



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Proyecto para Implementación de una Planta de Producción de
Pallets de Polipropileno”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Paúl Andrés Chávez Yagual

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Federico Camacho,
Director de Tesis, por su
invaluable guía, colaboración
y tiempo prestado en la
realización y culminación de
este trabajo.

A todas las personas que
brindaron su ayuda de
manera desinteresada.

DEDICATORIA

A mis padres, mi hermana y mi familia, por brindarme su apoyo de manera incondicional y por sus palabras de ánimo cuando más las necesitaba.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Federico Camacho B.
DIRECTOR

Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Paúl Andrés Chávez Yagual

RESUMEN

Ecuador posee una de las tasas de deforestación más altas de toda la región, con una pérdida anual de entre 60.000 a 200.000 hectáreas de bosques; de este total, un alto porcentaje (70 al 85%) está destinado a la industria de la manufactura, y en esta se incluye la fabricación de pallets o tarimas de madera. En promedio se obtienen entre 8 a 10 pallets de cada árbol, sin considerar la madera utilizada para reparar pallets deteriorados. A parte del gravísimo costo ambiental que incurre la fabricación de un pallet de madera, debe considerarse el alto costo de los tratamientos que se realizan para cumplir los cada vez más rigurosos estándares de limpieza, esterilización y control de plagas en las relaciones comerciales, más aún si se trata de industria alimenticia o farmacéutica.

La necesidad del uso de pallets en el transporte de productos es innegable, sin embargo no debe dejarse de lado las expectativas de aumento de la productividad, la reducción de daños al producto a ser transportado o almacenado, la disminución de costos y la utilización de estructuras de transporte de productos que sean ambientalmente más amigables; conociendo estos aspectos, son varias empresas de el medio que han incursionado en la fabricación o comercialización de pallets fabricados de materiales diferentes a la madera.

En este proyecto de graduación se desarrolló el estudio técnico-económico sobre la implementación de una planta de producción de pallets de plástico para la industria ecuatoriana. En la primera parte de este estudio se analizó a profundidad el producto a elaborarse, los pallets. Se determinó el tipo de proceso de fabricación de la línea, además se describió las normas nacionales e internacionales que afectan tanto al diseño como al desempeño de un pallet. En la parte final de este capítulo se analizó la comercialización de pallets en el mercado nacional, y se justificó la implementación de esta línea de producción. La ingeniería del proyecto presentó el estudio técnico para la implementación de la nueva planta de producción de pallets de plástico. Se describió las partes de una máquina inyectora, así como el proceso de inyección de termoplásticos, las materias primas necesarias y se analizó el producto a elaborarse. Se determinó la capacidad de producción y se seleccionó el proveedor de la máquina inyectora y sus equipos auxiliares. Finalmente se analizó la distribución en planta más adecuada de la línea de producción. En la parte final, se determinó la inversión inicial para la implementación y puesta en marcha de la nueva línea de producción, y se evaluó la rentabilidad del proyecto por medio del TIR y del VAN.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS	vii
SIMBOLOGÍA	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE PLANOS	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1.PALLETS: ESTRUCTURAS DE SOPORTE Y TRANSPORTE	5
1.1. Pallets: Clasificación y Características Técnicas	5
1.1.1. Tipo de Pallets	6
1.1.2. Estructura, Resistencia y Dimensiones	16
1.1.3. Vida Útil de un Pallet.....	27
1.1.4. Identificación y Codificación	29
1.1.5. Pallets de Plástico	31
1.1.6. Beneficios de utilizar pallets de plástico	32
1.2. Procesos de Producción de Pallets de Plástico.....	36
1.2.1. Tipos de Procesos de Manufactura.....	37
1.2.2. Análisis Comparativo Entre Procesos	45
1.3. Normalización	50
1.3.1. Normas INEN	50
1.3.2. Normas Internacionales	51
1.4. Justificación del proyecto.....	53
1.4.1. Desarrollo de la Industria Plástica en el Mercado Nacional	54
1.4.2. Impacto Ambiental del Uso de Pallets de Plástico	56

1.4.3.	Identificación y Caracterización de la Población Objetivo	57
1.4.4.	Estimación de la Demanda Insatisfecha de Pallets.....	60

CAPÍTULO 2

2.	INGENIERÍA DEL PROYECTO	67
2.1.	Ubicación de la Planta	67
2.2.	Producto a Elaborar y Materia Prima.....	69
2.2.1.	Análisis y Selección del Diseño del Pallet.....	69
2.2.2.	Especificaciones de la materia prima	71
2.2.3.	Protección de la Materia Prima Durante el Almacenamiento	81
2.3.	Proceso de Inyección de Pallets de Polipropileno	83
2.3.1.	Almacenamiento de la Materia Prima.....	85
2.3.2.	Mezcla de Materia Prima.....	86
2.3.3.	Inyección de Pallets	87
2.3.4.	Inspección del Producto Terminado.....	92
2.3.5.	Reciclaje del Producto No Conforme	92
2.3.6.	Almacenamiento del Producto Terminado	93
2.4.	Tamaño de la Planta.....	94
2.5.	Selección de la Máquina Inyectora y Equipos Auxiliares	98
2.5.1.	Criterios de Evaluación de Proveedores	100
2.5.2.	Selección de Proveedor de Máquina Inyectora	106
2.5.3.	Selección y Características de Equipos Auxiliares.....	110
2.6.	Distribución de la Planta	137

CAPÍTULO 3

3.	COSTOS DEL PROYECTO.....	145
3.1.	Presupuesto para la Implementación	145
3.2.	Evaluación de la Inversión	154

CAPÍTULO 4.....	160
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	160
PLANOS	166
APÉNDICE.....	167
BIBLIOGRAFÍA.....	193

ABREVIATURAS

NIMF:	Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana
ISO:	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)
CIPF:	Convención Internacional de Protección Fitosanitaria
ONPF:	Organización Nacional de Protección Fitosanitaria
QR:	Quick Response Code (Código de Respuesta Rápida)
RFID:	Radio Frequency IDentification (Identificación por Radio Frecuencia)
PIB:	Producto Interno Bruto
ASEPLAS:	Asociación Ecuatoriana de Plásticos
MIPRO:	Ministerio de Industrias y Productividad
BCE:	Banco Central del Ecuador
SIC:	Súper Intendencia de Compañías
PP:	Polipropileno
UV:	Ultra Violeta
PCR:	Partes por 100 partes de resina
TR:	Toneladas de Refrigeración
F.O.B:	Free on Board.
VAN:	Valor Actual Neto.
TIR:	Tasa Interna de Retorno.
TMAR:	Tasa Mínima de Aceptación de Rendimiento.

SIMBOLOGÍA

°C:	Grado centígrado
°F:	Grado Fahrenheit
mm:	Milímetro
cm:	Centímetro
m:	Metro
m ² :	Metro cuadrado
m ³ :	Metro cúbico
In:	Inch (pulgada)
Ha:	Hectárea
kg:	Kilogramo
kgf:	Kilogramo Fuerza
Lb:	Libra
Ton:	Tonelada
rpm:	Revoluciones sobre minutos
psi:	Libras sobre pulgadas al cuadrado
g/cm ³ :	Gramos sobre centímetro cúbico
kg/m ³ :	kilogramos sobre metros cúbicos
kg/h:	kilogramos sobre hora
gpm:	galones por minuto
cfm:	cubic feet per minute (pies cúbicos sobre minutos)
HP:	horse power (caballos de fuerza)
kcal:	kilocalorias
kcal/h:	kilocalorías sobre horas
V:	voltios
kW:	kilowatts
kVA:	kilovoltamperios

N: Newton
% Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Dimensiones de pallet americano (A) y europeo (B).....	7
Figura 1.2 Pallet de dos entradas	7
Figura 1.3 Pallet de 4 entradas parciales	8
Figura 1.4 Pallet de simple piso	9
Figura 1.5 Pallet doble piso reversible	9
Figura 1.6 Pallet doble piso no reversible.....	10
Figura 1.7 Pallet con base de perímetro completo	10
Figura 1.8 Pallets reforzados con diferentes materiales	15
Figura 1.9 Piso superior de un pallet	16
Figura 1.10 Piso inferior de un pallet	17
Figura 1.11 Abertura	17
Figura 1.12 Entradas de un pallet	18
Figura 1.13 Chaflán	18
Figura 1.14 Larguero.....	19
Figura 1.15 Soporte del rack dispuesto en el ancho (A) y largo (B) del pallet	22
Figura 1.16 Dimensiones de entradas en pallets	25
Figura 1.17 Dimensiones de aberturas en pallets	25
Figura 1.18 Pallet de entrada libre	26
Figura 1.19 Pallet de entrada no libre	26
Figura 1.20 Modelo de pallet a fabricarse	27
Figura 1.21 Codificación estándar de un pallet	29
Figura 1.22 Participación de las industrias en el PIB	55
Figura 1.23 Composición del sector manufacturero	55
Figura 1.24 Evolución de las exportaciones Sector Plástico y sus Manufacturas	56
Figura 1.25 Valor Agregado Bruto provincial de la fabricación de productos del caucho y plástico	58
Figura 1.26 Información Histórica y Proyección de la Demanda de Pallets..	61
Figura 1.27 Pallets: Exportaciones e Importaciones	63
Figura 1.28 Información Histórica y Proyección de la Oferta de Pallets	65
Figura 1.29 Proyección de la Demanda Insatisfecha	66
Figura 2.1 Localización recomendada para la instalación de la planta	68
Figura 2.2 Esquema del Pallet Seleccionado	71
Figura 2.3 Composición Porcentual de Materia prima	73

Figura 2.4 Diagrama de Flujo del Proceso.....	84
Figura 2.5 Esquema de Bodega de Materia Prima	86
Figura 2.6 Mezclador	87
Figura 2.7 Cierre de Molde	89
Figura 2.8 Inyección de Material	90
Figura 2.9 Alimentación de Materia Prima a Tornillo	91
Figura 2.10 Expulsión de Pieza Inyectada	91
Figura 2.11 Toneladas de Refrigeración según Producción	121
Figura 2.12 Diagrama del Sistema de Distribución de Agua Helada	124
Figura 2.13 Caída de Presión en Chiller York YCAL0060	125
Figura 2.14 Caída de Presión en Tubería para Agua	126
Figura 2.15 Selección de Bomba con Software TACO	128
Figura 2.16 Características Técnicas de Transformadores Trifásicos	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Alturas para el ensayo de caída sobre la esquina	21
Tabla 1.2 Resistencia a la Flexión Máxima.....	21
Tabla 1.3 Máximas cargas en condiciones de rack	22
Tabla 1.4 Máximas cargas en condiciones de almacenamiento.....	23
Tabla 1.5 Máximas cargas mientras es transportado por una máquina elevadora	23
Tabla 1.6 Dimensiones recomendadas para las aberturas y entradas	24
Tabla 1.7 Ciclo de vida de pallet de madera y plástico	28
Tabla 1.8 Pallet de madera vs Pallet de plástico	34
Tabla 1.9 Proceso de Inyección: Ventajas y Desventajas	39
Tabla 1.10 Proceso de Termoformado: Ventajas y Desventajas	41
Tabla 1.11 Proceso de Rotomoldeo: Ventajas y Desventajas	43
Tabla 1.12 Proceso de Espumado Estructural: Ventajas y Desventajas	45
Tabla 1.13 Pesos de los criterios	46
Tabla 1.14 Matriz de decisión del proceso de manufactura.....	48
Tabla 1.15 Información arancelaria de Pallets	63
Tabla 2.1 Composición Porcentual de Materias Primas en la Resina.....	81
Tabla 2.2 Listado de Máquinas y Equipos Necesarios	98
Tabla 2.3 Características Técnicas de Inyectoras Cotizadas	99
Tabla 2.4 Pesos de Criterios de Selección de Proveedores	105
Tabla 2.5 Calificación de Proveedores de Inyectora.....	109
Tabla 2.6 Características Técnicas de Mezcladores Cotizados.....	112
Tabla 2.7 Calificación de Proveedores de Mezcladores	113
Tabla 2.8 Características Técnicas de Molinos Cotizados.....	115
Tabla 2.9 Calificación de Proveedores de Molinos	116
Tabla 2.10 Kilocalorías según Tonelaje de Cierre de Molde.....	120
Tabla 2.11 Parámetros de Diseño de Chiller York YCAL.....	122
Tabla 2.12 Información Técnica de Chiller.....	123
Tabla 2.13 Descripción Técnica de Bomba	129
Tabla 2.14 Descripción Técnica de Compresor	131
Tabla 2.15 Consumos eléctricos de máquinas y equipos	132
Tabla 2.16 Descripción Técnica de Transformador	133
Tabla 2.17 Descripción Técnica de Montacargas	134
Tabla 2.18 Descripción Técnica de Transpaleta	135
Tabla 2.19 Descripción Técnica de Balanza Electrónica	136

Tabla 2.20 Detalles Técnicos del Tecle	136
Tabla 3.1 Máquinas y Equipos Auxiliares del Proceso Productivo.....	146
Tabla 3.2 Equipos de Oficinas Administrativas y Ventas	146
Tabla 3.3 Terreno y Obras	147
Tabla 3.4 Inversión en Activos Diferidos	148
Tabla 3.5 Capital de Trabajo.....	150
Tabla 3.6 Inversión Inicial	150
Tabla 3.7 Amortización de la Deuda	151
Tabla 3.8 Costo Anual de Operación	152
Tabla 3.9 Punto de Equilibrio	154
Tabla 3.10 Distribución de Valores de Costos	155
Tabla 3.11 Valores de TIR y VAN	159

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1. Distribución de Planta de Producción de Pallets de Polipropileno
- Plano 2. Flujo de Movimiento de Insumos
- Plano 3. Requerimiento Eléctrico y de Obra Civil

INTRODUCCIÓN

El mercado mundial se ha caracterizado en los últimos años por la tendencia hacia la optimización de sus sistemas logísticos, esto se ha convertido en un factor clave en el desarrollo industrial. Las múltiples mejoras adoptadas en el transporte de cargas han hecho que esta tarea se realice de forma más ágil, segura y rápida, lo que se ha traducido en un aumento en el volumen de transacciones comerciales a nivel mundial y esto ha causado que los estándares sanitarios en el transporte de cargas se hagan cada vez más rigurosos.

Los pallets o tarimas son las estructuras más frecuentemente utilizadas en el transporte de cargas tanto en transacciones nacionales como internacionales, y constituyen la unidad característica de todo sistema logístico, por ende toda mejora en dicho sistema implica una mayor demanda de recursos, no solamente económicos; de aquí la importancia de la búsqueda de alternativas cuyo impacto ambiental sea el menor posible. Existen de varias formas, tamaños, resistencias y materiales; por ello hay una gran variedad de procesos diferentes para la manufactura de los mismos. Sin embargo, el material que es más frecuentemente utilizado para la elaboración de pallets es la madera, aproximadamente se obtienen de 8 a 10 pallets por cada árbol, por eso esta industria es una de las que más afecta

al medio ambiente. Por esta razón los pallets hechos de plástico constituyen una alternativa viable y eco-amigable, con múltiples ventajas sanitarias, de resistencia y vida útil; además que pueden ser reciclados, tanto productos no conformes como pallets fuera de uso.

La presente investigación tiene como objetivo el estudio técnico para la implementación de una planta de producción de pallets de polipropileno.

En la parte inicial se establece el fundamento teórico sobre el producto de estudio y los procesos de fabricación del mismo, y la justificación del proyecto. El fundamento teórico detalla toda la información relevante sobre los pallets, como son la estructura, dimensiones, vida útil y demás características de interés. Además, se compara y se selecciona el proceso de manufactura de pallets de plástico. En la justificación del proyecto se analiza primero la evolución de la industria plástica en el mercado del Ecuador en los últimos años. Además, se analiza el mercado de pallets, donde se determina la población objetivo y se establece la capacidad de producción de la planta.

En la ingeniería del proyecto se analiza el producto a elaborarse y se selecciona un diseño estructural acorde al proceso de fabricación elegido. Se detallan las materias primas, maquinarias y equipos auxiliares necesarios en cada etapa del proceso. Se analiza la información técnica de las máquinas formadoras y se selecciona al proveedor. Finalmente, se determina la

distribución de la planta tomando en consideración el flujo de recursos más favorable para la operación de la planta.

En la parte final de este estudio se calcula la inversión inicial necesaria para la implementación y puesta en marcha de la planta. Se detalla el medio de financiamiento, costo de anual operación, el punto de equilibrio y se evalúa la inversión inicial para determinar la rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO 1

1. PALLETS: ESTRUCTURAS DE SOPORTE Y TRANSPORTE

1.1. Pallets: Clasificación y Características Técnicas

El desarrollo industrial ha tenido tal efecto en la optimización de los procesos productivos, que la necesidad de mejorar los sistemas logísticos se ha vuelto imprescindible.

El pallet es un elemento indispensable en la distribución, almacenamiento y organización de los productos, permitiendo al mismo tiempo reducir significativamente los costos, tiempos y esfuerzos implicados en cada operación.

Un pallet es una "plataforma horizontal cuya altura debe tener un mínimo compatible con la manipulación por medio de carros elevadores, carretillas o cualquier otro aparato de manipulación adecuado, utilizada como base para apilar, almacenar, y transportar

mercancías y cargas en general” [1]; son fabricados de diversos tamaños, materiales, estructuras dependiendo de su uso y de la industria que los requiere.

Fueron utilizados por primera vez por el ejército de Estados Unidos para transportar suministros a las tropas durante la Segunda Guerra Mundial, desde entonces su uso se han incrementado de gran manera.[2]

1.1.1. Tipo de Pallets

Existen diversas formas de clasificar a los pallets, entre las que se puede mencionar:

Según sus dimensiones

Los pallets pueden ser fabricados de cualquier tamaño deseado, sin embargo, según las necesidades de los clientes y los servicios de transporte se pueden utilizar pallets con tamaños estandarizados.

Tradicionalmente existen 2 tamaños estándares (Ver Figura 1.1) [3]:

- Pallet europeo
- Pallet universal o americano

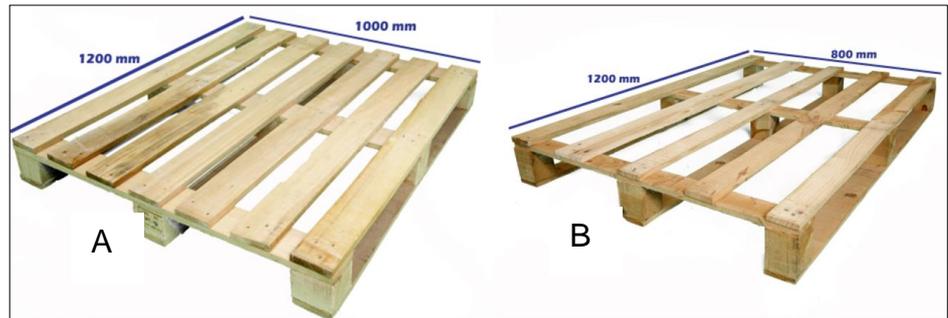


Figura 1.1 Dimensiones de pallet americano (A) y europeo (B) [4]

Según la forma de su base

Esta clasificación determina la adaptabilidad de un pallet a ser manipulado usando máquinas elevadoras o carretillas desde diversos ángulos, y pueden ser [3]:

- Pallet de dos entradas: solo permite la entrada de las horquillas de la máquina elevadora por dos caras laterales opuestas. (Ver Figura 1.2)



Figura 1.2 Pallet de dos entradas [5]

- Pallet de cuatro entradas: permite la entrada de las horquillas de la máquina elevadora por cualquiera de las caras laterales.
 - Pallet de cuatro entradas parciales: Como se aprecia en la Figura 1.3, este tiene las cuatro entradas en las caras laterales, sin embargo, dos de estas entradas permiten el ingreso de las horquillas de una carretilla.



Figura 1.3 Pallet de 4 entradas parciales [6]

Según su estructura

La forma más común de clasificar un pallet es según su estructura, en esta clasificación se tienen [1]:

- Pallet de simple piso: son aquellos pallets con un solo piso o una sola base de soporte de productos. (Ver Figura 1.4)

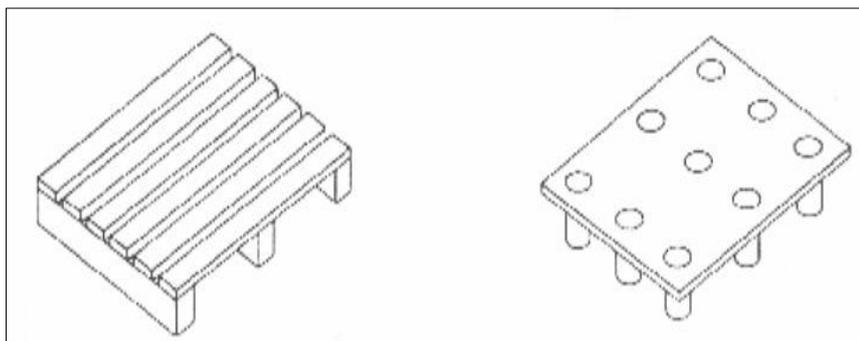


Figura 1.4 Pallet de simple piso [1]

- Pallet de doble piso: son aquellos pallets que poseen un piso superior y un piso inferior, estos pueden ser:
 - Pallet doble piso reversible: diseñados para soportar cargas en cualquiera de los dos pisos. (Ver Figura 1.5)

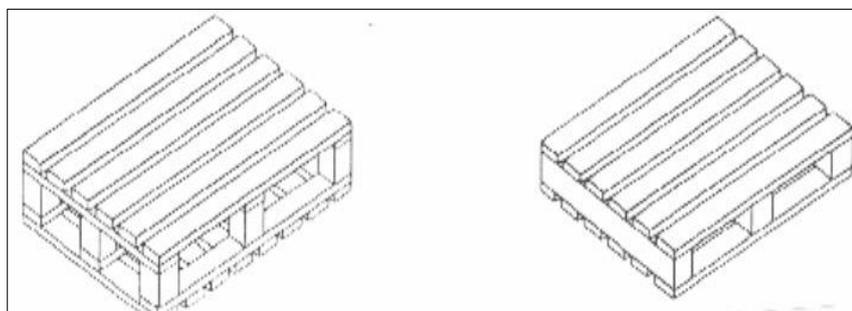


Figura 1.5 Pallet doble piso reversible [1]

- Pallet doble piso no reversible: solo uno de los pisos del pallet puede soportar una carga. (Ver Figura 1.6)

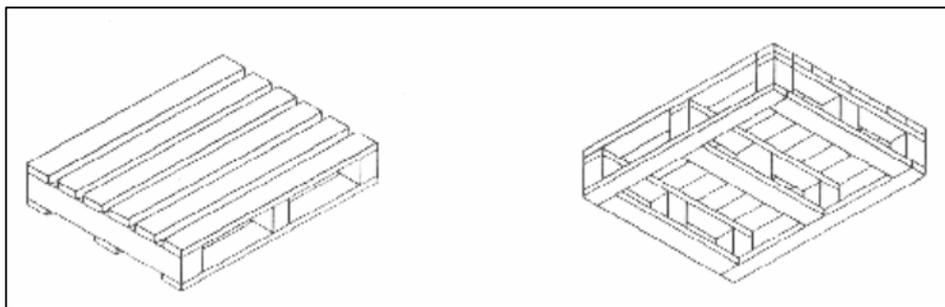


Figura 1.6 Pallet doble piso no reversible [1]

- Pallet con base de perímetro completo: son los pallets que tienen sus estructuras inferiores externas formando un marco completo y uno o dos largueros centrales. Un ejemplo de este se puede apreciar en la Figura 1.7.

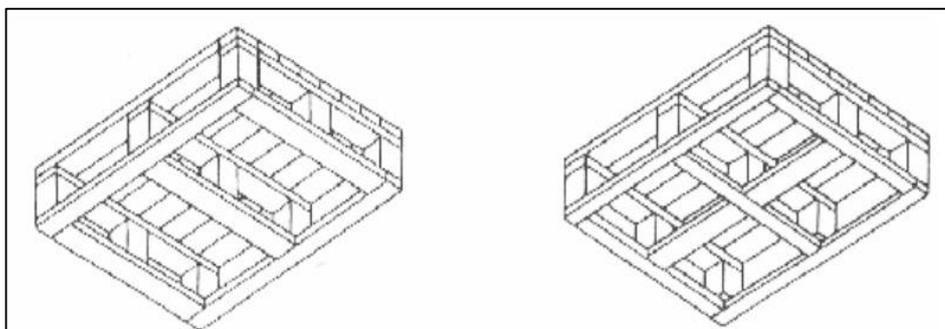


Figura 1.7 Pallet con base de perímetro completo [1]

Según su uso

Esta clasificación está dada en función uso y del tiempo de vida del pallet, y pueden ser [1]:

- Pallet desechable: son aquellos pallets que pueden ser desechados después de haber transcurrido una determinada cantidad de ciclos.
- Pallet retornable: destinados a ser utilizados durante muchos ciclos.
- Pallet cautivo (de uso especializado): son aquellos pallets destinados al uso interno de una empresa o a un sistema cerrado de distribución de mercaderías, sin que su ciclo de uso salga de este sistema.
- Pallet intercambiable: pueden ser intercambiados por otros de similares características entre empresas, bajo un mutuo acuerdo entre las partes.
- Pallet reciclable: son aquellos pallets cuyas partes pueden ser reprocesadas para ser utilizadas en la manufactura de nuevos productos, después que hayan cumplido su ciclo de vida útil.

Según el material utilizado para la fabricación

Existe una gran variedad de materiales de los cuales puede manufacturarse un pallet, de estos depende su costo, resistencia, usos y durabilidad.

Entre los materiales más utilizados se encuentran [2]:

- Madera
- Plástico
- Cartón
- Metal
- Fibra o partículas de madera
- Compuestos (termoplástico + fibras)

Pallet de madera

Es el material más utilizado, aproximadamente el 80 al 90% de los pallets del mundo están hechos de este material. Su resistencia y durabilidad depende en gran manera de la especie y espesor de los largueros con que fue manufactura. Pueden ser fácilmente afectados por la humedad, los impactos, las plagas, insectos y parásitos.

Desde el 2004 entró en vigor la NIMF-15, que es una reglamentación fitosanitaria que se aplica a pallets y todo tipo de embalajes o soportes hechos de madera, y establece que estos requirieren de un certificado de origen de la madera y el tipo de tratamiento térmico aplicado para desinfectarlos antes de

comercializarlos. Existen dos tipos de tratamientos explicados a continuación [2]:

- Tratamiento con temperatura: consiste en aplicar calor hasta alcanzar al menos 56 °C de temperatura por 30 minutos.
- Fumigar con bromuro de metilo, el cual debe ser renovado cada dos meses. El protocolo de Montreal, aprobado desde el 2005, promueve dejar de realizar la fumigación.

Ninguno de estos tratamientos es económico, ni recomendable cuando se tratan grandes volúmenes.

Pallet de plástico

Es el segundo material más utilizado debido a la homogeneidad de superficies, constancia de peso, higiene y la gran variedad de propiedades físicas y químicas que se les puede conferir. El acabado del producto terminado depende de muchos factores, como son el proceso de manufactura, la temperatura de enfriamiento, estado del molde, tipo de polímero, cantidad de aditivos en la resina, entre otros; sin embargo, la durabilidad y resistencia del producto son propiedades intrínsecas del material. Los termoplásticos utilizados para la elaboración de pallets son los polímeros de alta densidad, el más común para esta aplicación es el polipropileno de alto impacto, así como el

polietileno de alta densidad. El polipropileno además de tener muy buena resistencia al impacto, tiene las ventajas de los plásticos de no oxidarse, resistente a la humedad, fácil limpieza, livianos y pueden ser reciclables.

Pallet de metal

Son pallets de muy poca demanda debido a su alto costo inicial, a pesar que tienen un largo período de vida útil. Son utilizados por sectores que requieren el transporte o almacenamiento de objetos muy pesados, como son la industria militar y la aeroespacial, que son los principales usuarios de estos. Son fabricados comúnmente de acero, aunque también se los fabrica de aluminio y otras aleaciones.

Pallet de fibras o partículas de madera

Son pallets manufacturados a partir de virutas de madera encoladas y prensadas, evitando los problemas que acarrearán al producto la presencia de grapas y clavos. Presentan las mismas desventajas que los pallets de madera, a pesar que estos sí pueden ser reciclados y son más livianos.

Pallet de Compuestos (termoplástico + fibras)

Es el tipo de pallet más versátil, ya que proviene de una nueva tecnología de fabricación de pallets (In Line Compounding); donde un polímero es fusionado con otros polímeros, llenadores (fillers) o es reforzado con otros materiales; como pañales, aglomerado, madera, residuos de llantas de caucho, entre otros, como se aprecia en la Figura 1.8 [7]. Las propiedades que se confieren al producto dependen de los materiales que se coloquen en el compuesto, por lo que las posibilidades son infinitas; sin embargo, son muy poco usados debido al alto costo que implica su fabricación. La tecnología necesaria es una de las más caras del mundo y son muy pocas las empresas a nivel mundial que disponen de esta.

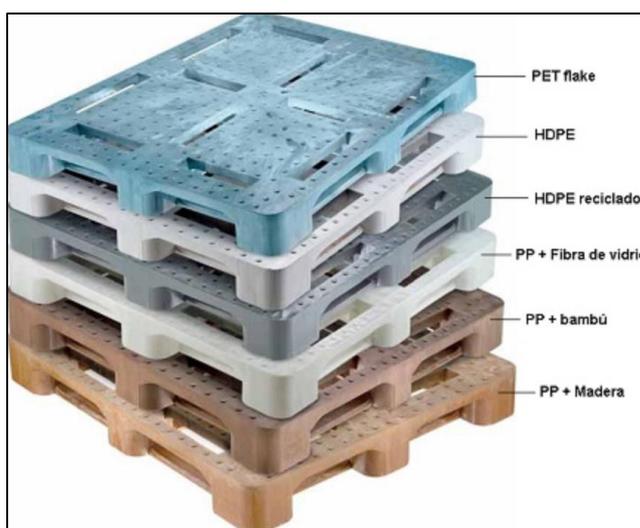


Figura 1.8 Pallets reforzados con diferentes materiales [8]

1.1.2. Estructura, Resistencia y Dimensiones

Estructura

Todo pallet sin importar el material con el que fue manufacturado está constituido por las siguientes partes [1]:

- Piso superior: como se muestra en la Figura 1.9, esta es la superficie plana horizontal en la parte superior del pallet destinada a soportar la carga directamente.

