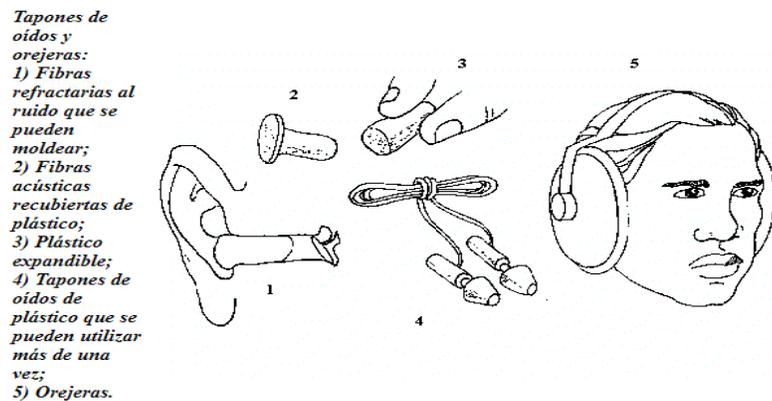
- Ruido
- Polvo y aserrín

### 3.3.3.1. Ruido

Una exposición constante a decibeles altos en el tema de ruido puede causar pérdida temporal de la audición y en algunos casos permanentes, disminuye la concentración y coordinación, esto a su vez puede ocasionar accidentes, aumenta la tensión, insomnio, fatiga, porcentajes altos de ausentismo, entre otros.

Un nivel seguro de ruido aceptado es entre 85 y 90 decibeles debido a que es una exposición constante durante 8 horas de trabajo. Se pudo medir que en el área se tiene 115 decibeles de ruido. Debido a que no se puede disminuir el ruido desde la fuente que origina el ruido ni tampoco aislar el ruido, es necesario utilizar tapones de oídos para los trabajadores, pero también se hace necesario concientizar al empleado de usarlos.

Figura 54. **Protección auditiva como medida contra el ruido**



Fuente: Organización Internacional del Trabajo,  
[http://training.itcilo.it/actrav\\_cdrom2/es/osh/noise/nomain.htm](http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/noise/nomain.htm). Consulta: 16 de noviembre de 2017.

### **3.3.3.2. Polvo y aserrín**

En este caso se está manejando una contaminación ambiental, este tipo de contaminación por medio de polvo de madera procesada ocasiona problemas respiratorios, sin embargo debido a que es un resultado que no se puede evitar porque es resultado del procesamiento de la materia prima se sugiere el uso de mascarillas y lentes, se enfatiza nuevamente que se debe concientizar al personal de su uso ya que actualmente se usa eventualmente este equipo pero el empleado lo utiliza a su conveniencia.

Los efectos que esta exposición pueden ocasionar son dermatológicos, alérgicos, irritación de los ojos, asma, sequedad y obstrucción nasal, dolor de cabeza frecuentemente entre otros. Por lo que las medidas no podrán mitigar todos los riesgos. Adicional a la protección física que se sugiere, también es posible adoptar las siguientes medidas.

- Limpieza
- No usar aire comprimido para limpiar las superficies de trabajo, puede utilizar aspiradora para recoger el polvo.
- Si es posible, use un ventilador de extracción local para capturar y eliminar el polvo de los equipos de trabajo en madera.
- Asegúrese de que los equipos de control del polvo tengan su mantenimiento adecuado.
- Use métodos húmedos donde sea apropiado para minimizar la generación de polvo.

### **3.4. Análisis de consumo de materiales**

Dentro de la propuesta se ha incluido la adquisición de una nueva máquina la cual pretende hacer más eficiente el prensado lo que disminuirá el tiempo. Sin embargo también puede ser una opción el analizar el uso que se le da a los materiales lo que permitirá determinar si hay mal uso de los mismos. Por lo que a continuación se presenta el análisis correspondiente y verificar si es posible optimizar el uso de materia prima y disminuir los costos.

#### **3.4.1. Optimización de consumo de materia prima**

Actualmente existen algunas razones por las cuales la materia prima no se optimiza y se enumeran a continuación.

- Falta de capacitación
- Falta de motivación
- Desorden
- Falta de control

En el caso de la falta de capacitación provoca que el personal eche a perder muchas puertas, en estos casos se sugiere que se continúe el proceso de producción y que estas puertas debido a tener desperfectos mínimos se puedan vender en el mercado local a menor precio.

Se debe hacer capacitaciones al personal en la cual no solamente se les brinde el conocimiento adecuado para el buen manejo de la materia prima sino que también se le pueda concientizar que las pérdidas se reflejan en las mejoras probablemente salariales.

Como parte para motivar a los empleados se pueden generar jornadas de premiación en la semana que se tenga menos materia prima desperdiciada.

El desorden y la falta de control se podrán mitigar con la aplicación del método de las 5S que se menciona en otras secciones de este trabajo.

### 3.4.2. Costo de producción

A continuación se presentan los costos involucrados en la producción de una puerta de madera sólida, estos datos son aproximados, por seguridad de la empresa no se colocan precios reales.

Tabla XXV. Costo de producción de una puerta de madera de pino

Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total en Quetzales
MANO DE OBRA - PTA. SOLIDA	1,0000	73,93	73,93
GASTOS INDIRECTOS - PTA. SOLIDA	1,0000	14,08	14,08
MADERA PINO RADIATA 3660mmX12x36 (M3)	0,0680	2 163,05	147,09
COLA BLANCA ( RESISTOL )	0,1000	52,28	5,23
TARUGO DE MADERA DE ½ X 3"	26,0000	0,36	9,30
BOLSA EMPAQUE 40 X 86 X 1 TRANSPARENTE	1,0000	0,79	0,79

Fuente: elaboración propia.

### **3.4.3. Insumos**

La empresa hace una puerta con los siguientes insumos: Placas de madera, pegamento industrial, relleno de poliestireno y pilastría de madera. Estos insumos no siempre se utilizan todos por ejemplo el relleno de poliestireno.

#### **3.4.3.1. Placas de madera**

Estas placas son las dos caras de la puerta, se utilizan dos placas por puerta. En algunas oportunidades se podría utilizar una placa para fabricar una puerta, en los casos cuando las puertas sean de ancho 60 centímetros. De esta forma se podrá ahorrar, actualmente solo se utiliza una placa para hacer un lado de la puerta.

#### **3.4.3.2. Pegamento industrial**

Este producto es difícil medir el uso por puerta, únicamente se pudo notar que se utiliza el 10 por ciento del bote de cola para una puerta, es decir que por cada bote de cola se pueden pegar 10 puertas.

#### **3.4.3.3. Relleno de poliestireno**

Este relleno se utiliza únicamente cuando las puertas se hacen con planchas HDF o MDF, sirve para darle grosor a la puerta y la utilización de las tiras de poliestireno dependerán de cuantos tableros lleva la puerta, si es de 2 tableros, esta lleva 12 tiras de poliestireno de 1 metro de largo y 2 centímetros de ancho y 2 centímetros de grosor. En caso sean de 4 tableros utiliza 8 tiras de poliestireno. Si es de 6 tableros lleva 6 tiras y si es de 8 tableros lleva 4 tiras de poliestireno.

#### **3.4.3.4. Pilastría de madera de pino**

De igual forma, esta pilastría es la orilla de madera que llevan las puertas y se utiliza únicamente para las puertas que llevan relleno sirve para unir las puertas y es la base para las puertas. El uso de la madera para esta dependerá del tamaño de la puerta pues será la cantidad necesaria para cubrir el perímetro de la puerta.

### **3.5. Administración del proceso**

El concepto bastante acertado de administrar es hacer por medio de otros, por lo que se busca administrar de una forma correcta el proceso de producción por lo que es necesario dejar bien establecidos los cambios para que las personas que están en la ejecución directa del proceso tengan claras las expectativas que se tienen de los cambios sugeridos.

#### **3.5.1. Descripción de nuevo proceso**

El nuevo proceso propuesto incluye la adquisición de una nueva maquinaria, lo que conlleva una nueva distribución la cual se presentó en las secciones anteriores, estos cambios aunque es posible que no sean muy notorios si representan cambios en la forma de llevarse a cabo el proceso.

Dentro de la propuesta se incluye que se mejore el orden de la bodega lo que incluye una concientización para el personal de mantener estos cambios.

### **3.5.1.1. Recurso humano necesario**

La habilidad que puede tener el recurso humano para responder de una forma favorable y con buena voluntad a los objetivos del desempeño representa su verdadera importancia en las empresas, independientemente el giro de la misma. Este recurso puede ver las oportunidades y hacer su mayor esfuerzo por obtener satisfacción, tanto por cumplir con el trabajo como por encontrarse en el ambiente del mismo

Para que este recurso se desempeñe de la mejor forma debe estar bien distribuido, para la presente propuesta el personal que se necesitará es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXVI. Recurso humano necesario

MOLDURADORA				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /
molduradora	tableros	0.53	0.88	5.30
	peinazos	0.57	0.95	3.80
	largueros	0.59	0.98	3.93
	peinazos pequeños	0.59	0.98	2.29
<b>TOTAL</b>				<b>15.33</b>
Personal	7			

PRENSA WEINIG				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS
PROCESO DE TABLEROS	PRENSA WEINIG	1.42	1.70	13.67
PROCESO DE PEINAZOS	PRENSA WEINIG	1.43	1.72	
<b>TOTAL</b>			<b>3.42</b>	
Personal	2			

TABLEROS				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /120 PUERTAS
PROCESO DE TABLEROS	SIERRA DE BANCO	0.35	0.58	3.37
	CEPILLO	0.25	0.42	
	SIERRA DE CINTA	0.41	0.68	
	Subtotal			
	cepillado de tableros	0.35	0.58	4.67
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS/120 PUERTAS
PROCESO DE PEINAZOS	SIERRA DE BANCO	0.29	0.48	3.67
	CEPILLADO	0.26	0.43	
<b>TOTAL</b>			<b>0.92</b>	<b>11.70</b>
Personal	6			
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /780 TABLEROS
PROCESO DE FRISO	CALIBRADO	0.47	0.78	13.22
	FRISADO DE TABLEROS	0.14	0.23	
<b>TOTAL</b>			<b>1.02</b>	
Personal	4			

PEINAZOS				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /840 PEINAZOS
PROCESO DE PEINAZOS	SIERRA DE ESCUADRA	0.19	0.32	10.73
	TROMPO DE MOLDURA	0.13	0.22	
	TROMPO DE MOLDURA	0.14	0.23	
<b>TOTAL</b>			<b>0.77</b>	
Personal	4			

Continuación tabla XXVI.

