ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Diseño de un sistema para Despaletizar botellas"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

David Ricardo Álvarez Marín

GUAYAQUIL – ECUADOR

2011

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que ayudaron de alguna u otra forma a realizar este proyecto de graduación, en especial al Ing. Ernesto Martínez, Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme y guiarme siempre, a mis padres, y a mis hermanos Fernando y Janeth por su infinito amor y comprensión.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
PRESIDENTE DE LA FIMCP

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

_____

David Ricardo Álvarez Marín

RESUMEN

En este trabajo se diseñó un sistema despaletizador semi-automático de botellas de cerveza de 225 cm^3 con el fin de abastecer la alta demanda en el mercado nacional. La empresa cervecera lanzará una nueva presentación del producto debido a que la competencia ya esta en el mercado consumidor.

El principal problema de comprar un despaletizador en el exterior, es el alto costo tanto de la importación como del mantenimiento ya que las piezas son importadas, y requiere de mucho tiempo de espera para obtener el sistema y luego para su montaje. Por ello se requiere la construcción de un despaletizador sencillo, fácil de operar, aprovechando materiales, partes y elementos que se pueden encontrar en la bodega de esta empresa cervecera y en el medio para de esa manera reducir estos costos de importación y ayudar al crecimiento de la industria dentro del país.

En base a los mecanismos conocidos se planteó un diseño tanto de la estructura como del movimiento mediante moto-reductores, piñones, cadenas y selección de cojinetes que son fáciles de construir, adquirir y también para su posterior mantenimiento. Esta máquina fue construida aquí en la ciudad de Guayaquil por la cual contribuirá a la economía, producción y desarrollo industrial siendo fabricada en un taller metalmecánico. De esta

manera se evita el envío de divisas al exterior creando nuevas fuentes de empleo.

Para este diseño se consideraron factores primordiales como el tamaño y peso de la botella que se encuentra actualmente en el mercado nacional. Además de esto se consideró la producción deseada por parte del cliente con el cual se partirá el diseño.

Se espera que con esta tesis se pueda cumplir con los requerimientos tanto de capacidad de producción para el mercado como del cliente. Al final de la tesis se presentan planos de su diseño y construcción, su planificación, y un análisis de costo para su fabricación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN……. II

ÍNDICE GENERAL…… IV

ÍNDICE DE ABREVIATURAS……. XI

SIMBOLOGÍA……. XII

ÍNDICE DE FIGURAS…….. XIV

ÍNDICE DE TABLAS……. XV

ÍNDICE DE PLANOS……. XVI

INTRODUCCIÓN…… 1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES…… 4

1.1. Descripción del Proceso…… 5

1.2. Definición del Proyecto……. 8

1.3. Importancia y Justificación…… 8

1.4. Alternativas de Solución…… 10

1.4.1. Comprar el Despaletizador de botellas al granel…….. 10

1.4.2. Diseño y Construcción del Despaletizador…….. 11

1.5. Selección de la Alternativa…… 11

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE DESPALETIZADO …… 13

2.1. Parámetros de Diseño ……. 13

2.2. Diseño de Forma …….. 14

2.3. Partes Constitutivas del Sistema…… 15

2.4. Selección de Transporte…….. 23

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL DESPALETIZADOR…… 25

3.1. Diseño del Sistema de Barrido…… 26

3.2. Diseño del Sistema de Elevación …….. 52

3.3. Diseño del Sistema de Recolección del palet vacío..……. 66

3.4. Diseño Estructural…… 68

3.5. Selección del Material……..... 71

3.6. Selección de los Motores……. 72

3.7. Selección de los Rodamiento…….. 59

CAPÍTULO 4

4. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN…… 75

4.1. Diagrama de Gantt……..... 75

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE COSTOS……. 81

5.1. Costos de Materiales……..... 81

5.2. Costos de Mano de Obra……. 83

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…… 84

6.1. Conclusiones……... 84

6.2. Recomendaciones…….. 85

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
°	Grados
gr	Gramo
Horas	Horas
J	Joule
J / seg	Joule Por Segundo
K Watts	Kilo Vatios
Kg m^2	Kilogramo Metro Cuadrado
Kg/m^3	Kilogramo Por Metro Cubico
Kg	Kilogramos
Psi	Libra Por Pulgada Cuadrada
Lb in	Libra Pulgada
Lb	Libras
MPa	Mega Pascales
m	Metro
m^4	Metro A La Cuarta
m^2	Metro Cuadrado
m^3	Metro Cubico
m/seg	Metros Por Segundo
m/seg^2	Metros Por Segundo Al Cuadrado
mm	Milímetro
N	Newton
Nm.	Newton Metro
N/m	Newton Por Metro
N seg/m	Newton Segundo Por Metro
Pa	Pascales
ft	Pie
fpm	Pies Por Minutos
In^{-1}	Pulgada A La Menos 1
in	Pulgadas
in^2	Pulgadas Al Cuadrado
Rad	Radianes
Rad / seg	Radianes Por Segundo
Rad / seg^2	Radianes Por Segundo Cuadrado
rpm	Revoluciones Por Minuto
Seg	Segundos
Watts	Vatios

SIMBOLOGÍA

h	Altura
b	Ancho De Sección Transversal
θ	Ángulo.
A	Área
C_r	Carga Dinámica Equivalente Para Rodamientos Radiales
μ	Coeficiente De Fricción Dinámico.
δ	Densidad
d	Diámetro
c	Distancia Desde Eje Centroidal A Extremo
ε	Eficiencia
σ_a	Esfuerzo De Flexión Alterno
σ_m	Esfuerzo De Flexión Medio
τ	Esfuerzo Producido Por Cortante
σ	Esfuerzo Producido Por Flexión
σ'	Esfuerzo Von Misses
e	Espesor
n	Factor De Seguridad
F	Fuerza
F_a	Fuerza Axial
P_{cr}	Fuerza Crítica De Columna
F’	Fuerza Primaria Debido a Cortante
F’’	Fuerza Secundaria Debido a Par Torsional
$R1, R2$	Fuerzas De Reacción En Apoyos
g	Gravedad
S_{sy}	Límite De Fluencia Elástico al Cortante
S_e	Límite De Resistencia a La Fatiga Corregido
S_e’	Límite De Resistencia a La Fatiga Sin Corregir
S_y	Límite Elástico a Tensión
L	Longitud
L_{eff}	Longitud Efectiva De Columna
m	Masa
E	Modulo De Elasticidad
M	Momento
I_z	Momento De Inercia Con Respecto Al Eje *Z*
Pot	Potencia
r	Radio
R_{atio}	Relación De Velocidades.
t	Tiempo
T	Torque

V	Velocidad
ω	Velocidad De Rotación O R.P.M.
L_{10h}	Vida Nominal Básica a 10 Revoluciones
V	Volumen

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Uso de las botellas y sus diferentes contenidos..... 4
Figura 1.2. Transporte Hacia la Fábrica..... 5
Figura 1.3. Materia Prima para la máquina despaletizadora..... 10
Figura 2.1. Diseño de Forma del Despaletizador..... 15
Figura 2.2. Vista Isométrica del Sistema de Alimentación..... 16
Figura 2.3. Vista frontal del sistema de alimentación..... 17
Figura 2.4. Sistema de elevación del Pallet..... 18
Figura 2.5. Vista Isométrica del Sistema de Alimentación de Botellas. 20
Figura 2.6. Vista del Sistema de Alimentación..... 20
Figura 2.7. Vista frontal del sistema de alimentación..... 21
Figura 2.8. Vista Isométrica del Sistema de Recolección Palets..... 22
Figura 3.1. Arreglo por fila de las botellas al granel..... 27
Figura 3.1.1. D.C.L. por cada fila de botellas..... 35
Figura 3.1.2. Viga para sistema de arrastre..... 37
Figura 3.1.3. Sección transversal de viga para sistema de arrastre..... 37
Figura 3.1.4 D.C.L. Diagrama de la viga de la compuerta..... 38
Figura 3.1.5 Diagrama de fuerza cortante y momento flector..... 39
Figura 3.1.6. Sección del perfil..... 45
Figura 3.1.7 D.C.L. Correa G..... 51
Figura 3.1.8 Diagrama de fuerza cortante y momento flector
En carrilera..... 52
Figura 3.1.9 Columnas para Sistema Neumático..... 55
Figura 3.2.1 Vista Isométrica Sistema de elevación pallets..... 59
Figura 3.2.4 Vista superior Sistema de elevación de pallets..... 55
Figura 3.2.5 Diagrama de viga..... 60
Figura 3.2.6 Diagrama de Fuerza y Momentos..... 61
Figura 3.2.7 Columna del Sistema de elevación..... 63
Figura 3.2.8 Vista de Sección de la viga Seleccionada..... 64
Figura 3.3.1 Vista Isométrica del Sistema de Recolección de palets..... 67
Figura 3.3.2 Sección del brazo..... 72
Figura 3.3.3 Diagrama de Fuerzas para el brazo..... 72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Matriz de decisiones…….……..	12
Tabla 2.1.	Materiales Seleccionados para el Sistema de Alimentación de palets.…….….	27
Tabla 3.2.1	Nomenclatura Neumática……..	30
Tabla 3.2.2	Nomenclatura Eléctrica……..	33
Tabla 3.2.3	Características del Motoreductor Barrido Neumático……	39
Tabla 3.3	Características del Motoreductor……..	41
Tabla 5.1.	Costo de Materiales del Sistema Despaletizador……..	83
Tabla 5.2	Costo Total del Sistema Despaletizador…….	83