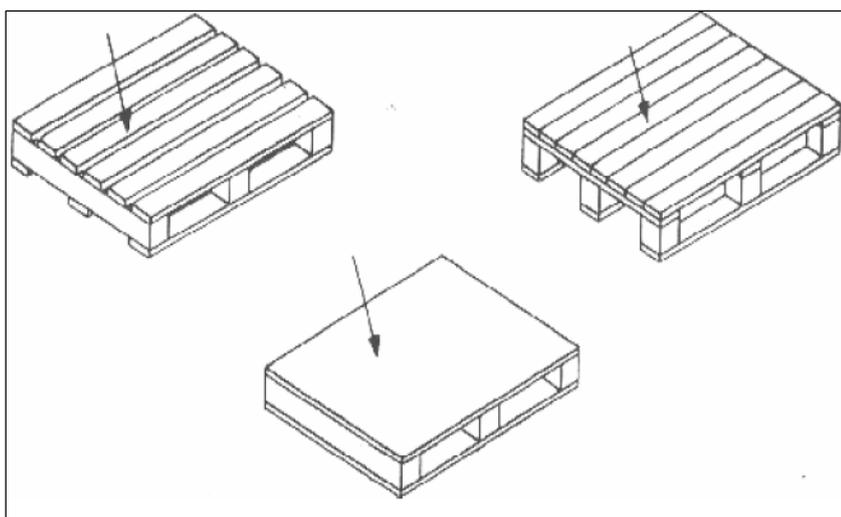


Figura 1.9 Piso superior de un pallet [1]

- Piso inferior: es la superficie plana horizontal ubicada en la parte inferior del pallet que sirve como base del mismo; dependiendo si el pallet es reversible o no, también podría soportar carga. (Ver Figura 1.10)

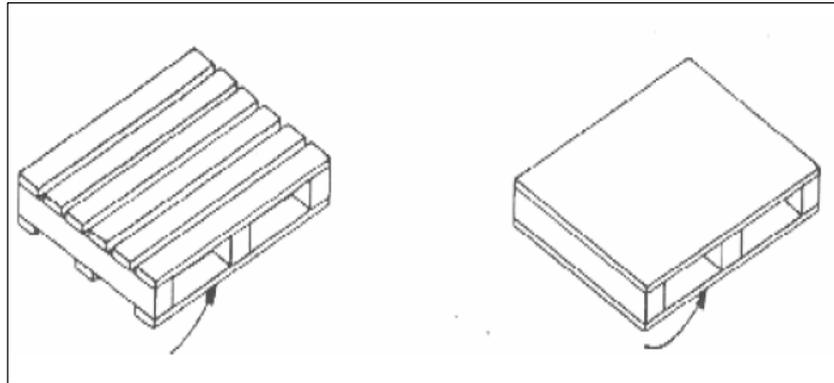


Figura 1.10 Piso inferior de un pallet [1]

- Abertura: Solo presentes en los pallets no reversibles, son las aperturas en el piso inferior que permiten a las ruedas de las carretillas apoyarse sobre el suelo. (Ver Figura 1.11)

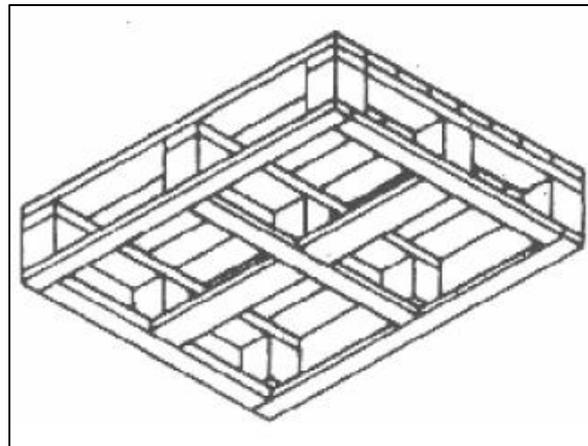


Figura 1.11 Abertura [1]

- Entrada: Como se indica en la Figura 1.12, estas son las aperturas laterales dispuestas para que las horquillas de las máquinas elevadoras ingresen.

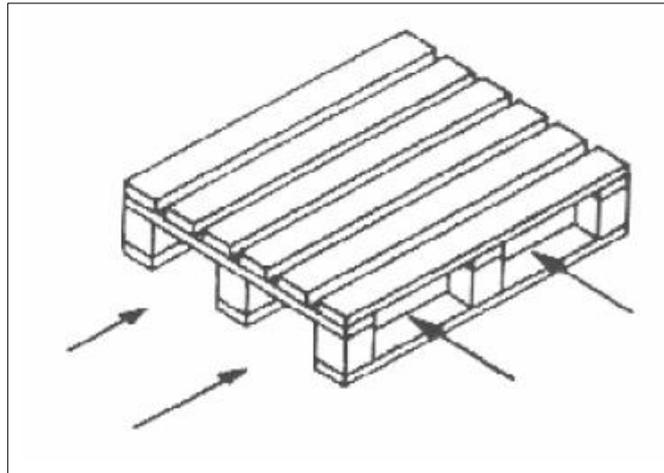


Figura 1.12 Entradas de un pallet [1]

- Chaflán: es el bisel sobre los bordes superiores del piso inferior que facilitan el acceso de las ruedas de las carretillas elevadoras (Ver Figura 1.13).

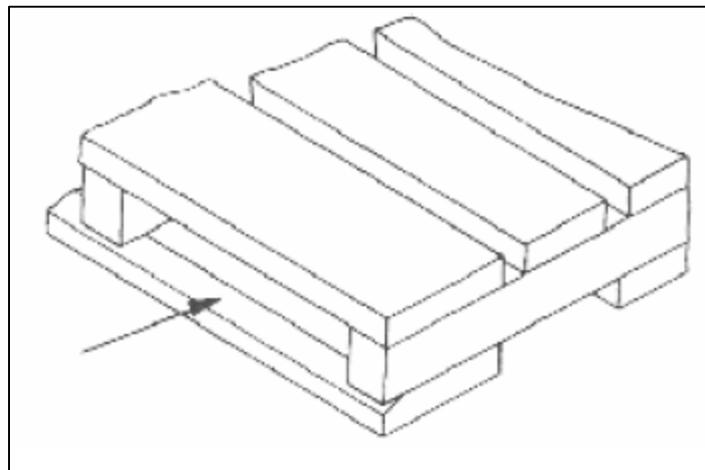


Figura 1.13 Chaflán [1]

- Larguero: Es el elemento de soporte y sujeción entre el piso superior y el inferior, el cual proporciona los espacios para el

ingreso de las horquillas de las máquinas elevadoras. (Ver Figura 1.14)

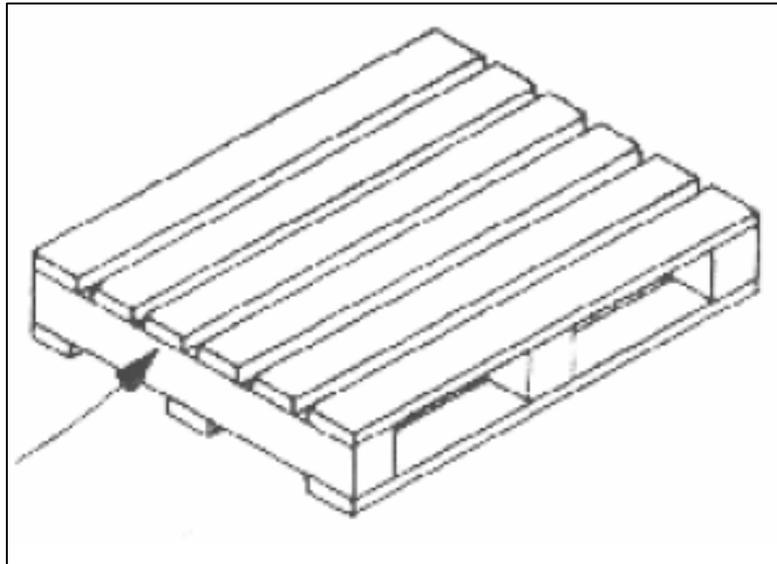


Figura 1.14 Larguero [1]

Resistencia

Otra característica importante, que incide en gran manera en el material y las aplicaciones para las cuales pueden usarse un determinado pallet es su resistencia.

Cuando un pallet es cargado y movilizado de un sitio a otro, todas sus partes constitutivas se someten a esfuerzos. El material del pallet a utilizarse para cada aplicación debe seleccionarse tomando en cuenta las siguientes resistencias [2]:

- Resistencia a la Compresión: todo pallet cargado está sometido a una carga de compresión, conocer este límite del material permite determinar la carga máxima que puede soportar el pallet.
- Resistencia a la tensión: según la ubicación de la carga en el pallet, ciertos elementos estarán sometidos a flexión, sobre todo cuando las cargas no ocupan totalmente el piso superior. Además, esta información es importante cuando se usen elementos de izaje de cargas como eslingas.
- Resistencia al impacto: la durabilidad del pallet y su vida útil dependen de este factor, ya que los pallets están expuestos a caídas que pueden comprometer su estado ocasionando roturas que afecten su correcto desempeño.

Existen algunas normas que definen los parámetros de desempeño de un pallet bajo la acción de una carga.

La norma ISO/TR 10233:1989 indica ciertos parámetros de ensayo de pallets. En la Tabla 1.1 se muestra los parámetros de aceptación de pallets sometidos al ensayo de impacto por caída libre y en la Tabla 1.2 se muestra los valores máximos permisibles de resistencia a la flexión. [9]

TABLA 1.1
ALTURAS PARA EL ENSAYO DE CAÍDA SOBRE LA
ESQUINA [9]

Masa del pallet (kg)	Altura de Caída (H) [mm]
m<30	1000
m>30	500

TABLA 1.2
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN MÁXIMA [9]

Lado Flexionado	Resistencia máxima (resistencia \pm desviación estándar) [kgf]	Deformación de resistencia máxima (mm)
1200mm	2504 \pm 180	31,3 \pm 3,5
1000mm	3280 \pm 472	27,1 \pm 3,1

La norma ISO 8611-3 establece las cargas máximas de operación, para diferentes condiciones de distribución y soporte de mercaderías. La Figura 1.15 muestra disposición de los soportes del rack para el ancho y largo del pallet y la Tabla 1.3 muestra las cargas máximas que soporta un pallet en un rack. La Tabla 1.4 muestra las cargas máximas que soporta un pallet durante el almacenamiento de las mercancías, es decir con cargas sobre y bajo el pallet; y la Tabla 1.5 muestra las cargas

máximas que soporta un pallet mientras es transportado por una máquina elevadora. [10]

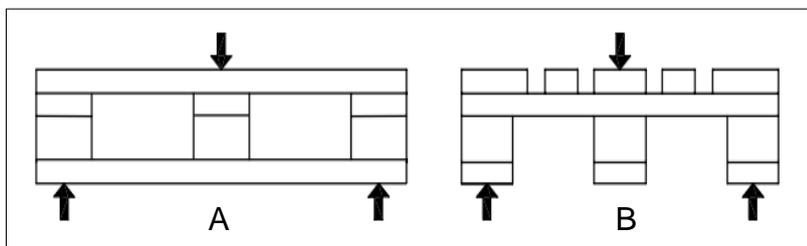


Figura 1.15 Soporte del rack dispuesto en el ancho (A) y largo (B) del pallet [10]

**TABLA 1.3
MÁXIMAS CARGAS EN CONDICIONES
DE RACK [10]**

Tipo de carga	Máximas cargas de trabajo (kgf.)	
	Ancho del pallet	Largo del pallet
Carga concentrada	1200	800
Carga no unida uniformemente distribuida	1500	1250
Carga unida uniformemente distribuida	1800	1500
Carga sólida	2000	2000

TABLA 1.4
MÁXIMAS CARGAS EN CONDICIONES DE
ALMACENAMIENTO [10]

Tipo de carga	Máxima carga de trabajo (kgf.)
Carga no unida uniformemente distribuida	3000
Carga unida uniformemente distribuida	3500
Carga sólida	4000

TABLA 1.5
MÁXIMAS CARGAS MIENTRAS ES TRANSPORTADO POR
UNA MÁQUINA ELEVADORA [10]

Tipo de carga	Máxima carga de trabajo (kgf.)
Carga concentrada	1200
Carga no unida uniformemente distribuida	1600
Carga unida uniformemente distribuida	1900
Carga sólida	2200

Dimensiones

Existe una gran variedad de tamaños de pallets, sin embargo, hay dos tamaños estandarizados que son los más utilizados y son:

- Pallet europeo: las dimensiones de su base son de 800 mm x 1200 mm.

- Pallet universal o americano: las dimensiones de su base son de 1000 mm x 1200m.

Adicionalmente el INEN ha normado las dimensiones máximas y mínimas de otros elementos constitutivos de un pallet.

Las dimensiones recomendadas para las aperturas y entradas se encuentran en la Tabla 1.6 [11]:

TABLA 1.6
DIMENSIONES RECOMENDADAS PARA LAS ABERTURAS
Y ENTRADAS [11]

Dimensión nominal del pallet (mm)	Entradas y aberturas	
	l_1 y a_1 (mm) máx.	l_2 y a_2 (mm) mín.
800	150	590
1000	150	720
1200	150	720

Las dimensiones l_1 , a_1 , l_2 y a_2 se encuentran representadas en las Figuras 1.16 y 1.17 para entradas y aberturas respectivamente:

- Entradas

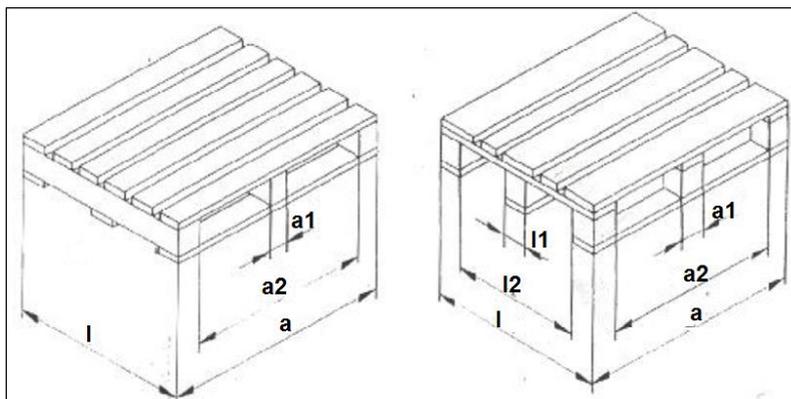


Figura 1.16 Dimensiones de entradas en pallets [11]

- Aberturas

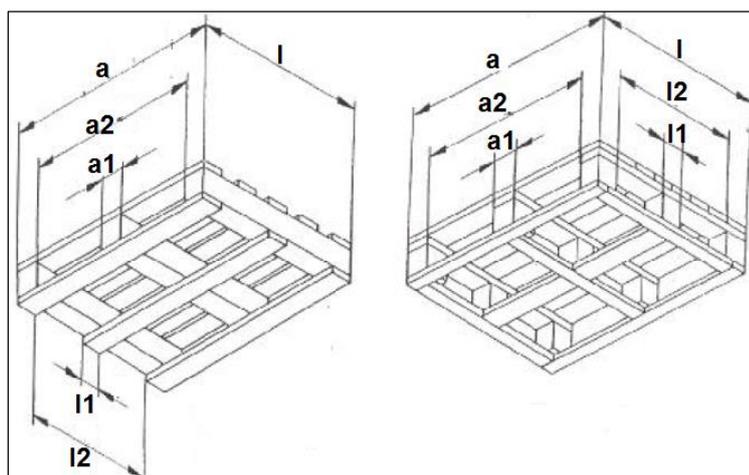


Figura 1.17 Dimensiones de aberturas en pallets [11]

La dimensión vertical de entrada de un pallet está determinada por el tipo de pallet, así:

- Pallet de entrada libre (sin piso inferior) la entrada no debe ser menor a 95mm. (Ver Figura 1.18)

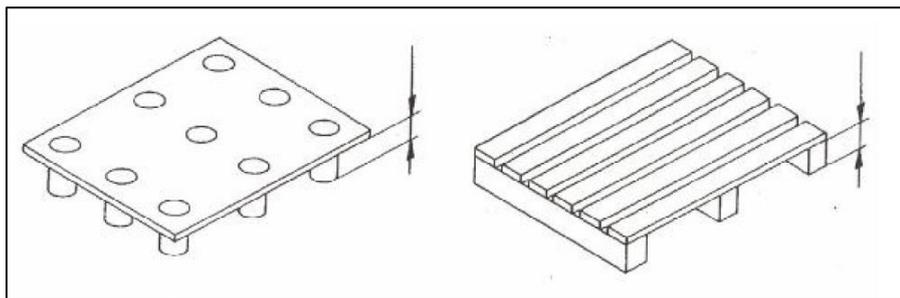


Figura 1.18 Pallet de entrada libre [11]

- Pallet de entrada no libre (con piso inferior) la entrada no debe ser menor a 98mm. (Ver Figura 1.19)

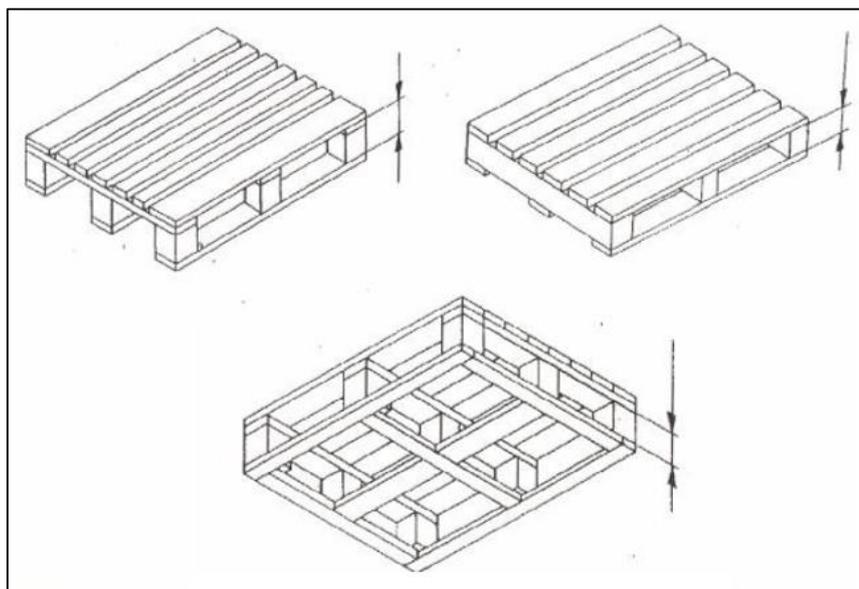


Figura 1.19 Pallet de entrada no libre [11]

El pallet a producirse en la planta será un pallet de 4 entradas no reversible, de dimensiones universales y una altura de 15 cm. El modelo del pallet se muestra en la Figura 1.20.



Figura 1.20 Modelo de pallet a fabricarse [12]

1.1.3. Vida Útil de un Pallet

La vida útil de un pallet depende de muchos factores, entre los que se puede mencionar las cargas que soporta, el material del que está manufacturado, las condiciones de almacenamiento, la manipulación del mismo y su ciclo de uso.

La vida útil de un pallet puede ser incrementada realizando reparaciones al mismo, incurriendo en un costo adicional para ponerlo a punto. Dependiendo del tipo de uso que determine la empresa dueña del pallet, este puede tener tres alternativas [2]:

- Pallet a fondo perdido: el pallet se adquiere para transportar cierta mercadería y su uso es contemplado para ese único servicio. Una vez que el pallet llega a la empresa compradora, el ciclo de vida del pallet para el proveedor finaliza; queda a criterio del comprador si reutiliza el pallet, lo desecha o lo repara/recicla.

- Pallet de segunda mano o recuperado: hace referencia a los pallets que luego de haber cumplido su ciclo de vida, son reparados para volver a ser utilizados en tareas de transporte o almacenamiento.
- Recuperación, reparación y reciclaje de pallets: son todos aquellos pallets que luego de haber cumplido su ciclo de vida, son adquiridos con la finalidad de repararlo de ser posible, sino de ser utilizados como material de reciclaje para la manufactura de nuevos productos aprovechando de mejor manera el material. Así los pallets regresan al mercado como pallets de segunda mano.

De manera general, los pallets de madera tienen un ciclo de vida mucho más corto que un pallet de otro material. Incluso considerando un manejo correcto y mantenimientos frecuentes. La Tabla 1.7 muestra el ciclo de vida útil de un pallet de madera y uno de plástico. [4] [13]

TABLA 1.7
CICLO DE VIDA DE PALLET DE MADERA Y PLÁSTICO [4]
[13]

Pallet	Ciclo de vida
Madera	2 a 3 meses
Plástico	5 a 7 años

1.1.4. Identificación y Codificación

Como todo producto, los pallets manufacturados también pueden ser marcados para obtener información sobre ellos, ya sea por motivos de inventario o para tener referencia de la procedencia y los tratamientos que fue sometido el pallet.

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) requiere que los pallets tengan un grabado en el cual se indique información sobre el origen del pallet y el tipo de tratamiento. La Figura 1.21 muestra un ejemplo del código estandarizado, este tiene dos letras del país de origen, un número único asignado por la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) a quien lo manufactura, y dos letras indicando el tipo de tratamiento [14]:

- Tratamiento térmico (HT)
- Bromuro de metilo (MB)
- Desembarcado (PP)



Figura 1.21 Codificación estándar de un pallet [14]

En la actualidad además de esta codificación común para todos los pallets de madera, se utilizan otras formas de identificación de pallets. Entre estas otras formas se encuentran:

- Troquelar la información respectiva en el pallet: involucra presionar un molde troquel con toda la información previamente maquinada, sobre la superficie del pallet. La prensa debe ejercer una presión tal, que deje registrada de manera clara y legible la información del troquel.
- Impresión de código de barras: el código de barras es un sistema de codificación creado a partir de líneas y espacios de distinto grosor, que al ser leídos por un scanner laser descarga toda la información contenida en el código a un ordenador o display [15]. Para esta codificación se requiere un generador de códigos de barra y una impresora videojet.
- Impresión de Código QR: los códigos QR son una variación de los códigos de barra, una codificación bidimensional que almacena información en una matriz de puntos cuadrada; esta puede almacenar hasta 7000 dígitos o 4000 letras [16]. Existe aplicaciones para los dispositivos móviles que permite leer la información contenida tanto en los códigos de barra como en los códigos QR. Este sistema de codificación requiere un generador de códigos QR y una impresora videojet.

- Identificación por Radio Frecuencia (RFID): esta metodología de codificación, identificación y trazabilidad de productos requiere que se integre una antena transmisora al producto. Un decodificador de señales de radio frecuencia capta la señal y permite obtener toda la información pertinente del producto. [15]

1.1.5. Pallets de Plástico

Los pallets de plástico cada vez ganan más terreno en el mercado, tanto nacional como internacional por las múltiples ventajas que presentan frente al resto de materiales, no solo por la resistencia al agua, solventes químicos, ciertos ácidos, al óxido por no tener clavos, aceites y grasas; sino también por sus ventajas en cuanto a la facilidad de sanitización, su resistencia y durabilidad, mayor ciclo de uso, dificultad para contaminarse, además de las razones de seguridad para todo el personal que manipule los pallets, ya que no hay el riesgo de lesiones por clavos, astillas y largueros de madera rotas, etc. [17]

Los pallets de plástico que más frecuentemente se encuentran en el mercado son los pallets de piso simple y los pallets de doble

piso no reversibles (ver Figura 1.4 y Figura 1.6), aunque de estos, el más usado es el pallet de doble piso no reversible de 4 entradas, por ser más rígido, más estable en el almacenamiento a más de un nivel y por la facilidad de manipuleo que otorgan las 4 entradas.

1.1.6. Beneficios de utilizar pallets de plástico

El principal competidor de los pallets de plástico en el mercado son los pallets de madera, no solo por haber sido utilizados desde hace muchos años sino también por su bajo costo; sin embargo, los de madera presentan muchas desventajas funcionales.

Una de las ventajas que tienen los pallets de plástico es su bajo peso, sin comprometer su capacidad de carga, lo que reduce significativamente el costo de envío, además de facilitar la estiva de los pallets y reducir el espacio necesario para almacenarlos.

Ecuador posee una de las tasas de deforestación más altas de toda la región y esta cifra está en alza. La pérdida anual que registra el país está 60.000 a 200.000 ha de bosques, de estas

cifras del 70 al 85% es utilizada para la industria de la manufactura [18].

Aproximadamente se obtienen de 8 a 10 pallets por árbol talado, sin considerar la madera utilizada para la reparación de los pallets dañados. A nivel mundial esta cifra es similar, ya que la industria de la manufactura ha contribuido con la desaparición del 65% de los bosques [19].

Por esta razón es imperativo recurrir a alternativas más amigables con el medio ambiente, es cierto que no existe un proceso productivo que no genere algún impacto en el ambiente, pero la utilización de alternativas cuyo efecto sea menor contribuye en gran manera con la conservación del mismo.

Los pallets de plástico son 100% reciclables, por lo que constituyen una alternativa viable para el control de residuos de plástico.

A continuación se muestra la Tabla 1.8, donde se comparan los parámetros principales de los pallets de madera y los pallets de plástico. [4] [7][13][14][17]

TABLA 1.8
PALLET DE MADERA VS PALLET DE PLÁSTICO [4] [7] [13] [14] [17]

Descripción	Pallet de madera	Pallet de plástico
<i>Peso (promedio aprox.) (kg)</i>	30	25 (según forma y densidad del polímero es más liviano)
<i>Homogeneidad</i>	Peso y dimensiones determinados por la humedad y cantidad de elementos rigidizadores. Presencia de clavos, astillas y filos que pueden afectar a los productos.	Peso y dimensiones estables. Superficies y filos lisos, sin presencia de óxido proveniente de los clavos.
<i>Parásitos e infecciones</i>	Propensos a contener parásitos e infecciones que se pueden diseminar al productos, además de afectar severamente la resistencia del pallet.	No puede ser penetrado por infecciones ni parásitos, libre de pestes en general, no requiere fumigación ni tratamientos térmicos.
<i>Limpieza</i>	Complicada debido a superficies irregulares. No son resistentes al agua por ello no pueden limpiarse de manera adecuada. (Ver Apéndice A)	Pueden ser limpiados con facilidad.
<i>Ciclo de Vida</i>	Reducido. Influenciado por la frecuencia de utilización, cargas a soportar y la humedad. Su ciclo de vida es corto alrededor de 2 a 3 meses, en los mejores casos 6 meses.	Su ciclo de vida es de alrededor de 5 a 7 años si son manejados de la manera correcta.

TABLA 1.8
PALLET DE MADERA VS PALLET DE PLÁSTICO [4] [7] [13] [14] [17]
(CONTINUACIÓN)

Descripción	Pallet de madera	Pallet de plástico
<i>Mantenimiento</i>	Constantes revisiones por tablas partidas, astillas, tablas deformadas que pueden causar fallas en el apilamiento; y elementos de sujeción como tornillos y clavos mal colocados que puedan afectar al producto. Costes de mantenimiento relativamente altos por la compra de elementos para las reparaciones, mano de obra a disponerse, espacio físico a utilizarse y riesgos implicados en el proceso de reparación. (Ver Apéndice A)	Reparaciones relativamente más sencillas.
<i>Rechazo en líneas automáticas</i>	Las líneas automáticas tienen una alta cantidad de rechazo de pallets debido a su mal estado de conservación.	El pallet de plástico tiene una mínima cantidad de pallets rechazados
<i>Exportaciones</i>	Es necesario documentar su tratamiento (NIMP 15) y gestionar dicha documentación.	No hay requisitos de exportación.
<i>Trazabilidad</i>	Limitada/nula, ya que las identificaciones pintadas pueden fácilmente ensuciarse y perderse. (Ver Apéndice A)	Mediante RFID, Código de Barras y código QR. Además de poder fabricarlos en diferentes colores.

TABLA 1.8
PALLET DE MADERA VS PALLET DE PLÁSTICO [4] [7] [13]
[14] [17] (CONTINUACIÓN)

Descripción	Pallet de madera	Pallet de plástico
<i>Reciclaje</i>	no reciclable	100% Reciclable
<i>Implicaciones en el Medio Ambiente</i>	Tanto su fabricación como su reparación implica contribuir con la deforestación de los bosques	Permite la utilización de plástico reciclado tanto de pallets viejos como de otros productos plásticos.
<i>Valor Residual</i>	Supone un gasto la eliminación de los residuos	Genera un beneficio ya que puede ser recuperado
<i>Riesgos</i>	Riesgo de daños a la mercadería por las astillas y clavos y accidentes en las manipulaciones manuales (Ver Apéndice A)	No contempla niveles importantes de riesgos en la manipulación

1.2. Procesos de Producción de Pallets de Plástico

Una de las ventajas que posee la manufactura con termoplásticos es la variedad de procesos con los que se puede fabricar un mismo producto. La fabricación de pallets de plástico no es la excepción, sin embargo del proceso depende el costo inicial de máquinas y equipos, así como la productividad, acabado superficial de las piezas, tiempo de manufactura, capacidad de equipos auxiliares, disponibilidad de espacio entre otros factores.

1.2.1. Tipos de Procesos de Manufactura

Los procesos con los que se puede manufacturar pallets son [7]
[20]:

- Inyección
- Inline-Compounding
- Termoformado
- Rotomoldeo
- Espumado estructural
- Extrusión/ensamble
- Compresión
- Soplado

Sin embargo, los procesos de extrusión/ensamble, compresión y soplado son muy raramente utilizados, por esta razón no serán considerados.

Inyección

Es el proceso más utilizado para esta aplicación, la manufactura de pallets; ya que permite obtener piezas de diferentes pesos y con geometrías complejas, además de permitir fácilmente el cambio de un modelo de producto a otro. La inyección es un proceso discontinuo de una sola etapa que puede ser totalmente automatizable, por lo que es muy utilizado en la producción de

grandes volúmenes, obteniendo productos con alta calidad dimensional, muy buen desempeño y alta resistencia al impacto.

El proceso empieza desde que se alimenta la tolva de la máquina inyectora con el material plástico virgen, el material reciclado, los aditivos y el colorante. De la tolva se alimenta al tornillo de la máquina inyectora, a través de la garganta. El túnel donde se encuentra el tornillo es calentado por resistencias, las mismas que funden la materia prima que ingresó al tornillo. Esta materia prima líquida es inyectada a través de la boquilla hacia el molde. Una vez que el plástico ha ocupado en su totalidad las cavidades del molde, es enfriado por agua a muy baja temperatura. Una vez que el producto se ha vuelto rígido dentro del molde, este se abre; expulsando el producto y comenzando de nuevo el ciclo. [21]

Un aspecto importante en la inyección, es el diseño del molde, ya que este debe considerar la contracción del material y la distribución adecuada de los ductos de refrigeración; sin estos, el producto obtenido es de pobre calidad superficial y con fallas dimensionales que pueden llegar a causar problemas en el desempeño del producto. La Tabla 1.9 a continuación resume las principales ventajas y desventajas del proceso de inyección [7] [21]:

TABLA 1.9
PROCESO DE INYECCIÓN: VENTAJAS Y DESVENTAJAS [7]
[21]

Ventajas	Desventajas
Permite altos volúmenes de producción	Se requiere de inversión inicial alta
Posibilidad de obtener tolerancias superficiales muy precisas en piezas complicadas y pequeñas	
Se puede utilizar más de un material para la manufactura	Calidad del producto depende en gran manera de las capacidades de los equipos auxiliares
Las piezas fabricadas casi no requieren trabajos post-producción, las piezas tienen buen acabado superficial	
Muy poco desperdicio, el scrap puede ser reutilizado	
Puede ser totalmente automatizado	Molde de gran peso, ya que debe aguantar gran presión de cierre
Permite diversidad de diseños al realizar cambios en el molde	
No requiere de un gran área de planta	

Inline-Compounding (ILC)

El proceso tiene el mismo principio que la inyección; la diferencia es que el polímero inyectado puede ser reforzado o compuesto con otros polímeros, llenadores (fillers) u otros materiales directamente en la máquina. A pesar de ser un proceso costoso, tiene múltiples ventajas [7]:

- Bajo costo de materia prima, al permitir el uso de material reciclado, mezclas de plásticos y llenadores como madera, fibra de vidrio, caucho y demás.
- Una reducción significativa en el peso del producto manufacturado.
- Incremento en resistencia y propiedades mecánicas del producto
- Bajas temperaturas de operación
- Permite la posibilidad de tener tornillos paralelos que mejoran la mezcla y facilita aumentar el volumen de producción.

Termoformado

Es un método no tan frecuente de manufactura de pallets, ya que a pesar de producir pallets bastante flexibles y con gran capacidad de apilamiento, su desempeño con cargas altas es bastante pobre. En términos de costo de moldes y herramientas es mucho más barato que los procesos de inyección y espumado estructural; sin embargo, el costo general de la línea no es tan diferente del resto de procesos.