PERFORACION DE LARGUEROS Y PEINASOS				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /1080PEINASOS Y LARGUEROS
PROCESO DE PERFORADO	PERFORACION DE LARGUEROS	0.36	0.60	13.50
	PERFORACION DE PEINASOS	0.09	0.15	
TOTAL			0.75	
Personal	4			

ARMADO DE PUERTAS				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /ARMADO DE PUERTAS
PROCESO DE ARMADO	ARMADO DE PUERTAS	8.22	8.37	9.06
TOTAL			8.37	
Personal	6			SE TIENEN A 2 PERSONAS ARMADO SE DIVIDE EL TIEMPO TOTAL EN 2

Area de lijado				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /30 puertas cada lijador(4 lijadores)
lijado	masillado	3.45	3.75	13.31
	lijado de puertas	22.52	22.87	
TOTAL			26.62	
Personal	9			

Calibrado				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /120 puertas
calibrado	calibradora	4.45	4.75	9.50
TOTAL			4.75	
Personal	4			

EMPAQUE DE PUERTAS				
PROCESO	ESTACION DE TRABAJO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO EN MIN	TIEMPO EN HORAS /120 puertas
EMPAQUE DE PUERTAS	Embolsado	12	0.20	4.77
	Entarimado	11.00	0.18	
	Control de calidad	120.00	2.00	0.04
	Colocacion de fleje	145.00	2.42	0.02
	Colocación de Strech	85.00	1.42	
TOTAL			6.22	4.83
Personal	2			

Fuente: elaboración propia.

### **3.5.2. Control de resultados diarios**

Es necesario mantener un control sobre los resultados debido a que es una forma de velar por que se lleve a cabo la ejecución de los cambios propuestos.

Como parte de este control en esta sección únicamente se hace la propuesta del control de la producción

En la casilla de proceso existen las siguientes opciones:

- Molduradora
- Prensa Weinig
- Tableros
- Peinazos
- Perforación
- Armado
- Lijado
- Calibrado
- Empaque

En la casilla de número de trabajadores se deberá colocar la cantidad requerida para cada proceso. Se debe colocar la hora de inicio y la hora de finalización, este control se puede llenar por cada lote o bien por día. Este control incluye lo planificado para el día y se debe llenar al momento de imprimir el dato de esperado, los demás datos podrán llenarse a mano.

En la última parte se incluye la fecha de impresión y la fecha de elaboración, se esperaría que un día antes se deje impresa la hoja o bien con

varios días de anticipación y se debe colocar a mano la fecha en que se está controlando.

Figura 55. **Control de resultados diario**

CONTROL DIARIO PRODUCCIÓN			
Proceso:	Molduradora		
No. De Trabajadores:			
Hora Inicio:	07:00	Hora Final	17:30
Línea	Objetivo	Producidos	Defectuosos
1	1000	854	60
2	350	120	20
3	500	499	50
4	500	100	50
5	350	120	20
6	350	120	20
7	400	400	25

Elaborado por:			
Revisado por:			
Fecha controlada:			
Fecha impresión:	15/11/2017	Hora de Impresión:	12:16:16 p.m.

Fuente: elaboración propia.

### **3.6. Análisis de los puestos de trabajo**

Con la finalidad de ordenar el proceso es necesario tener una idea de cómo funciona cada puesto, esta forma representativa no debe ser tan profunda que se pierda el enfoque que es hacer digerible las funciones de cada puesto de trabajo por lo que a continuación se hace un análisis de los puestos de trabajo involucrados, estos puestos son los siguientes:

- Molduradora
- Prensa Weinig
- Tableros
- Peinazos
- Perforación
- Armado
- Lijado
- Calibrado
- Empaque

Figura 56. Análisis de puestos de trabajo

Análisis del puesto en Molduradora				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero Experiencia 1 año Hombre	Darle forma a las piezas mediante cortes de tal forma que se le de un estilo	Existe una máquina que le da la forma para cortar las piezas	Las puertas tienen una textura en 3D y es necesario utilizar la Molduradora para hacer este efecto	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos
Análisis del puesto en Prensa Weinig				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero o Mecánico Debe haber recibido capacitación Hombre	Ejercer presión sobre las piezas una vez ensambladas	Existe una máquina que hace este trabajo de prensar las piezas	A medida que las piezas se presionan ayuda al pegado o a union mediante presión	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos
Análisis del puesto en Tableros				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero Experiencia 1 año Hombre	Cortar las piezas y unirlos para hacer el tablero que va a ser moldeado con el estilo que el cliente desee, las puertas pueden ser de 1, 2, 4 o 6 tableros	Existen máquinas que ayudan a cortar en las cuales se le debe programar con las medidas necesarias	Actualmente se compra la madera de una sola medida y se deben hacer los tableros a las medida para formar las	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos
Análisis del puesto en Peinazos				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero Experiencia 1 año Hombre	Una vez hechos los tableros es necesario unirlos mediante los peinazos, estos se unen a presión con la Prensa	Existe una máquina que le da la forma para cortar las piezas	Los tableros deben de tener una unión y una base	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos
Análisis del puesto en perforación				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero Experiencia 1 año Hombre	Es necesario hacerle las perforaciones a las piezas donde se colocarán los tarugos para unir	Se hace con un barreno	Los tarugos sirven para unir las piezas de lo contrario tendría que hacerse con clavos lo cual no le da estética	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos
Análisis del puesto en Armado				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero Experiencia 1 año Hombre	Una vez las piezas hechas se unen de tal forma que el producto final es una puerta	Para unir las piezas muchas veces se utiliza la Prensa para unir bajo presión y también para el pegado	Si no hay unión de las piezas nunca se podrá tener una puerta	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos

Continuación figura 56.

Análisis del puesto en Lijado				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero Experiencia 1 año Hombre	Existen puertas que la textura en algunas secciones es muy rustica, se procede a lijarlo	Existen pulidoras para tal efecto	Si no se lija la madera se ve rústica y hay clientes que las puertas no las pintan si no como se les entrega las colocan	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos
Análisis del puesto en Calibrado				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Carpintero Experiencia 1 año Hombre	Es necesario que se mida la puerta y determinar si cumple con las medidas requeridas, si no cumple se debe cortar o lijar dependiendo del caso	Existen lijadoras para tal efecto o sierras	Existen puertas que por desperfectos no cumplen con la medida exacta por lo que es necesario calibrarlas	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos
Análisis del puesto en Empaque				
Requisitos	Contenido del puesto			Condiciones de trabajo
	Que hace	Como lo hace	Porque lo hace	
Tercero básico Experiencia 1 año (no indispensable) Hombre	Si la puerta es para venta local unicamente se le coloca una bolsa, si es para exportación se debe tambien colocar en tarimas y se debe flejar	Este proceso lo hace manual, la bolsas son de un solo tamaño de igual forma las tarimas	La bolsa sirve de protección de igual forma la tarima sirve para embalarlo al momento de cargar un furgón o contenedor	Debe haber un espacio suficiente El área debe estar limpia El área debe estar libre de obstáculos

Fuente: elaboración propia.

### 3.7. Control de producto terminado

Actualmente existen muchos reclamos por parte del cliente debido errores en las medidas, estilos y cantidades, muchos de estos reclamos podrían evitarse teniendo un control cruzado con el Departamento de Logística. Se pudo notar que el Departamento de Logística retira el producto terminado del área de producción y no hay ninguna persona que verifique el producto que se está retirando. Adicionalmente no existe una persona que confirme la orden de

producción versus lo producido y tampoco que verifique que se coloquen las etiquetas que identifican el producto correctas. Se sugiere la siguiente hoja de control de producto terminado.

Figura 57. **Control de producto terminado**

CONTROL PRODUCTO TERMINADO				Producto Terminado		Logística	
No. De Pedido	1000879			<input type="checkbox"/>	Se verificó	<input type="checkbox"/>	Se verificó
Estilo de puerta	Radiata			<input type="checkbox"/>	Se verificó	<input type="checkbox"/>	Se verificó
Cantidad de puertas	40			<input type="checkbox"/>	Se verificó	<input type="checkbox"/>	Se verificó
Mercado				<input type="checkbox"/>	Se verificó	<input type="checkbox"/>	Se verificó
Medidas de puerta	0.80 x 2.10	Cantidad de Tableros	2	<input type="checkbox"/>	Se verificó	<input type="checkbox"/>	Se verificó

Elaborado por: \_\_\_\_\_

Revisado por: \_\_\_\_\_

Fecha controlada: \_\_\_\_\_

Recibido /Logística \_\_\_\_\_

Fecha impresión: 16/11/2017 Hora de Impresión: 04:33:01 p.m.

**Nota: Si no verificó cada punto por favor no seleccione la casilla, el que usted seleccione la casilla significa que se hace responsable por algún error cometido en lo especificado**

Fuente: elaboración propia.

Este control deberá de ir lleno previamente casi todas las casillas, únicamente se deberá llenar a mano los cuadros de se verificó, elaborado por, revisado por, fecha controlada y recibido/logística.