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 3.1 Sistema neumático para compuertas
Plano 3.2 Plano de sistema electro-neumático para compuertas
Plano A/1 Sistema de Alimentación de Pallets - Vista Isométrica
Plano A/1.1 Sistema de Alimentación de Pallets - Planos de Proyección
Plano A/1.2 Sistema de Alimentación de Pallets - Topes para Montacargas
Plano A/1.3 Sistema de Alimentación de Pallets - Rodillos para transporte
Plano A/1.4 Sistema de Alimentación de Pallets - Bases de regulación
Plano B/2 Sistema de Elevación de Pallets - Vista Isométrica
Plano B/2.1 Sistema de Elevación de Pallets - Planos de Proyección
Plano B/2.2 Sistema de Elevación de Pallets - Cuadro para elevación
Plano B/2.3 Sistema de Elevación de Pallets - Bases de regulación
Plano C/3 Sistema de Barrido - Vista Isométrica
Plano C/3.1 Sistema de Barrido - Vista Frontal
Plano C/3.2 Sistema de Barrido - Estructura para soporte de cilindros
Plano D/4 Sistema de Recolección de Pallets vacíos - Vista Isométrica
Plano D/4.1 Sistema de Recolección de Pallets vacíos - Planos de proyección
Plano D/4.2 Sistema de Recolección de Pallets vacíos - Brazos para recolección
Plano E/5 Escalera de acceso - Vista Isométrica
Plano E/5.1 Escalera de acceso - Planos de proyección
Plano F/6 Sistema Despaletizador de Botellas - Vista Isométrica
Plano F/6 Sistema Despaletizador de Botellas - Planos de proyección

INTRODUCCIÓN

El objetivo general de esta tesis es diseñar un sistema despaletizador para botellas al granel para la compañía Cervecera, que permita que las botellas recibidas de parte del fabricante de botellas y que se reciben en pallets, pasen directamente a la línea de embotellado sin ser encajonadas, reduciendo costos tanto en la mano de obra como en el tiempo empleado en el proceso.

Con la necesidad de mantenerse en el mercado esta compañía lanzo al mercado un nuevo formato de su producto (cerveza) debido a que la competencia introdujo una presentación similar, por lo que se presentaron problemas al realizar el embotellado de este envase debido a la cantidad de envases requeridos, es decir el número de botellas por hora hacia la línea de producción. Para satisfacer este requerimiento se necesitan de muchas personas y de mucho tiempo para colocar las botellas de este nuevo envase en la línea de embotellado.

La presente tesis demuestra la viabilidad tanto técnica, como económica y financiera de la construcción de un sistema despaletizador con materiales, partes y elementos, que podamos encontrar en el mercado nacional para así disminuir los costos de las importaciones de cada pieza y el tiempo que

requiere para posteriores repuestos o mantenimientos. Esta tesis ha sido dividida en 6 capítulos.

En el Primer Capítulo se introduce en breve la descripción del proceso de embotellado y las alternativas de solución al presente problema.
Se seleccionará la mejor alternativa en base a parámetros definidos previamente.

En el Segundo Capítulo se detallan los parámetros a considerar para el diseño del sistema de despaletizado. Se plantea un diseño de forma elegido por el autor de esta tesis y aprobado por el Director de la misma y se explica cada parte que constituye todo el sistema. Luego se selecciona los materiales para el transporte, en base a lo que actualmente posee en su bodega la compañía Cervecera.

En el Tercer Capítulo se presenta el Diseño del Sistema para Despaletizar botellas, cálculos de su estructura, componentes, sistema de transmisión de potencia, selección de sus partes y materiales.

En el Cuarto Capítulo se explica y se plantea una planificación en detalle para cada una de sus secciones para la construcción de este sistema aplicando el diagrama de Gantt.

En el Quinto Capítulo se presentan los costos estimados tanto de los materiales, de diseño y mano de obra para la fabricación de todo el sistema.

En el Sexto Capítulo se mencionan las conclusiones y recomendaciones para el diseño y posterior uso de este sistema.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

Las máquinas de despaletizado son muy importantes en la industria del envasado y producción en línea de botellas de bebidas como agua, gaseosas, jugos, bebidas energizantes y licores (Figura 1.1).

FIGURA 1.1 USO DE LAS BOTELLAS Y SUS DIFERENTES CONTENIDOS

Para esto se requiere un proceso semi-automatizado o completamente automatizado pues de otra forma los costos de estas bebidas serían elevados para ser pagados por el consumidor final. El tipo de máquina que

se utiliza varía dependiendo del material de la botella y la capacidad de producción que el cliente requiere en acorde a la demanda en el mercado.

Actualmente todas las industrias más importantes del mundo de producción de bebidas, cuentan con sistemas semi-automáticos, automáticos o robotizados tanto para su despaletizado como su envasado y embalaje del producto. De esta manera reducen sus costos en mano de obra y aumentan su producción ya que las máquinas realizan el trabajo autónomamente.

1.1 Descripción del Proceso

El proceso comienza con el transporte de los pallets hacia la planta mediante un camión que los lleva al lugar de destino. Figura 1.2

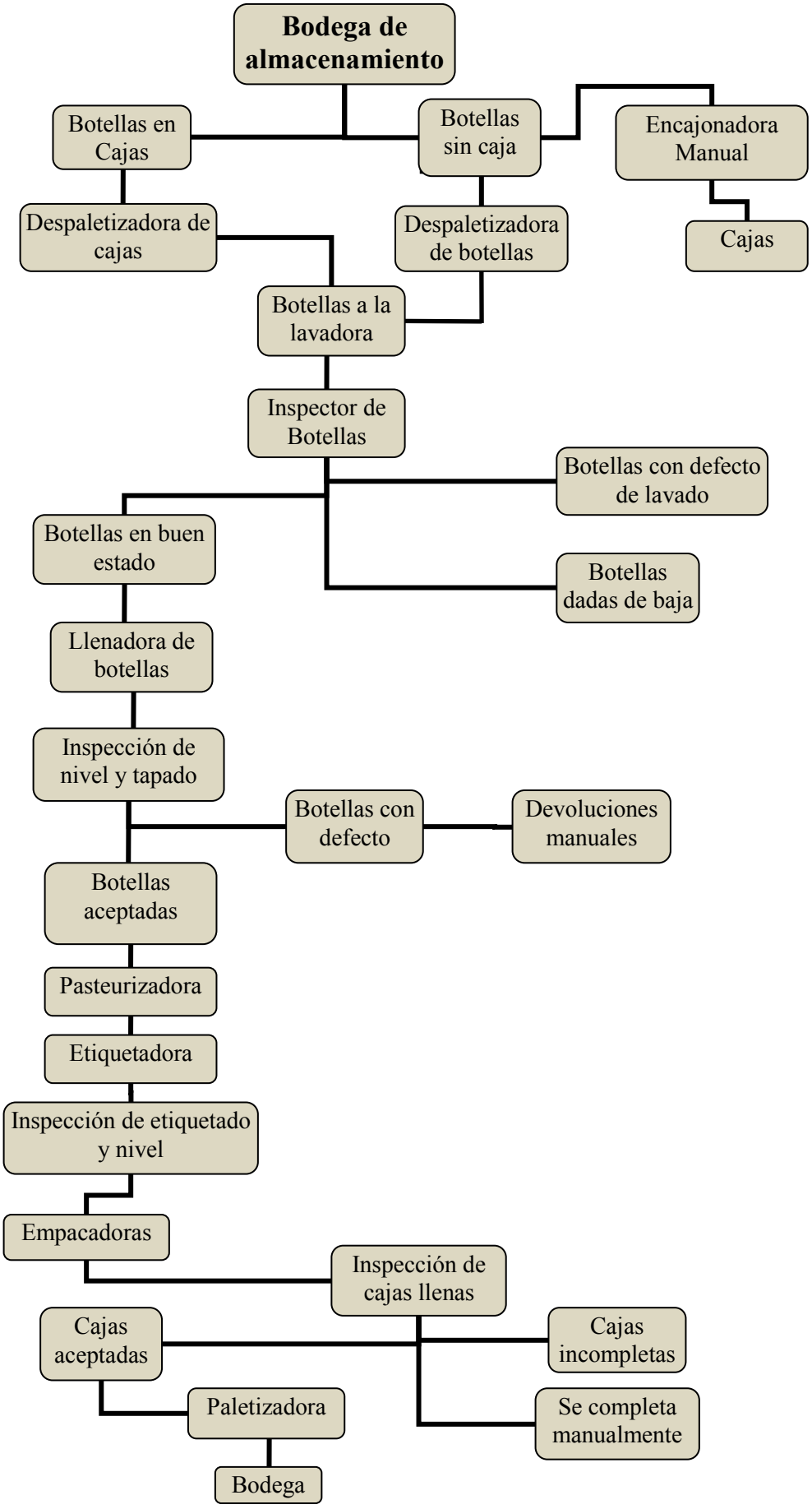
FIGURA 1.2 TRANSPORTE HACIA LA FÁBRICA

Luego un montacargas traslada la carga al área de bodega de almacenamiento. En este lugar utilizando montacargas se encarga

de llevar las botellas al granel paletizadas hacia la línea de alimentación para la lavadora de botellas. Este procedimiento de alimentación se lo hace de forma manual por lo que se requiere de muchas personas y de mucho tiempo para despaletizar tan solo un palet. Luego de ser lavadas las botellas pasan por un equipo de inspección que clasifica las botellas en buen estado del mal estado o con defectos.