El proceso de termoformado empieza con la producción de láminas o planchas de plástico hecho de material virgen o una mezcla entre material virgen, material reciclado, aditivos y colorante. Posteriormente, esta plancha es calentada hasta casi

llegar a su forma líquida; los embutidores de la máquina formadora empujan la lámina ablandada hacia los postizos formadores, en estos se genera vacío ayudando a dar la forma final al pallet. El pallet aun con bordes adicionales provenientes de la plancha pasa por un troquel, removiendo los excesos; los mismos que pueden ser molidos y peletizados para ser reutilizados. La Tabla 1.10 resume las principales ventajas y desventajas del proceso de termoformado [7][22][23][24]:

TABLA 1.10
PROCESO DE TERMOFORMADO: VENTAJAS Y
DESVENTAJAS [7] [22] [23] [24]

Ventajas	Desventajas
Permite fabricar partes grandes (hasta 48in x96 in)	Limitada diversidad de diseños
	No permite constancia del espesor de las paredes
Productos de bajo peso	Costo unitario relativamente alto en altos volúmenes de producción
Baja inversión inicial	Las piezas manufacturadas requieren trabajos post proceso
Permite producción de altos volúmenes	Muy lentos tiempos de ciclo (7-8 minutos)
	Baja resistencia a las cargas
Buen precio por unidad en pequeños y medianos lotes de producción	La unidad de producción requiere mucho espacio
	Productos terminados con esfuerzos residuales

Rotomoldeo

Este proceso de manufactura es tradicionalmente utilizado para para producción de piezas huecas, sin embargo el avance tecnológico ha permitido el desarrollo de equipos, moldes y materiales que hacen que la manufactura de otro tipo de productos, como los pallets, sean posibles. Lo atractivo de este proceso es el control que se puede obtener de las dimensiones del producto manufacturado, sin requerir de gran cantidad de recursos ya que el principio de operación de este proceso es sencillo. De manera general el proceso consiste en introducir la materia prima pulverizada en la cavidad del molde. Una vez realizada la carga, el molde empieza a girar sobre dos ejes mientras es calentado con la finalidad que el plástico se empiece a adherir en todas las superficies internas del molde. Una vez que ha transcurrido el tiempo determinado para que el material recubra homogéneamente las paredes internas del molde formando la pieza con el espesor deseado, el molde continúa girando mientras se lo rocía con agua, de esta manera el plástico se solidifica. Cuando la pieza se encuentre lo suficientemente rígida, el molde deja de girar y se procede con el desmoldeo. [25] Este proceso se caracteriza porque el costo de molde y maquinaria es bajo; no se requiere que resistan grandes cargas,

ya que se utiliza básicamente la fuerza centrífuga a bajas velocidades de 4 a 20 revoluciones por minuto, por esta razón el molde no es tan robusto como lo debe ser para la inyección y para el espumado estructural, sin embargo el costo de las piezas manufacturadas sí es alto ya que cada ciclo se demora alrededor de 40 a 45 minutos [22]. El rotomoldeo no es conveniente para grandes volúmenes de producción, por el hecho que se requeriría de mucho tiempo. La Tabla 1.11 resume las principales ventajas y desventajas del proceso de rotomoldeo [7] [25] [26]:

TABLA 1.11
PROCESO DE ROTOMOLDEO: VENTAJAS Y
DESVENTAJAS [7] [25] [26]

Ventajas	Desventajas
Producto terminado sin esfuerzos residuales	El tiempo de producción es alto (20 minutos C/pieza)
Baja inversión inicial	No apto para altos volúmenes
Espesor uniforme	Productos con baja resistencia
Se puede modificar el espesor de la pieza a manufacturarse	Opciones de materiales a utilizarse son limitados
No hay desperdicio del material cargado a la unidad de producción, casi 100% del material introducido es utilizado	Costo de operación alto por la necesidad de aditivos especiales y la pulverización del material
	Requiere trabajos post-proceso
Posible la fabricación de piezas con varias capas de diferentes espesores	No admite gran variedad de diseños

Espumado estructural

A pesar de ser un proceso no tan versátil, el espumado estructural ofrece muchos de los beneficios que brinda la inyección, teniendo un costo de maquinaria y molde un poco menor. Al operar a presiones y fuerzas menores que en el proceso de inyección, el peso del molde y maquinaria en el espumado estructural son significativamente menores.

La diferencia primordial entre el espumado estructural y la inyección es el uso de un gas, el cual reacciona con la materia prima formando porosidades en el núcleo de la pieza manufacturada. Esta porosidad da mayor rigidez ya que las paredes externas obtienen mayor espesor, sin embargo hace al pallet más susceptible a los impactos. Los pallets fabricados con el proceso del espumado estructural son más ligeros y de menor densidad. [27]

El proceso del espumado estructural es similar al proceso de inyección, la diferencia radica en que la resina inyectada al molde va acompañada de gas nitrógeno. En el molde el gas se expande y lo llena en su totalidad; el material en las paredes del molde se solidifica mientras que el núcleo adquiere una estructura porosa por la reacción con el nitrógeno. Al ser poroso en su interior, el

peso del pallet se reduce de un 10 a 30%. [28] La Tabla 1.12 resume las principales ventajas y desventajas del proceso de espumado estructural [7][27][28] :

TABLA 1.12

PROCESO DE ESPUMADO ESTRUCTURAL: VENTAJAS Y DESVENTAJAS [7] [27] [28]

Ventajas	Desventajas
Productos con bajo peso	Ciclo de producción medio
Requiere baja inversión inicial	Permite la manufactura de diseños sencillos, con geometrías simples
Aumento de la resistencia de los productos manufacturados	
Estabilidad dimensional de las piezas manufacturadas	La unidad de producción requiere gran área de planta
Admite material reciclado	Productos suelen requerir de un post proceso para afinar acabado superficial
Muy buena relación resistencia vs peso del producto fabricado	

1.2.2. Análisis Comparativo Entre Procesos

Para seleccionar el proceso de manufactura de pallets que se utilizará en la planta se utilizó una matriz de decisión (Tabla 1.14), de esta manera se evaluó y comparó las fortalezas y debilidades de cada proceso en función de los criterios básicos que debe cumplir una planta de producción de pallets.

Los criterios técnicos contemplados en la matriz de decisión son:

- a) Que el pallet fabricado tenga una mejor calidad y confiabilidad de carga.
- b) Que el pallet fabricado tenga una mejor apariencia final, tanto en estructura como en acabado.
- c) Que permita un mayor volumen de producción.
- d) Que tenga el menor costo de operación por pallet.
- e) Que permita una mayor variedad de diseño estructural del pallet.
- f) Que requiera una baja inversión inicial.

En la Tabla 1.13 se determina la ponderación de cada criterio técnico mencionado, de esta manera se establece un marco de importancia entre estos para poder realizar la comparación de los procesos.

TABLA 1.13
PESOS DE LOS CRITERIOS

Criterio*	A	B	C	D	E	F	Total	Peso
A	1	6	4	2	8	2	23,00	28,90
B	0,17	1	0,20	0,14	0,33	0,11	1,84	2,32
C	0,25	5	1	4	8	2	20,25	25,46
D	0,50	7	0,25	1	8	3	16,75	21,06
E	0,13	3	0,13	0,13	1	0,33	4,38	5,50
F	0,50	9	0,50	0,33	3	1	13,33	16,76

***Escala de evaluación: 1=igualmente importante, 5= más importante, 10=mucho más importante, 1/5=menos importante, 1/10=mucho menos importante.**

De la Tabla 1.13 de los pesos de los criterios se puede inferir que la calidad y el costo siempre serán parámetros decisivos de todo proceso.

Según los resultados obtenidos se puede prescindir en cierto grado de la apariencia y la diversidad de diseños; sin embargo, estos criterios marcan las diferencias entre los productos ofertados en el mercado y afectan en gran manera sobre el impacto del producto en el ojo de los potenciales clientes por ello es importante considerarlos.

La Tabla 1.14 muestra la matriz de decisión del proceso de manufactura de pallets de plástico y a partir de esta se determinó que el proceso que cumple de mejor manera los criterios técnicos seleccionados fue el de inyección.

No es de extrañar porque este resultado coincide con uno de los procesos de manufactura de plásticos más utilizados, no solo por su versatilidad en la producción de piezas plásticas, sino además por la calidad de los productos obtenidos.

TABLA 1.14
MATRIZ DE DECISIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA [7] [21] [23] [24] [27] [28]

Procesos	Peso	inyeccion		Inyección (in Line Compound)		termoformado		rotomoldeo		espumado estructural	
		Calificación	Total	Calificación	Total	Calificación	Total	Calificación	Total	Calificación	Total
a) Que el pallet fabricado tenga una mejor calidad y confiabilidad de carga	28,912	3	86,737	5	144,561	1	28,912	2	57,824	4	115,649
b) Que el pallet fabricado tenga una mejor apariencia final, tanto en estructura como en acabado	2,317	4	9,266	5	11,583	2	4,633	1	2,317	3	6,950
c) Que permita un mayor volumen de producción.	25,455	5	127,277	3	76,366	2	50,911	1	25,455	4	101,821
d) Que tenga el menor costo de operación por pallet.	21,056	3	63,167	1	21,056	4	84,222	5	105,278	2	42,111
e) Que permita una mayor variedad de diseño estructural del pallet	5,500	3	16,499	4	21,998	2	10,999	1	5,500	5	27,498
f) Que requiera una baja inversion inicial	16,761	3	50,282	1	16,761	5	83,803	4	67,043	2	33,521
Total	100,00	21	353,227	19	292,324	16	263,481	14	263,417	20	327,550

***Escala calificación: Del 1 al 5, siendo 5 la mayor calificación.**

Los principales puntos a favor del proceso de inyección son:

- Permite tener gran variedad de diseños, esto implica la adquisición de nuevos moldes; sin embargo, la máquina formadora en sí es apta para trabajar con diversos moldes y con gran variedad de materiales.
- Las piezas fabricadas por lo general no requieren de un trabajo post-proceso, lo que indica que las piezas salen con buena apariencia y calidad superficial. Esto constituye un ahorro, ya que no se requiere hacer operaciones secundarias al producto para comercializarlo.
- Permite producir altos volúmenes, lo cual es importante ya que los costos operacionales se reducen y el costo del producto disminuye, lo que lo hace más competitivo en el mercado.
- Las piezas obtenidas son dimensionalmente homogéneas, lo cual genera pocos rechazos de parte de clientes
- Posee propiedades físico-químicas homogéneas a lo largo del pallet, lo que hace que su resistencia sea muy buena, incluso considerando cargas altas.
- Permite la utilización de material reciclado, lo que constituye un ahorro en la adquisición de materia prima sin comprometer las propiedades mecánicas de las piezas

fabricadas, lo que garantiza piezas de calidad y con una alta confiabilidad de carga.

1.3. Normalización

Al igual que la gran mayoría de productos que se encuentran en el mercado nacional, los pallets se encuentran normalizados con la finalidad que estos cumplan ciertos parámetros que garanticen un estándar de calidad. Las normas no solo rigen el diseño y ensayos que deben cumplir sino también los tratamientos que deben someterse a fin de utilizarse en transacciones internacionales. Por lo general cada país posee su propia reglamentación, esta marca la pauta del cómo deben ser los pallets sin importar el proceso de manufactura elegido. En este estudio se cita la normativa que rige el diseño de un pallet, sus ensayos y las cargas máximas de trabajo, los mismos que fueron la base para el diseño de la planta. Existen normas que rigen el diseño de máquinas de manufactura de plásticos, sin embargo no serán consideradas en este estudio, ya que el producto de la planta son los pallets.

1.3.1. Normas INEN

El Ecuador cuenta desde 1996 con dos normas que rigen la estructura, uso, clasificación y dimensiones de los pallets, y son:

- INEN - NTE 2075.1996: “Embalajes. Paletas para la manipulación y transporte de mercancías. Definiciones y terminología.”

Define los términos relacionados con los pallets o paletas, estableciendo la clasificación de los pallets según su forma y uso. [1]

- INEN – NTE 2077. 1996: “Embalajes. Paletas para la manipulación y transporte de mercancías. Requisitos dimensionales.”

Establece los parámetros dimensionales que deben cumplir los pallets de piso simple y de doble piso no reversible, además de información sobre las tolerancias dimensionales que deben cumplir ciertos elementos específicos de los pallets. [11]

1.3.2. Normas Internacionales

Estas normas son de mayor antigüedad y muchas sirvieron de referencia para el desarrollo de las normas ecuatorianas; sin embargo para la selección de las características dimensionales del pallet se considera la norma ecuatoriana.

- Norma Internacional ISO 6780 “General-purpose flat pallets for through transit of goods-Principal dimensions and tolerances”

Establecida en Geneva en 1988, indica los parámetros dimensionales y las tolerancias que deben tener ciertos elementos constitutivos de un pallet para el transporte de mercancías. [29]

- ISO 8611 “Pallets for materials handling — Flat pallets”

Está constituida por cuatro partes, cada una se enfoca en un aspecto importante sobre el diseño, desempeño y ensayos a los pallets, y son [30]:

- Parte 1: Métodos de ensayos
 - Parte 2: Requisitos de desempeño y selección de ensayos
 - Parte 3: Cargas máximas de trabajo
 - Parte 4: Procedimiento para predecir las respuestas a la fluencia en las pruebas de rigidez de los pallets de plásticos utilizando análisis de regresión (Especificaciones técnicas).
- ISO 445: “Pallets for materials handling-Vocabulary”

Hace referencia al vocabulario relacionado con los pallets que se debe conocer antes de entrar en las especificaciones técnicas de diseño de los mismos. [31]

- ISO/TR 10233:1989: “General-purpose flat pallets for through transit of goods -- Performance requirements”

Establece los parámetros de desempeño de un pallet en el transporte de bienes según la estructura del pallet. [9]

- COMESA/FDHS: 218:2006: “Pallets for materials handling — Flat pallets – Part 3: Maximun Working Loads”

Establece los rangos máximos de cargas de trabajo para diferentes condiciones de cargas y soportes [32].

1.4. Justificación del proyecto

En el Ecuador los pallets de madera acaparan el mercado de plataformas casi en su totalidad, razón por la cual la tasa de deforestación crece anualmente. En los pasados 150 años, la deforestación ha contribuido en un 30% al efecto invernadero, de este hecho parte la necesidad de buscar alternativas a los productos de madera cuyo impacto ambiental sea menor [33].

Normalmente se asocia el consumo de pallets de plástico a países desarrollados ya que su economía les permite hacer estas inversiones; sin embargo, la tendencia de las empresas a la sustentabilidad y a optimizar los sistemas logísticos, además de las crecientes regulaciones en el tratamiento de la madera y los más estrictos

controles fitosanitarios han abierto más plazas de mercado para los pallets de otros materiales.

En el Ecuador son pocas las empresas que producen o comercializan pallets de plástico, por esto es una línea que no tiene mucha competencia a pesar de tener una modesta participación en el mercado. Los pallets de plástico abarcan casi el 10% del total de las unidades comercializadas, con un crecimiento anual de casi 5%, esto se debe entre muchos factores al bajo costo de los pallets de madera (aproximadamente entre \$8 y \$12 USD) frente a los de plástico (aproximadamente entre \$50 y \$75 USD); sin embargo los pallets de plástico tienen una vida útil de 5 a 7 años mientras que los de madera tienen de 2 a 3 meses. [4] [13]

1.4.1. Desarrollo de la Industria Plástica en el Mercado Nacional

Una de las industrias con mayor desarrollo en los últimos años en el Ecuador es la industria plástica; esto se pone de manifiesto ya que de todos los sectores productivos, las manufacturas en general abarcan un porcentaje significativo en el PIB con alrededor del 15% como se puede notar en la Figura 1.22. De este total, un 0,4% corresponden a la manufactura de productos de plástico como se aprecia en la Figura 1.23, siendo superado por la industria petrolera y alimenticia. [34]

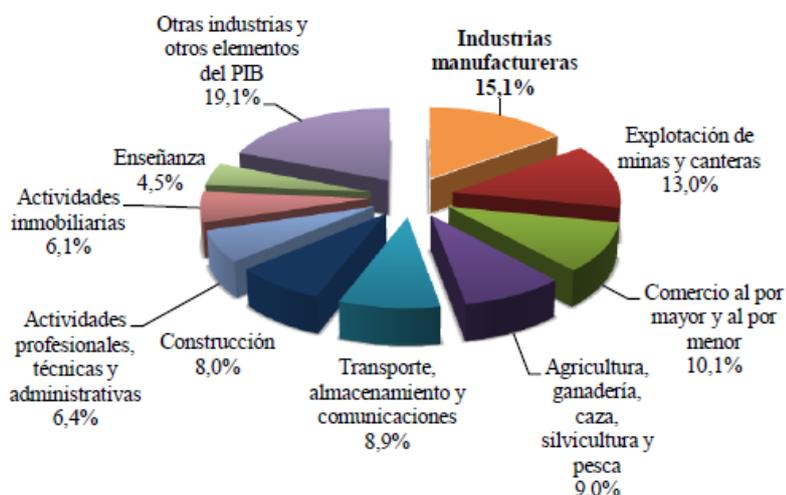


Figura 1.22 Participación de las industrias en el PIB [34]



Figura 1.23 Composición del sector manufacturero [34]

La industria plástica está en alza debido a la diversidad de productos y a los altos volúmenes que pueden fabricarse con un costo relativamente bajo. Según datos de ASEPLAS la industria plástica facturó alrededor de \$1500 millones en el 2010, reportando un crecimiento del 16% comparado al año anterior. [34] En la Figura 1.24 se aprecia la evolución de las exportaciones de productos plásticos y sus manufacturas, notándose claramente la tendencia creciente de la industria plástica en el país.

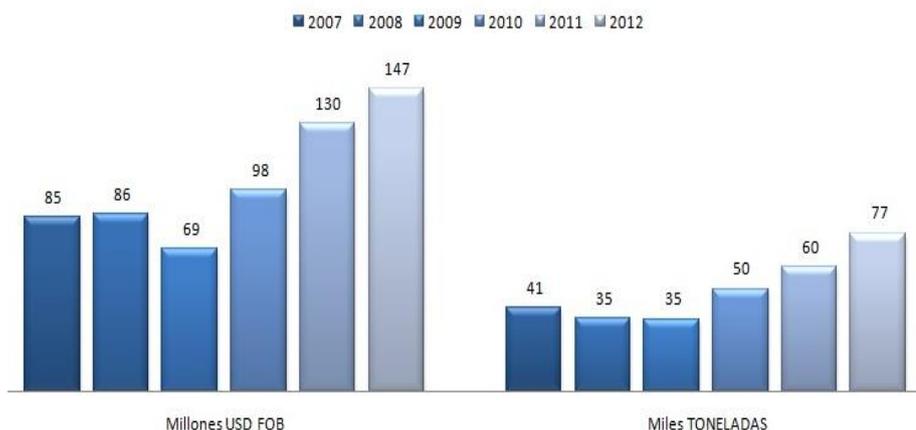


Figura 1.24 Evolución de las exportaciones Sector Plástico y sus Manufacturas [35]

1.4.2. Impacto Ambiental del Uso de Pallets de Plástico

No existe proceso productivo que no genere un impacto en el medio ambiente, sin embargo hay procesos cuyo efecto es

menos perjudicial que otros. La fabricación y uso de pallets de plástico no son la excepción.

El 99% de los insumos plásticos usados a nivel mundial son derivados de productos fósiles, lo que de por sí ya afecta a las limitadas fuentes de energía no renovables del planeta. Todos los productos tienen un tiempo de vida útil, dependiendo del material con que fueron manufacturados pueden durar unos pocos meses a varios años. Según estudios realizados, solo la quinta parte de los productos de plásticos duran menos de un año. Sin duda el plástico es durable y resistente, características que lo convierten en uno de los principales residuos sólidos urbanos presente en los botaderos a nivel mundial, aproximadamente 25 millones de toneladas se acumulan anualmente en el ambiente y pueden permanecer en el mismo por un periodo entre 100 y 500 años. El plástico al degradarse se fragmenta en micropartículas, las mismas que con ayuda del viento se distribuyen por ríos, mares, suelos, etc. [36]

1.4.3. Identificación y Caracterización de la Población Objetivo

Las provincias con mayor incidencia en la economía del Ecuador son Guayas y Pichincha; esto se pone de manifiesto no solo en

el volumen de producción de artículos de plásticos, sino de todo producto manufacturado en el territorio nacional.

Según datos del BCE y del INEC, en el estudio del valor agregado bruto provincial por industria y en la Encuesta de Manufactura y Minería, destacan tres provincias en la producción de artículos de plástico y caucho, y estas son: Guayas con un 47,75%, Pichincha con 33,76% y Azuay con 14,26% (Ver Figura 1.25) [34].

Esto es de esperarse ya que Guayaquil y Quito han sido polos de desarrollo industrial por muchos años. En el Ecuador existen alrededor de 500 empresas dedicadas a la fabricación de artículos de plástico.

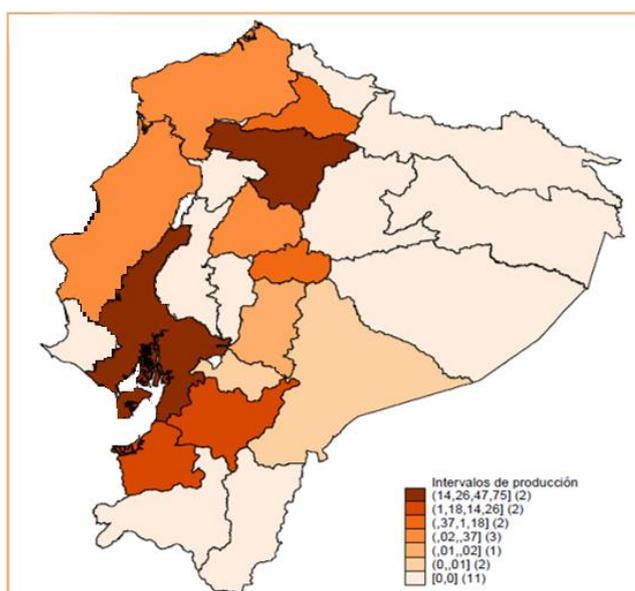


Figura 1.25 Valor Agregado Bruto provincial de la fabricación de productos del caucho y plástico [34]

La mayoría de las materias primas utilizadas en la manufactura de plásticos son importadas (US\$ 658 millones en promedio para el periodo 2010-2012). Guayaquil al tener un aeropuerto y un puerto marítimo es un sitio estratégico para el desarrollo de la industria plástica. [37]

El pallet es por excelencia un elemento indispensable en todo sistema logístico, por ende su uso no se limita a cierto tipo de industrias; sin embargo, los pallets de plástico realzan sus ventajas funcionales cuando están de por medio razones de higiene, control de plagas, necesidad de utilizar productos químicos, vapor o detergentes especiales para su limpieza, almacenamiento en áreas con alta humedad, exigencias dimensionales para optimizar el uso del espacio disponible y la disminución del peso de la carga por motivos de transporte.

Como se mencionó anteriormente Guayaquil presenta múltiples ventajas respecto de las demás ciudades, no solo por la gran presencia de industrias sino también por la facilidad de importación de insumos. El mercado al cual será dirigido este estudio son las siguientes industrias presentes en la ciudad de Guayaquil [38]:

- Industria alimenticia, láctea y sus subproductos, y pesquera.
- Industria química y farmacéutica.

- Industrias exportadoras.
- Industrias de transporte.

1.4.4. Estimación de la Demanda Insatisfecha de Pallets

Para determinar la demanda insatisfecha de pallets en el mercado, se debe realizar un balance entre la oferta y la demanda de este producto. Tomando en consideración que la oferta proviene tanto de la producción nacional como de las importaciones y la demanda por otro lado proviene de los requerimientos logísticos de las industrias nacionales.

Demanda

Todos los bienes o servicios que un consumidor requiere para satisfacer sus necesidades se conocen como demanda.

La estimación de la demanda se realizó a partir de los datos de la Súper Intendencia de Compañías (SIC) y el Análisis de Materias Primas y Productos 2010, realizado por el INEC. [39]
[40]

Toda la información recopilada corresponde al período entre el 2002 y el 2013. Para poder determinar la necesidad de una planta de pallets de polipropileno es necesario determinar la proyección de la demanda insatisfecha por lo menos a 10 años,

para esto es necesario realizar proyecciones tanto a los datos de la demanda como de la oferta.

La proyección de la demanda permite estimar el comportamiento futuro del consumo de pallets. Para realizar esta estimación se graficaron los datos del consumo histórico de pallets y se linealizó la curva obtenida. A partir de la ecuación de la curva linealizada se proyectaron los valores del consumo de pallets hasta el año 2025 y los datos obtenidos se muestran en la Figura 1.26.

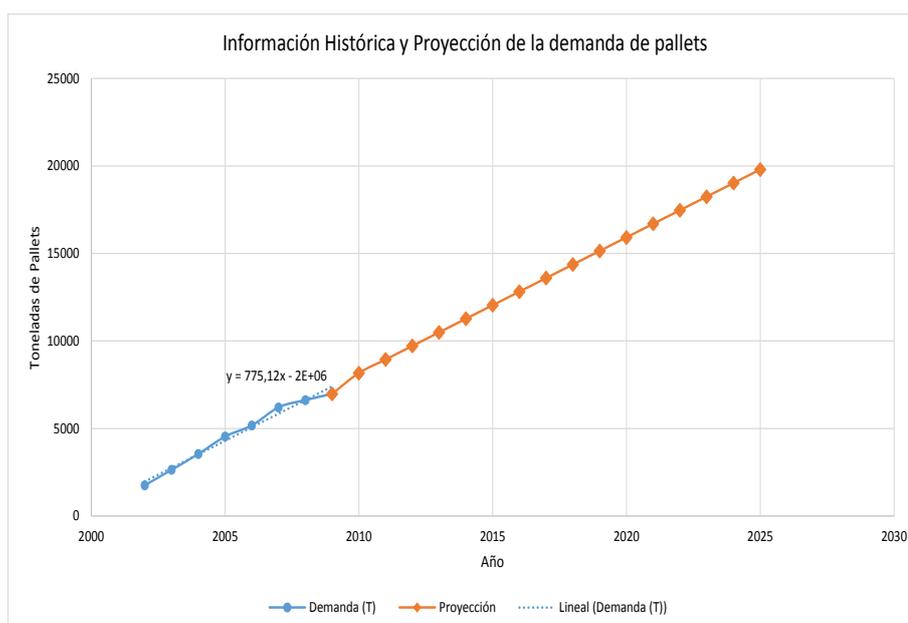


Figura 1.26 Información Histórica y Proyección de la Demanda de Pallets [39] [40]

De la Figura 1.26 se nota que la tendencia de los valores del consumo histórico de pallets (línea azul) es lineal, por ende no

estaría apartado de la realidad hacer la proyección a partir de la ecuación de la curva linealizada.

Oferta

La oferta representa a todos los bienes o servicios disponibles en el mercado para satisfacer la demanda de los consumidores. Determinar la oferta de pallets requiere conocer el consumo aparente de los mismos, por lo que se necesita la producción nacional así como la cantidad de pallets importados y exportados, y para obtener esta información es indispensable identificar el código arancelario correspondiente del producto.

El sistema de codificación común para la región Andina es la nomenclatura NANDINA, esta se encuentra basada en el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías. [41] De la base de datos del INEC se obtuvo la información arancelaria que se detalla en la Tabla 1.15. [42]

Según información de la base de datos histórica del Banco Central del Ecuador se recopiló la cantidad de toneladas de pallets importados y exportados [43], en la Figura 1.27 se muestra la graficación de los datos obtenidos.

TABLA 1.15
INFORMACIÓN ARANCELARIA DE PALLETS [42]

Nomenclatura NANDINA	4415200000
Descripción	Paletas, Paletas Caja y Demás Plataformas Para Carga; Collarines Para Paletas
Tipo Partida	Subpartida

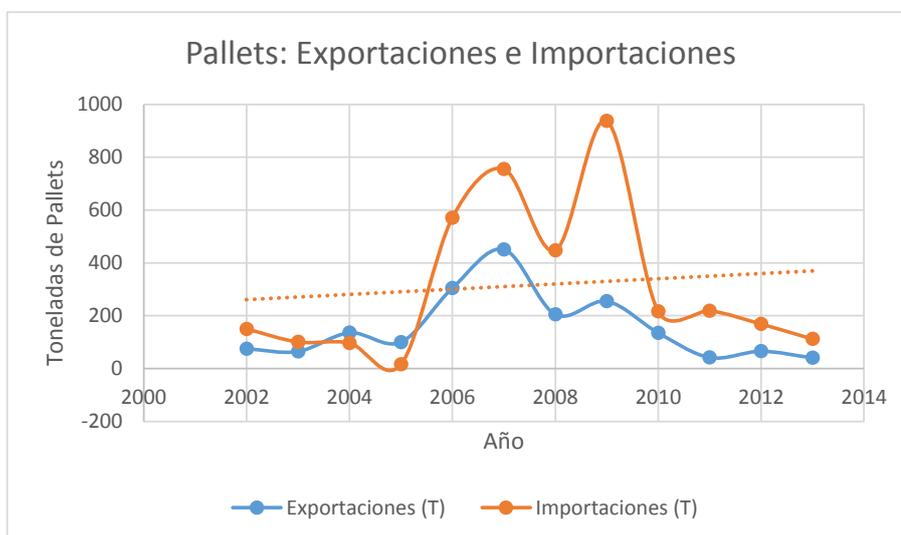


Figura 1.27 Pallets: Exportaciones e Importaciones [43]

De la Figura 1.27 se puede notar claramente que la cantidad de pallets importados superar la cantidad de pallets exportados, lo que demuestra que a lo largo de los últimos años ha existido una demanda insatisfecha que tiende a ser cubierta con la importaciones de pallets.

Para determinar el consumo aparente se requieren los valores de las importaciones, las exportaciones y de la producción nacional de pallets. La producción nacional se determinó a partir de la base de datos de la SIC tabulando las ventas anuales de los principales fabricantes de pallets del país. [40] El consumo aparente se obtiene sumando la producción nacional con las importaciones y restando las exportaciones.

Para realizar la proyección de la producción nacional se siguió el mismo procedimiento que con la demanda; se graficaron los valores históricos, se linealizó la curva y a partir de la ecuación de la curva linealizada se calcularon los valores futuros. Al graficar la producción nacional se nota una tendencia lineal creciente; sin embargo, con las exportaciones y las importaciones no ocurre lo mismo, pero como la línea de tendencia de estas no presenta grandes variaciones se utilizó el método de proyección de la media móvil simple, el cual consiste en obtener un promedio de una cierta cantidad de valores previos. [44]

Cada valor de las proyecciones de las exportaciones e importaciones es el valor promedio de los 3 años consecutivos anteriores y una vez obtenidas todas las proyecciones se procedió a determinar el consumo aparente proyectado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 1.28. [40] [43]

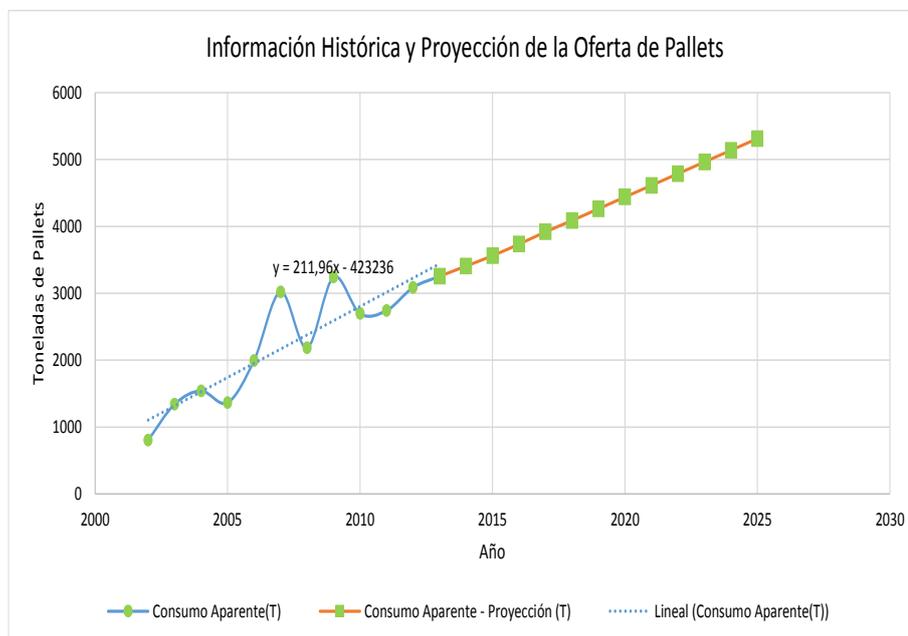


Figura 1.28 Información Histórica y Proyección de la Oferta de Pallets [40] [43]

Demanda Insatisfecha

Contrastando los valores obtenidos de las proyecciones futuras de la oferta y la demanda, se puede notar que hay una demanda que no podrá ser cubierta.