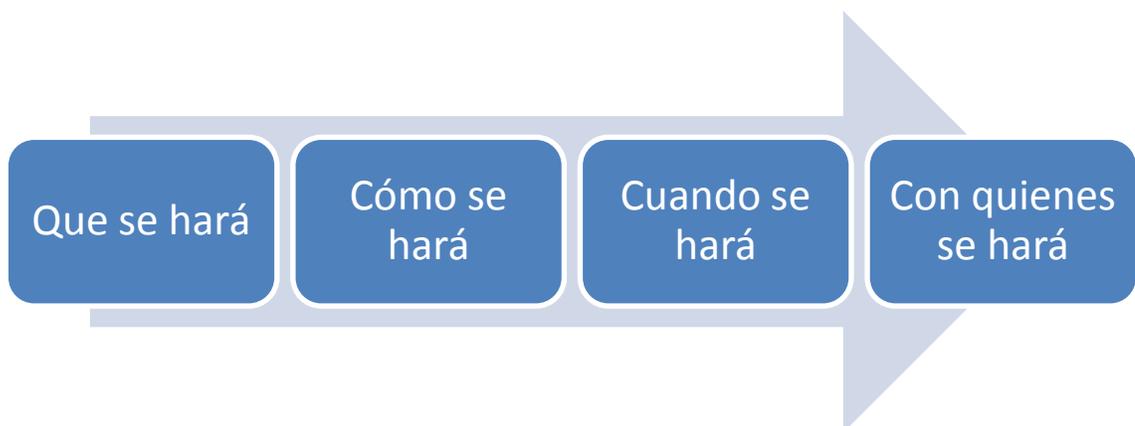
## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En la siguiente sección se desarrolla la implementación de la propuesta mediante un plan de acción, la presentación de una mejor forma de manejo de materiales, mitigación de riesgos entre otros.

### 4.1. Plan de acción

En esta sección se especificará que, como, cuando y con quienes se realizará la propuesta. Se debe tener en cuenta que se espera que ciertos departamentos estén bastante involucrados, aunque no se menciona pero el departamento de logística debe estar involucrado pues hay áreas como el control de producto terminado que deben ejercer un control cruzado.

Figura 58. Pasos del plan de acción



Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.1. Implementación del plan

A continuación se presentan el sugerido del cronograma para la implementación.

Figura 59. Calendario de actividades para la implementación

Calendario de proyecto											
Proyecto: Prensa Weinig											
Fecha de inicio: 28/11/2018											
Días planeados de trabajo: 25											
Fecha de fin: 23/12/2018											
N°	Descripción de la etapa	Duración de la etapa (días)	Tarea dependiente	Tipo de Dependencia	Días de dependencia	Comienzo	Fin	Responsable	Estatus	Fecha de finalización	Días que efectivamente llevó la etapa
1	Reunión Inicial	1	No Aplica	No Aplica	+0	28/11/18	28/11/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
2	Mediciones del área	5	1	FC	+1	29/11/18	03/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
3	Limpieza del área	5	2	FC	+1	04/12/18	08/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
4	Reacomodo de las maquinaria	7	3	FC	+1	09/12/18	15/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
5	Preparación de la maquina Weinig	1	4	FC	+1	16/12/18	16/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
6	Reacomodación de piezas	1	5	FC	+1	17/12/18	17/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
7	Cambios de piezas si es necesario	1	6	FC	+1	18/12/18	18/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
8	Primeras pruebas	1	7	FC	+1	19/12/18	19/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
9	Capacitación de técnico	1	8	FC	+1	20/12/18	20/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
10	Segundas pruebas	1	9	FC	+1	21/12/18	21/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		
11	Terceras pruebas	1	10	FC	+1	22/12/18	22/12/18	Fredy y Villanueva	No comenzado		

Fuente: elaboración propia.

Las actividades que se llevarían a cabo serían las siguientes:

- Reunión Inicial – Duración 1 día
- Mediciones del área – Duración 5 días
- Limpieza del área – Duración 5 días
- Reacomodo de las maquinarias – Duración 7 días
- Preparación de la maquina Weinig – Duración 1 día
- Reacomodación de piezas – Duración 1 día
- Cambios de piezas si es necesario – Duración 1 día
- Primeras pruebas – Duración 1 día
- Capacitación de técnico – Duración 1 día
- Segundas pruebas – Duración 1 día
- Terceras pruebas – Duración 1 día

#### **4.1.2. Entidades responsables**

Para que el proyecto pueda tener éxito se deben delimitar muy bien las responsabilidades.

El responsable principal de este proyecto será el Jefe del área de producción de puertas sólidas. El Jefe deberá designar a una persona adicionalmente para que le supla en el caso de su ausencia. Por lo que la siguiente persona responsable podría ser el Auxiliar de producción.

Estas dos personas serán las encargadas de ver la ejecución directa de la propuesta, así como de la mejora continua.

Tendrá que asignarse un Gerente de Proyecto para que guíe todas las operaciones y que mantenga una comunicación constantes con los

involucrados. El Gerente del proyecto tendrá que tener todos los conocimientos relacionados con el proyecto.

#### **4.1.2.1. Gerencia General**

La Gerencia General deberá estar involucrada en su totalidad porque es la persona que autorizará la ejecución del proyecto. Sin embargo deberá aportar conocimientos al proyecto debido a que es la persona que tiene un concepto macro de la empresa y entiende que en algún momento se puede ver afectadas otras áreas como ventas, logística, contabilidad entre otros.

#### **4.1.2.2. Departamento de producción**

Este departamento estará involucrado en la ejecución de la propuesta porque el departamento de Producción de puertas de madera de pino es parte del Departamento de Producción por lo que el Gerente de Producción deberá estar informado y en constante comunicación con el Gerente del Proyecto que se designe.

### **4.2. Manejo de materiales**

Los principios para el manejo de materiales son importantes en la práctica. Estos principios aportan afirmaciones específicas sobre los fundamentos de la práctica de gestión de inventarios. A Continuación los algunos aspectos importantes para esta tarea.

- Un plan de gestión de inventarios define los materiales y los movimientos, es decir cuando y donde, planificación.

- Menos variedad y personalización en los métodos empleados, estandarización.
- Flujo de materiales (volumen, peso, o cuenta por unidad de tiempo) multiplicado por la distancia que hay que trasladarlo, flujo de trabajo
- Buscar adaptar el trabajo a las condiciones laborales y aptitudes del trabajador.
- Carga Unitaria: es aquella que se traslada como unidad, contenedor, caja, bolsa entre otros, sin tomar en cuenta el número de artículos individuales que forman dicha carga.
- Utilización del espacio: significa que contamos con un espacio cúbico pues es tridimensional.
- Sistema: Interactúan un conjunto de entidades que pueden o no ser interdependientes y al final forman un todo.
- Automatización: Es indispensable utilizar la tecnología para operar y controlar las actividades.
- Ambiental: el propósito es no desperdiciar los recursos naturales y predecir y eliminar los posibles efectos que sean negativos a nuestro ambiente.
- Costo del ciclo de vida: se incluye todos los flujos en efectivo que ocurren a partir del momento que se invierte en planificar por primera vez la gestión de inventarios.

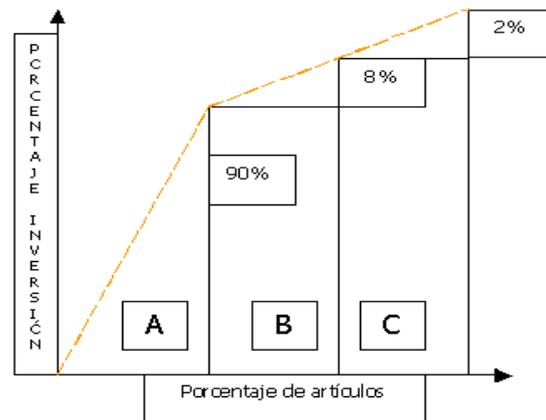
#### **4.2.1. Materia prima**

Para el manejo de materia prima se puede utilizar la metodología ABC, con esta metodología se identificarán los artículos que impactarán de forma visible el total del inventario en almacenaje. Es necesario dividir los artículos por categorías, únicamente los productos que necesitan niveles y controles diferentes.

Se identificará la clase “A” los productos que representen un pequeño número de artículos muy importantes, la clase “B” será un grupo más grande que el anterior con importancia media, la clase “C” será un grupo grande pero muy poco importantes.

Esta metodología se deriva del principio del Pareto, el cual establece que el 20 por ciento de algo ejerce control sobre la población total en un 80 por ciento y que a la inversa el 80 por ciento de algo ejerce control sobre la población total en un 20 por ciento.

Figura 60. **Gráfica de la metodología ABC**



Fuente: Operaciones de almacenaje.

<http://operacionesdealmacenaje.wikispaces.com/Clasificaci%C3%B3n+ABC>. Consulta: 04 de noviembre de 2017.

Se logrará enfocar los esfuerzos en gestionar el *stock* en el 10 o 20 por ciento de las unidades de mayor valor y al mismo tiempo gestionar con el máximo control el 80 o 90 por ciento de la inversión en *stock*.

#### **4.2.1.1. Control de calidad**

En varias ocasiones se ha detectado el rechazo del producto terminado debido a que la materia prima no cumple los estándares de calidad, por ejemplo se ha dado pandeamiento en las puertas o bien las medidas de las puertas exceden lo requerido, esto en ocasiones sucede por la humedad que trae la madera.

Existen ciertos aspectos que debe revisar la persona encargada en el Almacén, estas podrían ser:

- Cantidad de recibido coincida con la cantidad facturada por el proveedor
- El embalaje y la estiba de la materia prima al momento de recibir la materia prima
- Las manchas en la materia prima deben ser propias de la madera
- Verificar con la humedad de la madera
- Los nudos en la madera no deben ser demasiados

Figura 61. **Control de calidad de materia prima**

CONTROL DE CALIDAD / MATERIA PRIMA			
			Observaciones
No. De Pedido	234567	<input type="checkbox"/> Se verificó	
Cantidad en m2	500	<input type="checkbox"/> Se verificó	
Nudos en madera		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Humedad		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Espesor		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Embalaje		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Estiba		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Estado del contenedor	Limpio, sin filtraciones de luz	<input type="checkbox"/> Se verificó	

Elaborado por: \_\_\_\_\_

Revisado por: \_\_\_\_\_

Fecha controlada: \_\_\_\_\_

Recibido /Almacén \_\_\_\_\_

Fecha impresión: 04/12/2017 Hora de Impresión: 11:42:10 a.m.