El siguiente paso es el llenado de la botellas, seguido se realiza una inspección del nivel de llenado. Pasa a la pasteurizadora y luego a la etiquetadora para posteriormente empacarlas y paletizarlas.

Mediante el siguiente diagrama esquemático se explica de una mejor manera el proceso dentro de la planta.


Bodega de almacenamiento
Botellas en Cajas
Botellas sin caja
Encajonadora Manual
Despaletizadora de cajas
Despaletizadora de botellas
Cajas
Botellas a la lavadora
Inspector de Botellas
Botellas con defecto de lavado
Botellas en buen estado
Botellas dadas de baja
Llenadora de botellas
Inspección de nivel y tapado
Botellas con defecto
Devoluciones manuales
Botellas aceptadas
Pasteurizadora
Etiquetadora
Inspección de etiquetado y nivel
Empacadoras
Inspección de cajas llenas
Cajas aceptadas
Cajas incompletas
Paletizadora
Se completa manualmente
Bodega

1.2 Definición Del Proyecto

El proyecto que se presenta a continuación, tiene como objetivo diseñar un sistema de despaletizado para botellas al granel. El problema radica en que se requiere un proceso semi-automático para la alimentación de botellas de 225cm^3 de capacidad, a una línea ya existente debido a que actualmente se realiza este proceso de despaletizado y encajonado pero de forma manual por lo que se requiere reducción de costos tanto en la mano de obra como en el tiempo empleado por botella paletizada.

Adicionalmente otro problema radica en que este tipo de máquinas son construidas en el exterior por lo que su importación, instalación, puesta a punto y posteriores mantenimientos son muy costosos tanto por el tiempo de espera como en el precio de transportación y los impuestos de desaduanización.

Hasta ahora no existe un proveedor de este tipo de máquinas a nivel nacional la cual facilitaría la demanda del cliente.

1.3 Importancia y Justificación

En el año 2000 se instala una nueva empresa cervecera en nuestro país debido al gran crecimiento en el consumo de este producto que

según los datos de la CCN (Compañía de Cervecerías Nacionales), desde 1983 hasta el 2003, el promedio de consumo de cerveza anual por persona fue de 28 litros, cifra muy baja si la se la compara con la de Francia (41 litros por habitante), los Estados Unidos (64 litros), Suiza (77 litros), Dinamarca e Inglaterra (90 litros cada uno).

Con esto se prueba que el consumo de cervezas a nivel nacional va en aumento en acorde al crecimiento demográfico, por lo que se requerirá posteriormente ampliaciones en la planta de producción y por ende, la utilización de este tipo de máquinas automáticas o semi-automáticas.

El producto recibido por la máquina es un conjunto de botellas en un pallet, y tiene un peso aproximado de 1ton. Este producto viene sellado con una capa de plástico (Figura 1.3) la cual debe ser retirada manualmente antes de ingresar al sistema.

FIGURA 1.3 MATERIA PRIMA PARA LA MÁQUINA DESPALETIZADORA

1.4 Alternativas de Solución

Entre las alternativas que se plantean es la adquisición del mecanismo en el exterior o su fabricación en un taller de metalmecánica en el país acorde a la producción necesaria de botellas por hora requeridas por el cliente. También se hará una comparación con el sistema actual que tiene la empresa, esto es, el sistema de encajonado manual.

1.4.1 Comprar el Mecanismo

El precio de este mecanismo despaletizador tiene un costo que oscila desde los 52.000€ para una capacidad de 2000 botellas por hora es decir desde los $ 68.500 que no incluyen los costos de desaduanización, instalación y puesta

punto del mecanismo. El costo total del mecanismo traído e instalado para la producción requerida por el cliente sería de $ 120.000

1.4.2 Diseño y Construcción del Despaletizador

Este mecanismo producido en el país con los materiales que se tienen al alcance tanto para su realización y para su mantenimiento debe tener un costo de $ 45000 ya que son materiales que se pueden encontrar en el mercado, tanto como para su estructura, fabricación de engranajes, rodamientos, rodillos, motores y controles eléctricos.

1.5 Selección de la Alternativa

La elección de la mejor alternativa se la hará mediante una Matriz de decisiones que se detalla a continuación en la siguiente Tabla 1.1

Factores	*Económico*		*Mantenimiento*		*Tiempo de realización*		*Tiempo de Operación*		*RESULTADO*
Pesos	8		6		8		8		
Manualmente	1	8	3	18	3	24	1	8	**58**
Importación de la máquina	1	8	2	12	1	8	3	24	**52**
Producción Nacional	**3**	**24**	**3**	**18**	**2**	**16**	**3**	**24**	**82**

TABLA 1.1 MATRIZ DE DECISIONES

Según los resultados de la matriz de decisión, se selecciona la alternativa de producción nacional de la máquina.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE DESPALETIZADO

Las máquinas de despaletizado son muy importantes en la industria de las bebidas por lo que el diseño de esta máquina será en base de los requerimientos del cliente en acorde a la demanda del producto ya lanzado al mercado.

2.1 Parámetros de Diseño

Una vez hecho el requerimiento, para nuestro diseño se consideran los siguientes factores:

- *Capacidad de la Máquina*: Nuestra máquina a diseñar se requiere una alimentación de 45.000 botellas por hora a la línea de producción.
- *Dimensiones y peso del pallet:* El pallet que contiene las botellas recibidas de la fábrica de botellas de vidrio, que es la materia prima para la máquina, viene con un forro de plástico y sujetado con amarres o zunchos. Su base es de 1.00 m x 1.20 m y de altura 1.90 m. Tiene diez pisos de botellas y en cada uno hay 233 botellas. El peso de este es

de 480 Kg y hacen un total de 2330 botellas en todo el pallet.

- *Tipo de ensamblaje*: El ensamblaje a utilizar es de tipo desmontable, es decir empernada, ya que es de fácil y rápido montaje para posteriores mantenimientos.
- *Seguridad y protección del producto*: Debido a que el producto con el cual se trabajará son botellas de vidrio al granel, se debe considerar en el diseño su fragilidad para no estropearlo.

2.2 Diseño de Forma

Una vez considerando los parámetros, se hace el diseño de forma de la máquina acorde a la disponibilidad de área donde va a estar ubicada. En la siguiente Figura 2.1 se muestran sus partes que constituyen todo el sistema.