Es de especial interés los valores proyectados de demanda insatisfecha ya que la planta de fabricación de pallets tiene como objetivo acaparar parte de ese mercado. La Figura 1.29 muestra

el contraste entre las proyecciones de la oferta y la demanda de pallets en el país.

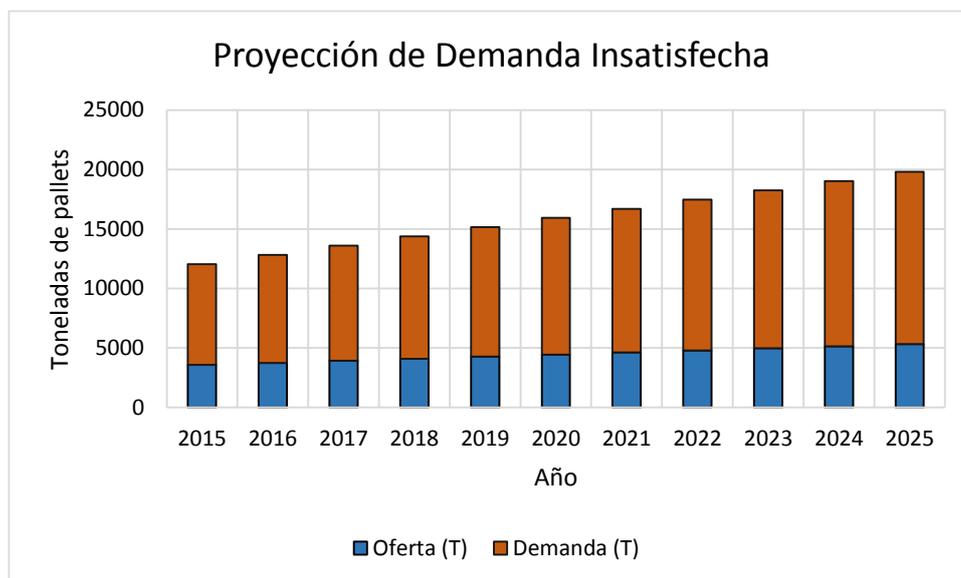


Figura 1.29 Proyección de la Demanda Insatisfecha [39] [40] [43]

La Figura 1.29 muestra claramente que existe una amplia necesidad de pallets en mercado, por lo tanto se justifica la implementación de una planta de producción de pallets de polipropileno.

CAPÍTULO 2

2. INGENIERÍA DEL PROYECTO

En este capítulo se selecciona el diseño estructural del pallet a fabricarse en la planta, además se detalla el proceso de la inyección de plásticos y se hace la selección de las máquinas y equipos principales requeridos en cada etapa del proceso en conjunto con los equipos auxiliares necesarios. Finalmente, se determina la distribución más adecuada de la línea de producción.

2.1. Ubicación de la Planta

Macro Localización

Las provincias con mayor desarrollo industrial en el Ecuador son Guayas y Pichincha, y como se indicó en el capítulo anterior la población objetivo son las industrias de transporte, bodegas, industrias alimenticias y farmacéuticas.

Guayas cuenta con un aeropuerto y un puerto marítimo lo que facilita las importaciones de materias primas, además de tener en las

cercanías a industrias encargadas de la comercialización de productos agrícolas que son los principales usuarios de pallets.

Micro Localización

Se selecciona la ciudad de Guayaquil principalmente por la facilidad de importación de materias primas, además cuenta con una gran cantidad de industrias que exportan productos, almacenan insumos y que requieren de pallets para sus actividades cotidianas.

Se consideró el Parque Industrial Inmaconsa como el terreno donde estará ubicada la planta de producción de pallets de plástico, cuyas coordenadas son -2,116236, -79,9440334 (Ver Figura 2.1).



Figura 2.1 Localización recomendada para la instalación de la planta [45]

Esta ubicación se seleccionó por las siguientes razones:

- Permite acceder con facilidad a vías donde se ubican la mayor cantidad de industrias en Guayaquil, la vía Daule y la vía Perimetral.

- Facilidad de adquisición de repuestos y talleres externos en caso de tener daños en las máquinas o moldes.
- El Parque Industrial Inmaconsa se presta para realizar las instalaciones necesarias para poner en funcionamiento la planta.
- El terreno de 6500 metros cuadrados brinda las comodidades para distribuir de manera adecuada la planta.

2.2. Producto a Elaborar y Materia Prima

Los productos a elaborarse son pallets de polipropileno (PP). Como ya se indicó, existen muchos diseños de pallets de plástico en el mercado que por lo general están ligados al proceso de manufactura. La inyección es uno de los procesos más versátiles ya que pueden manufacturarse una gran cantidad de productos en la misma máquina, solo requiere montar un molde diferente y recalibrar los parámetros de operación.

2.2.1. Análisis y Selección del Diseño del Pallet

En el Ecuador existen varias empresas dedicadas a comercializar pallets fabricados de plástico. El Apéndice B muestra proveedores tanto nacionales como extranjeros que se dedican a la fabricación y comercialización de pallets de plástico, modelo, dimensiones, cargas máximas que pueden soportar y

peso. Del Apéndice B se pueden notar ciertos puntos a tomarse en cuenta sobre los pallets que se ofertan al mercado:

- La gran mayoría tienen dimensiones según el estándar americano o universal.
- De los 50 pallets analizados, 43 eran de 4 entradas y 7 eran de 2 entradas; este patrón es muy común, ya que los pallets de 4 entradas son más maniobrables incluso en espacios reducidos.
- El menor peso tabulado de un pallet fue de 14,5kg y el mayor fue de 31kg, siendo la media de 22,75kg.
- La altura mínima fue de 12 cm y la máxima es de 17,3 cm, siendo la altura promedio de 14,65 cm.
- La mínima carga estática que soporta uno de los pallets listados es de 1 tonelada y la máxima es de 6,8 toneladas. Considerando solo los pallets comercializados por las industrias nacionales, la carga estática máxima y la mínima son de 5 T. y 1 T. respectivamente.
- En promedio la carga estática supera la carga dinámica a razón de 2:1.

A partir de los puntos indicados se puede inferir que la tendencia del mercado es la utilización de pallets con dimensiones según el

estándar americano, es decir de 1200 x 1000 mm. con una altura de 15 cm. (Ver Figura 2.2)

Para obtener un pallet de mayor resistencia este debe tener una menor cantidad de entradas o tener una mayor cantidad de estructuras rigidizadoras, y por ende mayor peso. Ya que la facilidad de utilización es uno de los criterios que analizan los compradores a la hora de adquirir un pallet, se eligió los pallets de 4 entradas con un peso unitario de 22kg., con esto se garantiza que el pallet a fabricar será fácil de manipular y confiable a la hora de soportar cargas.

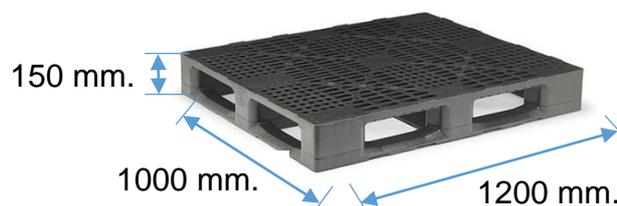


Figura 2.2 Esquema del Pallet Seleccionado [12]

2.2.2. Especificaciones de la materia prima

El material base con el que serán fabricados los pallets es el polipropileno; sin embargo, para dar ciertas propiedades al producto es necesaria la inclusión de ciertos aditivos, estos deben ser correctamente dosificados a fin de obtener un producto

con buenas propiedades y calidad. Este aspecto es importante durante el procesamiento ya que un polímero con un alto grado de aditivos en su mezcla genera muchas variaciones en su fluidez lo que afecta la calidad de la inyección.

Existen ciertas restricciones respecto a la cantidad de aditivos que se pueden colocar en una mezcla para procesar polipropileno, incluso existen limitaciones con la cantidad de material molido que puede utilizarse, salvo productos con paredes delgadas donde el material reciclado posee propiedades similares al material virgen. De manera general solo un 15% de la mezcla a inyectarse debe estar constituido por aditivos; y del 85% restante, máximo un 30% puede ser material reciclado a fin de no tener problemas de fluidez [46]. La materia prima necesaria para la inyección de pallets de PP está formada por:

- Polímero (Polipropileno-PP)
- Colorante
- Dispersante
- Antioxidante
- Absorvedor de U.V.
- Relleno

La Figura 2.3 muestra el porcentaje de composición de materias primas presentes en la resina.

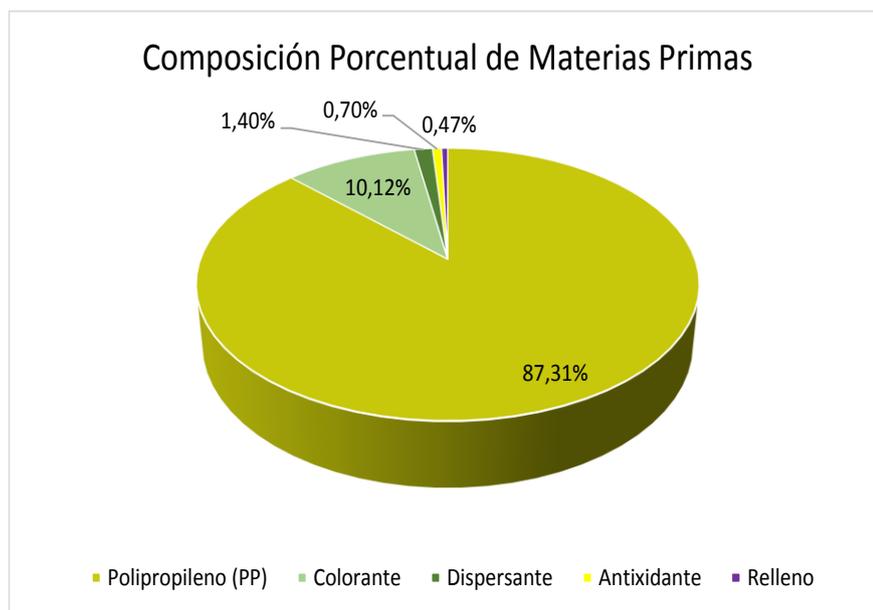


Figura 2.3 Composición Porcentual de Materia prima [46]

Polipropileno

Este polímero es el componente principal para la fabricación de los pallets de plásticos, el porcentaje de material virgen variará entre 63% y 85% dependiendo de la cantidad de material molido presente en la resina. Este termoplástico es un subproducto de la refinación del petróleo, obtenido por medio de la polimerización del PP en presencia de un catalizador.

Está entre los polímeros más utilizados a nivel mundial por sus buenas propiedades, entre las cuales se tiene [47]:

- Buena resistencia a la humedad.
- Buena dureza superficial.
- Alta resistencia al impacto.
- Gran capacidad de recuperación elástica.
- Tiene densidad de 0,91 gr/cm³.
- Mayor rigidez que los demás termoplásticos.
- Buena resistencia a químicos.
- Buena resistencia a soluciones detergentes.
- Baja resistencia a los rayos UV.
- Se funde a más de 160 °C.

Existen 3 tipos principales de polipropileno [36]:

- Polipropileno homopolímero: su característica principal es su gran resistencia a temperaturas elevadas, además de una buena resistencia a las bases y ácidos siempre y cuando esté debajo de los 80°C. Es comúnmente usado para fabricar jeringuillas, costales y tejidos.

- Polipropileno random: su característica principal es su transparencia, además de tener mayor resistencia al impacto que los homopolímeros. Es usado para fabricar sorbetes, botellas y recipientes para comida.
- Polipropileno copolímero: Se caracteriza por tener una buena resistencia al impacto, además es más rígido y trabaja de mejor manera a bajas temperaturas que el homopolímero, a pesar que su resistencia química sea menor. Por su buen índice de fluidez es utilizado para fabricar diversos productos del sector de consumo como tuberías, juguetes, recipientes, perfiles, partes del sector automotriz y ciertos electrodomésticos.

Colorante

Los colorantes son sustancias químicas agregadas para conferir color a la mezcla. Existen varias formas de dar color a una resina termoplástica, sin embargo la más comúnmente usada es la incorporación de concentrados en la resina.

Los concentrados son el resultado de la combinación de altas cantidades de material colorante y aditivos compatibles con el polímero a dar color, y pueden ser de 2 tipos:

- Colorantes: son materiales orgánicos solubles en el medio a dar color.
- Pigmentos: son insolubles en la resina a dar color, y pueden ser de 2 tipos:
 - Orgánicos: tienen buen poder de coloración, dan un alto brillo y una buena transparencia.
 - Inorgánicos: poseen una buena capacidad de cubrimiento, son menos brillantes pero poseen mejor solidez a la luz.

Existen 3 presentaciones de los concentrados:

- Concentrados granulados: Las características principales de estos son que su dosificación es sencilla, no afectan las propiedades finales del producto, excelente dispersión del colorante y uniformidad del color. Su concentración no debe ser mayor de 2 partes por cien partes de resina (PCR) a 5 PCR en peso total del producto.
- Concentrados en polvo: Pueden causar contaminación, a pesar que logran una mejor homogenización con la resina. Su concentración es normalmente menor a 2 PCR en peso.

- Concentrados universales: De granulometría variable, poseen una baja viscosidad y son compatibles con varias resinas. Su concentración no debe exceder de 1 PCR a 5 PCR en peso final del producto.

La dosificación por lo general se expresa en PCR[48], por facilidad al momento de realizar el pesaje de los insumos a mezclarse el concentrado seleccionado debe ser granulado, además no debe ser contaminante ni toxico, ya que los pallets a fabricarse se contemplan para las industrias farmacéuticas y alimenticias.

Uno de los pigmentos más utilizados a nivel mundial es el dióxido de titanio, el cual es un pigmento inorgánico cuyas características principales son [49]:

- Ser absorbedor de rayos UV.
- Es químicamente estable.
- Tiene buena capacidad de cubrimiento.

Absorvedor de U.V.

Son aditivos que permiten extender la vida útil del polímero. Los productos de plásticos al aire libre están expuestos a radiación

UV, esta es la responsable principal de su degradación; de ahí la importancia de los absorbedores, ya que estos evitan que los rayos UV lleguen a los sustratos que son sensibles o que la radiación penetre a la masa del polímero. [50]

En la actualidad es común que esta propiedad la provea otro aditivo o el mismo colorante usado en la mezcla, como es el caso del dióxido de titanio. Ciertos rellenos presentes en la resina para mejorar las propiedades también contribuyen a la mezcla como absorbedores de UV, como es el carbonato de calcio.

Dispersante o plastificante

Son aditivos que se adicionan para mejorar el índice de fluidez de la mezcla, además aportan un aumento en la flexibilidad y durabilidad del producto. [51]

La durabilidad es una de las ventajas que poseen los pallets de polipropileno y los dispersantes contribuyen mejorando dicha propiedad, sin embargo también aumentan su flexibilidad. Los pallets se caracterizan por ser estructuras rígidas, por ende aumentar de gran manera su flexibilidad se afecta negativamente

sus características funcionales, por esta razón la recomendación es que no se debe colocar más del 3% del total de la resina.

Antioxidantes

Todo polímero puede sufrir una oxidación, tanto en su fabricación como en su uso y se pone de manifiesto con la disminución de sus propiedades mecánicas, físicas y químicas. Cuando se trabaja con polipropileno es vital evitar la oxidación, ya que este tipo de poliefinas debido a su estructura química es propenso a degradarse. [52]

Incluir antioxidantes en la mezcla de la resina ayuda a inhibir el inicio del proceso de oxidación del polipropileno, además estos aditivos contribuyen mejorando ciertas propiedades del producto como el índice de fluidez, la conservación del color y la estabilización térmica y a la luz UV. [53]

La recomendación es que la composición de antioxidantes en la resina no sea de más del 2% del total del peso del producto.

Rellenos

Estos mejoran las propiedades mecánicas del producto, por lo general estos rellenos pueden ser madera, fibra de vidrio, caucho y ciertos minerales como el carbonato de calcio; sin embargo,

excederse de la cantidad de estos rellenos puede ser perjudicial ya que el producto podría rigidizarse a tal punto que este se fragilice y se parta al recibir algún impacto.

El carbonato de calcio es uno de los rellenos más usados, abarca casi el 80% del volumen de rellenos consumidos y entre sus propiedades destacan [54]:

- Bajo índice de refractividad.
- Buena dispersión.
- No tóxico.
- Inodoro.
- Aprobado para estar en contacto con alimentos.
- Precio bajo.

Por recomendación el porcentaje de este en la resina no debe exceder el 3% del peso total del producto.

Una vez identificados todos los insumos necesarios para la fabricación de pallets de polipropileno es indispensable determinar la dosificación de los mismos, para realizar esta tarea se siguió las recomendaciones planteadas por los proveedores de las máquinas inyectoras obteniendo la composición porcentual mostrada en la Tabla 2.1 considerando las siguientes situaciones:

- Situación 1: Contempla que hay la máxima cantidad permitida de material reciclado en la resina.
- Situación 2: Considera que no se coloca material reciclado en la mezcla.

TABLA 2.1

**COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE MATERIAS PRIMAS EN
LA RESINA [46]**

Composición Porcentual de Materia Prima en la Resina		
Material	1	2
PP	63%	87,31%
Material Reciclado	27%	0%
Colorante	7,9%	10,12%
Dispersante	1,1%	1,4%
Antioxidante	0,6%	0,7%
Relleno	0,4%	0,47%
Total	100%	100%

2.2.3. Protección de la Materia Prima Durante el Almacenamiento

Para que el proceso de inyección se realice de manera eficiente el suministro de materia prima a la tolva de alimentación debe ser el adecuado, para que esto ocurra se debe tener siempre el stock

necesario para respaldar los lotes a producir y los insumos deben encontrarse en condiciones óptimas en la bodega.

Los insumos necesarios deben almacenarse en un ambiente seco y protegido de la luz solar, de esta manera se evitan fluctuaciones del material durante el procesamiento. [55]

Es importante que los sacos de materia prima no estén sobre el suelo sino sobre pallets o en racks de esta manera se protege la materia prima de la humedad, ya que es perjudicial para el proceso porque genera defectos en la pieza fabricada como rechupes, aumento en la fragilidad, fisuras superficiales, disminución de la viscosidad de material fundido, etc. [56]

Por motivos de seguridad se recomienda un área de bodega lo suficientemente amplia que permita apilar los pallets con insumos sobre el piso en un máximo de 2 niveles.

A pesar de que la materia prima a utilizarse no pierde sus propiedades significativamente al ser almacenado por largo tiempo, es recomendable no extender el periodo de almacenamiento a más de 1 año y en lo posible mantener la temperatura de 18 a 25 °C.

2.3. Proceso de Inyección de Pallets de Polipropileno

A fin de diseñar, seleccionar y distribuir de manera eficiente la planta debe tomarse en cuenta cada etapa del proceso de inyección, considerando tanto los insumos necesarios como las máquinas y los equipos auxiliares.

El proceso de la inyección de pallets de polipropileno no se limita solamente a la máquina inyectora, sino que además implica todo movimiento de insumos y productos desde y hacia la unidad formadora por ello la importancia de identificar y detallar claramente cada etapa.

La Figura 2.4 muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de pallets de polipropileno.

Las fases del proceso de inyección de pallets son:

- Almacenamiento de materia prima.
- Mezcla de materia prima.
- Inyección de pallets.
- Inspección de producto terminado.
- Reciclaje de producto no conforme.
- Almacenamiento de producto terminado.

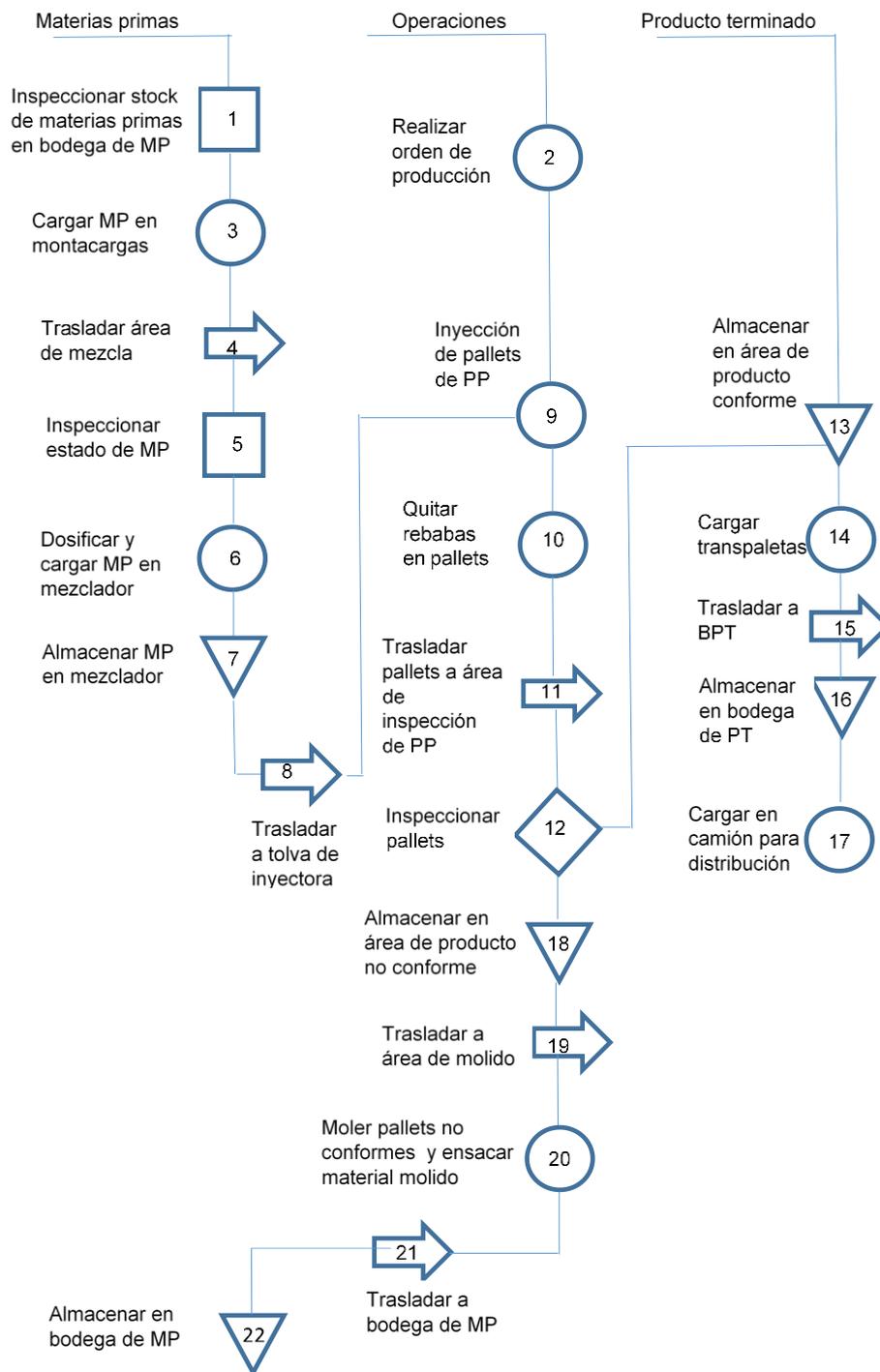


Figura 2.4 Diagrama de Flujo del Proceso

2.3.1. Almacenamiento de la Materia Prima

El proceso de inyección de pallets de polipropileno empieza desde la recepción y el almacenamiento de la materia prima, tanto de material virgen como de aditivos.

La bodega de almacenamiento de materia prima debe facilitar la recepción de insumos desde los camiones abastecedores y el despacho de los mismos al galpón de producción, así mismo debe tener suficiente espacio de tránsito del personal operativo como de cualquier carro elevador.

Para el transporte y recepción de la materia prima se contempla la adquisición de un camión a fin de reducir el costo que implica el alquiler de este servicio. Un montacargas de 2.5 toneladas también es necesario para acomodar los pallets con materia prima y para el despacho de los mismos al área de producción.

La Figura 2.5 muestra un esquema de la bodega de materia prima y del andén para realizar la recepción de la materia prima. Dentro del área destinada para el almacenamiento de insumos se contempla un espacio para colocar el material reciclado proveniente del área de molido.



Figura 2.5 Esquema de Bodega de Materia Prima

2.3.2. Mezcla de Materia Prima

La materia prima que se almacena en la bodega es trasladada al área de mezcla según la orden de producción. Para que el producto posea buenas propiedades mecánicas es necesario que la resina utilizada en el proceso de transformación sea homogénea, por esta razón se requiere de un mezclador. Para obtener productos de calidad es necesario no solo una buena mezcla sino también una correcta dosificación, por esto es necesario una balanza electrónica.

El uso de material reciclado en el proceso de manufactura exige que se mezcle de manera adecuada el material molido con la

materia prima o que sea procesado a pellets antes de ser introducido en la máquina inyectora, para ello se requiere implementar una línea peletizadora en el ciclo productivo incrementando la inversión inicial; sin embargo, el uso de una peletizadora se justifica en la inyección de piezas pequeñas más no en piezas grandes como lo son los pallets, por esta razón solo se considera la adquisición de una mezcladora. (Ver figura 2.6)



Figura 2.6 Mezclador [57]

2.3.3. Inyección de Pallets

Una vez que la materia prima se ha mezclado en las proporciones adecuadas es alimentada en la tolva de la máquina inyectora.

Pero antes de dar inicio al ciclo de inyección de pallets se debe preparar el molde; es decir montarlo en las placas portamolde de

la inyectora y realizar las conexiones de agua helada al mismo. Para colocar el molde en la máquina inyectora hay 2 opciones, utilizar un montacargas o un tecele.

Los moldes usados en el proceso de inyección de pallets son fabricados en duro-aluminio con un peso aproximado de 10 toneladas, por lo que un montacargas de gran capacidad normalmente operaría con cargas muy inferiores a las que fue diseñado, así que se contempla la adquisición de un tecele de 10 toneladas, que resulta una alternativa que requiere menor inversión y con la misma funcionalidad que el montacargas.

Una vez montado el molde y calibrada la inyectora se permite el paso de materia prima a la inyectora, donde ocurre el ciclo de la inyección dando como resultado un pallet de polipropileno.

En la fase de la inyección de pallets de polipropileno interviene directamente la máquina inyectora, sin embargo esta no puede operar sin los suministros adecuados de parte de los equipos auxiliares. Por ello para determinar las máquinas y equipos necesarios para desarrollar de manera adecuada esta fase se debe conocer cada etapa del ciclo de la inyección, este se puede dividir en 2 etapas [58]:

- Cierre del molde: en esta etapa las 2 partes del molde vacío se cierran, mientras en el túnel de la inyectora el material cargado es plastificado y es empujado por el tornillo para ser inyectado (Ver Figura 2.7). El cierre de molde ocurre en 3 pasos: el primero es a alta velocidad y baja presión, luego se disminuye la velocidad a la misma presión hasta que las 2 partes del molde hagan contacto y finalmente, se aumenta la presión entre las caras en contacto del molde para evitar fugas de material durante la inyección. En esta etapa solo trabaja la máquina inyectora, el sistema hidráulico cierra el molde ya sea por un pistón o por un mecanismo de rodilleras y al mismo tiempo permite al tornillo desplazar el material plastificado a la parte frontal del túnel.

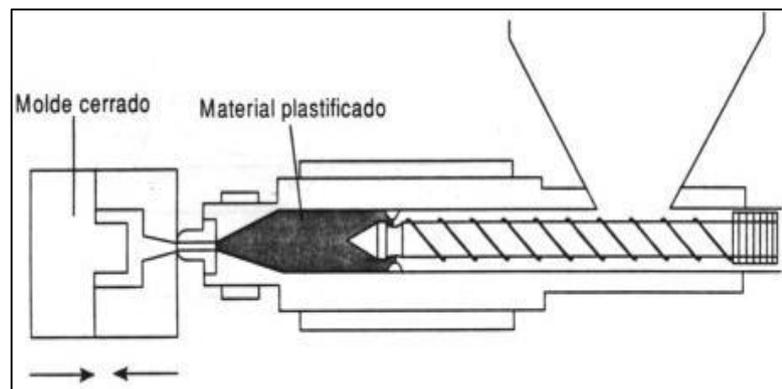


Figura 2.7 Cierre de Molde [58]

- La siguiente etapa del ciclo es la inyección del material plastificado al interior del molde cerrado como se aprecia en la

Figura 2.8. El sistema hidráulico de la máquina inyectora permite desplazar el tornillo como un pistón hacia el molde forzando al material a inyectarse a una determinada presión que garantice que se llene completamente. Una vez llenado el molde, el tornillo sigue haciendo presión para compensar la contracción del producto durante el enfriamiento del mismo, esta presión es menor que la presión de inyección y es mantenida hasta que el producto empieza a solidificarse, para acelerar la solidificación del producto en el interior del molde, se encuentra conectado con mangueras por el que circula agua a muy baja temperatura proveniente de un chiller.

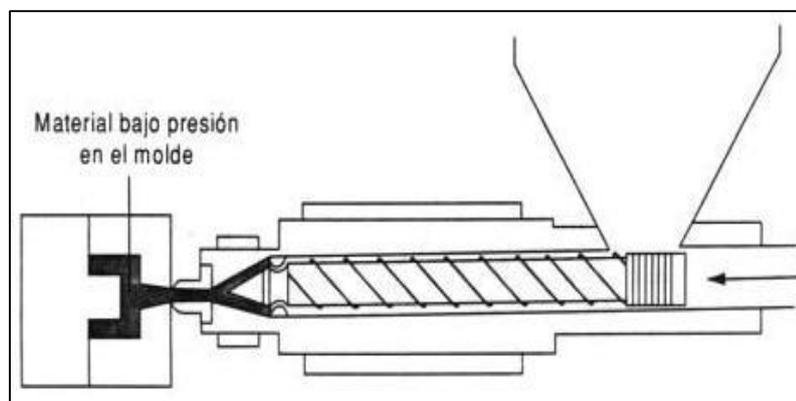


Figura 2.8 Inyección de Material [58]

Mientras el producto está siendo enfriado dentro del molde el túnel retrocede, cuando esto ocurre el tornillo empieza a girar permitiendo el paso de materia prima desde la tolva, el mismo que es plastificado por resistencias dispuestas alrededor del

túnel (Ver Figura 2.9). Este material plastificado es empujado hacia al frente del túnel por el giro del tornillo obligando a este a retroceder hasta haber acumulado la suficiente material para la siguiente inyección.

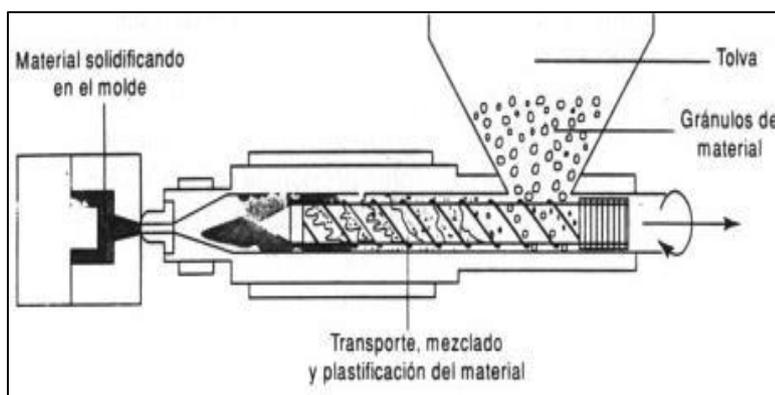


Figura 2.9 Alimentación de Materia Prima a Tornillo [58]

Una vez que la pieza se ha enfriado y solidificado el molde se abre y el producto es expulsado por varillas accionadas por cilindros neumáticos como se muestra en Figura 2.10, estos reciben aire desde un compresor.