**Nota:** Si no verificó cada punto por favor no seleccione la casilla, el que usted seleccione la casilla significa que se hace responsable por algún error comentido en lo especificado

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.2. Evaluación de proveedores

Debido a que el proveedor actual está ubicado en la República de Chile, en la evaluación que se realice al proveedor se debe incluir aspectos del traslado ya que es el proveedor quien elige al transportista. La evaluación al

proveedor le ayudará a mejorar en los aspectos donde se encuentren deficiencias. Debido a que no se cuenta con varios proveedores de madera debido a que la madera de la región de Chile es de buena calidad, lo único que se puede hacer es tener buena comunicación para que no exista desventaja para la negociación por parte del cliente.

Se sugiere tener un control de cada uno de los pedidos solicitados al proveedor de tal forma que se pueda generar una estadística y ver comportamientos. Este control puede contener los siguientes aspectos:

- Número de pedido
- Fecha en que se inició la negociación con el proveedor
- Fecha en que el proveedor creó la solicitud para determinar cuánto tiempo se lleva el proveedor para realizar un pedido
- Tiempo de entrega propuesto y tiempo de entrega real para tener un registro de cuál es el tiempo real de llegada al puerto que se toma el contenedor con materia prima
- Fecha de embarque para determinar cuánto tiempo le toma al proveedor desde que se crea un pedido hasta que embarcó
- Fecha de llegada a puerto, para determinar el tiempo real de tránsito de la mercadería
- Fecha de liberación en puerto en Guatemala
- Fecha de entrega en bodega
- Montos pagados de demoras
- Montos pagados de gastos adicionales
- Cantidades recibidas

Figura 62. **Control de proveedores**

CONTROL DE PROVEEDORES			
			Observaciones
No. De Pedido	234567	<input type="checkbox"/> Se verificó	
Fecha de iniciación de la negociación		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Fecha de solicitud		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Tiempo de entrega propuesto	500	<input type="checkbox"/> Se verificó	
Tiempo de entrega real			
Fecha de embarque		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Fecha de llegada a puerto		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Fecha de liberación en puerto		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Fecha de entrega en bodega		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Monto pago de pago de demoras / días		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Monto pago de Gastos adicionales		<input type="checkbox"/> Se verificó	
Cantidades correctas		<input type="checkbox"/> Se verificó	

Recibido /Compras \_\_\_\_\_

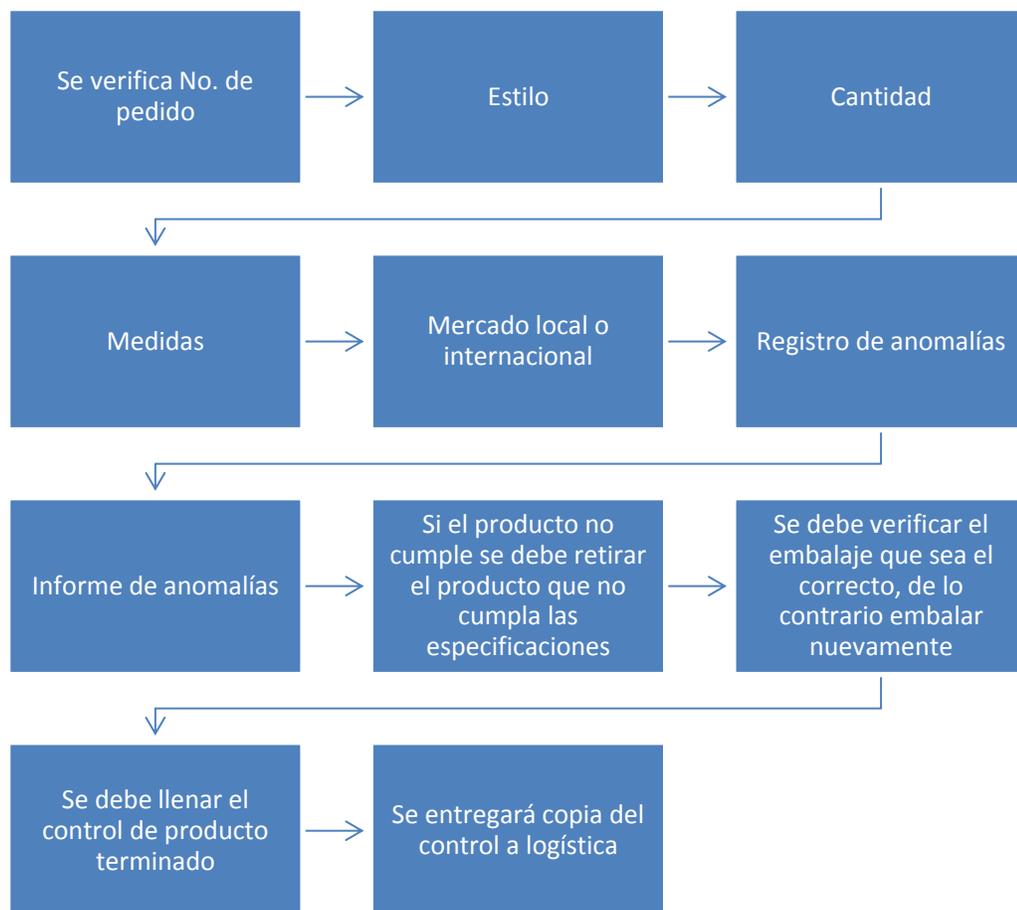
Fecha impresión: 04/12/2017 Hora de Impresión: 11:56:55 a.m.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2. Producto terminado

En este último proceso es necesario que se verifique que el producto cumplió con lo solicitado por el departamento de ventas. El proceso de verificación para el producto terminado podría ser el siguiente.

Figura 63. **Proceso verificación producto terminado**



Fuente: elaboración propia.

### **4.3. Rediseño de estaciones de trabajo**

Dentro de la propuesta el cambio más significativo es la adquisición de la nueva prensadora, adicionalmente esta nueva prensadora por las dimensiones se sugiere cambiarla de la posición en la que se encontraba la Prensadora Taylor. Esto permitirá que los movimientos que se hacen hacia la nueva prensadora, Weinig, sea menor la distancia y se disminuirá tiempo de operación.

El ordenar las secciones y mantener dicho orden mediante el método de las 5s presentado en secciones anteriores significará un rediseño ya que se está acostumbrado a trabajar en desorden.

Se debe gestionar con el departamento de Logística que el flujo del producto terminado sea constantemente, esto permitirá que el área de producto terminado se mantenga despejado.

### **4.4. Costos de implementación**

Los costos involucrados en la presentación de esta propuesta serán algunos muy representativos como es el caso de los costos de inversión y otros serán gastos operativos, los cuales se mantendrán a medida que se realice la operación.

#### **4.4.1. Costos de inversión**

Los costos de inversión en esta propuesta se generan debido a que se realizarán una única vez, básicamente el costo de inversión más alto de la implementación lo representa la adquisición de la prensadora Weinig que su

costo en el mercado, de segunda mano, es de US\$15,000.00. Adicional a la inversión de la Prensadora existirán algunos otros gastos que se detallarán en secciones posteriores.

Figura 64. Cotización prensadora Weinig



AUTOMATIZACIÓN - INGENIERIA - MONTAJES - METAL MECANICA - PROYECTOS

Guatemala, 22 de julio 2017

Para:

**Ing. Isidro Baltazar**

**Cotización No. 02100655**

Ítem	Descripción	Global	P. U.	Sub totales
1	Maquina PROFIPRESS 3500 MARCA WEINING		\$15,000.00	\$15,000.00
	<b>TOTAL</b>			<b>\$15,000.00</b>

Total: Quince mil (dólares)

**VALIDEZ DE LA OFERTA:**

La oferta tiene 15 días de vigencia.

Se entienden netos pagaderos en Quetzales 12% de IVA incluido.

Quedo a la espera de su amable pedido,

Atentamente,

Ingeniería Aplicada  
 Ing. Oscar Marroquín  
 Colegiado 15363  
 Movil: 58124070  
 email: oscarmarro@hotmail.com  
 División proyectos

5ta Calle 31-57 ,Bosques de San Nicolas, Zona 4 de Mixco , Ciudad de Guatemala, Guatemala

Fuente: Ingeniería Aplicada, División de Proyectos.

#### **4.4.1.1. Materia prima**

En el caso de la materia prima se espera hacer pruebas y probablemente se perderá algún tipo de materia prima con dichas pruebas por lo que únicamente sería en los primeros meses la inversión de materia prima.

#### **4.4.1.2. Mano de obra**

Será necesario buscar una persona que haya manejado este tipo de maquinaria o bien invertirse en capacitación para el personal. Actualmente la empresa proveedora de la Prensadora Weinig cobra US\$100,00 por hora de capacitación.

#### **4.4.1.3. Diseño y logística**

Debido a que es un proyecto separado a la producción es probable que se deba contratar un ingeniero únicamente para el Diseño y la logística, el costo de un ingeniero probablemente será de US\$50,00 a 100,00.

#### **4.4.2. Costos de operación**

Se le denomina costos de operación debido a que son de cierta forma permanentes y que son necesarios continuamente para la operación.

Dentro de estos costos se incluye la capacitación, debido a que es necesario estar capacitando constantemente al personal para que se mantengan los cambios.

La capacitación no es únicamente para los trabajadores antiguos sino también para los nuevos ya que será un tanto difícil el encontrar personal capacitado en esta área específica.

#### **4.4.2.1. Mano de obra directa**

Si la empresa accede a dar capacitaciones constantes, lo que incluye a los operarios, eso significa que la producción bajará debido a que las capacitaciones en ocasiones pueden tomar todo un día, aunque se pueden programar durante los primeros días del mes cuando la producción no es tan alta, esto si representará un costo de la mano de obra directa. Se está hablando que si el operario recibe el salario mínimo que es, según el ministerio de trabajo para el año 2017, Q86,90 diario, esta sería la inversión y si se envía a dos trabajadores a capacitación mensualmente sería una inversión de mano de obra directa de Q173,80 mensualmente.

#### **4.4.2.2. Producción en línea**

En esta sección se refiere a la producción de forma continua, como es el caso de las puertas debido a que se programa la producción del mismo tipo en diferentes cantidades. Para la implementación de la propuesta la única forma en que se interfiere la producción en línea es debido a la prensadora que se propone que se adquiera, sin embargo la producción se estima que saldrá beneficiada.