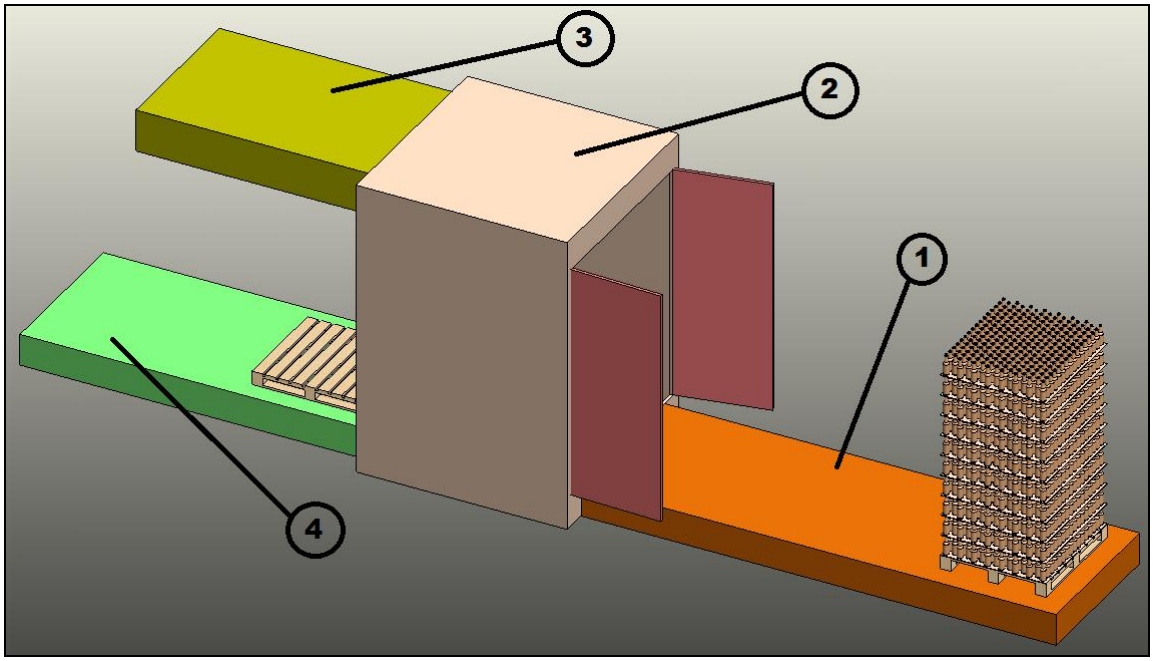


FIGURA 2.1 DISEÑO DE FORMA DEL DESPALETIZADOR

2.3 Partes Constitutivas del Sistema

El despaletizador se compone de las siguientes secciones que se explican las acciones de cada una:

- Alimentación de las Botellas en Pallets (1).
- Elevación del Pallet (2).
- Barrido de las Botellas (3).
- Recolección del Palet vacío (4).

Alimentación de las botellas paletizadas: esta es la parte inicial del proceso que comprende la base con rodillos donde se va a

transportar el pallet, los piñones y cadenas con las cuales estarán conectados los rodillos y el sensor para detener o avanzar para alimentar a la máquina según su estado de ocupación.

En la figura 2.2 y figura 2.3, se detallan los componentes del sistema de alimentación de las botellas paletizadas a la máquina con su sensor para detectar y controlar el paso del pallet, soportes para direccionar y centrar el palet hacia el sistema de elevación.

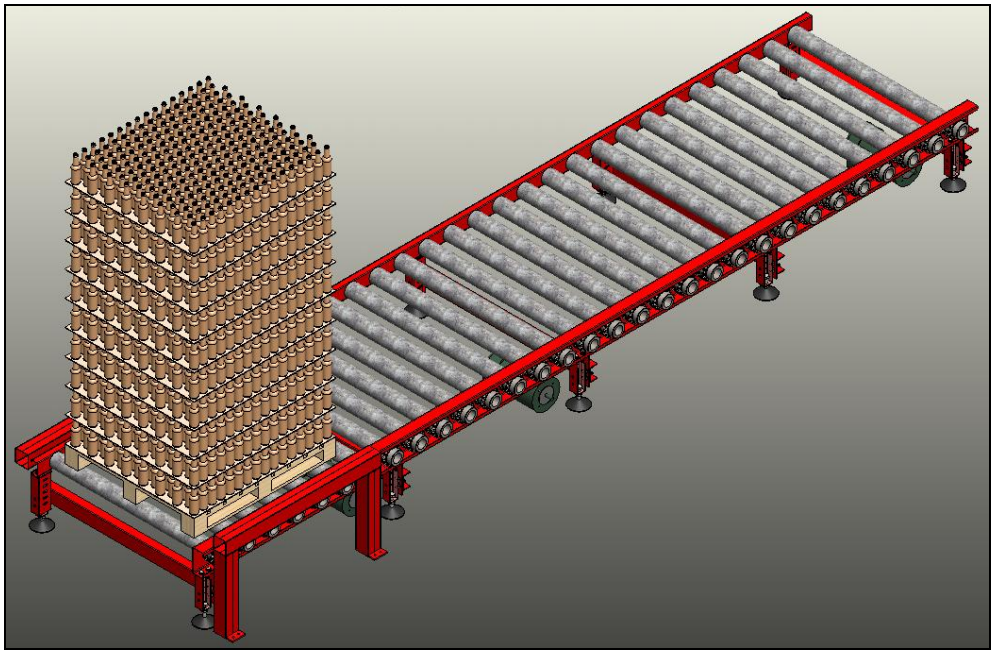


FIGURA 2.2 VISTA ISOMÉTRICA DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

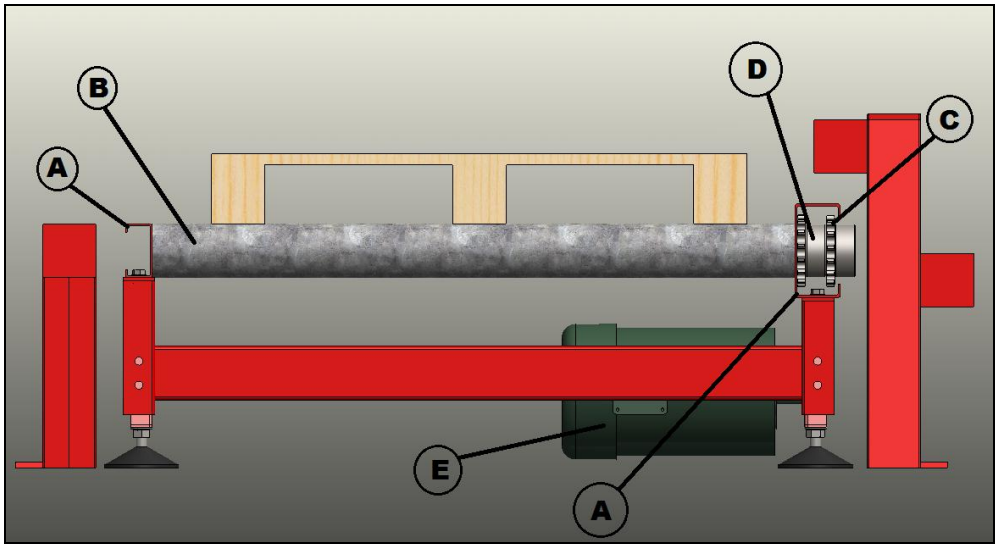


FIGURA 2.3 VISTA FRONTAL DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

En la vista frontal se pueden observar las partes del Sistema de Alimentación que son las siguientes:

A. Perfiles en G

B. Rodillos Transportadores

C. Cadenas de Transmisión

D. Piñones

E. Motoreductor

Elevación del Palet: A continuación, se eleva fila por fila del palet con las botellas. El palet se eleva a medida que cada piso de botellas es empujado hacia la línea de producción, se retira el cartón que separa cada fila de botellas y luego de retirar todas las botellas, el palet

vacío desciende e ingresa a una zona de acumulación donde se almacenarán temporalmente hasta ser retirados por el monta-carga.

En la siguiente figura 2.4 se muestra con detalles el sistema de elevación con sus partes. Este sistema requiere de mucha precisión, rapidez y cuidado para el producto.

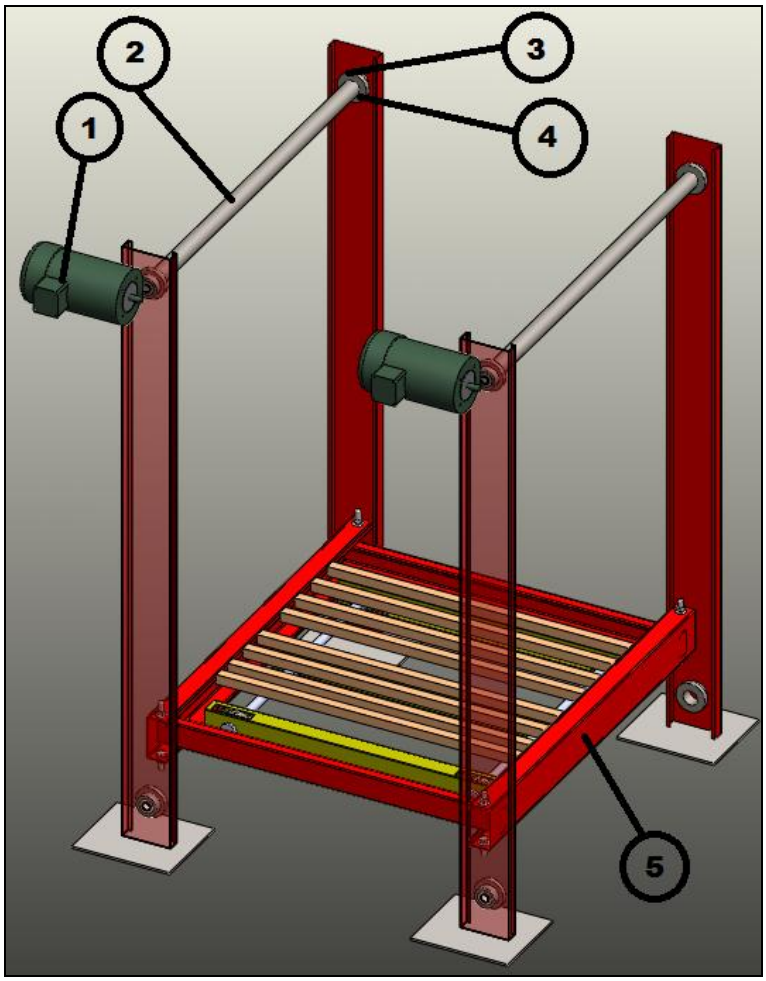


FIGURA 2.4 SISTEMA DE ELEVACIÓN DEL PALLET

Las partes que constituyen este sistema son:

1. Motoreductor
2. Eje de transmisión
3. Piñones
4. Cadenas de Transmisión
5. Estructura de elevación

Barrido de las botellas: se empuja cada fila de botellas hacia un transporte. Primero se bajan compuertas accionadas neumáticamente, seguido se lo desliza sobre una superficie para luego soltarlo y descargarlo en el transporte hacia la lavadora.