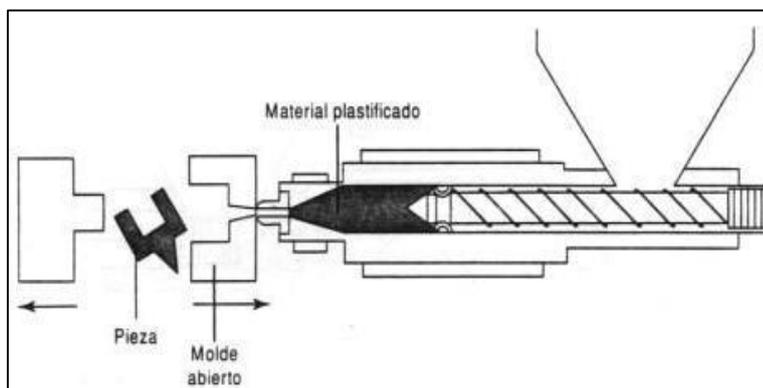


Figura 2.10 Expulsión de Pieza Inyectada [58]

Finalmente, el molde se cierra nuevamente y el ciclo se repite.

2.3.4. Inspección del Producto Terminado

No todos los productos obtenidos están aptos para ser comercializados en el mercado nacional o internacional, ya sea por mala composición de la materia prima, fallas en la preparación del molde, fallas en la maquinaria o fallas con los equipos auxiliares es necesario que se los evalúe al final de la línea. Para esto se debe destinar un área que sirva como pase de producción, donde se pueda clasificar los productos aptos para la venta y aquellos que posean fallas. El operador debe comprobar:

- Que no existan fisuras en el producto terminado.
- Que los productos tengan las dimensiones y peso adecuados.
- Que no haya una inyección incompleta, enchuecamiento, flash, puntos negros, porosidades, rebabas, color incorrecto, líneas de unión, rechupes, etc.[21]

2.3.5. Reciclaje del Producto No Conforme

La ventaja principal que presenta la fabricación de pallets de polipropileno es que estos pueden reciclarse sin comprometer la calidad del producto.

Una vez que se ha realizado la inspección y se determinó que ciertas piezas no son aptas para ser comercializadas se debe determinar si estas pueden reutilizarse en su totalidad o parcialmente. Todos estos productos deben ser trasladados al área de reciclaje donde se encuentra el molino. Para poder moler eficientemente un pallet no conforme el molino debe ser de gran potencia y aun así debe considerarse cortar el pallet en piezas más pequeñas para que el desgaste de las cuchillas y de los rodamientos del rotor porta cuchillas sea menor.

Debido al consumo energético que representa tener encendido el molino no resulta conveniente tenerlo operativo durante todos los turnos de producción, mas bien debería ser utilizado solo cuando se haya alcanzado cierta cantidad de productos no conformes, así se usan los recursos de manera ambientalmente más eficiente.

Este material molido debe ser ensacado, pesado para tener control sobre la cantidad reciclada y almacenado para su uso posterior.

2.3.6. Almacenamiento del Producto Terminado

Una vez que se haya realizado la inspección de los pallets estos deben apilarse y trasladarse a la bodega de producto terminado donde se almacenaran o se embalaran para su distribución.

La bodega de producto terminado debe contar con una carretilla elevadora o transpaleta de 1 tonelada de capacidad para transportar y facilitar la tarea de almacenar los pallets que hayan pasado el control de calidad.

La distribución de los pallets para la venta se lo hará utilizando el camión adquirido por la empresa.

2.4. Tamaño de la Planta

El tamaño de la planta en sí no se refiere literalmente al espacio físico y distribución de la línea productiva, sin embargo están muy relacionados, este hace referencia a todos los factores que de una u otra manera limitan la capacidad de producción, y estos son [59]:

Tamaño de la planta y la demanda insatisfecha: como se mencionó anteriormente, la industria plástica es una industria en alza en el país, donde existe un gran mercado de industrias que necesitan de pallets higiénicos, resistentes y durables para desarrollar sus actividades, por lo que la demanda insatisfecha no constituye una limitante para el tamaño de la planta.

Tamaño de la planta y la disponibilidad de capital: la situación económica del Ecuador no es estable y no solo por el hecho de ser un

país tercermundista sino por la crisis que se vive a nivel mundial, es por esto que toda inversión apunta a arriesgar la menor cantidad de dinero posible lo que restringe la adquisición de maquinaria de punta que permita tener las producciones más altas posibles y así tener precios competitivos en el mercado, es por esto que la disponibilidad de capital siempre será una limitante de la capacidad de producción.

Tamaño de la planta instalada y la tecnología: el factor tecnológico es fundamental cuando se habla de la capacidad de producción no solo referente a la línea de producción sino también a las capacidades de todos los equipos auxiliares.

La capacidad de una línea de inyección de plásticos está limitada por la capacidad de la inyectora y su ciclo de operación, sin embargo, esta no podrá operar a su máxima capacidad si los equipos auxiliares no suministran el agua y el aire necesarios para que esto ocurra, y así evitar tener productos con fallas.

Claro está que a mayor capacidad de producción de la inyectora y de los equipos auxiliares (compresores, chillers y bombas) mayor será la inversión inicial por lo que la tecnología disponible sí constituye un limitante en la producción. El tamaño de una planta está ligado al grado de automatización del proceso, es decir que mientras menos manipule

el personal el producto elaborado mayor será el volumen de producción.

Tamaño de la planta y los insumos: el almacenamiento de la materia prima no constituye un problema ya que tanto el polipropileno como los aditivos tienen tiempos de almacenamientos altos, por lo que el almacenamiento de insumos no constituye un limitante en la producción, sin embargo la mayoría de las materias primas utilizadas en la industria plástica son importadas, lo que sí se convierte en un problema ya que este sí se ha convertido en un factor determinante responsable de detener el crecimiento de esta industria. Y se vuelve un tema de seria consideración si se imponen restricciones a las importaciones por lo que se convierte inmediatamente en un limitante clave del tamaño de la planta, por esta razón la construcción de la refinería del Pacífico se vuelve en una solución viable para fortalecer la industria plástica en el país a pesar de las restricciones ya que uno de los subproductos contemplados para esta planta será la fabricación de polipropileno así como de otros derivados de la petroquímica básica. [60]

La disponibilidad de la materia prima siempre es crítica en los procesos productivos por ello los insumos sí son limitantes en el tamaño de la planta.

Como ya se mencionó en la sección 1.4.4 del primer capítulo, existe una amplia necesidad de pallets en el mercado. En la Figura 1.29, se muestra la proyección de la demanda insatisfecha de pallets, donde la media de los valores proyectados de la demanda insatisfecha es de 11483 toneladas de pallets al año, si la meta productiva planteada es acaparar el 20% del mercado entonces se apunta a 2297 toneladas de pallets anuales, es decir 191,4 toneladas mensuales.

$$Producción_{anual} = 2297 T$$

$$Producción_{mensual} = \frac{2297}{12} T = 191,42 T$$

El peso de cada pallet es de 22kg, se tiene:

$$Producción_{mensual} = 191,42 T * 1000 \frac{kg}{1 T} = 191420 kg$$

$$Producción_{mensual} = 191420 kg * \frac{1 pallet}{22kg} = 8700 pallets al mes$$

A partir de la información recopilada de la demanda insatisfecha se establece que la capacidad de producción de pallets de polipropileno debe ser de 8700 pallets mensuales (191,42 toneladas mensuales), es

decir que la planta de producción de pallets de polipropileno debe tener el tamaño para producir 104400 pallets anuales.

2.5. Selección de la Máquina Inyectora y Equipos Auxiliares

Una vez que se han definido claramente cada etapa del proceso de fabricación de pallets de PP se pueden listar todas las máquinas y equipos auxiliares que se necesitan para lograr la meta de producción determinada. La Tabla 2.2 muestra la cantidad de máquinas y equipos necesarios en cada proceso.

TABLA 2.2
LISTADO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS NECESARIOS

Proceso	Maquina/Equipo necesario	Cantidad
Almacenamiento de la Materia Prima	Montacargas 2.5 toneladas	1
Mezcla de Materia Prima	Mezclador	1
	Balanza Electrónica	1
Inyección de Pallets	Máquina Inyectora	1
	Tecla 10 toneladas	1
	Chiller	1
	Compresor	1
	Transformador	1
Inspección del Producto Terminado	Balanza electrónica	1
	Carretilla Elevadora o transpaleta 1 tonelada	1
Reciclaje del Producto No Conforme	Molino	1
	Balanza Electrónica	1
Almacenamiento del Producto Terminado	Carretilla Elevadora o transpaleta 1 tonelada	1

La máquina principal es la inyectora y para su selección se consultaron varios proveedores, los mismos que ofertaron sus líneas de producción cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 2.3.

TABLA 2.3
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE INYECTORAS COTIZADAS

Proveedor	Krauss Maffei [61]	Husky [62]	Asian Plastic [63]
Procedencia	Alemania	Canadá	Taiwán
Modelo	650-8000-CM	H600	Super Master
Serie	4007A21/78-14	RS95	SM 450
Dimensiones de la máquina(LxAxH) (m)	10,26 x 2,23 x 2,90	10,54 x 2,27 x 2,82	8,8 x 2 x 2,2
Peso(lb)	76000	74.190,00	41.220,00
Dimensiones de placa porta molde (AxH) (ms)	1,4 x 1,4	1,44x1,48	1,1x1,16
Fuerza de cierre de molde (T)	715	660	450
Máxima presión de inyección (PSI)	20000	29.297,68	26.170,95
Consumo de agua (GPM)	27,5	36,20	15,70
Consumo de aire (CFM)	8,8	8,8	8,8
Tasa de inyección (cm ³ /seg)	843,93	4485	403
Diámetro del tornillo (in)	4,5	3,35	3,26
Relación L/D del tornillo	20	25	20
Máxima velocidad del tornillo (RPM @500PSI)	107	225	105
Capacidad de bombeo hidráulico (gpm @100PSI)	253	258	-
Precio (\$USD)	690.000	602.000	381.000
Precio/peso	9,08	8,11	9,24

Para seleccionar adecuadamente el equipo y el proveedor es necesario considerar una serie de variables, como son [64]:

- El grado de disponibilidad de servicios de venta y post venta.

- Las dimensiones de máquinas y equipos para determinar si es necesario adaptar las instalaciones o modificar los planos constructivos.
- Las capacidades de producción, para no adquirir una maquinaria sobredimensionada para la labor que realmente va a realizar o en su defecto obtener una máquina cuya capacidad no abastezca la producción planteada.
- El grado de flexibilidad de uso de las máquinas y equipos para adaptarse a cualquier cambio en los volúmenes a producirse.
- Nivel de capacitación del personal operativo requerido
- La vida útil de la línea de producción
- Tasa de crecimiento de los costos de operación y de mantenimiento.
- Los requerimientos de equipos auxiliares.
- La necesidad de post procesos al producto elaborado.
- El costo de la instalación y la puesta en marcha.
- Facilidad de compra de repuestos en caso de daños

2.5.1. Criterios de Evaluación de Proveedores

La selección del proveedor de la máquina inyectora no debe ser solamente influencia por el costo de la línea, existen muchos factores a tomarse en cuenta ya que estos afectan no solo en la

inversión inicial sino también en los costos operativos y volúmenes de producción esperados.

Se han considerado 3 criterios claves en la selección del proveedor de la inyectora:

Técnicos. Es crucial que la máquina cotizada por cualquiera de los proveedores cumpla con los requisitos técnicos que aseguren el cumplimiento del volumen de producción, además la máquina ofertada debe brindar facilidades para expansiones de producción futura así como para aumentar el grado de automatización de la línea.

Los aspectos que abarca este criterio son:

- Capacidad de producción: debe cumplir el volumen de producción planteado, de ser posible debe permitir trabajar la menor cantidad de tiempo fuera del horario laboral estipulado por ley a fin de reducir la cantidad de horas extras a pagar.
- Facilidad de aumentar el volumen de producción: si las necesidades del mercado lo justifica y es necesario hacer una expansión de la línea de producción aumentando la capacidad de los equipos auxiliares mediante la compra de nuevos equipos, la máquina inyectora debe dar la facilidad de adaptarse a los cambios en el sistema de suministros a

fin de aumentar sus parámetros de operación y con ello su volumen de producción.

- Nivel de automatización: entre menos inferencia haya de parte de los operadores en el proceso productivo este podrá ser más confiable y más rápido, por ello el grado de automatización que acepte la línea de producción es un factor crucial a la hora de considerar oportunidades de optimización de los procesos.

Costos. En todo proyecto de inversión el capital inicial es un factor crítico de decisión y selección de insumos, para una planta de manufactura la línea de producción corresponde la mayor inversión, por ello es vital evaluar a los proveedores de la máquina principal bajo este criterio. Se debe tomar en consideración los costos de operación, de puesta en marcha y de mantenimiento.

Los aspectos que deben ser evaluados son:

- Bajo costo de máquina: se considera solo la inversión inicial por la adquisición de la máquina.
- Bajo costo de producción: Sin importar la máquina a adquirirse el volumen de producción debe ser el mismo, por ende el costo de los insumos serán invariantes, sin embargo

no ocurre lo mismo con el costo de la energía eléctrica consumida por cada máquina.

- Bajo costo de mantenimiento: A pesar de ser máquinas nuevas se debe contemplar la posibilidad de averías que comprometan la producción, sobre todo en la unidad de cierre de molde ya que es una zona crítica de la máquina inyectora por el gran desgaste de sus piezas y su mantenimiento está ligado al tipo de unidad, ya sea un por pistón hidráulico o por sistema de rodilleras. Este punto considera tanto mantenimiento preventivo como reparaciones.
- Bajo costo de instalación: Este punto considera los costos de instalación mecánica y eléctrica necesarios para poder operar la línea de producción.

Calidad de Servicio Post Venta. Que la máquina cumpla con los parámetros técnicos es importante al igual que tener bajos costos que involucren la adquisición, instalación, puesta en marcha y operación de la misma, sin embargo todos estos pierden su validez si no es operada de manera correcta, no hay el servicio técnico especializado oportuno y no hay garantía en caso de alguna falla de fábrica de la máquina. Adquirir una máquina

inmediatamente establece una relación de cooperación entre proveedor y comprador y se manifiesta con el grado de disponibilidad de servicios post venta. Este criterio considera:

- Tiempo de garantía: una medida para verificar la calidad de la máquina es el tiempo de garantía de la misma, a mayor tiempo de garantía mayor será la confiabilidad de la inversión, ya que existe el soporte técnico en caso de algún daño.
- Capacitación a los operadores: un punto clave que afecta directamente en el mantenimiento y productividad de la máquina es la capacitación del personal que la opere. La disponibilidad de los proveedores de facilitar un técnico especializado para realizar dicha capacitación es lo que será evaluado.
- Servicio post-venta: Existen casos en que se requiere de personal especializado para resolver problemas tanto de fallas en la calibración como en la operación de la máquina, la facilidad de enviar un técnico para resolver estos asuntos son los aspectos a ser evaluados en este punto.

Una vez determinados todos los criterios principales de evaluación de los proveedores se procedió a establecer el peso

de cada punto utilizando el método de proceso analítico jerárquico, a fin de realizar la selección del proveedor que mejor cumpla los requisitos planteados.

Los resultados de los pesos de los criterios de selección se muestran en la Tabla 2.4 y el proceso de obtención de los mismos se muestra en el Apéndice C.

TABLA 2.4
PESOS DE CRITERIOS DE SELECCIÓN
DE PROVEEDORES

Criterio	Peso (%)
1. Técnico	46,82
1.1 Capacidad de producción	25,05
1.2 Facilidad de aumentar el volumen de producción	16,10
1.3 Nivel de automatización	5,67
2. Costos	43,48
2.1 Bajo costo de máquina	13,89
2.2 Bajo costo de producción	15,87
2.3 Bajo costo de mantenimiento	9,92
2.4 Bajo costo de instalación	3,80
3. Calidad de Servicio Post Venta	9,70
3.1 Tiempo de garantía	6,15
3.2 Capacitación a los operadores	0,94
3.3 Servicio Post-Venta	2,61

2.5.2. Selección de Proveedor de Máquina Inyectora

Al tomar en consideración los pesos de los criterios de selección de proveedores de la Tabla 2.4 se procedió a calificar cada proveedor, seleccionándose el que obtenga el mayor puntaje.

Cada criterio fue evaluado en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta, en la Tabla 2.5 se muestran los resultados.

De la Tabla 2.5 se nota que el proveedor de la máquina inyectora con mayor puntuación es Husky (338,33), seguido muy de cerca por Krauss Maffei (321,81) y finalmente Asian Plastic (304,84), a partir de estos resultados se selecciona a Husky como el proveedor de la inyectora.

Las principales razones que justifican la selección de Husky como proveedor son:

- Su alto tonelaje de cierre de molde garantiza que el producto a elaborarse no presentara problemas de rebabas laterales por fallas en el cierre.

- Al tener mayor relación longitud/diámetro (L/D) que las otras alternativas se puede obtener una mejor homogeneización y mezcla de la materia prima plastificada en el tornillo, ya que el material se someterá por mayor tiempo a la acción del calor.
- Está diseñado para operar con una mayor tasa de inyección y una mayor velocidad de rotación del tornillo por lo que puede trabajar a ciclos más rápidos que las demás alternativas adaptándose muy fácilmente a un incremento del volumen de producción.
- A pesar de no ser una alternativa muy económica su valor es próximo al costo promedio de una inyectora de la misma capacidad. Si se contrasta el costo de la máquina con su peso se obtiene que la H-600 tiene menor relación que las demás, esto se justifica porque es una máquina robusta, lo que refuerza la idea que está diseñada para operar con altos ciclos y con altas cargas.
- Un hecho sumamente importante es que las placas portamolde de la H-600 son de mayor tamaño que las demás alternativas por lo que no se requieren inversiones adicionales por adaptaciones en las placas para poder montar el molde de los pallets.

- El sistema de cierre de molde tanto de la 650-8000-CM como de la H-600 es de un cilindro hidráulico lo que permite tener una mayor carrera de la platina móvil del molde, esto es importante ya que abre la posibilidad de montar moldes de mayor tamaño a pesar que es un poco más lento que si la unidad de cierre fuera de rodilleras. [65]
- Al tener la unidad de cierre de molde por pistón hidráulico el mantenimiento y reparaciones se facilita, ya que se requiere de menor tiempo y recursos tanto en el desmontaje como en la tarea de mantenimiento.
- Al ser una máquina moderna permite monitorear fácilmente temperaturas, presiones y flujos de los puntos críticos del proceso.
- El diseño de la máquina permite automatizar el proceso mediante adaptaciones en la expulsión de productos desde la máquina.
- A pesar que ninguna de los proveedores indicó que el costo de la máquina incluía la instalación de la misma; se mostró la disposición de enviar al técnico en caso de ser necesario contemplando un costo adicional.

TABLA 2.5
CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES DE INYECTORA

Criterios de selección	Subcriterios de selección	Peso	Proveedores					
			Krauss Maffei [61]		Husky [62]		Asian Plastic [63]	
			Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación
1. Técnico	1.1 Capacidad de producción	25,05	5	125,25	4	100,20	2	50,10
	1.2 Facilidad de aumentar el volumen de producción	16,10	4	64,41	4	64,41	2	32,21
	1.3 Nivel de automatización	5,67	4	22,66	5	28,33	3	17,00
2. Costos	2.1 Bajo costo de máquina	13,89	1	13,89	2	27,77	5	69,44
	2.2 Bajo costo de producción	15,87	1	15,87	2	31,74	3	47,61
	2.3 Bajo costo de mantenimiento	9,92	3	29,76	3	29,76	4	39,68
	2.4 Bajo costo de instalación	3,80	2	7,60	2	7,60	4	15,21
3. Calidad de Servicio Post Venta	3.1 Tiempo de garantía	6,15	4	24,58	5	30,73	3	18,44
	3.2 Capacitación a los operadores	0,94	5	4,71	5	4,71	5	4,71
	3.3 Servicio Post-Venta	2,61	5	13,06	5	13,06	4	10,45
Total			321,81		338,33		304,84	

2.5.3. Selección y Características de Equipos Auxiliares

La máquina principal de la planta de pallets de polipropileno es la inyectora no solo porque es la que transforma la materia prima en el producto final sino porque su capacidad limita la productividad de la planta y por ende establece los requerimientos básicos de los equipos auxiliares necesarios, sin los parámetros de operación de la máquina inyectora es imposible dimensionar las demás máquinas y equipos de la planta.

A continuación se muestran la selección de estas, para ello se consideró los mismos criterios usados en la determinación del proveedor de la máquina inyectora.

Mezclador

El mezclador debe ser dimensionado y seleccionado en función de su capacidad de producción, es decir debe garantizar la mezcla de la cantidad suficiente de material para poder operar por lo menos por una hora.

La máxima capacidad de producción de la inyectora es de 25 pallets cada hora, sin embargo se plantea trabajar produciendo

20 pallets de 22 kg cada hora, por ello se debe tener la capacidad instalada mostrada a través de la ecuación (2.1).

$$\text{Cantidad de } MP_{\text{hora}} = \text{pallets fabricados}_{\text{hora}} * \text{peso}_{\text{unitario}} \quad (2.1)$$

$$\text{Cantidad de } MP_{\text{hora}} = 20 \frac{\text{pallets}}{\text{h}} * 22 \frac{\text{kg}}{\text{pallet}}$$

$$\text{Cantidad de materia prima}_{\text{hora}} = 440 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Como medida de prevención en caso de tener imprevistos en el transporte de materia prima virgen al área de mezcla, se plantea contar con una capacidad extra instalada de un 20%.

$$\text{Cantidad de materia prima}_{\text{hora}} = 440 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 1,20 = 528 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\text{Cantidad de materia prima}_{\text{hora}} = 528 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

A partir de este valor estimado se realizaron las cotizaciones, cuya información resumida se muestra en la Tabla 2.6.

Ciertos mezcladores cotizados incluyen un secador, el uso de este se justifica porque al secar o deshumificar la materia prima antes de ser procesada las propiedades del producto no se vean afectadas. [21]

TABLA 2.6
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MEZCLADORES
COTIZADOS

Proveedor	SHENYIN [66]	VEYCO [67]	POLYTECH [68]	Zhong Peng Machinery [69]
Procedencia	China	Mexico	China	China
Modelo	VJ-B	MZC	SRL	SRLZ-300/1000
Serie	1	750	Z500/1000A	-
Dimensiones(LxAxH) (m)	1,5x1,6x2,7	3,18x1,1x2,34	4,6x3x4,05	4,9x2,7x3,4
Peso(lb)	2.244	2.150	4.800	2.700
Volumen interior (m3)	1	1,02	1	1
Productividad máxima (kg/h)	4200	750	650	640
Potencia (HP)	15	15	89,8(25)	75(15)
Precio (\$USD)	16.200	13.500	18.200	16.500
Precio/peso	7,22	6,28	3,79	6,11
Adicionales	-	-	Con secador	Con secador

Al igual que con la máquina inyectora se procedió a calificar cada proveedor según el peso de cada criterio de evaluación y se obtuvieron los valores mostrados en la Tabla 2.7.

El mezclador que mejor se adapta a las necesidades de la planta es el cotizado por Zhong Peng Machinery que incluye un secador.

TABLA 2.7
CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES DE MEZCLADORES

Criterios de selección	Subcriterios de selección	Peso	Proveedores							
			VEYCO [66]		SHENYIN [67]		POLYTECH [68]		Zhong Peng Machinery [69]	
			Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación
1. Técnico	1.1 Capacidad de producción	25,05	5	125,25	5	125,25	5	125,25	5	125,25
	1.2 Facilidad de aumentar el volumen de producción	16,10	3	48,31	5	80,52	3	48,31	3	48,31
	1.3 Nivel de automatización	5,67	1	5,67	2	11,33	4	22,66	4	22,66
2. Costos	2.1 Bajo costo de máquina	13,89	4	55,55	2	27,77	2	27,77	3	41,66
	2.2 Bajo costo de producción	15,87	3	47,61	3	47,61	1	15,87	3	47,61
	2.3 Bajo costo de mantenimiento	9,92	4	39,68	4	39,68	4	39,68	4	39,68
	2.4 Bajo costo de instalación	3,80	4	15,21	4	15,21	4	15,21	4	15,21
3. Calidad de Servicio Post Venta	3.1 Tiempo de garantía	6,15	1	6,15	2	12,29	4	24,58	5	30,73
	3.2 Capacitación a los operadores	0,94	1	0,94	3	2,83	3	2,83	4	3,77
	3.3 Servicio Post-Venta	2,61	1	2,61	3	7,84	4	10,45	4	10,45
Total			346,98		370,33		332,62		385,33	

*Escala calificación: Del 1 al 5, siendo 5 la mayor calificación.

Molino

El molino es la máquina principal en toda la etapa del reciclado ya que este permite triturar el producto no conforme a fin de ser procesado nuevamente.

Esta máquina no debe estar encendida todo el día porque se espera que la cantidad de pallets no conformes sea el menor posible con la finalidad de ahorrar energía. Para esto se debe establecer horarios específicos de operación o trabajar en el molino una vez que se haya alcanzado cierta cantidad de pallets no conformes, lo que si se debe garantizar es que el molino tenga la suficiente capacidad para triturar el producto.

Las diferencias principales entre los molinos son básicamente la disposición y tipo de cuchillas de corte del material ligadas al diseño y material del rotor del molino. Lo más común es un molino de cuchillas por su facilidad de desmontaje y cambio durante el mantenimiento.

La Tabla 2.8 muestra los molinos cotizados y sus especificaciones técnicas.

TABLA 2.8
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MOLINOS COTIZADOS

Proveedor	RAPID [70]	CUMBERLAND [71]	SHUEN LI MACHINERY [72]	ZERMA [73]
Procedencia	USA	USA	China	China
Modelo	CK	C 1400	SH	ZIS
Serie	1000	C Series	SH-024	1500
Dimensiones (LxAxH) (m)	3x3x4	3,1x2,2x3,5	2,6x2,1x3,5	4,4x2 x2,6
Peso(lb)	17.600	17.000	13.970	20.000
Potencia (HP)	100,00	150	100	100
Precio (\$USD)	40.000	55.000	25.000	45.000
Precio/peso	2,27	3,24	1,79	2,25

De los molinos presentados solo el de Zerma utiliza un rotor con 102 insertos cortadores, el resto utiliza el sistema de 2 cuchillas fijas al bastidor del molino y 3 o más cuchillas en el rotor, este dato es importante ya que influye en el tiempo de mantenimiento y costo del afilado de cuchillas o insertos.

Bajo el mismo sistema de calificación y selección de máquinas que fue usado con la inyectora y la mezcladora se determinaron los resultados mostrados en la Tabla 2.9.

TABLA 2.9
CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES DE MOLINOS

Criterios de selección	Subcriterios de selección	Peso	Proveedores							
			RAPID [70]		CUMBERLAND [71]		SHUEN LI MACHINERY [72]		ZERMA [73]	
			Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación
1. Técnico	1.1 Capacidad de producción	25,05	3	75,15	4	100,20	1	25,05	3	75,15
	1.2 Facilidad de aumentar el volumen de producción	16,10	1	16,10	3	48,31	2	32,21	1	16,10
	1.3 Nivel de automatización	5,67	2	11,33	4	22,66	2	11,33	4	22,66
2. Costos	2.1 Bajo costo de máquina	13,89	4	55,55	2	27,77	5	69,44	3	41,66
	2.2 Bajo costo de producción	15,87	3	47,61	3	47,61	3	47,61	3	47,61
	2.3 Bajo costo de mantenimiento	9,92	3	29,76	3	29,76	4	39,68	2	19,84
	2.4 Bajo costo de instalación	3,80	3	11,41	3	11,41	3	11,41	3	11,41
3. Calidad de Servicio Post Venta	3.1 Tiempo de garantía	6,15	2	12,29	5	30,73	4	24,58	5	30,73
	3.2 Capacitación a los operadores	0,94	3	2,83	3	2,83	3	2,83	3	2,83
	3.3 Servicio Post-Venta	2,61	3	7,84	3	7,84	3	7,84	3	7,84
Total			269,87		329,12		271,97		275,83	

*Escala calificación: Del 1 al 5, siendo 5 la mayor calificación.

A partir del resultado obtenido en la Tabla 2.9 se seleccionó el molino cotizado por Cumberland modelo C 1400.

Chiller

Un chiller es una unidad enfriadora de agua o aire utilizada comúnmente para refrigerar máquinas, procesos de industria plástica, alimenticia y química, entre otras [74].

Existen algunos métodos para el dimensionamiento de un chiller, sin embargo por recomendación se sabe que por cada 2,5 a 3 GPM se tiene una tonelada de refrigeración. Una de las formas de diseño más usadas es el cálculo a partir de la ecuación (2.2) mostrada a continuación [75]:

$$TR = \frac{Q \cdot \Delta T}{24} \quad (2.2)$$

Donde:

TR: tonelada de refrigeración.

Q: Caudal de agua helada requerida por la máquina en GPM.

ΔT : Gradiente de temperaturas a la entrada y salida del molde en grados Fahrenheit (F).

De la Tabla 2.3 se obtiene que el consumo de la máquina Husky 600 es de 36,2 galones por minuto. Es importante considerar que si se proyecta una capacidad instalada para una línea de producción adicional debe añadirse el consumo de otra inyectora con similares características.

$$\text{Consumo}_{\text{Husky 600}} = 36,2 \text{ GPM}$$

$$Q_{\text{agua helada (1 máquina)}} = 36,2 \text{ GPM}$$

$$Q_{\text{agua helada (2 máquinas)}} = 36,2 \text{ GPM} * 2$$

$$Q_{\text{agua helada (2 máquinas)}} = 72,4 \text{ GPM}$$

Por recomendación del proveedor del chiller el gradiente de temperaturas en el molde no debe exceder los 8°C.

$$\Delta T = 8^{\circ}\text{C}$$

Considerando las temperaturas necesarias de entrada y salida del agua se utiliza la ecuación (2.3) para realizar la transformación de grados centígrados a grados Fahrenheit,

$$T_{1(\text{centígrados})} = 14,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{2(\text{centígrados})} = 6,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{fahrenheit}} = 1,8 (T_{\text{centígrados}}) + 32 \quad (2.3)$$

$$T_{1 \text{ fahrenheit}} = 1,8 (14,5^{\circ}C) + 32 = 58,1^{\circ}F$$

$$T_{2 \text{ fahrenheit}} = 1,8 (6,5^{\circ}C) + 32 = 43,7^{\circ}F$$

$$\Delta T_{\text{fahrenheit}} = (58,1 - 43,7)^{\circ}F$$

$$\Delta T_{\text{fahrenheit}} = 14,4^{\circ}F$$

Al reemplazar los valores obtenidos en la ecuación (2.2), se tiene:

$$TR = \frac{Q * \Delta T}{24}$$

$$TR = \frac{72,4 * 14,4}{24}$$

$$TR_1 = 43,44 TR$$

Existen otros métodos de diseño que son empíricos y se basan en tablas hechas a partir de datos operativos de máquinas inyectoras. [76]

A continuación se realizarán los cálculos utilizando dichos métodos para determinar la capacidad del chiller.

El primer método permite determinar las toneladas de refrigeración de un chiller en base a la fuerza de cierre de molde, la Tabla 2.10 muestra la cantidad de calor necesario según el tonelaje de cierre de molde de la máquina inyectora.

TABLA 2.10
KILOCALORÍAS SEGÚN TONELAJE DE CIERRE DE MOLDE [76]

TON.	MOLDE (KCAL)	ACEITE (KCAL)	KCAL. TOTALES
20	750	2250	3000
30	1000	3000	4000
50	1500	4500	6000
65	2500	5500	8000
70	2700	6300	9000
80	3000	7000	10000
85	3150	7350	10500
100	3600	8400	12000
135	6000	9000	15000
150	6400	9600	16000
175	6800	10200	17000
190	7200	10800	18000
200	8000	12000	20000
250	8200	13800	23000
270	9600	14400	24000
300	13500	16500	30000
350	14850	18150	33000
400	16200	19800	36000
450	19000	21000	40000
500	22000	22000	44000
550	25000	25000	50000
600	28000	28000	56000
650	31000	31000	62000
700	33500	33500	67000
750	36000	36000	72000
850	42000	42000	84000
900	45000	45000	90000
1000	55000	55000	110000
1400	70000	70000	140000
1800	90000	90000	180000
2000	100000	100000	200000
2300	120000	120000	240000

Al considerar 2 máquinas inyectoras, se tiene:

$$Kcal\ Totales\ 1\ máquina = 56000\ KCal$$

$$Kcal\ Totales\ 2\ máquinas = 56000 * 2\ KCal$$

$$Kcal\ Totales\ 2\ máquinas = 112000\ KCal$$

$$3024\ Kcal = 1\ TR$$

$$TR = 112000\ KCal * \frac{1\ TR}{3024\ KCal}$$

$$TR_2 = 37,07\ TR$$

El segundo método empírico está dado en función de los kilos producidos por hora en una máquina inyectora. Se graficaron los datos (Ver Figura 2.11) y se estimó las toneladas de refrigeración necesarias en función de la ecuación de la curva proveniente de la gráfica generada aplicando la ecuación (2.4) [76].