Adicionalmente se sugiere hacer un cambio en la jornada, esta podría ser de lunes a viernes únicamente debido a que el sábado únicamente se trabaja de 8:00 a 12:00 por lo que no se aprovecha el día completo y las máquinas se encienden de todas formas. Únicamente para cumplir con las horas podría

trabajarse de 7:00 a 17:00 de lunes a jueves y viernes de 7:00 a 16:00. Este cambio no incurrirá en gastos adicionales.

#### **4.4.2.3. Producto terminado**

El cambio que se sugiere en el área de producto terminado únicamente es que se tenga un control, este cambio no significa ningún costo adicional, únicamente utilizar cuadros de control que ayude a tener un conteo diario. Dentro de las capacitaciones se debe incluir temas como mejora continua, de tal forma que los encargados del seguimiento de esta propuesta tengan conciencia de lo importante que es el mantener los cambios para que logren ser permanentes.

#### **4.5. Seguridad e higiene industrial**

En temas de seguridad e higiene industrial la mayoría de empresas no ven una necesidad, sin embargo debido al tipo de operación que se lleva a cabo en a la empresa es necesario guardar ciertas medidas de seguridad e higiene que pueden ayudar a la prevención de accidentes o incidentes, por lo que no es una tena que deba ser postergado.

##### **4.5.1. Mitigación de riesgos**

Actualmente existen ciertos riesgos identificados en el análisis los cuales se presentan a continuación.

- Riesgo

El personal no utiliza el equipo de seguridad brindado por la empresa.

- Mitigación

Programar capacitaciones constantes a los trabajadores para hacer conciencia en ellos de los riesgos a los cuales se enfrentan y las peores consecuencias a las cuales se enfrentan

- Riesgo

La empresa cuenta con poco equipo de seguridad

- Mitigación

Se debe involucrar a la Gerencia General de tal forma que también vea lo necesario que es contar con el equipo.

- Riesgo

Debido al desorden que existe el poco equipo de protección no se encuentra a la vista

- Mitigación

Asignar un área a la entrada de la bodega donde se guarde el equipo de seguridad, es necesario hacer una estantería para tal efecto.

#### 4.5.2. Formación de brigada de evacuación

Lamentablemente en la actualidad en la empresa no existe una brigada de evacuación, esta brigada debería estar integrada por una persona de cada uno de los departamentos, lo que incluye al departamento de producción de Puertas de Madera de Pino. Esta brigada de evacuación podría seguir el siguiente plan de acción.

Figura 65. Plan de acción brigada de evacuación



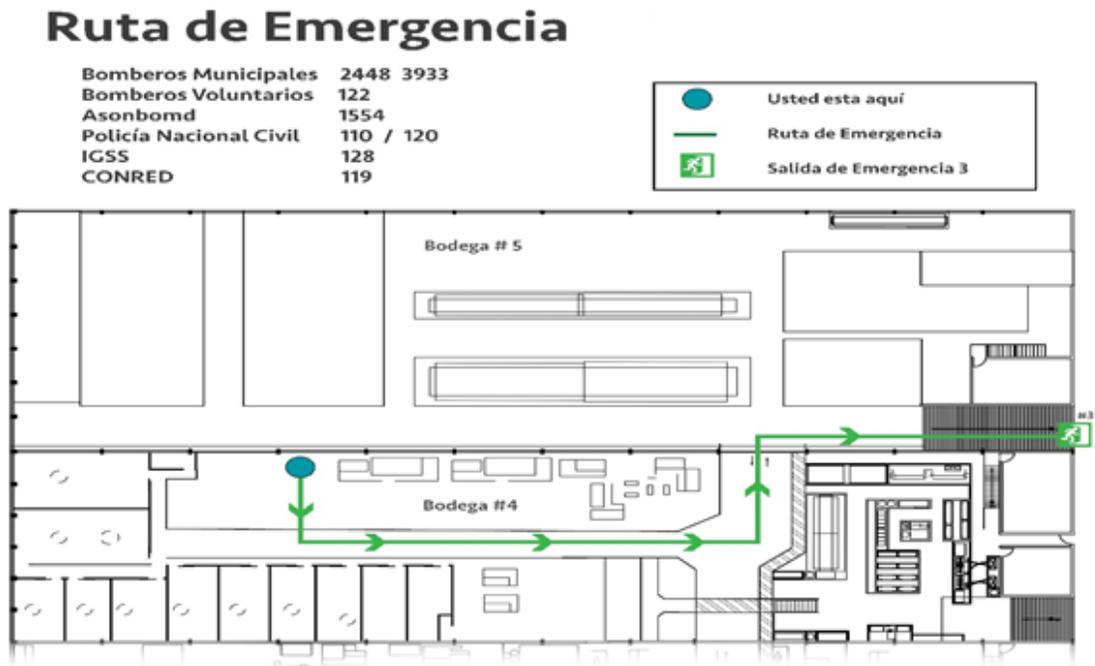
Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un plan para la evacuación, cabe mencionar que se enfoca únicamente a la bodega 4, que es donde se encuentra el departamento de producción de puertas sólidas.

- Ruta de evacuación

La ruta de evacuación del personal administrativo y operativo está definida de la siguiente forma.

Figura 66. Ruta evacuación bodega No. 4



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Es importante mencionar que las salidas de emergencia deberán estar equilibradas según el número de colaboradores que se encuentren laborando para la organización Distribuciones Globales, S.A. que para el presente procedimiento el cálculo se encuentra en el anexo B.

La ruta de evacuación estará identificada para cada una de las cuatro salidas de emergencia y deberá contar con señalización visible en paredes y pisos según normativa NRD-2 de CONRED.

- Responsables de evacuación

El personal responsable de la evacuación está definido por el grupo de personal interno que estará denominado “BRIGADA DE EVACUACIÓN Y RESCATE”

En planta se cuenta con un total de 248 colaboradores y la brigada de evacuación y rescate es de 8 personas, por lo que cada rescatista tendrá a su cargo 31 colaboradores.

El brigadista tiene la responsabilidad de asegurar que cada colaborador a él asignado, sea evacuado de la planta y lo haga de forma correcta, es decir siguiendo la metodología de evacuación que se presenta posteriormente.

Como punto especial, en los turnos nocturnos se deberá registrar la asistencia de cada miembro de la empresa para asegurar quienes llegaron y quiénes no.

- Metodología de evacuación

- Si se llegase a presentar alguna situación de probable necesidad de evacuación, un miembro del equipo de brigada estará haciendo sonar su silbato, una vez para detener la actividad, dos veces para continuar con las actividades ordinarias y tres veces para evacuar el área. Y se deberá accionar el botón de alarma para que toda la planta esté enterada de la evacuación.
- La forma como se ira evacuando cada área de trabajo, será por medio de una fila india siguiendo la ruta de evacuación

- El punto de encuentro se determinó será el campo de pipifutbol que se encuentra enfrente de la planta de producción. El mismo está basado en lo regulado en el punto en el punto 17.4.4 del Manual de uso para la NORMA DE REDUCCIÓN DE DESASTRES NÚMERO DOS -NRD2-.
  - Una vez se tenga la evacuación, se formarán en 8 grupos y cada líder de la brigada de evacuación y rescate contará que el grupo que tiene asignado esté completo y no tenga a nadie que buscar dentro de la planta.
  - En caso quede alguien dentro de la planta, se asignan dos personas de la comisión de rescate para iniciar la búsqueda.
  - Cuando se crea que ha pasado la emergencia, la comisión de evaluación deberá asegurar que se cuenten con las condiciones mínimas para volver a las actividades laborales de cada persona.
- Teléfonos de emergencia

Los teléfonos de emergencia deberán estar publicados en la entrada a la planta, en las bodegas.

#### **4.5.3. Equipo de protección personal**

En secciones anteriores se expuso la necesidad de que los empleados cuenten con mascarillas y con lentes, las mascarillas serán útiles para proteger del polvillo generado al procesar las puertas y los lentes u guantes debido a las astillas que puedan desprenderse también al procesar las puertas.

Adicionalmente es necesario la protección auditiva. A continuación se presenta los decibeles en la bodega No. 4.

Tabla XXVII. **Decibeles en bodega cuatro.**

<b>BODEGA</b>	<b>Área</b>	<b>Cumple / No Cumple</b>	<b>Rango Actual (dB)</b>
4	Baño Bodega 4	Cumple	61
4	Cocinas	No Cumple	91
4	Carpintería	No Cumple	94
4	Lijado - Puertas Sólidas	No Cumple	95
4	Cabina 1 - Puertas Sólidas	Cumple	67
4	Cabina 2 - Puertas Sólidas	Cumple	73
4	Cabina 3 - Puertas Sólidas	Cumple	71
4	Cabina 4 - Puertas Sólidas	Cumple	72
4	Cabina 5 - Puertas Sólidas	Cumple	78
4	Cabina 6 - Puertas Sólidas	Cumple	69
4	Cabina 7 - Puertas Sólidas	Cumple	71
4	Cabina 8 - Puertas Sólidas	Cumple	77
4	Oficina Puertas Sólidas	Cumple	77
4	Oficina Planificación	Cumple	63
4	Oficina Mario Fong	Cumple	65
4	Oficina Werner Rodas	Cumple	68
4	Oficina Cocinas	Cumple	64
4	Oficina Byron Barrios	Cumple	59

Fuente: elaboración propia.

Durante el análisis también se pudo notar que el personal no utiliza protección para levantar cargas pesadas, se recomienda agregar al equipo de todos los operarios los cinturones. Y se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos para el manejo de las cargas.

- Pesos permitidos

La carga máximas para un varón adulto es de 55 kilogramos y si es un varón de 18 a 21 años es de 20 kilogramos. Esta manipulación ha de ser

intermitente hasta un máximo de tres movimientos por hora. Si en caso existieran pesos mayores, estos pueden ser manipulados por varios trabajadores. Acuerdo Gubernativo número 229-2014, Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, emitido por el Presidente de la República de Guatemala, art. 90.