En las figuras 2.4, 2.5 y 2.6 se muestra el sistema de alimentación de las botellas fila por fila a la línea de lavado, con detalles del sistema neumático de empuje.

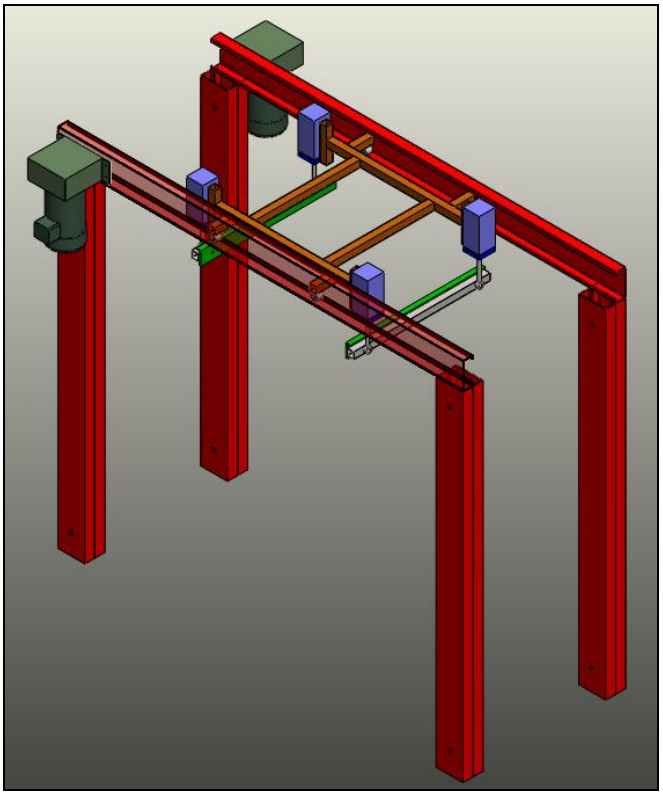


FIGURA 2.5 VISTA ISOMÉTRICA DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE BOTELLAS

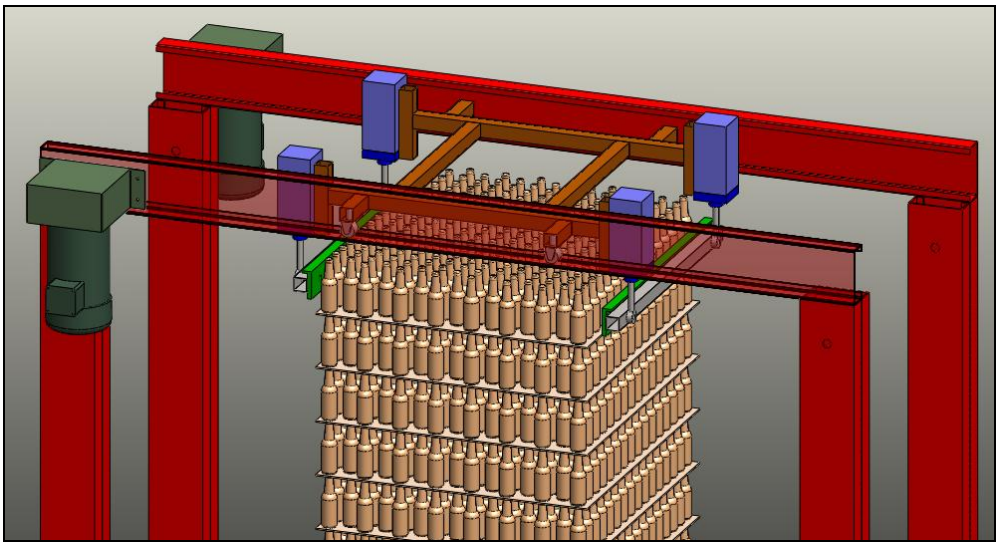


FIGURA 2.6 VISTA DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE BOTELLAS

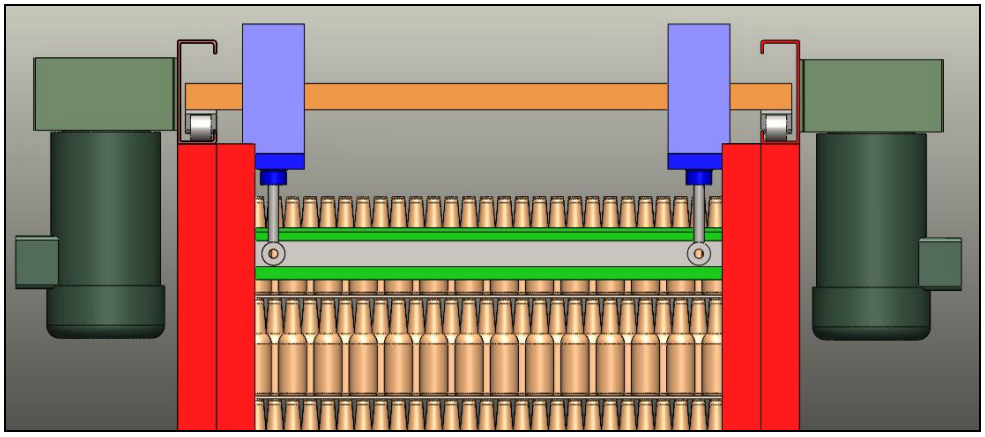


FIGURA 2.7 VISTA FRONTAL

Las partes que constituyen este sistema son:

1. Motoreductores
2. Eje de transmisión
3. Poleas
4. Bandas de Transmisión
5. Estructura de elevación
6. Cilindros neumáticos

Recolección del palet vacío: el almacenamiento de cada palet vacío se lo hace en la parte posterior de la máquina debido al espacio que se tiene para montar el equipo y se los apila para que luego un operador pueda recogerlo con un montacargas.

En la figura 2.6 se muestra la vista isométrica del Sistema de Recolección del pallet vacío.

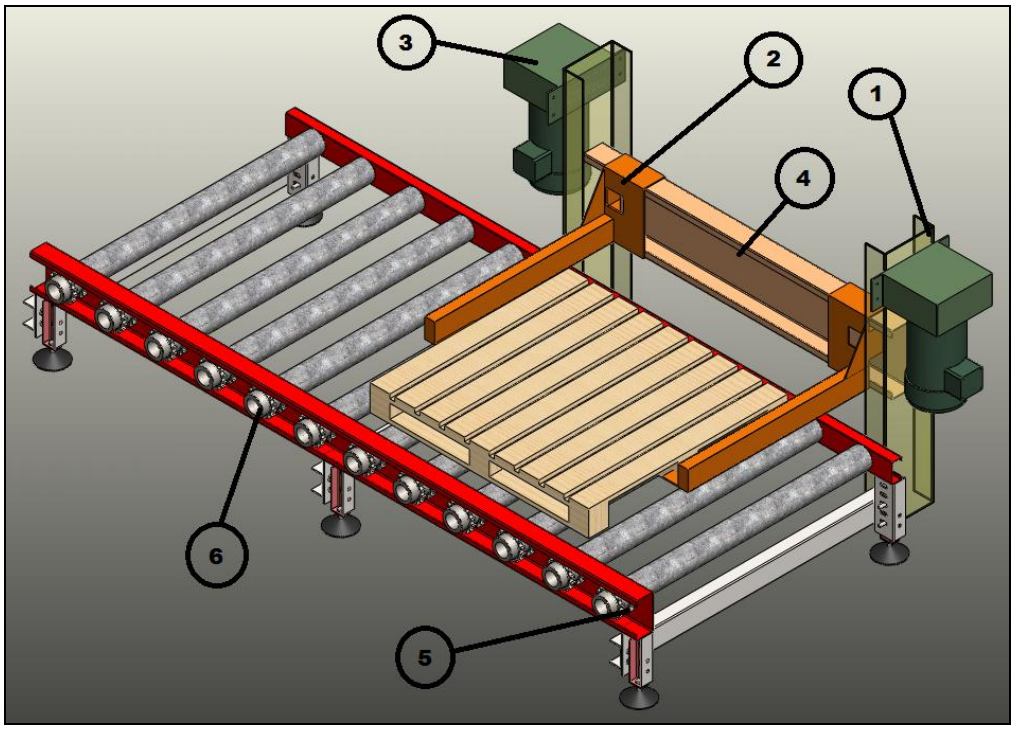


FIGURA 2.6 VISTA ISOMÉTRICA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE PALETS

Las partes que constituyen al sistema son:

1. Vigas soporte
2. Brazos de recolección
3. Motoreductores
4. Viga de alojamiento
5. Transportador del Palet
6. Piñones y Cadenas

2.4 Selección de transporte

Debido a que la empresa posee materiales y repuestos para máquinas ya instaladas en su planta, se procede a seleccionar el tipo de transporte con sus respectivas partes para el ensamble de acuerdo a los materiales que la empresa tiene actualmente en bodega para así disminuir los costos y tiempo en futuros mantenimientos.