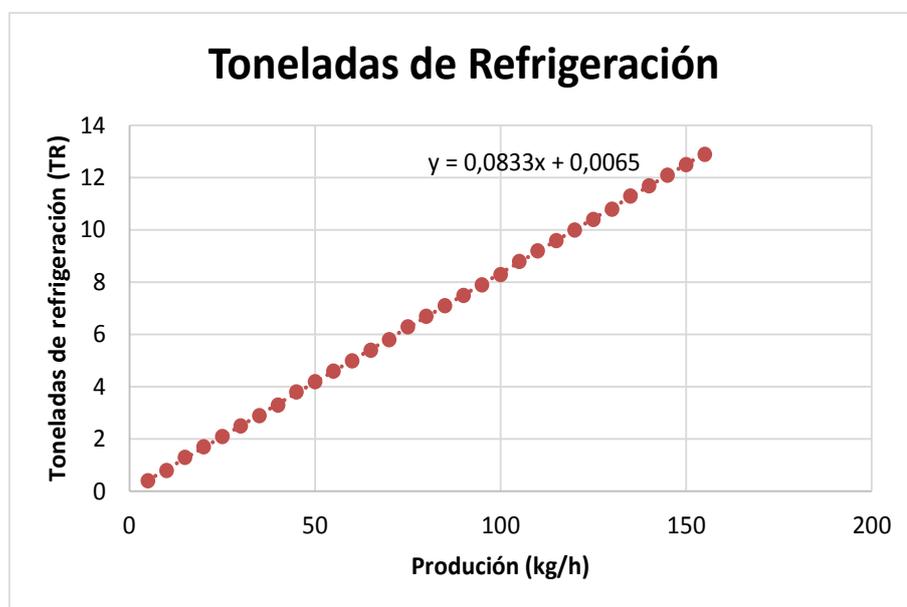


Figura 2.11 Toneladas de Refrigeración según Producción [76]

$$\dot{m}_{\text{materia prima}} = 594 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$TR = 0,0833 * (\dot{m}_{\text{materia prima}}) + 0,0065 \quad (2.4)$$

$$TR = 0,0833 * (594) + 0,0065$$

$$TR_3 = 49,5 TR$$

Utilizando los 3 métodos mencionados se logró estimar datos de las toneladas de refrigeración requeridos con una media de 43,34 TR y un máximo de 49,5 TR. Al comparar estos valores se decidió optar por un chiller de 50 TR. En la tabla de Parámetros de Diseño de chillers marca York estilo C se puede notar que para el consumo de agua helada de 72,4 GPM se ajustan los modelos YCAL 0040 hasta el YCAL 0060, como se muestra en la tabla 2.11. [77]

TABLA 2.11

PARÁMETROS DE DISEÑO DE CHILLER YORK YCAL [77]

ENGLISH UNITS						
YCAL	LEAVING WATER					
	TEMPERATURE (°F)		COOLER FLOW (GPM ³)		AIR ON CONDENSER (°F)	
	MIN ¹	MAX ²	MIN	MAX	MIN ⁴	MAX ⁵
0014	40	55	25	60	0	125
0020	40	55	25	60	0	125
0024	40	55	30	70	0	125
0030	40	55	35	170	0	125
0034	40	55	35	170	0	125
0040	40	55	60	325	0	125
0042	40	55	60	325	0	125
0044	40	55	60	325	0	125
0050	40	55	60	325	0	125
0060	40	55	60	325	0	125
0064	40	55	100	350	0	125
0070	40	55	100	350	0	125
0074	40	55	100	350	0	125
0080	40	55	100	400	0	125
0090	40	55	138	525	0	125
0094	40	55	138	525	0	125
0104	40	55	156	625	0	125
0114	40	55	156	625	0	125
0124	40	55	156	625	0	125
0134	40	55	156	625	0	125

Al considerar el requerimiento de agua helada para un caso crítico, es decir alrededor de 41°C (105°F), en el apéndice D se muestran las tablas de los modelos YCAL 005 a YCAL006 donde se señala la alternativa seleccionada, el chiller York modelo YCAL0060EC.

Para la operación de la planta de pallets de polipropileno contemplando una posible expansión se requiere un chiller de 50 toneladas de refrigeración. La Tabla 2.12 muestra las características técnicas del chiller seleccionado.

TABLA 2.12
INFORMACIÓN TÉCNICA DE CHILLER [77]

Descripción del equipo	Chiller
Marca	York
Modelo	YCAL
Serie	0060EC
Capacidad de enfriamiento (TR)	50 TR
Peso (lb)	6600
Dimensiones (m)	3,77x2,3x2,4
Precio (\$USD)	\$19.200

Bomba

El simple hecho de suministrar agua helada a la planta por medio de un chiller no es suficiente ya que la correcta operación de la máquina inyectora requiere que el agua de enfriamiento llegue a cierta temperatura con cierta presión, por esta razón es importante la selección de la bomba. La Figura 2.12 muestra el diagrama del sistema de distribución de agua helada.

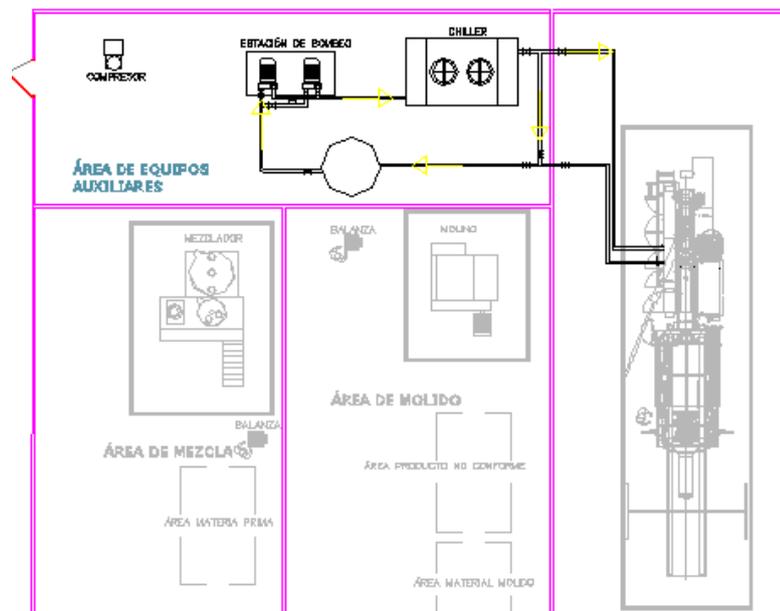


Figura 2.12 Diagrama del Sistema de Distribución de Agua Helada

Para seleccionar correctamente la bomba, debe considerarse las pérdidas de presión que ocurren en el chiller, en la máquina inyectora, en la bomba y en la tubería con todos sus accesorios.

La caída de presión en el chiller está dado por el manual del mismo y se lo estima a partir la de la Figura 2.13. [77]

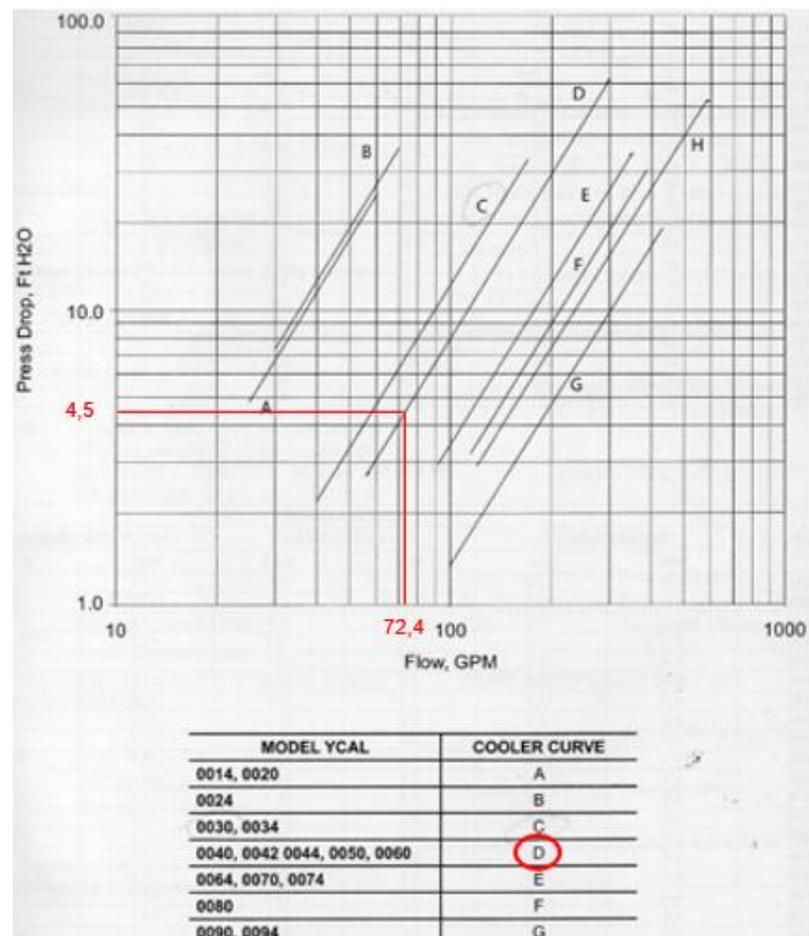


Figura 2.13 Caída de Presión en Chiller York YCAL0060 [77]

De la Figura 2.13 se obtiene que la pérdida de presión en el chiller es de 4,5 pies de agua (1,951 psi).

$$\Delta P_{chiller} = 4,5 \text{ pie } H_2O * \frac{0,4335 \text{ psi}}{1 \text{ pie } H_2O}$$

$$\Delta P_{chiller} = 1,951 \text{ psi} \approx 2 \text{ psi}$$

De la información del proveedor de la máquina inyectora se establece que la caída de presión en el molde es de aproximadamente 10 psi.

$$\Delta P_{inyectora} \approx 10 \text{ psi}$$

Utilizando la herramienta de cálculo de caída de presión en una tubería de agua [78], se obtiene el resultado mostrado en la Figura 2.14:

Caída de Presión en la Tubería para Agua

Introducir Datos		Unidades
Grado de Tubería	ANSI Sch40	SI(bar)
Tamaño de Tubería	NPS4	
Diámetro Interno Tubería	102,26	mm
Longitud de la Tubería [?]	150	m
Válvulas de Flujo Cerradas (ej. Globo) (Cant) [?]	4	
Válvulas de Flujo Instaladas (ej. Comp) (Cant) [?]	10	
Válvulas Check (Cant) [?]	6	
Codos (Cant)	12	
Rugosidad Interna de la Tubería [?]	0,05	mm
Rango de Flujo del Líquido	72,4	GPM

[Ocultar Opciones Avanzadas](#)

Resultados		
Caída de Presión	2,30755	psi
Velocidad del Agua	0,556096	m/s
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	475,622	m

Figura 2.14 Caída de Presión en Tubería para Agua [78]

$$\Delta P_{línea} = 2,3 \text{ psi}$$

Con estos resultados parciales se puede calcular la caída de presión que debe vencer la bomba usando la ecuación (2.5).

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{chiller} + \Delta P_{inyectora} + \Delta P_{Línea} \quad (2.5)$$

$$\Delta P_{total} = (2 + 10 + 2,3) \text{ psi}$$

$$\Delta P_{total} = 14,3 \text{ psi}$$

Por indicación del proveedor de la inyectora al molde debe llegar agua a 70 psi, así al reemplazar los valores respectivos en la ecuación (2.6) se tiene:

$$\Delta P_{Bomba} = -P_{Entrada \text{ del molde}} + P_{salida \text{ de bomba}} \quad (2.6)$$

$$P_{salida \text{ de bomba}} = P_{Entrada \text{ del molde}} + \Delta P_{Bomba}$$

$$P_{salida \text{ de bomba}} = 70 \text{ psi} + 14,3 \text{ psi}$$

$$P_{salida \text{ de bomba}} = 84,3 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{Bomba} = P_{salida \text{ de bomba}} - P_{entrada \text{ de bomba}}$$

$$\Delta P_{Bomba} = 84,3 - 15 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{Bomba} = 69,3 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{Bomba} = 159,9 \text{ pies de } H_2O$$

Teniendo el caudal requerido, el cabezal y la mínima eficiencia esperada de la operación de las bombas, se selecciona una de

estas utilizando la herramienta online de la marca TACO, como se muestra en la Figura 2.15: [79]

Taco residential and commercial hydronic systems Pump Selection App

Search for Taco Pump

⊖ PUMP TYPE (choose one)

SelfSensing Variable Speed Pump

Standard Pump

⊖ SEARCH (Standard Pump)

Design Flow	90	gpm
Design Head	160	ft
Min Eff	50	%

⊖ OPTIONS (Standard Pump)

Fluid
Water @ 60 F

RPM: All | Motor: 60hz

Units: US | Number of Pumps: 1

Thumbnail: Performance

⊖ Choose Pumps (Standard Pump)

End Suction Pumps

FI Frame Mounted

CI Close Coupled

Results

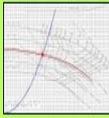
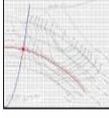
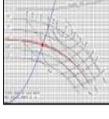
Thumbnail	Model	HP	NPSH(ft)	RPM	Imp. Dia.	Eff ▲	NOL HP	Suct./Dtch
	F/CI1207	6.63	13	3500	6.6	55%	9.67	2" x 1 1/4"
	F/CI1507	6.87	14	3500	6.4	53%	11.60	2 1/2" x 1 1/2"
	KV/KS1507	7.17	15	3500	6.5	51%	9.68	1 1/2" x 1 1/2"

Figura 2.15 Selección de Bomba con Software TACO [79]

La bomba se seleccionó en función de la máxima eficiencia de operación.

Las características técnicas de la bomba seleccionada se muestran en la Tabla 2.13 y la curva de operación de la misma se muestra en el Apéndice E.

TABLA 2.13
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE BOMBA [79]

Marca	TACO
Modelo	FI/CI
Serie	1207
Caudal (GPM)	72,4
Cabezal (pies)	160
Rotación (RPM)	3500
Diámetro del Impeler (pulgadas)	6,6
Tamaño(pulgadas)	2 x 1 ¼
Potencia(HP)	7
Potencia en el eje(HP)	10
Eficiencia (%)	55
NPSH (pies)	13
Precio (\$USD)	\$ 9.50
Tanque acumulador	Requerido (acero Inoxidable)
Diámetro (m)	1,5
Altura (m)	2
Precio (\$USD)	\$6.200

Compresor

Es un equipo auxiliar de mucha importancia ya que muchas válvulas de la máquina inyectora así como pistones son neumáticos, incluso los ejes expulsos son activados por cilindros accionados con aire. Es importante dimensionar correctamente este equipo a fin de garantizar que la producción no se parará. La inyectora seleccionada requiere 8,8 cfm de aire a 120 psi para operar, contemplando el crecimiento de otra línea de producción adicional se debe considerar que la capacidad instalada debe ser el doble de la capacidad actualmente requerida.

$$Q_{aire (1 \text{ máquina})} = 8,88 \text{ cfm}$$

$$Q_{aire (2 \text{ máquinas})} = 8,88 * 2$$

$$Q_{aire (2 \text{ máquinas})} = 17,6 \text{ cfm}$$

Se ha incrementado un 10% al consumo para uso en las herramientas neumáticas del taller u otras aplicaciones de aire comprimido, además 1 HP de potencia del compresor equivale a 3,92 cfm de aire requerido en la línea, por lo que se tiene: [80]

$$Q_{aire (2 \text{ máquinas})} = 17,6 * 1,10 = 19,36 \text{ cfm}$$

$$HP_{compresor} = \frac{Q_{aire (2 \text{ máquinas})}}{3,92 \text{ cfm}} * 1HP$$

$$HP_{compresor} = \frac{19,36 \text{ cfm}}{3,92 \text{ cfm}} * 1HP$$

$$HP_{compresor} = 4,94 \text{ HP}$$

La Tabla 2.14 muestra la información técnica del compresor.

TABLA 2.14
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE COMPRESOR [81]

Equipo	Compresor
Marca	KAESER
Modelo	Airtower 5C
Serie	SXC
Dimensiones (m)	0,62x0,98x1,48
Potencia (HP)	5
Capacidad (CFM)	21
Peso (lb)	639
Presión de descarga (PSI)	125
Adicionales	Filtro para remoción de aceite KOR
Precio (\$USD)	7.800

Transformador

Las máquinas y equipos de la planta no operan al mismo voltaje por lo que es indispensable contar con un transformador. Comúnmente las plantas operan con voltajes de 440 y 220 voltios, por ende resulta más conveniente tener un transformador

de doble núcleo. Para seleccionar un transformador se deben considerar los consumos de las máquinas de la planta, los cuales se muestran en la Tabla 2.15.

TABLA 2.15
CONSUMOS ELÉCTRICOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Máquina/Equipo	Consumo (KW)
Máquina Inyectora	45,97
Chiller	71,4
Bombas	5,22
Compresor	3,73
Molino	74,6
Mezclador	55,93
Total	256,85

Si el consumo de oficinas, alumbrado de patio de maniobras y de la planta no excede los 30 kW, se tiene un total de 286,85 kW. De la Figura 2.16 se selecciona un transformador de 300 kVA trifásico con voltaje conmutable.

La Tabla 2.16 muestra la alternativa cotizada que cumple con los requisitos operacionales.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS CON VOLTAJE CONMUTABLE VOLTAJE ALTA TENSION: 13200V / 22860V BIL: 95KV-150KV VOLTAJE BAJA TENSION: 208V HASTA 480V BIL: 30KV							TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS CON TRES DEVANADOS VOLTAJE ALTA TENSION: 6000V HASTA 13800V BIL: 95KV-110KV VOLTAJE BAJA TENSION: 220V / 440V BIL: 30KV						
KVA	DIMENSIONES EN MILÍMETROS				PESO TOTAL KG	ACEITE EN LITROS	KVA	DIMENSIONES EN MILÍMETROS				PESO TOTAL KG	ACEITE EN LITROS
	A	B	C	D				A	B	C	D		
30	1180	900	594	890	341	97	200	1250	1470	1423	1040	840	262
50	1210	1020	594	920	408	115	250	1250	1470	1155	1040	1056	295
75	1220	1116	715	990	550	183	300	1420	1522	1155	1170	1276	447
100	1220	1152	858	990	633	207	400	1440	1575	1318	1190	1480	490
125	1220	1260	940	990	740	242	500	1440	1890	1320	1190	1683	555
150	1220	1296	940	990	782	266	VOLTAJE ALTA TENSION: 22000V HASTA 22860V BIL: 95KV-150KV VOLTAJE BAJA TENSION: 220V / 440V BIL: 30KV						
KVA	DIMENSIONES EN MILÍMETROS				PESO TOTAL KG	ACEITE EN LITROS	KVA	DIMENSIONES EN MILÍMETROS				PESO TOTAL KG	ACEITE EN LITROS
	A	B	C	D				A	B	C	D		
200	1220	1673	998	990	880	298	200	1270	1554	1026	1040	888	290
250	1220	1706	1208	990	1050	358	250	1270	1585	1242	1040	1060	336
300	1390	1392	1207	1120	1310	474	300	1440	1260	1242	1170	1325	445
400	1390	1932	1215	1120	1485	580	400	1460	1764	1275	1190	1500	547
500	1390	2034	1339	1120	1795	665	500	1460	1890	1402	1190	1810	555

Figura 2.16 Características Técnicas de Transformadores Trifásicos [82]

TABLA 2.16

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE TRANSFORMADOR [82]

Proveedor	INATRA
Modelo	Transformador Trifásico con Voltaje Conmutable
Capacidad (kVA)	300 (260kVA a 440 V y 40 kVA a 220V)
Dimensiones (m)	1,39x1,39x1,20
Peso kg)	1310
Precio (\$USD)	\$ 13.500

Montacargas

El uso de un montacargas se justifica en la descarga de materia prima desde los camiones, la carga de pallets terminados hacia

los mismos, la distribución de insumos a la mezcladora, apoyar en la tarea de cambio de molde y en el desmontaje de piezas pesadas de la máquina inyectora para realizar alguna reparación.

En la Tabla 2.17 se muestran las características técnicas del montacargas requerido:

TABLA 2.17
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE MONTACARGAS [83]

Descripción	Montacargas
Marca	Heli
Año	2009
Capacidad de carga (T)	2.5
Dimensiones del montacargas [sin horquillas] (m)	2,57x1,15x2,06
Dimensiones de horquillas (mm)	40X125X1070
Altura máxima de mástil (m)	4,35
Precio (\$USD)	12.000

Transpaletas

Constituyen una alternativa más económica pero con ciertas limitaciones que un montacargas. Su uso se contempla en el

transporte de productos no conformes al área de molienda y transporte de producto terminado a bodega de almacenamiento de producto terminado.

Las características técnicas de la transpaleta cotizada se muestra en la Tabla 2.18.

TABLA 2.18
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE TRANSPALETA [84]

Descripción	Transpaleta manual
Capacidad de carga (ton)	1
Dimensiones de horquillas (mm)	1150x160x45
Altura de horquillas replegadas (mm)	85
Dimensiones (m)	1,15x0,68x1,4
Radio de giro (m)	1,36
Precio (\$USD)	300

Balanza electrónica

La balanza es indispensable para dosificar de manera correcta la materia prima en el área de mezcla y en el análisis de calidad de los productos salientes.

Las características técnicas de la balanza electrónica cotizada se muestra en la Tabla 2.19.

TABLA 2.19
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE BALANZA ELECTRÓNICA [85]

Marca	Rice Lake
Modelo	IQ 355
Capacidad (kg)	150
Dimensiones (cm)	50x50
Sensibilidad (gr)	50
Precio (\$USD)	1.450

Tecla

El tecla se justifica en los cambios de molde ya que ahorra la adquisición de un montacargas de gran capacidad que normalmente operaría con cargas bajas. Los detalles técnicos del tecla cotizado se muestran en la Tabla 2.20.

TABLA 2.20
DETALLES TÉCNICOS DEL TECLE [86]

Descripción	Tecla
Marca	Yale
Capacidad de carga(T)	10
Levantamiento estándar (m)	3
Peso (kg)	78
Precio(\$USD)	1.400

2.6. Distribución de la Planta

Como se indicó previamente el terreno donde se ubicará la planta es en el Parque Industrial Inmaconsa y tiene un área de 6500 metros cuadrados (70mx93m). El dimensionamiento y distribución de las áreas fueron seleccionadas en función de los requerimientos de espacio, movimientos, y considerando una futura ampliación. La planta está formada por tres áreas: área de bodegas, de producción y administrativa. En la sección del Planos se encuentra el Plano 1 donde se muestra la distribución general de la planta.

Para el dimensionamiento del área administrativa se ha considerado un espacio adecuado para las oficinas de gerencia, de ventas, financiero y de producción, todas estas estarán en un área de 185 m². Adicionalmente, se destinará un área para el comedor, los vestidores y baños del personal de planta, estos ocupan un área de 137 m². De manera general el área administrativa estará en un área de 322 m². Además hay un área destinada como parqueadero de personal administrativo y visitantes que ocupa 210 m² (53 y 157 m² respectivamente).

El área de producción está formado por 984 m². Como se mencionó anteriormente el proceso de fabricación de pallets de PP requiere de una buena mezcla de materia prima, contar con un equipo que permita reciclar el producto no conforme, tener suficiente espacio de

producción e inspección, y contar con la suficiente capacidad de equipos auxiliares. El dimensionamiento y distribución del área de producción se realizó separando cada área del proceso, por esta razón no se tiene un galpón unificado que abarque todas las operaciones para la producción sino mas bien cada área se encuentra independiente, sin embargo la ubicación de cada área considera la mayor proximidad posible con respecto a los procesos relacionados en la línea productiva a fin de reducir el tiempo improductivo (Ver Plano 2 en la sección de Planos). El área de producción está formado por las siguientes secciones:

Área de mezcla

La planta de producción de pallets de PP apunta a la fabricación de 191,42 Ton. de pallets al mes.

$$Producción_{mes (T)} = 191,42 \text{ Ton.}$$

$$Producción_{mes (kg)} = 191,42 \text{ T} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}} = 191420 \text{ kg}$$

$$Producción_{diaria (kg)} = 191420 \text{ kg} * \frac{1 \text{ mes}}{20 \text{ días}} = 9571 \text{ kg}_{dia}$$

$$Producción_{diaria (kg)} = 9571 \text{ kg}_{dia}$$

El área de materia prima a mezclarse debe tener el suficiente espacio para mantener al menos la mitad de la producción del día, así si el

montacargas no se encuentre disponible la mezcla de materia prima no se detendrá, es decir:

$$Producción_{dia/2 (kg)} = \frac{9571 \text{ kg}_{dia}}{2} = 4785,5 \text{ kg}$$

$$Producción_{dia/2 (\# \text{ de sacos de MP})} = 4785,5 \text{ kg} * \frac{1 \text{ saco}}{25 \text{ kg}} = 191,42 \text{ sacos}$$

$$Producción_{dia/2 (\# \text{ de sacos de MP})} = 192 \text{ sacos}$$

Indiferentemente si son pallets con material virgen o molido se requiere tener al menos 192 sacos en planta para cumplir la mitad de la producción diaria. Un pallet de dimensiones universales (1 m x 1,2 m) puede soportar de manera segura hasta 40 sacos de 25 kg cada uno, es decir 10 niveles de 4 sacos; cada saco acostado mide aproximadamente unos 20 cm es decir que los sacos ubicados en la parte superior del pallet estarían a una altura de 2 metros aproximadamente. Por motivos de seguridad se consideró que el apilamiento de los sacos de materia prima no supere los 1,6 metros, lo que equivaldría a 32 sacos por pallet. El área en planta debe tener la capacidad de distribuir de manera adecuada 6 pallets de materia prima.

$$\text{Área de MT en mezcla}_{1 \text{ pallet}} = 1 * 1,2 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de MT en mezcla}_{6 \text{ pallets}} = 6 * 1,2 \text{ m}^2 = 7.2 \text{ m}^2$$

Considerando un espacio de 20 cm entre pallets, se tiene un 22% de aumento del área total:

$$\text{Área de MT en mezcla}_{6\text{ pallets}} = 7.2 \text{ m}^2 * 1.22 = 8.8 \text{ m}^2$$

A partir de estas consideraciones el área para materia prima a mezclarse es de 10 m². Considerando el crecimiento futuro y el tránsito de personal y montacargas el área de mezcla ocupa 122,8 m².

Área de molido

En la mezcla solo un 30% de la resina puede estar formado por material reciclado.

$$\text{Producción}_{\text{mes (kg)}} = 191,42 \text{ Ton} * \frac{1000 \text{ kg}}{1\text{Ton}} = 191420 \text{ kg}$$

$$\text{Producción}_{\text{mes (\# de sacos)}} = 191420 \text{ kg} * \frac{1 \text{ saco}}{25\text{kg}} = 7656,8 \text{ sacos}_{\text{mes}}$$

$$\text{Sacos de material molido}_{\text{mes}} = 7656,8 * 0,3 = 2297,04 \text{ sacos}_{\text{mes}}$$

$$\text{Sacos de material molido}_{\text{semana}} = 2297,04 \text{ sacos}_{\text{mes}} * \frac{1\text{mes}}{4\text{semanas}}$$

$$\text{Sacos de material molido}_{\text{semana}} = 574,26 \text{ sacos}_{25 \text{ kg}}$$

$$\text{Producto no conforme}_{\text{semana}} = 574,26 \text{ sacos}_{25 \text{ kg}} * 25\text{kg}$$

$$= 14356,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Producto no conforme}_{\text{semana}} &= 14356,5 \text{ kg} * \frac{1\text{pallet}}{22\text{kg}} \\ &= 652,57 \text{ pallets} \end{aligned}$$

$$\text{Producto no conforme}_{\text{semana}} = 653 \text{ pallets}$$

$$\text{Producto no conforme}_{\text{dia}} = 653 \text{ pallets} * \frac{1\text{semana}}{5 \text{ dias}} = 130,6 \text{ pallets}$$

$$\text{Producto no conforme}_{\text{dia}} = 131 \text{ pallets}$$

$$\text{Producto no conforme}_{\text{dia}} = 131 \text{ pallets} * \frac{22\text{kg}}{1\text{pallet}} = 2882 \text{ kg}$$

$$\text{Sacos de material molido}_{\text{dia}} = 2882 \text{ kg} * \frac{1\text{saco}}{25\text{kg}} = 115,28 \text{ sacos}$$

$$\text{Sacos de material molido}_{\text{dia}} = 116 \text{ sacos}$$

Para poder colocar el máximo de material reciclado en la resina se debe poder moler 131 pallets al día, apilados en 8 torres de 12 pallets cada una, es decir que por lo menos se debe destinar 13,2 m² en la planta para colocar el producto no conforme. Se requieren 116 sacos de material molido al día para colocar el máximo de 30% de material reciclado en la resina, y si se colocan 29 sacos sobre cada pallet de material reciclado cada uno tendría una altura menor de 1,6 metros. El área de producto no conforme a ser molido ocupará 15 m² y el área de sacos de material molido ocupará 7 m². Considerando el tránsito de personas y del montacargas el área de molido ocupará 162 m².

Área de producción

En esta área solo se ubicará la inyectora y las áreas destinadas a la inspección del producto restante.

El área de producción ocupará 525 m², de los cuales 14,4 m² ocupará el área de producto no conforme previo a su traslado al área de molino y 15,9 m² ocupará el área de producto terminado previo a su traslado a la bodega de producto terminado.

Adicionalmente se consideró un área para los equipos auxiliares de 52 m² y un área para bodega de repuestos y taller de mantenimiento de maquinaria y moldes de 50 m².

Área de bodega

Las áreas de bodegas fueron seleccionadas en función de la capacidad a producir, estas ocupan 1240 m².

Bodega de materia prima

Para el dimensionamiento de la bodega de materia prima se consideró que debe tenerse la capacidad de almacenamiento para producir ininterrumpidamente por 3 meses, por ello:

$$Producción_{mes (kg)} = 191420 \text{ kg}$$

$$\text{Producción}_{3\text{mes (kg)}} = 191420 \text{ kg} * 3 = 574260 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sacos de materia prima}_{3\text{mes (kg)}} &= 574260 \text{ kg} * \frac{1\text{saco}}{25\text{kg}} \\ &= 22970,4 \text{ sacos} \end{aligned}$$

Si la estiba es de 40 sacos en cada pallet y se colocan racks que permiten almacenar hasta 3 niveles, por lo que se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Pallets en piso con 40 sacos} &= 22970,4 \text{ sacos} * \frac{1 \text{ pallet}}{40\text{sacos}} \\ &= 574,26 \text{ pallets} \end{aligned}$$

$$\text{Pallets en piso}_{\text{estiba en 3 niveles}} = \frac{574,26 \text{ pallets}}{3} = 191,41 \text{ pallets}$$

$$\text{Área de un pallet} = 1 * 1,2 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de materia prima}_{\text{estiba en 3 niveles}} = 1 * 1,2 * 191,41 = 229,7 \text{ m}^2$$

Aumentando un 10% para la estiba adecuada de los pallets, se tiene:

$$\text{Área de materia prima}_{\text{estiba en 3 niveles}} = 1,1 * 229,7 \text{ m}^2 = 252,67 \text{ m}^2$$

Bodega de producto terminado

Bajo la misma capacidad de almacenamiento de 3 meses, se tiene:

$$\text{Producción}_{\text{mes}} = 8700 \text{ pallets}$$

$$Produccion_{3\text{mes}} = 8700 * 3 = 26100 \text{ pallets}$$

Estibando en torres de 20 pallets cada uno se necesitan:

$$Torres \text{ de pallets }_{3\text{mes}} = 26100 \text{ pallets} * \frac{1\text{torre}}{20\text{pallets}} = 1305 \text{ torres}$$

Si se colocan racks a 3 niveles de almacenamiento, se tiene:

$$Torres \text{ a nivel de piso }_{3\text{mes}} = \frac{1305 \text{ torres}}{3} = 435 \text{ torres}$$

$$\text{Área de pallets terminados }_{3\text{mes}} = 1 * 1,2 * 435 = 522 \text{ m}^2$$

Con estas referencias se estableció que la bodega de materia prima considerando zonas de tránsito y almacenamiento será de 486 m² y el área que ocupará la materia prima debe ser de 255 m². La bodega de producto terminado tendrá un área total de 782 m² donde 522 m² serán destinados para el almacenamiento de pallets de polipropileno.