- Instrucciones para manipulación de cargas

Indistintamente del objeto que implique manipulación manual de cargas, el empleado, debe ser entrenado para aplicar los pasos del Método Cinético. Acuerdo Gubernativo número 229-2014, Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, emitido por el Presidente de la República de Guatemala, art. 91.

- Colocarse cerca de la carga, con los pies separados a fin de mantener el equilibrio y con el pie derecho hacia delante.
- Agacharse, doblando las piernas, manteniendo la espalda en línea recta, para sujetar la carga con la mano completa, no con la punta de los dedos.
- La posición de la barbilla debe ser hacia adentro.
- Se debe levantar la carga con los brazos, acercándola al cuerpo.
- Debe levantarse con la fuerza de las piernas, manteniendo el tronco recto, los brazos flexionados y los codos cerca del cuerpo.
- La carga se debe mantener cerca del tronco y se debe sostener con la fuerza de los brazos.

#### 4.5.4. Áreas señalizadas

Resultado del análisis es notoria la necesidad de concientizar al personal del uso de los artículos de seguridad personal, por lo que es necesario colocar en algunas áreas que es obligatorio el uso de este equipo.

Figura 67. Señalización equipo de seguridad



Fuente: elaboración propia

Adicionalmente una vez definido el plan de acción de la brigada de evacuación, esta tendrá que definir las áreas donde y que deberán de señalizar.

#### 4.6. Monitoreo de producción al realizarse los cambios

Es indispensable que se tenga un monitoreo constante de los cambios sugeridos para que estos sean permanentes, sin este monitoreo aquellos cambios que pueden ser un existo irán al fracaso. La persona encargada para este monitoreo se sugiere que sea el encargado del área, debido a que esta persona es el que tiene el control de toda el área y no solamente la producción y su interés será en que funcione el área completa.

#### 4.6.1. Formatos de control sugeridos

Dentro de la propuesta se han sugerido dos controles estos son para el control de la producción diaria y también para el control del producto terminado.

De estas hojas el encargado del área deberá llevar un registro en la computadora la cual almacenará estos datos para posteriormente ver tendencias.

Tabla XXVIII. Control acumulativo de producción diario

CONTROL ACUMULATIVO DIARIO PRODUCCIÓN						
Línea	Objetivo	Producidos	Defectuosos	Proceso	Hora Inicia	Hora final
1	1000	854	60	Molduradora	07:00	17:00
2	350	120	20	Molduradora	07:00	17:00
3	500	499	50	Molduradora	07:00	17:00
4	500	100	50	Molduradora	07:00	17:00
5	350	120	20	Molduradora	07:00	17:00
6	350	120	20	Molduradora	07:00	17:00
7	400	400	25	Molduradora	07:00	17:00

Fuente: elaboración propia.

#### 4.7. Desperdicios

En cualquier proceso productivo es posible decir que siempre habrán desperdicios, la diferencia radica es en el control que se deben generar para estos desperdicios.

Por otro lado en muchas de las ocasiones los operarios, al no ser controlados, no sienten conciencia de disminuir estos desperdicios. Como se pudo notar actualmente no existe control en esta área.

#### **4.7.1. Características**

Del proceso de producción de las puertas de madera de pino tipo radiata surgen dos tipos de desperdicios los cuales son: aserrín y piezas pequeñas de madera.

Figura 68. **Aserrín**



Fuente: empresa fabricante de puertas.

Figura 69. **Piezas pequeñas de madera**



Fuente: empresa productora de puertas.

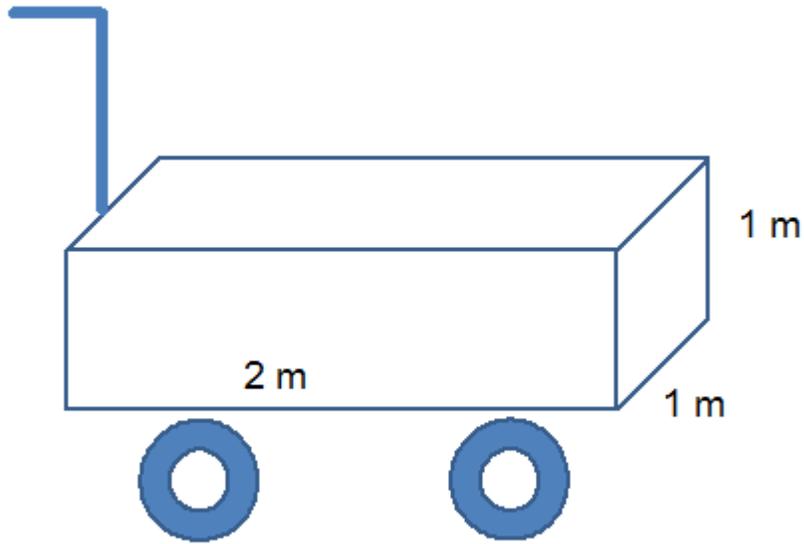
#### **4.7.2. Cantidad**

Debido al volumen de producción actual se producen aproximadamente 150 costales diarios de aserrín. En el caso de las piezas pequeñas de madera se producen aproximadamente 200 costales.

#### **4.7.3. Manejo**

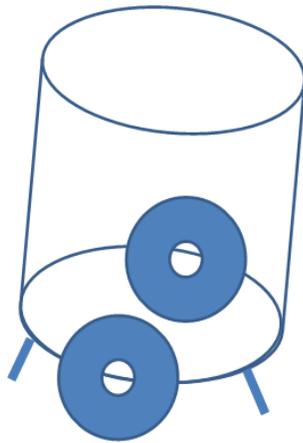
El aserrín actualmente lo colocan en un área sin embargo no está delimitada de igual forma las piezas pequeñas de madera. Se sugiere la creación de carretas de metal para este uso y que sea más fácil el manejo dentro de la planta. La carretilla para el manejo del aserrín puede ser de 1,00 x 2,00 x 1,00 metros. Para el manejo de las piezas pequeñas de madera, podría únicamente ponerse llantas a los toneles y así ser movibles.

Figura 70. **Carretilla para manejo de aserrín**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

Figura 71. **Carretilla para el manejo de piezas pequeñas de madera**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

#### **4.7.4. Aprovechamiento**

Actualmente para deshacerse de los desperdicios se paga a una persona para que se lleve este tipo de desechos, sin embargo es posible ver el aprovechamiento mediante la quema del aserrín para producir energía.

“A diferencia de las industrias que producen biocombustible a partir del desecho forestal mediante la biomasa se podrá dar un uso al aserrín y a la vez generar energía gratuitamente”.<sup>9</sup>

Adicionalmente en la temporada de fin de año se pueden tratar de comercializar el aserrín. En el caso de las piezas de madera es posible buscar áreas donde puedan utilizar la madera para usos domésticos como encender fuego y cocinar.

#### **4.8. Controles en entrega de producto terminado del Departamento de Logística**

En secciones anteriores se hizo sugerencia de un control por parte del departamento de Producción de Puertas de Madera de Pino. Sin embargo este control debería ser cruzado por lo que se puede llevar el mismo control únicamente.

---

<sup>9</sup> Noticias Universia. <http://noticias.universia.com.ar/ciencia-ntt/noticia/2007/08/03/366875/saben-aprovechar-residuos-madereros.html>. Consulta: 20 de noviembre de 2017.

Tabla XXIX. Control del Departamento de Logística de producto terminado

CONTROL PRODUCTO TERMINADO / LOGÍSTICA					
		Logística		Producto Terminado	
No. De Pedido	1000879			<input type="checkbox"/> Se verificó	<input type="checkbox"/> Se verificó
Estilo de puerta	Radiata			<input type="checkbox"/> Se verificó	<input type="checkbox"/> Se verificó
Cantidad de puertas	40			<input type="checkbox"/> Se verificó	<input type="checkbox"/> Se verificó
Mercado				<input type="checkbox"/> Se verificó	<input type="checkbox"/> Se verificó
Medidas de puerta	0.80 x 2.10	Cantidad de Tableros	2	<input type="checkbox"/> Se verificó	<input type="checkbox"/> Se verificó

Elaborado por: \_\_\_\_\_

Revisado por: \_\_\_\_\_

Fecha controlada: \_\_\_\_\_

Entregado /Producción: \_\_\_\_\_

Fecha impresión: 26/11/2017 Hora de Impresión: 11:04:18 p.m.

**Nota:** Si no verificó cada punto por favor no seleccione la casilla, el que usted seleccione la casilla significa que se hace responsable por algún error cometido en lo especificado

Fuente: elaboración propia.

## **5. SEGUIMIENTO O MEJORA**

Es necesario establecer las condiciones que garanticen la funcionalidad de la puesta en marcha de la presente propuesta de mejora, para ello se analizan los resultados obtenidos y se establecen los medios con los cuales sistemáticamente debe ser evaluado el funcionamiento de la misma, por medio de auditorías que evidencien el cumplimiento o no de las directrices planteadas.

De esta forma proponer permanentemente mejoras, que garanticen el funcionamiento del sistema de gestión de medicamentos.

### **5.1. Evaluación de resultados**

Es necesario determinar si la actual propuesta logró su objetivo, el cual es mejorar el desarrollo de las actividades dentro del área de puertas sólidas. Para ello hay es necesario establecer un plan de mejora continua el cual podría ser el siguiente.

Figura 72. **Proceso de mejora continua**



Fuente: elaboración propia.

La evaluación de los resultados es un medio que permite verificar si los procedimientos establecidos son los adecuados para el desarrollo de las actividades en el producción de puertas sólidas, adicionalmente permite crear una alternativa de mejora continua que comprometa a los participantes dentro del departamento.

### 5.1.1. **Escenario primario**

En el primer escenario se presentan los cambios en la adquisición de una nueva máquina de prensado, por lo que una forma de evaluar los resultados será teniendo un registro de los tiempos de pegado y la efectividad que se tenga en ellos. Se deberá tener un registro de las incidencias que se tengan con la nueva máquina para tener una bitácora y aplicar las medidas correctivas que sean necesarias.

### **5.1.2. Escenario secundario**

Como un segundo escenario se propuso la readecuación de la maquinaria tomando en cuenta los movimientos relacionados entre la misma. La evaluación de los resultados puede medirse mediante un control de los tiempos y también mediante encuestas a los empleados sobre las mejoras que se pueden notar, de esto dependerá la permanencia de los cambios en la planta.