La carga a transportar por cada pallet es de 480 Kg, los cuales se repartirán en los rodillos donde se asentarán para su transporte. Los rodillos seleccionados son tubos galvanizados debido a su protección contra la corrosión y libre de mantenimiento. Estos rodillos estarán asentados en dos perfiles estructurales G, que contendrán a los piñones y cadenas que impulsarán el palet hacia la alimentación del despaletizador.

Los materiales a usarse tales como, las cadenas con su respectivo piñón, tubos soportes, ejes y el moto-reductor seleccionados se darán en la tabla 2.1

Material	Dimensiones / Especificaciones
Perfil G	100 x 50 x 15 x 3 mm
Perfil G	175 x 85 x 25 x 4 mm
Tubos Galvanizados	Φ3'' x 3mm e
Cadenas	No. 50
Piñones	Norma ANSI 50 tipo B 20 Dientes
Motor	1200 rpm 1 ½ HP Frame 182 TC Trifásico 208-230/ 460 Volt TEFC
Reductor	Input 1200 rpm Output 35 rpm Input Power 1.5 HP Frame 180 TC Ratio 33.5
Eje	38.1 mm x 200 mm
Pernos	M14

TABLA 2.1 MATERIALES SELECCIONADOS PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL PALET

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL DESPALETIZADOR

Como se mencionó en el capitulo anterior, el despaletizador se lo divide en varias partes que a continuación se verá su diseño, cargas que soporta y factores a calcular.

La cantidad de botellas a despaletizar es de 45.000 botellas por hora. Como cada pallet tiene 2330 botellas, entonces se tienen que vaciar 19 pallets por hora. Con estos valores se calcula el tiempo necesario y velocidad que debe de tener cada una de las partes para cumplir con los requerimientos del cliente.

Calculando estos valores se tiene que, la máquina despaletizadora debe demorarse 3 min 9 seg por cada pallet, esto incluye el ingreso del pallet al sistema de elevación, barrido de cada fila, descenso del pallet vacío y retiro del sistema.

3.1 Diseño del Sistema de Barrido

Una vez hecho el requerimiento, para el diseño del sistema de barrido se condideran los siguientes factores:

- *Peso de cada línea:* Cada línea posee 233 botellas ya que cada botella tiene un peso de 200 g por lo que el peso a transportar seria de 46.6 Kg por línea de barrido
- *Empuje de diseño:* Con la carga que se va a mover se calcula la fuerza mínima necesaria que se debe de tener para empujar las botellas de vidrio al granel.
- *Velocidad de barrido:* Para el cálculo de este valor se toma en cuenta el tiempo que se necesita para mover las botellas que es de 8 segundos por línea, y su desplazamiento es el ancho de cada línea, es decir 1100 mm; por lo que la velocidad que se debe de usar es de 137.5 mm/seg.
- *Velocidad de retorno:* La velocidad de retorno puede ser más rápida que la de barrido pues no posee carga alguna para el mismo desplazamiento de 1100mm y se requiere disminuir el mayor tiempo posible. La velocidad asumida fue de 250mm/seg es decir que el tiempo que tarda en regresar es de 4.4 seg.

El sistema de barrido se compondrá de:

- Sistema neumático para sostener
- Sistema de arrastre mediante banda y polea sincrónicas.

3.1.1 Diseño del Sistema Neumático

Este sistema para sostener las botellas de vidrio al granel se lo hará neumáticamente a manera de compuertas dispuestas en la parte delantera y posterior del movimiento para de esta forma tener una mejor eficiencia en el proceso, por el tiempo empleado en el mismo.

La siguiente figura 3.1 muestra el arreglo de las botellas de vidrio al granel.

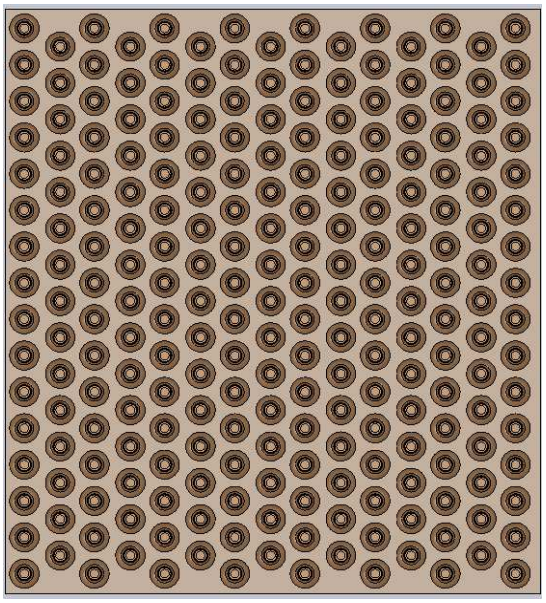


FIGURA 3.1 ARREGLO POR FILA DE LAS BOTELLAS AL GRANEL

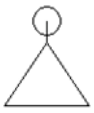
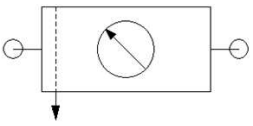
Para la sujeción de estas botellas se necesitan cuatro cilindros neumáticos, dispuestos en par a cada lado de la parte delantera y posterior para elevar y recoger una compuerta que soltará las

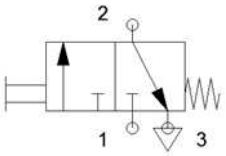
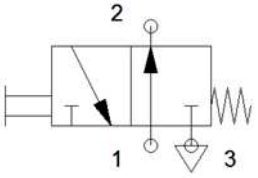
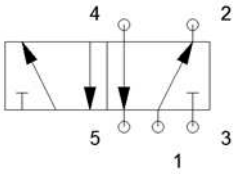
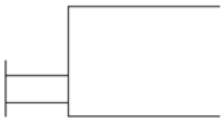
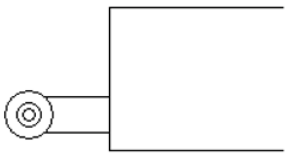
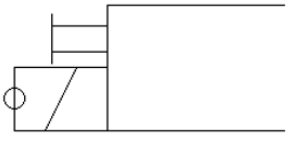
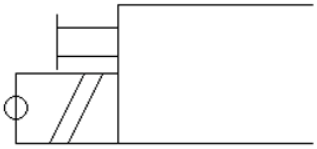
botellas una vez que estén en el transportador de botellas que las llevará hacia la lavadora.

Para el diseño del sistema neumático se considera lo siguiente:

- Dos cilindros por compuerta, dispuestos a manera vertical.
- Dos posiciones de las compuertas: arriba y abajo. Para este caso se usa la nomenclatura S1 y S3 para referir que la posición que están es arriba. Así mismo se usa S2 y S4 para referir a cuando están abajo.
- Se usarán cilindros actuadores de doble efecto por criterio del autor de esta tesis.

La nomenclatura a usarse tanto en la parte neumática como electro-neumática, se la puede ver en la siguiente tabla 3.1.