En la sección de Planos se encuentra el Plano 3 donde se muestran los requerimientos eléctricos y de obra civil de las máquinas y equipos de la planta.

CAPÍTULO 3

3. COSTOS DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta el monto de los recursos económicos necesarios para la implementación y puesta en marcha de la planta de pallets de polipropileno, así como el costo de operación anual. Finalmente, se realiza el estudio de la rentabilidad del proyecto.

3.1. Presupuesto para la Implementación

Los recursos económicos necesarios para la implementación de la planta de pallets de polipropileno están constituidos por la inversión inicial y el capital de trabajo.

Inversión inicial

Se refiere al monto de recursos económicos necesarios para la adquisición de los activos de la planta indispensables para iniciar las operaciones, y está constituido por los activos fijos y los activos diferidos.

Activos Fijos: corresponden todos los bienes de la compañía como las máquinas y equipos del proceso productivo (Tabla 3.1), equipos de oficinas administrativas y ventas (Tabla 3.2) y el terreno y obras (Tabla 3.3), sin los cuales se paralizarían las operaciones del ciclo productivo.

TABLA 3.1
MÁQUINAS Y EQUIPOS AUXILIARES DEL PROCESO PRODUCTIVO

Cantidad	Descripción	Costo
1	Máquina Inyectora	\$ 677.250
1	Mezclador	\$ 18.560
1	Molino	\$ 61.875
3	Balanza Electrónica	\$ 4.870
1	Tecla 10 T	\$ 1.570
1	Montacargas 2,5 T	\$ 13.500
2	Transpaleta	\$ 675
1	Chiller	\$ 19.200
1	Compresor de aire	\$ 7.800
1	Bombas y tanque acumulador	\$ 8.100
1	Transformador	\$ 13.500
1	Camión	\$ 40.000
Subtotal		\$ 866.900
Flete		\$ 20.250
Total		\$ 887.150

TABLA 3.2
EQUIPOS DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS Y VENTAS

Descripción	Costo
Muebles de Oficina	\$ 2.300
Equipos de oficina	\$ 4.600
Aires Acondicionados	\$ 35.000
Total	\$ 41.900

TABLA 3.3
TERRENO Y OBRAS

Descripción	Cantidad (m2)	Costo
Terreno	6.500	\$ 721.150
Obras civiles (Galpones)	2224	\$ 389.200
Oficinas	322	\$ 122.350
Obra Mecánica	-	\$ 29.000
Obra Eléctrica	-	\$ 58.000
Total		\$ 1.319.700

Activos diferidos: corresponden a todos los bienes de la compañía que son necesarios para su funcionamiento, presente o futuro (Ver Tabla 3.4) [59] y son:

- Planeación e integración del proyecto: se calcula como el 3% de la inversión inicial solo de activos fijos.
- Ingeniería del proyecto: hace referencia a la instalación y puesta en marcha de todas las máquinas y equipos del proceso productivo. Se calcula como el 3,5% de la inversión de los activos del ciclo productivo.
- Supervisión del proyecto: comprende la inspección de las compras de máquinas y equipos y su traslado a planta, además de supervisión de los servicios contratados. Se calcula como el 1,5% de la inversión de activos fijos.

- Administración del proyecto: corresponde a la administración del avance de la ruta crítica para el control de las obras civiles hasta la puesta en marcha de la planta. Se calcula como el 0,5% de la inversión de activos fijos.

TABLA 3.4
INVERSIÓN EN ACTIVOS DIFERIDOS

Descripción	Costo
Planeación e integración	\$ 64.000
Ingeniería del proyecto	\$ 29.500
Supervisión	\$ 32.000
Administración del proyecto.	\$ 107.700
Total	\$ 233.200

Capital de trabajo

Es el capital adicional a la inversión inicial total necesario para que la planta de pallets de polipropileno entre en operación, este capital permite respaldar la primera producción antes de empezar a recibir ingresos. El capital de trabajo está definido como la diferencia entre el activo circundante y el pasivo circundante (Ver Tabla 3.5).

El pasivo circundante permite la obtención de créditos a corto plazo, a fin de costear impuestos, servicios y proveedores, está entre 2 y 2,5 veces el activo circundante.

El activo circundante está constituido básicamente por 3 rubros, y son [59]:

- Valores e inversiones: este rubro corresponde a un capital invertido a corto plazo en alguna institución financiera, con la finalidad de tener efectivo disponible para apoyar las actividades de venta del producto. A pesar de que no se plantea dar crédito a las ventas, se contempla tener en valores e inversiones el equivalente a 45 días de los costos de ventas como respaldo hasta recibir los pagos.
- Inventario: corresponde a una cantidad de dinero necesaria para mantener un stock de seguridad de materia prima para producir durante un determinado tiempo. El inventario que se ha contemplado para mantener la materia prima es de un mes de operación de la planta.
- Cuentas por cobrar: a pesar de no haber contemplado el crédito a los clientes, se debe mantener una cierta cantidad de dinero que respalde la fabricación de pallets de PP por un determinado tiempo hasta que se hagan efectivos los pagos, por ello se ha estimado alrededor de 10 días de crédito hasta que se hagan efectivos los pagos.

TABLA 3.5
CAPITAL DE TRABAJO

Activo Circulante	Costo (\$USD)
Valores e inversiones	\$ 10.500
Inventarios	\$ 180.450
Cuentas por cobrar	\$ 81.200
<i>Total Activo Circulante</i>	<i>\$ 272.150</i>
Pasivo Circulante	\$ 121.000
Total Capital de Trabajo	\$ 151.150

Adicional al capital de trabajo y a la inversión inicial de activos, debe destinarse un monto en caso de imprevistos, este capital podrá ser utilizado en caso de requerirse alguna compra o actividad no programada en el presupuesto. Este valor para imprevistos equivale del 5 al 10% del monto total de activos, para el presente estudio este rubro representa el 7%. La Tabla 3.6 muestra el monto total necesario para implementar la planta de producción de pallets de polipropileno.

TABLA 3.6
INVERSIÓN INICIAL

Concepto	Costo
Activo Fijo	\$ 2.216.450
Activo Diferido	\$ 233.200
Capital de trabajo	\$ 151.150
Imprevistos	\$ 171.800
Total	\$ 2.772.600

Del total de la inversión de activos el 70% será financiado por un préstamo a la Corporación Financiera Nacional a un plazo de 10 años con una tasa de interés del 11%, el resto debe ser financiado por los inversionistas del proyecto. En la Tabla 3.7 se muestra el detalle de la amortización de la deuda.

TABLA 3.7
AMORTIZACIÓN DE LA DEUDA

Periodo	Anualidad	Interés	Pago a Capital	Saldo
Año 0				\$ 1.835.000
Año 1	\$ 311.586	\$ 201.850	\$ 109.736	\$ 1.725.264
Año 2	\$ 311.586	\$ 189.779	\$ 121.807	\$ 1.603.458
Año 3	\$ 311.586	\$ 176.380	\$ 135.205	\$ 1.468.253
Año 4	\$ 311.586	\$ 161.508	\$ 150.078	\$ 1.318.175
Año 5	\$ 311.586	\$ 144.999	\$ 166.586	\$ 1.151.588
Año 6	\$ 311.586	\$ 126.675	\$ 184.911	\$ 966.677
Año 7	\$ 311.586	\$ 106.335	\$ 205.251	\$ 761.426
Año 8	\$ 311.586	\$ 83.757	\$ 227.829	\$ 533.598
Año 9	\$ 311.586	\$ 58.696	\$ 252.890	\$ 280.708
Año 10	\$ 311.586	\$ 30.878	\$ 280.708	\$ 0

Adicional al capital necesario para la implementación de la planta de producción de pallets de PP es necesario destinar anualmente un monto para cubrir los costos operativos, y estos son los costos de producción, gastos administrativos, financieros y de ventas (Véase Tabla 3.8).

TABLA 3.8
COSTO ANUAL DE OPERACIÓN

Costos de Producción	
<i>Descripción</i>	<i>Costo</i>
Mano de obra directa e indirecta	\$ 92.550
Materia prima	\$ 2.165.719
Servicios básicos	\$ 57.450
Mantenimiento	\$ 55.150
Depreciación	\$ 127.015
Gastos de Administración	
<i>Descripción</i>	<i>Gasto</i>
Sueldos	\$ 59.000
Suministros de oficina	\$ 1.200
Servicios Básicos	\$ 2.455
Depreciación	\$ 2.035
Gastos de Ventas	
<i>Descripción</i>	<i>Gasto</i>
Sueldos	\$ 19.050
Comercialización	\$ 60.000
Depreciación	\$ 4.480
Gasto Financiero	
Financiamiento	\$ 311.586
Total	\$ 2.957.690

Costos de producción: corresponde el capital necesario para la operación de la planta, lo que incluye materia prima, pago de servicios básicos, salarios de personal operativo y gastos de mantenimiento. Por motivos de ajustes y calibraciones tanto en la inyectora como en

la mezcla de la resina se considera que durante el primer año la planta trabajará al 64% de su capacidad instalada. En el Apéndice F se muestra el detalle de los costos de producción que incluyen sueldos, costos de mantenimiento, materias primas y servicios básicos.

Gastos de administración: corresponde a los costos que generan las oficinas administrativas y todo el personal que labora en estas, incluye rubros como salarios, pago de servicios básicos de oficinas y compra de suministros de oficina. En el Apéndice G se muestra el detalle de los gastos de administración.

Gastos de ventas: corresponde a todos los gastos que incurre el departamento de ventas, desde salarios del personal encargado de las ventas y la distribución así como los costos asociados a la comercialización del producto. El Apéndice H muestra los rubros que forman parte del gasto de ventas.

Gastos financieros: corresponde a los pagos a la institución financiera por el préstamo solicitado para el financiamiento del proyecto (ver Tabla 3.7).

3.2. Evaluación de la Inversión

El objetivo final de todo proyecto es obtener beneficios del capital invertido, mientras mayor sea la rentabilidad mayores serán las ganancias.

Para determinar la rentabilidad del proyecto es necesario calcular ciertos parámetros que permiten tomar decisiones sobre la inversión.

Una vez definidos los costos operativos y el presupuesto de ingresos se puede calcular el punto de equilibrio, que representa el valor mínimo a vender para que la inversión no fracase. Para el cálculo del punto de equilibrio es necesario conocer las unidades a venderse anualmente así como la clasificación de los costos operativos. La Tabla 3.9 muestra el cálculo del punto de equilibrio tomando en cuenta que el primer año la planta funcionaría al 64% de su capacidad instalada y la Tabla 3.10 muestra la clasificación de los costos operativos en costos fijos y costos variables. Bajo esta consideración se puede notar que se requiere de casi 7 meses para que no haya pérdidas anuales.

TABLA 3.9
PUNTO DE EQUILIBRIO

Producto	% producción	Costo fijo	Costo Variable	Ventas Anuales (unid.)	Precio de Venta unitario	Punto de equilibrio
Pallets de PP	64%	\$ 185.211	\$ 2.327.363	66.816	\$ 39,60	38.825
Pallets de PP	100%	\$ 174.581	\$ 2.504.305	104.400	\$ 26,88	60.358

TABLA 3.10
DISTRIBUCIÓN DE VALORES DE COSTOS

Costos de Producción			
Descripción	Costo total	Distribución de Costos/Gastos	
		Costo fijo	Costo Variable
Mano de Obra Directa e Indirecta	\$ 92.550	\$ 83.295	\$ 9.255
Materia Prima	\$ 2.165.719	\$ 0	\$ 2.165.719
Servicios Básicos	\$ 57.450	\$ 5.745	\$ 51.705
Mantenimiento	\$ 55.150	\$ 11.030	\$ 44.120
Gastos de Administración			
Sueldos	\$ 59.000	\$ 59,000	\$ 0
Suministros de oficina	\$ 1.200	\$ 600	\$ 600
Servicios Básicos	\$ 2.455	\$ 491	\$ 1.964
Gastos de ventas			
Sueldos	\$ 19.050	\$ 19.050	\$ 0
Comercialización	\$ 60.000	\$ 6.000	\$ 54.000
Gasto Financiero			
Financiamiento	\$ 311.586	\$ 311.586	\$ 0
Depreciación de Activos Fijos y Amortización de Activos Diferidos			
Depreciación + Amortización	\$ 133.530	\$ 133.530	\$ 0
Total	\$ 2.957.690	\$ 630.327	\$ 2.327.363

Los criterios más comúnmente usados para evaluar la rentabilidad de un proyecto son el TIR y el VAN, el VAN es un indicador financiero que básicamente representa las ganancias futuras del proyecto. Para que un proyecto sea rentable solo en función del VAN basta que este sea mayor que cero. El TIR por su lado mide la rentabilidad de la

recuperación de la inversión, este debe ser mayor que la TMAR para que sea viable la inversión.

Para proyectos de inversión donde el capital inicial proviene de un préstamo a una institución financiera y de capital propio de los accionistas se debe contrastar el TIR con la TMAR global mixta. El 70% del capital proviene del préstamo, el 30% restante es capital de los accionistas y la TMAR de las instituciones financieras es 11,2%.

[87] La TMAR global mixta se calcula con la ecuación (3.1) [88]:

$$TMAR_{global\ mixta} = [(\% \text{ de aportación}_{i.f.}) * TMAR_{i.f.}] + [(\% \text{ de aportación}_{c.a.}) * R_e] \quad (3.1)$$

La forma de calcular los porcentajes de aportación se muestran en la ecuación (3.2) y ecuación (3.3).

$$\% \text{ de aportación}_{institución\ financiera} = \frac{\text{Monto del préstamo}}{\text{Inversión total requerida}} \quad (3.2)$$

$$\% \text{ de aportación}_{capital\ de\ accionistas} = \frac{\text{Capital de inversionistas}}{\text{Inversión total requerida}} \quad (3.3)$$

En la ecuación (3.1) se muestra el término R_e que se calcula usando la ecuación (3.4), expresada como:

$$R_e = R_f + \beta(R_m - R_f) + \sigma_e \quad (3.4)$$

- R_e : Costo del capital propio
- R_f : Tasa libre de riesgo, es un indicador anual dado por el BCE (4,58%)

- R_m : Rentabilidad del mercado, indicador dado por la Bolsa de Valores de Guayaquil, incluye el premio al riesgo (16,4%)
- B : Es el factor de medida del riesgo, para industrias es 0,9.
- σ_e es el riesgo del país, es dado por el BCE (5,69%) [89]

Reemplazando todos los valores se obtiene una TMAR global mixta de 14.02%. Para calcular el VAN se debe estimar tanto los egresos como los ingresos para los primeros 5 años de operación, en el anexo J se muestra el detalle de los costos anuales de operación y su proyección. A pesar que se proyecta acaparar una fracción de la demanda insatisfecha es importante notar que la planta no podrá operar a toda su capacidad productiva en los primeros años ya sea por falta de comercialización de producto o por imprevistos en la instalación y puesta en marcha de todos los equipos y máquinas, por esta razón durante el primer año la planta funciona a un 64% de su capacidad productiva instalada, el segundo año a 68%, el tercer año a 76%, el cuarto año al 80% y finalmente el quinto año al 85%. Otras consideraciones son que tanto los salarios como el costo de materia prima no deben permanecer constante durante los primeros 5 años analizados por esta razón los salarios se han considerado con un aumento anual del 4% y las materias primas del 2%.

En la Tabla 3.11 se muestra el VAN obtenido del proyecto cuyo valor es de \$ 805,152 con un tiempo de recuperación de la inversión de 4.3 años y el TIR obtenido es de 23,08%, que como es mayor al TMAR (14,02%) y el VAN es mayor a cero se puede concluir que el proyecto es aceptable. [59]

TABLA 3.11
VALORES DE TIR Y VAN

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Unidades fabricadas		66.816	70.992	79.344	83.520	88.740
Costo Unitario por Pallet		\$ 39,60	\$ 37,43	\$ 33,64	\$ 32,09	\$ 30,35
Precio de venta (\$USD)		\$ 58	\$ 58	\$ 58	\$ 58	\$ 58
Ingresos		\$ 3.875.328	\$ 4.117.536	\$ 4.601.952	\$ 4.844.160	\$ 5.146.920
Egresos		-\$ 2.824.160	-\$ 2.835.620	-\$ 2.847.565	-\$ 2.860.000	-\$ 2.872.895
Flujo operacional		\$ 1.051.168	\$ 1.281.916	\$ 1.754.387	\$ 1.984.160	\$ 2.274.025
Depreciación y amortización intangible		-\$ 133.530	-\$ 133.530	-\$ 133.530	-\$ 131.995	-\$ 131.995
Utilidad antes de impuestos		\$ 917.638	\$ 1.148.386	\$ 1.620.857	\$ 1.852.165	\$ 2.142.030
22% Impuesto a la renta		-\$ 201.880	-\$ 252.645	-\$ 356.589	-\$ 407.476	-\$ 471.247
15% Participación de trabajadores		-\$ 137.646	-\$ 172.258	-\$ 243.129	-\$ 277.825	-\$ 321.305
Utilidad Neta		\$ 578.112	\$ 723.483	\$ 1.021.140	\$ 1.166.864	\$ 1.349.479
Depreciación y amortización intangible		\$ 133.530	\$ 133.530	\$ 133.530	\$ 133.530	\$ 133.530
Inversión Inicial	-\$ 2.621.450					
Valor de Salvamento						\$737.975
Capital de trabajo	-\$ 151.150					
Saldo por préstamo						\$ 966.677
Flujo Neto del Proyecto	-\$ 2.772.600	\$ 711.642	\$ 857.013	\$ 1.154.670	\$ 1.298.859	\$ 1.252.772
TIR						23,08%
VAN						\$ 805.152

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Este proyecto beneficiaría a empresas de diferentes sectores del mercado, permitiendo que se conviertan en instituciones proactivas en el tema medio ambiental y mejorando significativamente las deficiencias de sus sistemas logísticos en todos los aspectos relacionados con higiene, durabilidad y resistencia de la unidad de transporte y estiba por excelencia, el pallet. Desde el punto de vista de la durabilidad, los pallets de plástico tienen un ciclo de vida mucho más largo que sus similares de madera, que utilizados de manera adecuada pueden durar de 5 a 7 años; mientras que un pallet de madera puede ser utilizado de 2 a 3 meses. Desde el punto de vista funcional, los pallets de plástico son higiénicos, resistentes a insectos,

fáciles de limpiar, poseen una alta resistencia mecánica y al impacto, y están libres de elementos que puedan comprometer el estado de la carga a transportar o estibar. Y en términos de conservación del medio ambiente, los pallets de plástico contribuyen en gran manera en disminuir el índice de deforestación, ya que solo en la fabricación de pallets de madera se tala un árbol para obtener de 8 a 10 unidades, sin considerar la madera usada en la reparación de pallets de dañados.

Se comparó todos los posibles procesos de manufactura de termoplásticos que permitan fabricar pallets y se seleccionó la inyección como el proceso en la planta. Las ventajas del proceso de inyección son los altos volúmenes de producción, la versatilidad de materias primas para la operación, no hay necesidad de post procesos al pallet manufacturado, inversión inicial baja comparada con las otras alternativas, no se requiere una gran área de planta, genera pocos desperdicios y requiere bajo costo operativo.

Se analizó el desarrollo de la industria plástica en los últimos años en el país y se logró determinar que es una industria en alza con una alta contribución en el PIB, con aproximadamente el 15%. El Guayas es una de las provincias con mayor desarrollo en esta industria por la facilidad de importación de materias primas, además lidera la producción nacional de productos plásticos acaparando el 48% del

total de productos en el mercado. Existe un amplio mercado para los pallets plásticos ya que en la actualidad estos ocupan casi el 10% del total de unidades comercializadas con un crecimiento anual de casi 5%, ganando terreno en el mercado gracias a las regulaciones fitosanitarias impuestas para el transporte y estiva de cargas de industrias farmacéuticas y alimenticias.

Se eligió a la ciudad de Guayaquil para la localización de la planta debido al alto número de empresas de alimentos, fármacos y transporte de cargas. El Parque Industrial Inmaconsa es la ubicación seleccionada de la planta ya que presenta dos ventajas importantes; primero su ubicación privilegiada entre dos vías principales que permiten la salida y entrada a la ciudad, y segundo la gran presencia de empresas en esta zona lo que facilitaría la tarea de comercialización. La planta de producción se ubicará en un terreno de 6500 m² y estará formada por el área de oficinas administrativas que ocupará 322 m², el área de producción que ocupará 984 m² y el área de bodegas que ocupará 1240 m².

Las consideraciones del diseño del pallet a fabricarse se tomaron de la norma INEN 2075 y de la INEN 2077 y además se describió cada parte del proceso productivo determinando las maquinarias e insumos necesarios en cada etapa. Se analizaron parámetros a tomarse en

consideración para garantizar la calidad de la materia prima y de los productos tanto en el procesamiento como en el almacenamiento.

Se diseñó la capacidad de producción de la planta en función de la máquina principal, la inyectora. La producción se enfoca a esta única máquina, por ello es la de mayor costo, por lo que se seleccionó una inyectora que pudiera tener la mayor producción posible con una menor inversión y que pueda fabricar un mínimo de 20 pallets por hora.

Se solicitaron cotizaciones a varios proveedores de máquinas que procesan polímeros de distintos países. A través de un proceso de evaluación se seleccionó a Husky como la empresa proveedora de la inyectora, y a partir de la capacidad de producción de esta se cotizaron el molino y la mezcladora. Como la homogeneidad y la baja presencia de humedad en la mezcla son factores determinantes de la calidad de la resina, se seleccionó una mezcladora que incorporara un secador y que pueda procesar un mínimo de 528 kg de materia prima por hora.

La mezcladora elegida fue la ofertada por Zhong Peng Machinery. El molino por su lado fue elegido en función de su capacidad de triturar el material, se seleccionó el molino ofertado por Cumberland. Todas las máquinas seleccionadas dan cabida a un aumento de producción de la planta, sin embargo, si el volumen a aumentarse es significativamente alto se debería plantear la adquisición de una nueva inyectora.

La distribución de la planta fue seleccionada considerando el requerimiento de espacios y movimientos tanto de personal como de insumos.

Se determinó la inversión inicial requerida para la implementación y la puesta en marcha de la planta y este monto es de aproximadamente \$2.600.000. Esta inversión corresponde a los activos fijos, activos diferidos, capital de trabajo y de un monto adicional por cualquier imprevisto durante la etapa de implementación. Del monto total de la inversión inicial, el 70% podría ser financiado a través de un préstamo a la Corporación Financiera Nacional y el 30% provendría de inversión privada.

Se calculó el costo anual de operación proyectado a los 5 primeros años de la planta considerando que durante el primer año se trabajará a 64% de la capacidad productiva instalada, 68% el segundo año, 76% el tercer año, el cuarto año al 80% y finalmente el quinto año al 85%, adicionalmente se consideró que el precio de la materia prima aumenta a una tasa anual del 2% cada año.

Se realizó la evaluación del proyecto a partir del TIR y del VAN. El valor obtenido del VAN es mayor que cero y es de \$ 805,152 con un tiempo de recuperación de la inversión de 4.3 años. El TIR es de 23.08% y es

mayor que la TMAR que es de 14.02%, determinando que el proyecto es rentable.

Recomendaciones.

El proveedor de materia prima debe garantizar las propiedades de los insumos que correspondan a los especificados en las fichas técnicas.

Si se determina en un futuro la necesidad de ampliar una segunda línea de producción con otro modelo de pallets se debería realizar el estudio técnico-económico de la fabricación de dicho molde.

Se recomienda instalar una balanza para camiones para una ampliación futura.

Se debe aspirar la obtención de la certificación de calidad con ello se aumentará la confiabilidad en los productos, lo que se traduce en un aumento en las ventas, adicionalmente se debe establecer una política de mejoramiento continuo en todas las áreas del negocio.

El diseño y la instalación del sistema contra incendios para la planta de producción de pallets de polipropileno puede ser motivo de otro proyecto de graduación.

PLANOS

APÉNDICES

APÉNDICE A
FOTOS DE PALLETS DE MADERA DAÑADOS

- Pallets de madera sucios y con astillas que pueden comprometer al producto



- Pallets de madera dañados





APÉNDICE B

PALLETS DE PLÁSTICO EN EL MERCADO NACIONAL

Fabricante	Código/Nombre	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (kg)	Número de Entradas	Carga Estática (kg)	Carga Dinámica (kg)	Carga Estática/ Peso	Carga Dinámica /Peso	Carga estática/ dinámica
PICA	Glacial PICA I PLUS TC 912249	120,0	100,0	14,0	25,9	4,0	1000,0	1250,0	38,6	48,3	0,8
PICA	ECO I PLUS TC 912253	120,0	100,0	14,0	25,9	4,0	3000,0	1000,0	115,8	38,6	3,0
PICA	PALLET ECO I PLUS T 912255	120,0	100,0	14,0	25,9	4,0	3000,0	1000,0	115,8	38,6	3,0
PICA	PALLET ECO I PLUS DOBLE CARA 912293	120,0	100,0	14,0	25,9	4,0	5.000,0	1700,0	193,1	65,6	2,9
PICA	GLACIAL PICA I PLUS T 912251	120,0	100,0	14,0	23,9	4,0	700,0	1250,0	29,3	52,3	0,6
PICA	PICA Glacial 912188	120,0	100,0	13,5	15,5	4,0	1600,0	800,0	103,2	51,6	2,0
PICA	PICA 912099	120,0	100,0	13,5	15,5	4,0	1200,0	600,0	77,4	38,7	2,0
Plaslit	PalletPlast	120,0	100,0	13,5	15,5	4,0	1600,0	800,0	103,2	51,6	2,0
Plastipallets	EUROPALLET ARMADO EEA-0020	100	120	17	25	4	5.000	1.400	200,0	56,0	3,6
Plastipallets	PPA-0065 ALS	110,0	110	15	20	2,0	5.000	1.500	250,0	75,0	3,3
Plastipallets	ERA-2000	120	100	16	18	2,0	4.500	1.500	250,0	83,3	3,0
Plastipallets	EUROPALLET SENCILLO EEA-0020	120,0	100,0	14,0	16	4	5.000	1.500	312,5	93,8	3,3
Plastipallets	PPA-0065 ALS	130	110	12	16	4	3.000	1.500	187,5	93,8	2,0
Husky*	Econopal 120 with skids	120,0	100,0	14,0	17,4	4,0	2000,0	1000,0	114,9	57,5	2,0
Husky*	Econopal 110 Nestable	120,0	100,0	13,5	15,8	4,0	1600,0	800,0	101,3	50,6	2,0
Rehrig Pacific Comp	Double Deck	121,9	101,6	15,2	23,6	4,0	1360,0	2265,0	57,6	96,0	0,6
Rehrig Pacific Comp	Box Beam	121,9	101,6	14,2	20,8	4,0	1360,0	2265,0	65,4	108,9	0,6
Rehrig Pacific Comp	Snap-Lock	121,9	101,6	15,2	19,8	4,0	1360,0	1800,0	68,7	90,9	0,8
Kaymac	Performa	120,0	100,0	15,0	23,0	4,0	5000,0	2000,0	217,4	87,0	2,5
Kaymac	Performa with lip	120,0	100,0	15,5	23,0	4,0	5000,0	2000,0	217,4	87,0	2,5
Kaymac	Export Pallet	120,0	100,0	14,3	18,0	4,0	1500,0	800,0	83,3	44,4	1,9
Kaymac	Performa P1000	120,0	100,0	12,8	15,0	4,0	4000,0	1200,0	266,7	80,0	3,3
Orbis	FM Rcko	121,9	101,6	16,0	25,5	4,0	1363,6	2272,7	53,5	89,1	0,6
Orbis	FM Grabpal	121,9	101,6	15,7	22,7	4,0	1500,0	1727,3	66,0	76,0	0,9
Orbis	Rocko	121,9	101,6	16,0	22,3	4,0	1363,6	2272,7	61,2	102,0	0,6
Orbis	Grabpal	121,9	101,6	15,7	21,8	4,0	1500,0	1727,3	68,8	79,2	0,9
Orbis	Stacker Solid Deck	121,9	101,6	15,0	20,8	4,0	1363,6	1818,2	65,6	87,5	0,7
Orbis	Grocery Pallet	121,9	101,6	15,2	19,5	4,0	6818,2	1363,6	348,8	69,8	5,0
Orbis	Stacker Open Deck	121,9	101,6	15,0	19,1	4,0	1363,6	1818,2	71,4	95,2	0,7
Orbis	CIISF	119,9	99,6	14,7	17,7	2,0	1363,6	1590,9	76,9	89,7	0,9
Orbis	TRN3	121,9	101,6	15,2	16,8	4,0	1363,6	1818,2	81,1	108,1	0,7
Soliplast	ER-100-4E	100,0	120,0	15,0	19,0	4,0	3000,0	1000,0	157,9	52,6	3,0
Soliplast	ER-100-V2	100,0	120,0	15,0	19,0	2,0	3000,0	1000,0	157,9	52,6	3,0
Soliplast	ER-100-V1	100,0	120,0	15,0	18,0	2,0	3500,0	700,0	194,4	38,9	5,0
Uniplast	EXA-2000 / PE-100	120,0	100,0	16,0	31,0	4,0	5000,0	1800,0	161,3	58,1	2,8
Uniplast	EEA-0020 / EP-100	100,0	120,0	16,0	25,0	4,0	5000,0	1400,0	200,0	56,0	3,6
Uniplast	ERB-0020/PR-100L	100,0	120,0	16,0	19,0	2,0	4500,0	1500,0	236,8	78,9	3,0
Uniplast	ERA-2000/PR-101	120,0	100,0	16,0	18,0	2,0	4500,0	1500,0	250,0	83,3	3,0
Uniplast	EEA-0020/EP-100S	120,0	100,0	14,0	16,0	4,0	5000,0	1400,0	312,5	87,5	3,6

APÉNDICE C

DETERMINACIÓN DE PESOS DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MÁQUINAS

Cálculos de peso de los criterios:

Criterios	Técnicos	Costos	Calidad	Total	Peso
Técnicos	1	2	4	7	46,82
Costos	0,5	1	5	6,5	43,48
Calidad de Servicio Post Venta	0,25	0,2	1	1,45	9,70
Total				14,95	100

Cálculo de pesos de los sub-criterios técnicos:

Criterio	1. Técnico
Sub- Criterios	1.1 Capacidad de producción
	1.2 Facilidad de aumentar el volumen de producción
	1.3 Nivel de automatización

CRITERIO TÉCNICO (0,4682)						
Sub-criterios	1.1	1.2	1.3	Total	Peso relativo	Peso absoluto
1.1	1	2	4	7,00	0,535	0,2505
1.2	0,5	1	3	4,50	0,344	0,1610
1.3	0,25	0,33	1	1,58	0,121	0,0567
Total				13,08	1,00	0,4682

Criterio	2. Costos
Sub- Criterios	2.1 Bajo costo de máquina
	2.2 Bajo costo de producción
	2.3 Bajo costo de mantenimiento
	2.4 Bajo costo de instalación