## **5.2. Revisión de procedimientos**

Se puede decir que la revisión de procedimientos incluye la evaluación de cada alternativa en términos de los criterios ya mencionados, evaluar no es lo mismo que seleccionar, por ejemplo se va a elegir la alternativa de menor costo, deben evaluarse los costos de cada alternativa. Se esperaría que al separar la evaluación de las alternativas de la elección de la alternativa seleccionada, la elección que se realice será con más objetividad. En caso existiera la necesidad de evaluar formalmente el desempeño de cada una de las alternativas, entonces es menos probable que se elija una que sea por conveniencia de una persona en especial, es decir sea la favorita de alguien, de forma subjetiva, sin tomar en cuenta el impacto de la elección.

La evaluación de procedimientos puede realizarse mediante los siguientes pasos:

- Medición
- Análisis
- Verificación

- Medición

No es posible que se gestione algo que no se ha medido, por lo que es necesario establecer las actividades para la medición de forma periódica de los resultados que se desean evaluar para determinar la satisfacción e insatisfacción de los nuevos procesos establecidos.

Es indispensable saber el comportamiento de los resultados y contar con la información de los factores de cambio en el rendimiento. El punto crítico ahora es decidir que se va a medir y en este caso podríamos poner como por ejemplo la cantidad de artículos con deficiencias se reciben en el departamento.

- Análisis

Posteriormente a la medición de los parámetros establecidos se procede a analizar si las actividades o el proceso cumplen con los estándares impuestos por la empresa o por el sistema, es decir se analiza el comportamiento del proceso o actividad.

- Verificación

En este punto se pretende determinar si los datos obtenidos son suficientes para emitir un juicio o bien si es necesaria la recopilación de más datos para el análisis respectivo.

### **5.2.1. Medición de eficiencia**

Para determinar la eficiencia de la línea, se debe tener en cuenta que se cuenta con 7 horas diarias de trabajo debido a que hay una hora de almuerzo,

esto representa 420 minutos, para este caso se tomará 400 minutos, la demanda diaria es de 120 puertas. Para la medición de la eficiencia se debe contar con los siguientes datos.

Descripción	Tiempo
Tableros	11,7
Peinazos	10,73
Perforación largueros y peinazos	13,5
Molduradora	15,33
Prensa	13,67
Armado de puertas	9,06
Lijado	13,31
Calibrado	9,5
Empaque	9,66
<b>Tiempo total por lote</b>	<b>106,46</b>

Fuente: elaboración propia

Los datos a continuación se generan suponiendo que se implementa el cambio propuesto.

$$Tiempo\ del\ Ciclo\ \frac{400}{120} = 3,3$$

$$No.\ M\acute{in}imo\ estaciones\ \frac{106,46}{8} = 13,31$$

$$Eficiencia\ de\ la\ l\acute{i}nea:\ \frac{13,31}{8 * 3,3} * 100 = 50$$

La eficiencia en este caso supuesto es del 50%

### 5.2.2. Medición de productividad de mano de obra

“En el caso de los sectores que generan bienes, la productividad es la relación entre el valor de la cantidad producida y la cantidad de recursos utilizados en el proceso de producción. La medición de la productividad sirve para evaluar la eficacia con la cual se usan los factores de producción”.<sup>10</sup>

Existen varias formas de determinar el índice de productividad. Estas pueden ser de la siguiente forma:

- Productividad de mano de obra = Producción / Horas de trabajo
- Productividad de mano de obra = Ventas / Horas de trabajado
- Productividad de mano de obra = Producción / Número de trabajadores
- Productividad de mano de obra = Ventas / Número de trabajadores

120 puertas / 8 horas = 15 puertas / hora

(120 puertas \* USD 50) / 8 horas = 750 USD/hora

120 puertas / 49 operarios = 2,44 puertas / operario

(120 puertas \* USD 50) / 49 operarios = 122,45 USD/operario

La fórmula a usarse dependerá del dato que se desee analizar.

### 5.2.3. Control de calidad en la línea

Es necesario establecer programas innovadores de gestión de calidad, una de ellas podrían ser los círculos de calidad, la finalidad será crear conciencia de calidad en todos los miembros de la organización mediante

---

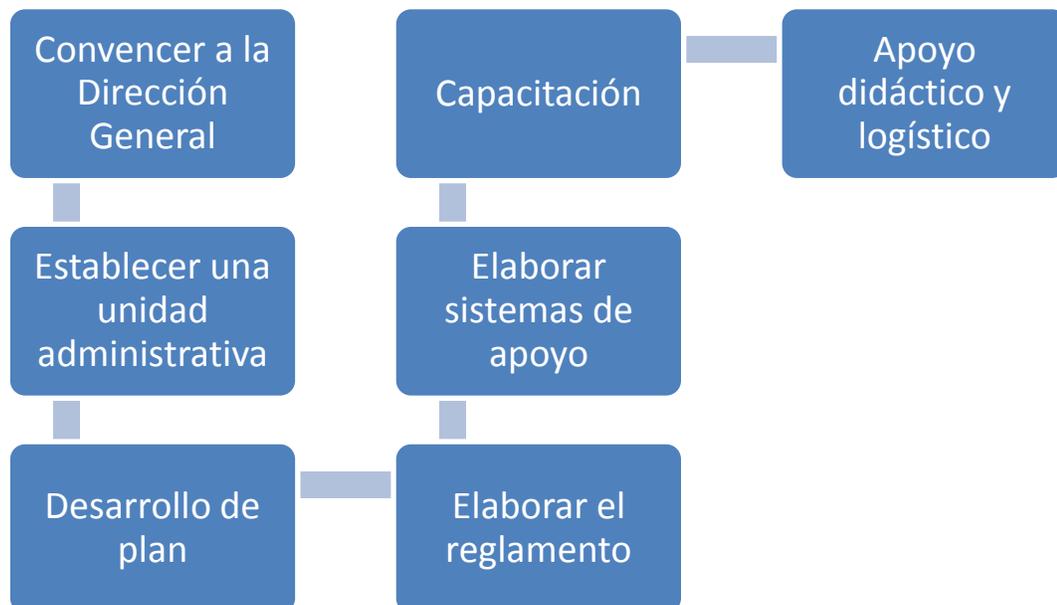
<sup>10</sup> Secretaria del Trabajo y Previsión Social.  
<http://www.stps.gob.mx/gobmx/estadisticas/productividad/metodologia2015.pdf>. Consulta: 20 de noviembre de 2017

trabajo en equipo e intercambio de conocimientos. Con la información y experiencias recopiladas se podrán solucionar problemas que afecten el desempeño y calidad de las áreas de trabajo. Estos círculos de calidad serán encargados de dar el alerta cuando algo no esté funcionando adecuadamente. La misión de los círculos de calidad será:

- La mejora continua de la empresa
- Crear un ambiente agradable de trabajo promoviendo el respeto por cada uno de los trabajadores.
- Usar el talento del personal para el mejoramiento de las tareas

El establecimiento de los círculos de calidad requiere la aplicación del siguiente proceso.

Figura 73. **Proceso para establecer un círculo de calidad**



Fuente: elaboración propia.

### **5.3. Control de reportes por estación**

En cada estación se debe generar reportes diarios de la eficiencia de cada estación, cada sección cuenta con ciertas particularidades sin duda, pero es posible crear por cada estación sus propios controles. En el caso de las estaciones de prensado puede crearse el control de los ahorros de pegamento que se están teniendo, es decir lo que se utiliza con la nueva maquinaria para determinar los ahorros.

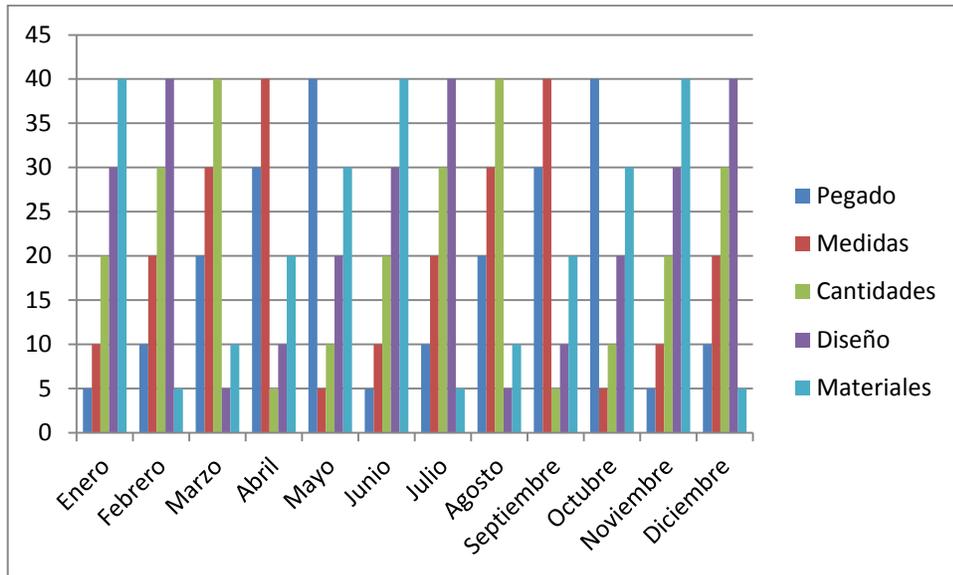
### **5.4. Estadísticas**

Son una herramienta matemática que será útil para obtener información, analizar y simplificar lo más posible, de esta forma será fácil de interpretar por cualquier persona.

Dentro de la estadística existen los gráficos que son una forma de representar los datos para que las personas no especializadas puedan interpretarlos. Con este tipo de gráficos es posible ver el rumbo que está tomando el área en estudio y tomar decisiones estratégicas para corregir algunas malas tendencias que no contribuirán al alcance de los objetivos institucionales.

Por ejemplo dentro de las estadísticas que se pueden tener son los rechazos que se tengan y estos pueden ser clasificados de la siguiente forma.