	Denominación	Símbolo
Elementos de Suministro	Suministro de aire comprimido	
	Unidad de mantenimiento	

Válvulas de vías	Válvula de 3/2 vías (Cerrada)	
	Válvula de 3/2 vías (Abierta)	
	Válvula de 5/2 vías	
Accionamiento de válvulas	Símbolo básico de accionamiento por fuerza física	
	Por Muelle	
	Por Rodillo	
	Electroimán con 1 arrollamiento activo	
	Electroimán con 2 arrollamientos en el mismo sentido	

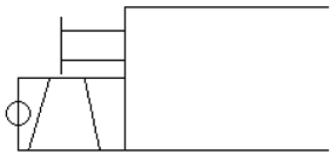
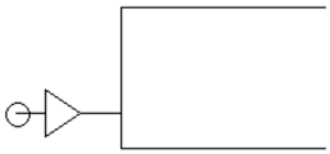
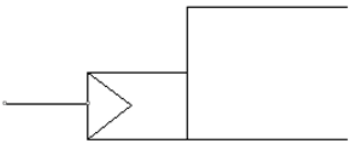
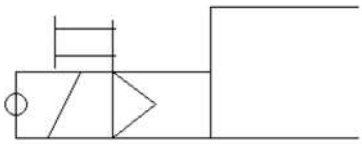
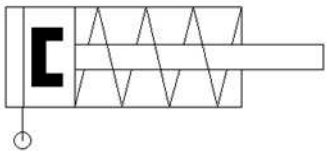
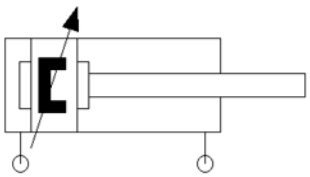
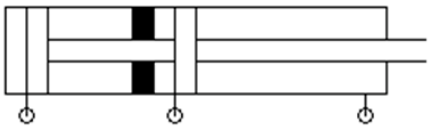
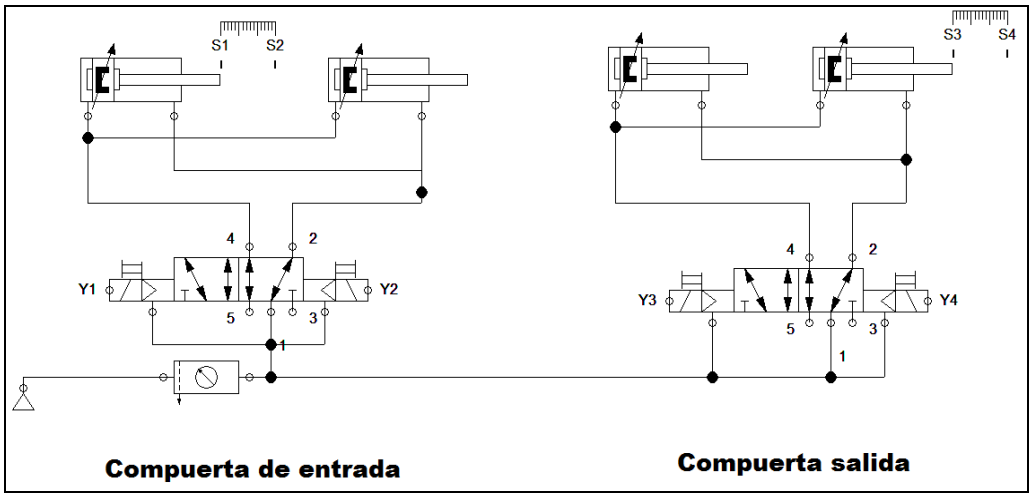
	Electroimán con 2 arrollamientos en sentidos opuestos	
	Por aumento de presión	
	Presión sobre la válvula principal a través de la válvula auxiliar de servo-pilotaje	
	Electroimán y válvula auxiliar de servo-pilotaje	
Actuadores	Cilindro de Simple efecto y recuperación por muelle	
	Cilindro de Doble efecto y un vástago	
	Cilindro de Doble efecto y doble vástago	

TABLA 3.2 NOMENCLATURA NEUMÁTICA

Tomando estas consideraciones se realiza el esquema neumático que hará mover las compuertas necesarias para el sistema.

En el siguiente Plano 3.1 se muestra el diseño del sistema neumático para sostener las botellas de vidrio al granel.



PLANO 3.1. SISTEMA NEUMÁTICO PARA COMPUERTAS

Una vez analizada la parte neumática se procede a realizar la parte electro-neumática para simplificar la cantidad de componentes mecánicos que representan más peso para considerar en el diseño y más que todo mayor mantenimiento.

Para realizar este esquema, se presenta la simbología eléctrica a usarse en este circuito. Esta nomenclatura se la puede observar en la siguiente tabla 3.2

Denominación	Símbolo

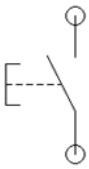
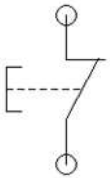
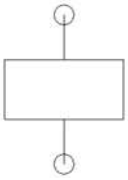
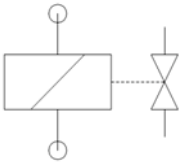
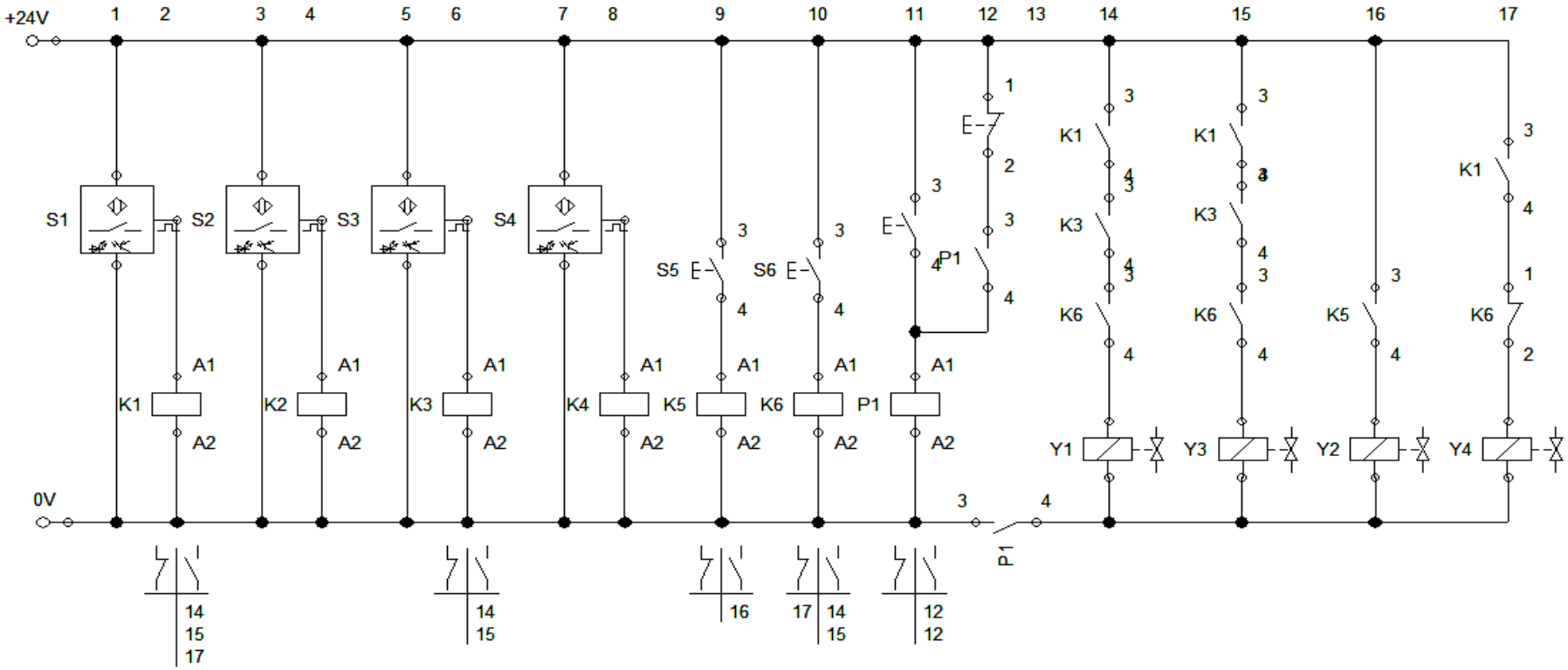
Elementos de Interrupción / Conmutación	Activador, interruptor normalmente abierto	
	Desactivador, interruptor normalmente cerrado	
Interruptores / Conmutadores especiales	Interruptor normalmente abierto (sin recuperación automática)	
	Interruptor normalmente cerrado (sin recuperación automática)	
Interruptores con accionamiento	Pulsador con interruptor normalmente abierto; accionamiento manual presionando	
	Pulsador con interruptor normalmente cerrado; accionamiento manual presionando	
Accionamientos electromecánicos y electromagnéticos	Accionamiento, símbolo general, p.ej. Relé, contactor electromagnético	
	Accionamiento, electromecánico, p.ej. Con indicación de un arrollamiento activo	

TABLA 3.3 NOMENCLATURA ELECTRICA

En el siguiente Plano 3.2 se muestra en detalle el diseño electro-neumático del mecanismo de compuertas.



PLANO 3.2. SISTEMA ELECTRO-NEUMÁTICO PARA COMPUERTAS

3.1.2 Diseño de Sistema de Arrastre

Se procede a calcular la viga que empujará las 233 botellas de la fila. Esta viga, que la empresa posee actualmente en su bodega para otros usos, estará recubierta de un material plástico para no estropear las botellas cuando son empujadas al sistema.

Para el análisis de la viga que de puede ver en la figura 3.1.2, por criterio del autor de esta tesis, se escoge una tubería cuadrada de acero inoxidable de 50 x 50 mm y 2 mm de espesor.