CRITERIO TÉCNICO (0,4348)							
Sub-criterios	2.1	2.2	2.3	2.4	Total	Peso relativo	Peso absoluto
2.1	1,00	1,00	2,00	3,00	7,00	0,319	0,1389
2.2	1,00	1,00	2,00	4,00	8,00	0,365	0,1587
2.3	0,50	0,50	1,00	3,00	5,00	0,228	0,0992
2.4	0,33	0,25	0,33	1,00	1,92	0,087	0,0380
Total					21,92	1,00	0,4348

Criterio	3. Calidad de Servicio Post Venta
Sub- Criterios	3.1 Tiempo de garantía
	3.2 Capacitación a los operadores
	3.3 Servicio Post-Venta

CRITERIO TÉCNICO (0,0970)						
Sub-criterios	3.1	3.2	3.3	Total	Peso relativo	Peso absoluto
3.1	1	5	4	10,00	0,634	0,0615
3.2	0,2	1	0,33	1,53	0,097	0,0094
3.3	0,25	3,00	1	4,25	0,269	0,0261
Total				15,78	1,00	0,0970

APÉNDICE D

TABLAS DE CHILLER YORK – MODELOS YCAL 005

A YCAL 006

Ratings - R-22 (English Units)

YCAL0050EC

IPLV=14.0

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)																	
	75°F			80°F			85°F			90°F			95°F			100°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	52.5	45.7	12.3	51.6	48.3	11.5	50.2	51.0	10.6	48.9	53.9	9.9	47.7	57.0	9.1	46.4	60.2	8.5
42.0	54.4	46.1	12.6	53.1	48.7	11.7	51.9	51.4	10.9	50.7	54.3	10.2	49.4	57.4	9.4	48.0	60.6	8.7
44.0	56.2	46.6	12.9	55.0	49.1	12.1	53.7	51.8	11.2	52.4	54.7	10.4	51.1	57.8	9.7	49.7	61.1	8.9
45.0	57.2	46.8	13.1	55.9	49.3	12.2	54.6	52.0	11.4	53.3	54.9	10.6	51.9	58.0	9.8	50.5	61.3	9.1
46.0	58.1	47.0	13.3	56.9	49.5	12.4	55.6	52.2	11.5	54.2	55.2	10.7	52.8	58.3	9.9	51.4	61.6	9.2
48.0	60.1	47.4	13.6	58.8	50.0	12.7	57.4	52.7	11.8	56.0	55.6	11.0	54.6	58.7	10.2	53.1	62.0	9.4
50.0	62.1	47.9	13.9	60.7	50.4	13.0	59.3	53.1	12.1	57.9	56.1	11.3	56.4	59.2	10.4	54.9	62.5	9.7

YCAL0060EC

IPLV=14.7

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)																	
	75°F			80°F			85°F			90°F			95°F			100°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	57.7	47.7	13.0	56.4	50.4	12.1	55.1	53.3	11.2	54.1	56.5	10.5	52.4	59.7	9.6	50.6	63.0	8.9
42.0	59.7	48.1	13.3	58.4	50.8	12.4	57.0	53.7	11.5	55.7	56.9	10.7	54.3	60.1	9.9	52.9	63.6	9.2
44.0	61.7	48.5	13.7	60.4	51.3	12.7	59.0	54.2	11.8	57.6	57.3	11.0	56.2	60.6	10.2	54.7	64.1	9.4
45.0	62.7	48.8	13.8	61.4	51.5	12.9	60.0	54.4	12.0	58.6	57.5	11.1	57.1	60.8	10.3	55.7	64.3	9.6
46.0	63.8	49.0	14.0	62.4	51.7	13.1	61.0	54.6	12.2	59.6	57.8	11.3	58.1	61.1	10.5	56.6	64.6	9.7
48.0	65.9	49.4	14.4	64.5	52.2	13.4	63.1	55.1	12.5	61.6	58.2	11.6	60.1	61.6	10.7	58.5	65.1	9.9
50.0	68.2	49.9	14.7	66.6	52.7	13.7	65.1	55.6	12.8	63.6	58.7	11.9	62.1	62.1	11.0	60.5	65.6	10.2

YCAL0064EC

IPLV=14.4

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)																	
	75°F			80°F			85°F			90°F			95°F			100°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	65.2	55.6	12.5	63.6	58.7	11.6	62.1	62.1	10.8	60.5	65.7	10.0	58.8	69.5	9.3	57.1	73.5	8.5
42.0	67.5	56.0	12.9	65.8	59.2	12.0	64.3	62.6	11.1	62.6	66.2	10.3	60.9	70.0	9.5	59.2	74.0	8.8
44.0	69.8	56.5	13.2	68.2	59.6	12.3	66.4	63.0	11.4	64.8	66.7	10.6	63.1	70.5	9.8	61.2	74.5	9.0
45.0	71.0	56.7	13.4	69.3	59.9	12.5	67.6	63.3	11.6	65.9	66.9	10.7	64.1	70.7	9.9	62.3	74.8	9.2
46.0	72.2	57.0	13.6	70.5	60.1	12.6	68.8	63.5	11.7	67.0	67.1	10.9	65.2	71.0	10.1	63.4	75.0	9.3
48.0	74.6	57.4	13.9	72.9	60.6	13.0	71.1	64.0	12.0	69.3	67.6	11.2	67.4	71.5	10.3	65.5	75.6	9.5
50.0	77.1	57.9	14.3	75.3	61.1	13.3	73.5	64.5	12.4	71.6	68.2	11.5	69.7	72.0	10.6	67.7	76.1	9.8

YCAL0070EC

IPLV=14.3

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)																	
	75°F			80°F			85°F			90°F			95°F			100°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	72.2	61.4	12.7	70.6	64.7	11.9	69.0	68.3	11.0	67.3	72.2	10.2	65.5	76.3	9.5	63.7	80.6	8.7
42.0	74.8	61.9	13.1	73.0	65.2	12.2	71.5	68.8	11.3	69.7	72.6	10.5	67.8	76.8	9.7	65.9	81.2	9.0
44.0	77.4	62.4	13.4	75.7	65.8	12.5	73.9	69.3	11.7	72.1	73.2	10.8	70.2	77.3	10.0	68.2	81.7	9.3
45.0	78.7	62.7	13.6	77.0	66.0	12.7	75.2	69.6	11.8	73.3	73.4	11.0	71.4	77.6	10.2	69.4	82.0	9.4
46.0	80.0	63.0	13.8	78.3	66.3	12.9	76.4	69.9	12.0	74.6	73.7	11.1	72.6	77.8	10.3	70.6	82.3	9.5
48.0	82.7	63.5	14.1	80.9	66.8	13.2	79.0	70.4	12.3	77.1	74.2	11.4	75.1	78.4	10.6	73.0	82.9	9.8
50.0	85.5	64.0	14.5	83.6	67.3	13.5	81.6	70.9	12.6	79.6	74.8	11.7	77.6	79.0	10.9	75.5	83.4	10.0

NOTES:

1. kW = Compressor Input Power
2. EER = Chiller EER (includes power from compressors, fans, and the control panels 0.8 kW)
3. LCWT = Leaving Chilled Water Temperature
4. Ratings are based upon 2.4 GPM cooler water per ton and 0.0001 fouling factor
5. Rated in accordance with ARI Standard 550/590-98
6. The shaded points are certified in accordance with ARI Standard 550/590-98

YCAL0050EC

IPLV=14.0

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)														
	105°F			110°F			115°F			120°F			125°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	45.0	63.6	7.8	43.6	67.2	7.2	42.2	71.0	6.6	30.4	51.4	6.4	29.2	54.3	5.9
42.0	46.6	64.1	8.0	45.2	67.7	7.4	43.6	71.4	6.8	31.5	51.7	6.6	21.8	35.1	6.4
44.0	48.2	64.6	8.3	46.8	68.2	7.6	33.8	49.2	7.4	32.7	52.0	6.8	22.6	35.2	6.6
45.0	49.1	64.8	8.4	47.5	68.4	7.7	34.4	49.3	7.5	33.3	52.1	6.9	23.1	35.3	6.8
46.0	49.9	65.0	8.5	48.4	68.7	7.8	35.1	49.4	7.6	33.9	52.3	7.0	23.5	35.4	6.9
48.0	51.6	65.5	8.7	50.1	69.2	8.0	36.3	49.7	7.9	35.1	52.6	7.2	24.4	35.5	7.1
50.0	53.3	66.0	8.9	51.7	69.8	8.2	37.6	50.0	8.1	36.3	52.9	7.5	25.2	35.7	7.3

YCAL0060EC

IPLV=14.7

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)														
	105°F			110°F			115°F			120°F			125°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	49.7	66.7	8.2	48.2	70.5	7.6	46.7	74.5	7.0	45.3	78.6	6.5	23.2	37.0	6.5
42.0	51.4	67.2	8.5	49.8	71.0	7.8	48.4	75°F	7.2	46.9	79.1	6.6	24.1	37.2	6.8
44.0	53.2	67.7	8.7	51.7	71.6	8.0	50.1	75.6	7.4	48.5	79.7	6.8	25.0	37.3	7.0
45.0	54.1	68.0	8.8	52.6	71.8	8.1	50.9	75.8	7.5	37.7	57.7	7.2	25.5	37.4	7.1
46.0	54.9	68.2	8.9	53.5	72.1	8.3	51.9	76.1	7.6	26.8	35.5	7.8	25.9	37.5	7.2
48.0	56.9	68.8	9.2	55.3	72.7	8.5	53.6	76.7	7.8	27.8	35.6	8.1	26.9	37.7	7.4
50.0	58.8	69.3	9.4	57.2	73.2	8.7	55.5	77.3	8.0	28.8	35.8	8.3	27.8	37.9	7.7

YCAL0064EC

IPLV=14.4

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)														
	105°F			110°F			115°F			120°F			125°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	55.4	77.6	7.9	53.5	82.1	7.2	51.6	86.7	6.6	41.9	71.3	6.4	40.3	75.4	5.9
42.0	57.2	78.2	8.1	55.5	82.7	7.4	53.6	87.3	6.8	43.4	71.8	6.6	41.9	75.8	6.1
44.0	59.4	78.8	8.3	57.5	83.2	7.7	55.5	87.9	7.0	45.1	72.2	6.8	43.4	76.3	6.3
45.0	60.4	79.1	8.4	58.4	83.6	7.8	56.4	88.3	7.1	45.9	72.4	6.9	44.1	76.5	6.4
46.0	61.4	79.3	8.6	59.5	83.9	7.9	57.4	88.6	7.2	46.7	72.6	7.1	44.9	76.7	6.5
48.0	63.5	79.9	8.8	61.5	84.5	8.1	59.4	89.3	7.4	48.4	73.1	7.3	39.0	60.5	7.0
50.0	65.7	80.5	9.0	63.5	85.1	8.3	61.5	89.9	7.6	50.0	73.5	7.5	40.3	60.7	7.2

YCAL0070EC

IPLV=14.3

LCWT (°F)	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER (°F)														
	105°F			110°F			115°F			120°F			125°F		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	61.7	85.2	8.1	59.7	90.1	7.4	57.6	95.2	6.8	55.4	100.6	6.2	37.4	65.5	6.2
42.0	63.9	85.8	8.3	61.6	90.7	7.6	59.7	95.9	7.0	57.5	101.3	6.4	38.8	65.8	6.4
44.0	66.2	86.4	8.5	64.1	91.3	7.8	61.9	96.5	7.2	50.6	82.2	6.8	40.2	66.1	6.6
45.0	67.3	86.7	8.6	65.2	91.6	7.9	62.8	96.8	7.3	42.5	62.7	7.3	41.0	66.3	6.7
46.0	68.5	87.0	8.8	66.3	91.9	8.1	64.0	97.2	7.4	43.3	62.8	7.5	41.7	66.4	6.8
48.0	70.9	87.6	9.0	68.6	92.6	8.3	66.3	97.8	7.6	44.9	63.1	7.7	43.3	66.7	7.1
50.0	73.2	88.1	9.3	71.0	93.2	8.5	68.6	98.5	7.8	46.5	63.3	8.0	44.7	67.0	7.3

NOTES:

1. kW = Compressor Input Power
2. EER = Chiller EER (includes power from compressors, fans, and the control panels 0.8 kW)
3. LCWT = Leaving Chilled Water Temperature
4. Ratings are based upon 2.4 GPM cooler water per ton and 0.0001 fouling factor
5. Rated in accordance with ARI Standard 550/590-98
6. The shaded points are certified in accordance with ARI Standard 550/590-98

YORK INTERNATIONAL

APÉNDICE E

CURVA DE OPERACIÓN DE LA BOMBA TACO CI

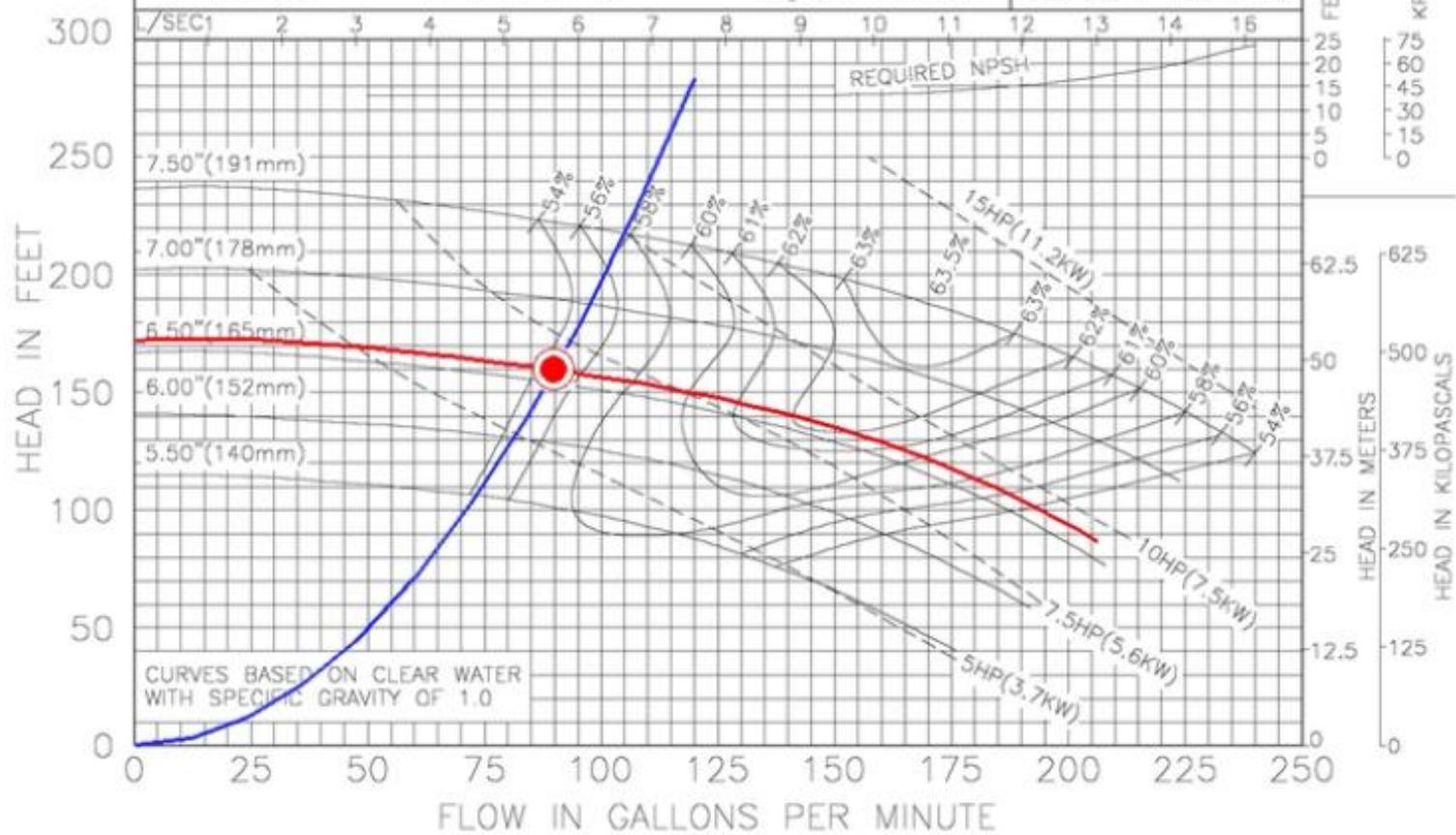
1207



Model 1207
FI & CI Series

3500 RPM
August 30, 2006

Curve no. 2049
Min. Imp. Dia. 5.50"
Size 2.0 X 1.25 X 7.0



APÉNDICE F

COSTOS DE PRODUCCIÓN

- Costo de mano de obra directa e indirecta

Descripción	Cant.	Sueldo Mensual	13ro	14to	Fondos de Reserva	Vacaciones	Aporte anual IESS	Sueldo Anual
Operadores	2	\$500	\$ 500	\$354	\$500	\$250	\$729	\$16.665
Técnico de Mantenimiento.	1	\$600	\$ 600	\$354	\$600	\$300	\$875	\$9.930
Operador de Montacargas	1	\$500	\$ 500	\$354	\$500	\$250	\$729	\$8.330
Encargado de Bodegas de MP y PT	1	\$600	\$ 600	\$354	\$600	\$300	\$875	\$9.930
Encargado de áreas de mezcla y molino	2	\$550	\$ 550	\$354	\$550	\$275	\$802	\$18.260
Gerente de Producción y Planeación	1	\$ 1.200	\$ 1200	\$354	\$1.200	\$600	\$1.750	\$19.503
Asistente de producción	1	\$ 600	\$ 600	\$354	\$600	\$300	\$875	\$ 9.929
Total mano de obra								\$ 92.550

- Materia Prima

Materia Prima directa	Porcentaje en resina	Cantidad Diaria (kg)	Cantidad Mensual(kg)	Cantidad Anual (kg)	Costo Unitario (\$/kg)	Costo Mensual(\$)	Costo Anual. (\$)
Polipropileno	87,31%	8.356	167.129	2.005.546	\$ 1,07	\$ 178.023	\$ 2.136.270
Colorante	10,12%	969	19.372	232.460	\$ 0,12	\$ 2,392	\$ 28.700
Dispersante	1,40%	134	2.680	32.159	\$ 0,02	\$ 45,77	\$ 550
Antioxidante	0,70%	67	1.340	16.079	\$ 0,01	\$ 11,44	\$ 130
Relleno	0,47%	45	900	10.796	\$ 0,01	\$ 5,16	\$ 60
Total materia prima primer año							\$ 2,165,719

- Servicios Básicos

Descripción	Unidad	Cantidad diaria	Cantidad Mensual	Costo unitario	costo mensual	costo anual
Agua de procesos	m3	15,52	310	0,60	\$186,23	\$ 2.235
Corriente eléctrica toda la planta	kW.h	3.592,82	71.856	-	\$ 4.507,72	\$ 54.090
Subtotal servicios básicos						\$ 56.325
Costos por alumbrado en áreas y oficinas de producción (2%)						\$ 1.125
Subtotal servicios básicos planta total						\$ 57.450

Máquina	Consumo (kW)	Horas de trabajo	Horarios de operación			Tarifas por Horarios (\$/kW-h)			Costo diario (\$)
			8h00 a 18h00	18j00 a 22h00	22h00 a 8h00	8h00 a 18h00 (0,066)	18j00 a 22h00 (0,077)	22h00 a 8h00 (0,057)	
Inyectora	45,97	24	10	4	10	\$30,34	\$12,87	\$26,20	\$69,41
Chiller	71,4	24	10	4	10	\$47,12	\$19,99	\$40,70	\$107,81
Bomba	5,22	24	10	4	10	\$3,45	\$1,46	\$2,98	\$7,88
Compresor	3,73	24	10	4	10	\$2,46	\$1,04	\$2,13	\$5,63
Molino	74,6	1,5	0	0	1,5	\$0,00	\$0,00	\$6,38	\$6,38
Mezclador	55,93	8	3,33	1,33	3,33	\$12,30	\$5,22	\$10,63	\$28,15
balanzas	0,15	12	5	2	5	\$0,05	\$0,02	\$0,04	\$0,11
Total diario (\$)									\$225
Costo Total mes (\$)									\$4.508
Costo Total Anual (\$)									\$54.090

- Mantenimiento

Descripción	Costo Anual
Técnico de mantenimiento	\$ 10.000
Cambio y rectificación	\$ 14.150
Mantenimiento externo	\$ 31.000
Total Mantenimiento	\$ 55.150

- Total Costo de Producción

Descripción	Costos producción de pallets
Mano de obra directa e indirecta	\$ 92.550
Materia prima	\$ 2.165.719
Servicios básicos	\$ 57.450
Mantenimiento	\$ 55.150
Subtotal costos de producción	\$ 2.370.869
Depreciación y Amortización	\$ 127.015
Total costos de producción	\$ 2.497.884
Costo total de producción	\$ 2.497.884

APÉNDICE G

GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

- Sueldos administrativos

Descripción	Cant.	Sueldo Mensual	13ro	14to	Fondos de Reserva	Vacaciones	Aporte anual IESS	Sueldo Anual
Gerente	1	\$1.400	\$1.400	\$354	\$ 1.399	\$700	\$ 2041	\$ 22.690
Contador	1	\$600	\$600	\$354	\$ 600	\$300	\$ 875	\$ 9.930
Recepcionista	1	\$500	\$500	\$354	\$ 500	\$250	\$ 729	\$ 8.330
Guardia	2	\$355	\$355	\$354	\$ 355	\$178	\$ 518	\$ 12.030
Limpieza	1	\$355	\$355	\$354	\$ 355	\$178	\$ 518	\$ 6.020
Total Sueldos Administrativos								\$ 59.000

- Servicios Básicos

ITEM	kW	Horas/día	kW/Diario	kW Mensual	Costo (\$/kW /hora)	Costo mensual (S)	Consumo Anual \$
Computadora	2,16	8	17,28	345,6	0,13	\$ 45	\$ 539
impresoras	0,74	8	5,92	118,4	0,13	\$ 15	\$ 185
Aire Acondicionado	5,61	8	44,88	897,6	0,13	\$ 117	\$ 1.400
Teléfono	0,125	8	1	20	0,13	\$ 3	\$ 31
Consumo Total de energía Eléctrica						\$ 180	\$ 2.155

Descripción	Unidad	Cantidad diaria	Cantidad Mensual	Costo unitario	costo mensual	costo anual
Consumo eléctrico	kW-h	69,08	1381,6	\$ 0,13	\$ 180	\$ 2.155
Internet	--	--	--	--	\$ 25,00	\$ 300
Total servicios básicos						\$ 2.455

- Total gastos administrativos

Descripción	Gastos
Sueldos	\$ 59,000
Suministros de oficina	\$ 1,200
Servicios Básicos	\$ 2,455
Subtotal costos de administración	\$ 62.655
Depreciación equipos administración	\$ 2.035
Total	\$ 64.690

APÉNDICE H

GASTOS DE VENTAS

- Sueldos

Descripción	Cant.	Sueldo Mensual	13ro	14to	Fondos de Reserva	Vacaciones	Aporte anual IESS	Sueldo Anual
Vendedor	1	\$800	\$800	\$354	\$800	\$400	\$1.166	\$ 13.110
Chofer	1	\$600	\$600	\$354	\$600	\$300	\$875	\$ 9.930
Distribuidor	1	\$550	\$550	\$354	\$550	\$275	\$802	\$ 9.130
Total								\$ 19.050

- Costos de comercialización

Descripción	Mensual	Anual
Mantenimiento	\$ 100	\$ 1.200
Publicidad	\$ 2.500	\$ 30.000
Logística y distribución	\$ 2.400	\$ 28.800
Total gastos de comercialización		\$ 60.000

- Total gastos de ventas

Descripción	Gastos
Sueldos	\$ 19.050
Comercialización	\$ 60.000
Sub-Total	\$ 79.050
Depreciación Equipos de ventas	\$ 4.480
Total	\$ 83.530

BIBLIOGRAFÍA

1. NTE INEN 2075. Embalajes. Paletas para Manipulación y Transporte de Mercancías. Definiciones y Terminología (1ra Edición), 1996
2. BASC [http://basc-costarica.com/site/wp-content/uploads/2013/04/Palet_Transporte_Carga.pdf]
3. EDUCARM [http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/30/el_pallet.pdf]
4. Soluplastic [http://www.soluplastic.com/tarimas-de-plastico-beneficios.cfm]
5. Empisa [http://www.empisa.com/pallets.html]
6. Reciclado y tecnología [http://recicladoyecologia.com/ideas/reutilizacion-de-materiales-del-hogar/page/3/]
7. HUSKY, "Pallets", 2012
8. Tecnología de los Plásticos [http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/05/moldeado-por-inyeccion-compounder-imc.html]
9. ISO/TR 10233. "General-purpose flat pallets for through transit of goods -- Performance requirements".1989.
10. COMESA/FDHS: 218. "Pallets for materials handling — Flat pallets – Part 3: Maximun Working Loads".2006

11. NTE INEN 2077. Embalajes. Paletas para Manipulación y Transporte de Mercancías. Requisitos Dimensionales (1ra Edición). 1996
12. Logismarket [<http://www.logismarket.es>]
13. Vishak Industries [<http://www.vishakhindustries.com/wooden.html>]
14. AgroBiotek [<http://sanidadealimentos.com/2013/08/15/manejo-y-limpieza-de-los-pallets-paletas-o-tarimas/>]
15. MBCStore [<http://www.mbcestore.com.mx/codigo-de-barras/>]
16. FayerWayer [<http://www.fayerwayer.com/2011/09>]
17. Wisegeek [<http://www.wisegeek.com/what-are-the-advantages-of-plastic-pallets.htm>]
18. EFE. “Ecuador registra una de las tasas de deforestación más altas de Latinoamérica”. Diario El Universo. 2011
19. CIFOR. “América Latina concentra el 65% de la pérdida de los bosques del mundo”. Diario El Comercio. 2011
20. Tranpak [<http://www.tranpak.com/plastic-pallets/important/part-5>]
21. Tellez, Salvador. “Curso: Introducción al proceso de inyección de plásticos”
22. Plastic Moulding [<http://www.plasticmoulding.ca/techniques.htm>]
23. E&T Plastics [<http://www.e-tplastics.com/blog/what-are-the-differences-between-vacuum-forming-and-injection-molding/>]
24. Productive Plastics [<http://www.productiveplastics.com/processes/>]
25. Vishakh Industries [<http://www.vishakhindustries.com/roto.html>]

26. RotoWorld [<http://rotoworldmag.com/que-es-el-rotomoldeo/>]
27. Lomont [<http://www.lomont.com/molding-services/structural-foam-molding>]
28. Polycel Structural Foam [<http://www.polycel.com/why.html>]
29. ISO 6780. General-purpose flat pallets for through transit of goods- Principal dimensions and tolerances. 2003
30. ISO/TS 8611. Pallets for materials handling — Flat pallets. 2013
31. ISO 445. Pallets for materials handling-Vocabulary. 2013
32. COMESA/FDHS: 218. “Pallets for materials handling — Flat pallets – Part 3: Maximum Working Loads”.2006
33. Soluplastics [www.Soluplastic.com/tarima-plastico-vs-tarima-madera.cfm]
34. FLACSO-MIPRO. "Boletín Mensual de Análisis Sectorial de MIPYMES: Elaboración de Artículos Plásticos para el Hogar". Edición 18. 2011
35. PROEcuador [<http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/plasticos/>]
36. Ortiz, M. “El Impacto de los Plásticos en el Ambiente”. La Jornada Ecológica. Número Especial. 2013
37. PRO Ecuador [<http://www.proecuador.gob.ec/sector7/>]
38. Web Picking [<http://www.webpicking.com/hojas/plaspalet.htm>]
39. Camacho et al. “Análisis de Materias Primas Y Productos 2010. INEC Encuesta Nacional de Manufactura y Minería”. 2010

40. Super Intendencia de Compañías [<http://www.supercias.gob.ec/portal/documentos/>]
41. SUNAT [<http://www.sunat.gob.pe/legislacion/procedim/normasadua>]
42. INEC [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/SIN/ficha_pa.php]
43. Banco Central del Ecuador [<http://www.portal.bce.fin.ec/>]
44. Gestión de Operaciones [<http://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/pronostico-de-demanda-con-media-movil-simple/>]
45. Google Maps [www.google.com.ec/maps]
46. UDLAP
[http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/siliceo_b_l/]
47. Quiminet [<http://www.quiminet.com/articulos>]
48. Tecnología de los Plásticos
[<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03>]
49. Quiminet [<http://www.quiminet.com/articulos/para-que-se-usa-el-dioxido-de-titanio-5346.htm>]
50. Tecnología del Plástico [<http://www.plastico.com/temas>]
51. Centro Artículo [<http://centrodeartigo.com/articulos-utiles>]
52. Arias et al. “Determinación de Aditivos Antioxidantes Irganox 1010 e Irgafos 168 en Muestras de Polipropileno de Gado Intección por HPLC. Revista Iberoamericana de Polímeros”. Volumen 13(6). 2013
53. Kadion [<http://www.kadion.com/noticias>]

54. Mendoza, A. "Evaluación de Compuestos de Polipropileno y Carbonato de Calcio para aplicaciones Industriales".pp. 61-69. 2011
55. Petroken, "Hoja Técnica Petroken S.A. HY 6100". 2009
56. Tecnología de los Plásticos
[<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/>]
57. Zhong Peng Machinery [<http://www.plastic-extrusionline.com>]
58. Escuela de Ingenierías Industriales [<http://www.eis.uva.es>]
59. Baca, Gabriel. Evaluación de Proyectos. 5ta Edición. McGraw-Hill, 2006
60. PRO Ecuador [<http://www.proecuador.gob.ec/sector7/>]
61. Arlington Machinery [www.arlingtonmachinery.com/equipments]
62. Husky Machinery [www.husky.co/EN-US/Hylectric-overview.aspx]
63. Asian Plastic Machinery [<http://tw100073833.fm.alibaba.com/product>]
64. Sapag, N. "Proyectos de Inversión Formulación y Evaluación". 2da Edición. Pearson, 2011
65. Pichardo, R. "Sistema de Inyección con Colada Caliente Aplicado en la Industria del Plástico Como Herramienta de Competitividad", 2006
66. Shenyin Machinery [http://es.made-in-china.com/co_ribbonblender]
67. Molinos Y mezcladoras [<http://ww2.molinosmezcladoras.com>]
68. Polytech [<http://spanish.plasticsheetextruder.com>]
69. Zhong Peng [<http://www.plastic-extrusionline.com>]
70. Rapid [<http://www.rapidgranulator.com/>]

71. Cumberland [<http://www.cumberland-plastics.com>]
72. Shuen Li Machinery [<http://www.taiwantrade.com.tw/EP/resources>]
73. Zerma [<http://www.zerma.com.au/brochures/ZIS.pdf>]
74. Ecochillers Inc. [<http://www.ecochillers.com/Que-es-un-Chiller>]
75. Scrib [<http://es.scribd.com/doc/69498599>]
76. EcoGreen [<http://www.ecochillers.net>]
77. YORK, Manual " Air-Cooled" Scroll Chillers Style C 13-130 TON"
78. TLV [<http://www.tlv.com/global/LA/calculator>]
79. TACO [http://www.taco-hvac.com/en/wizard_pumps.html]
80. Ramirez et al. "Sistema de producción y Transporte de Aire Comprimido". Colombia.2008
81. KAESER [http://us.kaeser.com/Products_and_Solutions]
82. INATRA [<http://www.inatra.com>]
83. OLX (Montacargas) [<http://generalantonioelizalde.olx.com.ec>]
84. OLX (Transpaleta) [<http://guayaquil.olx.com.ec>]
85. RICELAKE [<http://www.ricelake.com/docs/prodinfo/Manuals>]
86. SANDE [<http://www.sande.cl/files/catalogos>]
87. Banco Central del Ecuador. "Evolución del Volumen de Crédito y Tasas de Interés, Análisis del Sistema Financiero Público y Privado del Ecuador". 2014
88. Racines, L. Presentación: "Estudio para la Creación de una Empresa que Preste el Servicio de Estampación Textil con Impresión Digital

Directa a Pequeñas y Medianas Empresas de las Provincias de Pichincha e Imbabura". ESPE. Pp. 61-62. 2011

89. Banco Central del Ecuador (Indicadores Económicos)
[<http://www.bce.fin.ec/index.php/indicadores-economicos>]