Figura 74. Estadísticas mensuales de rechazos de producto



Fuente: elaboración propia.

También es posible con el control de proveedores determinar una estadística de los siguientes:

- El tiempo que se lleva el proveedor para realizar un pedido
- Tiempo real de llegada al puerto que se toma el contenedor con materia prima
- El tiempo que le toma al proveedor desde que se crea un pedido hasta que se embarca
- El tiempo real de tránsito de la mercadería
- Días de liberación de los contenedores en puerto guatemalteco

## **5.5. Auditorías**

Debido a la realidad económica y comercial altamente competitiva donde la calidad es una estrategia para el desarrollo de las empresas, actualmente, se han encontrado una identificación con la filosofía de cultura de calidad

Las auditorías de calidad son una herramienta de gestión para evaluar las actividades que se relacionan con la calidad en las empresas. También se desarrollan con el fin de lograr alcanzar la calidad deseada por la organización pues evalúan la eficacia de las actividades. Proporcionan evidencia objetiva basada en hechos, por lo que las decisiones que tome la misma será en base a hechos y no hipótesis.

### **5.5.1. Internas**

Las auditorías internas de calidad sirven de apoyo a toda la organización, su propósito es evaluar la eficacia de los procesos de gestión de calidad. Los requisitos de calidad de las normas internacionales obligan a las empresas a tener una supervisión continua del desempeño de todos los procesos.

Para que sean viables las auditorías internas tiene que entenderse como algo que añade valor a la organización. Las personas que lleven a cabo estas auditorías internas deben tener presente el valor que dichas auditorías representan.

Primero se verifica e inspeccionan los procedimientos. Luego se puede enfocar en el cumplimiento de los procedimientos y procesos en la organización. La elección de las personas o persona para la auditoría interna

del de producción de Puertas de Madera de Pino queda sujeta al encargado del área.

### **5.5.2. Externas**

Al igual que la auditoría interna el propósito es velar por el cumplimiento de los procedimientos y procesos de una gestión de calidad. Sin embargo, esta auditoría a diferencia de la auditoría interna es ejecutada por personal ajeno a la organización. La persona encargada de realizar esta auditoría debe tener no solo el conocimiento sino la experiencia para desempeñar este cargo tan importante, ya que al final debe realizar un informe final.

Una auditoría externa de calidad proporcionará a la empresa información valiosa para la toma de decisiones relacionadas con la mejora continua. En el caso que se contrate a una persona directamente, esta deberá seguir los siguientes pasos:

- Planificación
- Ejecución
- Informe
- Seguimiento

### **5.6. Acciones correctivas**

Todos los controles tienen como finalidad el mostrar las áreas en las cuales se deben generar medidas correctivas. Existen empresas que invierten en controles sin embargo ya no hacen esas acciones que permitirán reincidencias en errores que se pueden evitar.

Estas acciones correctivas deben estar a cargo del Gerente de Producción conjuntamente con el encargado del área. La ejecución de estas acciones deberá estar a cargo del personal que los encargados designen.

### **5.7. Beneficio/costo**

Luego que el Departamento de Puertas Sólidas defina cuál será su objetivo, es decir su área de mejora, será necesario establecer los resultados, pero también los costos en que se incurrirán al momento de ejecutar las estrategias.

Se debe tener en cuenta que no siempre el beneficio se verá de forma económica, es posible que en determinado momento los resultados serán sencillamente baja rotación de personal, menos errores en la entrega de producto terminado, mayor orden al realizar las actividades, pero al final será una forma de beneficiar de forma global al funcionamiento y desarrollo no solo del departamento si no de la empresa en conjunto.

Dentro de la propuesta se pudo mostrar un aumento de eficiencia del 10% lo que representan un ingreso adicional para la empresa del 20 000 dólares al mes. Adicionalmente con las mejoras en las áreas de trabajo se espera que haya menos absentismo y la rotación de personal baje. Lo que representa una disminución en costos de contratación de personal.

## CONCLUSIONES

1. A partir del análisis de los procesos y capacidad actual de producción de puertas de pino tipo radiata en el área de puertas sólidas es posible determinar que una de las deficiencias significativas es obsolescencia de las máquinas y herramientas, aunado a ello, el departamento no sigue un programa riguroso de mantenimiento lo ocasiona fallas en el proceso productivo.
2. Con un análisis mediante el diagrama de recorrido fue posible identificar que existe una fase de producción más lenta y que por consecuencia determina la capacidad del proceso, esta fase más lenta se localiza en la prensadora, máquina en la que todos los procesos se unen, lastimosamente esta prensadora no trabaja de forma óptima y una de las razones es posible decir que es su antigüedad y el poco mantenimiento que se le ha realizado.
3. Al llevarse a cabo un estudio de tiempos fue posible obtener el tiempo promedio para realizar cada uno de los procesos involucrados en la fabricación de las puertas sólidas, posterior al estudio de los cinco procesos involucrados en la fabricación de una puerta, el estudio en cuestión reveló que el proceso denominado tableros constituye el 11 %, peinazos 10%, peinazos de 23 y 19 cm el 13%, largueros 14% y armado el 52%, al tener estos datos es posible enfocarse, en el futuro, en la mejora de los procesos que son significativos.

4. La evaluación del proceso productivo muestra que una de las mejoras podría enfocarse en la adquisición de una nueva máquina prensadora, llamada Weinig e implementar un plan de mantenimiento para la misma con el proveedor. Esta nueva adquisición permitirá que la fase más lenta incremente su capacidad productiva.
5. Al momento de la adquisición de una nueva prensadora se proyecta un aumento de la eficiencia en 4%, actualmente se tiene una eficiencia del 46 % y se estima un aumento al 50 %. Se estima que, debido a que el proceso de armado es el que más porcentaje representa del proceso total y que este proceso conlleva más trabajo manual que de máquinas, si se mejoran las condiciones de las áreas de trabajo los tiempos pueden disminuir.
6. Dentro de la propuesta se establece la necesidad de una readecuación de la maquinaria, dicha readecuación deberá incluir la nueva máquina prensadora, se estima que esta nueva distribución de maquinaria también contribuirá significativamente a la eficiencia del proceso debido a que los tiempos de transporte se disminuirán. Una vez establecidos los cambios será necesario un nuevo estudio del proceso para evaluar los cambios y mantenerlos o mejorarlo.

## RECOMENDACIONES

1. Es indispensable que el Departamento de Mantenimiento establezca un programa preventivo y correctivo para toda la maquinaria y herramienta, esto permitirá extender el tiempo de vida útil de los mismos.
2. Si el departamento de producción determina que existe un proceso que es bastante lento o bien que existen muchos procesos que se unen en ese punto se debe realizar las mejoras necesarias para que la maquinaria o departamento se encuentre en las óptimas condiciones.
3. El análisis realizado mostró que existe una sección del proceso productivo que constituye más del 50 por ciento, por lo que es recomendable enfocar los esfuerzos en esta área para determinar nuevas opciones de mejora.
4. Uno de los problemas es la falta de mantenimiento, sin embargo también esto puede ser resultado de la contratación de personal que no está capacitado para administrar las actividades de una empresa productora, por lo que los filtros para la selección del personal deben ser más rigurosos y específicos.
5. La propuesta presentada incluye como opción la adquisición de una nueva máquina prensadora y se muestra como esto permitirá un aumento de la eficiencia, sin embargo pueden existir otras opciones, por ejemplo la empresa podría evaluar la opción de dedicarse exclusivamente al ensamble de las piezas. Esto significaría que el

proveedor proporcionaría las piezas ya cortadas y se podría prescindir de personal así como de materiales para la elaboración, adicionalmente el proveedor realiza un descuento por cierta cantidad de piezas enviadas y listas para ser ensambladas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BARILLAS, José. *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalúrgica: Fundidora Bernal, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 119 p.
2. CHIAVETANO, Idalberto. *Administración de empresas.* 3a ed. México: McGraw-Hill, 2007. 357 p.
3. CRUZ, Mariano. *Implementación de un sistema de control de calidad para el departamento de producción, en una empresa productora de camas,* Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad Ingeniería. 2008. 121 p.
4. HELLRIEGEL, Don. *Administración de personal.* 2a ed. México: Thompson, 2006. 420 p.
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Cálculo de los índices de productividad laboral y del costo unitario de la mano de obra.* México: INEGI, 2015. 66 p.
6. International Organization for Standardization. *Norma Internacional ISO 9001-2008,* 4a ed. Ginebra, Suiza: Secretaria Central de ISO, 2008. 42 p.

7. \_\_\_\_\_ . *Norma Internacional 9004*, 3a ed. Ginebra, Suiza: Secretaría Central de ISO, 2009. 58 p.
8. LOPEZ, María. *Elaboración del sistema de trazabilidad en la planta de producción de la empresa el Horno de Mikaela*, Trabajo de graduación de Ingeniería de Alimentos. Corporación Universitaria Lasallist Antioquia. Facultad de Ingeniería, 2014. 32 p.
9. MAYNARD, James Keenan. *Manual del ingeniero industrial*. 2a ed. México: Thompson, 2005. 300 p.
10. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial*. 3ra ed. México: Alfa Omega, 2006. 287 p.
11. Presidente de la República de Guatemala, Acuerdo Gubernativo número 229-2014. Reglamento de salud y seguridad ocupacional. 23 de julio de 2014.
12. *Propuesta de un modelo de capacitación y desarrollo al personal*, Universidad de Oriente, San Miguel, El Salvador, 2002. 111 p.
13. Revista El Buzón de Pacioli. *Balanceo de Líneas Utilizando Herramientas de Manufactura Esbelta*, Número especial 74. México, México: 3er. Congreso Internacional de Negocios, 2011.
14. TABARES, Mariela. *Solución del problema de balanceo de línea con estaciones de trabajo paralelo, un caso de estudio en el sector de confecciones*, Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial.

Universidad de Tecnología de Pereira, Facultad de Ingeniería,  
2013. 56 p.

15. TOMPKINS, James; WHITE John; BOZER, Yavuz; TANCHOCO, J.  
*Planeación de instalaciones*, 3a ed. México: Internacional  
Thomson Editores, 2006, 753 p.