Para calcular la fuerza necesaria para mover el grupo de botellas, se toma en cuenta la fuerza de fricción entre el vidrio y el cartón, el peso de las mismas y la normal. En la siguiente figura 3.1.1 se puede observar un diagrama de cuerpo libre para este análisis.

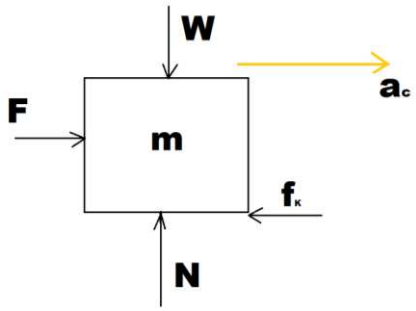


FIGURA 3.1.1 D.C.L. POR CADA FILA DE BOTELLAS

Haciendo una sumatoria de fuerzas y considerando que la velocidad inicial es nula, mientras que la final es la velocidad a la que quiero llegar que es de 0.1375 m/seg, calculada en base a la capacidad de la máquina. Se asume un tiempo de 0.5 seg para alcanzar esa velocidad.

Entonces tenemos lo siguiente:

$$V_f = V_o + at$$

$$0.1375 \, {}^{m}\!/_{seg} = a * (0.5 seg)$$

$$a = 0.275 \, {}^{m}\!/_{seg^2}$$

$$\sum F = m * a$$

$$F - f_k = m * a$$

$$F = f_k + m * a = \mu_k * N + m * a = [0.25 * 457.146N] + \left[46.6Kg * 0.275 \, {}^{m}\!/_{seg^2} \right]$$

$$F = 114.25N + 12.82N$$

$$F = 127.07N$$

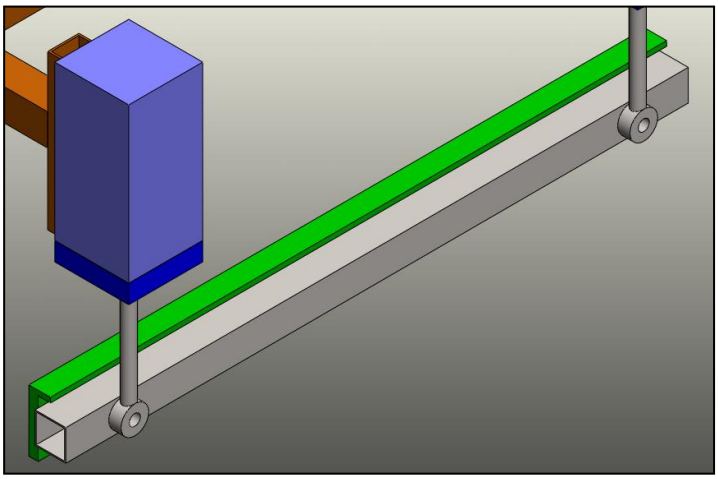


FIGURA 3.1.2 VIGA PARA SISTEMA DE ARRASTRE

Entonces como datos para analizar la viga, se tiene lo siguiente:

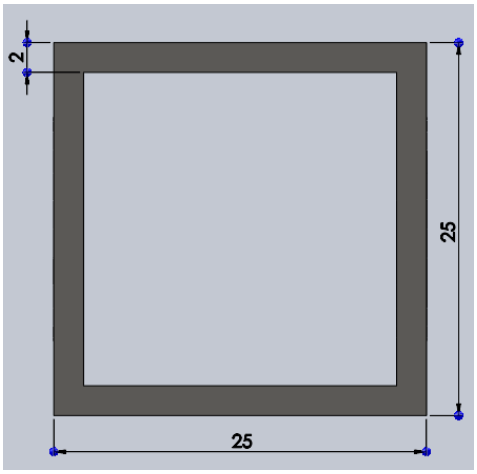


FIGURA 3.1.3 SECCIÓN TRANSVERSAL VIGA PARA SISTEMA DE ARRASTRE

A = 1,74 cm^2	*Área transversal de la viga.*[1]
W_{viga} = 1,36 Kg/m	*Peso distribuido de la viga.*
I_{viga} = 3,26 cm^4	*Inercia de la viga.*
L = 110 cm	*Longitud de la viga.*
w = 115.52 N/m	*Carga distribuida.*[2]

Asumo la carga de las botellas a empujar como una carga distribuida.

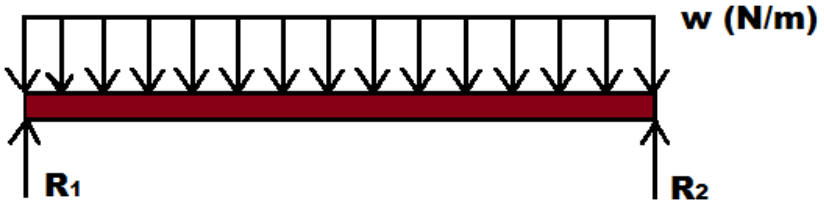


FIGURA 3.1.4. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA VIGA DE LA COMPUERTA

Haciendo un análisis de fuerzas y de momento a partir de este diagrama, se tiene lo siguiente:

$$\sum F = 0$$
$$R1 + R2 = wl \qquad \text{Ec. 3.1}$$

$$\sum M_{R1} = 0$$
$$\frac{wl}{2} - R2 = 0 \qquad \text{Ec. 3.2}$$

[1] Longitud de 30x30mm y 2mm de espesor
[2] Valor Calculado en base al peso de cada fila a desplazar por unidad de longitud

$$R1 = R2 = \frac{wl}{2} = \frac{115.52\,{}^{N}\!/_{m} * 1.10m}{2} = 63.53N$$

Haciendo un diagrama de cuerpo libre se puede dar cuenta que puntos son los máximos y mínimos relevantes para analizarse en el diseño.

$$M = \frac{wx}{2}(l - x) \qquad \text{Ec. 3.3}$$

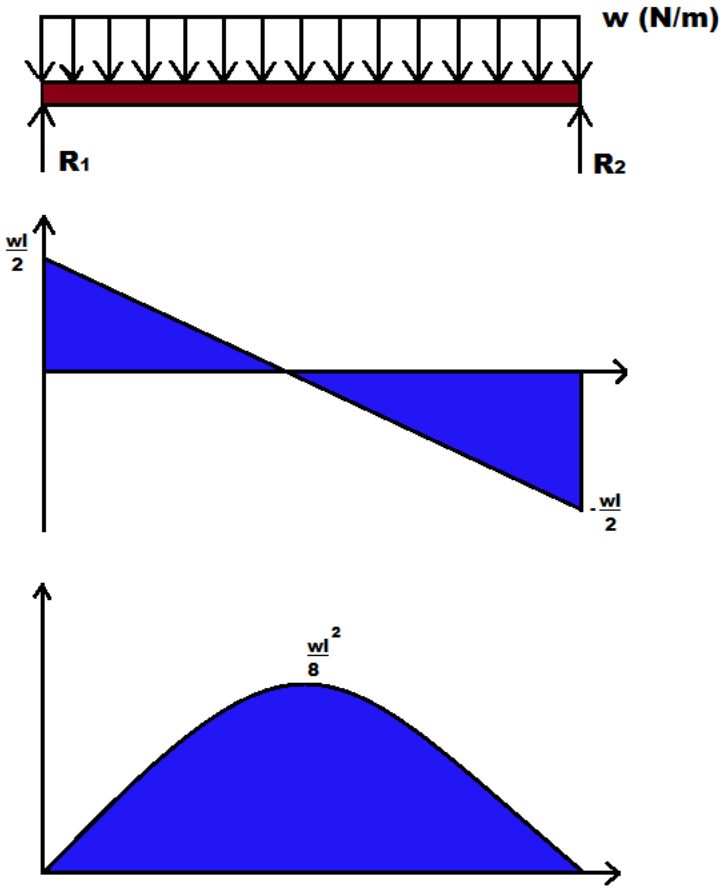


FIGURA 3.1.5 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR

Para $x = \frac{l}{2}$ que es donde se produce el máximo momento, entonces para la ecuación Ec.3.3 se tiene:

$$M = \frac{wl}{4}(l - \frac{l}{2}) = \frac{wl^2}{8} = \frac{115.52 * 1.10^2}{8} = 17.48 N.m$$

Haciendo un análisis de flexión de la viga, se tiene lo siguiente:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} * c}{I_x} = \frac{17.48 Nm * 0.0125 m}{3.2552 * 10^{-8}} \qquad \text{Ec. 3.4}$$

$$\sigma_{\max} = 6.71232\ x10^6 Pa$$

$$\tau_{\max} = \frac{3V}{A} = \frac{3 * 63.53}{1.74 * 10^{-4} m^2} \qquad \text{Ec. 3.5}$$

$$\tau_{\max} = 1.09534\ x10^6 Pa$$

Como los esfuerzos ejercidos son combinados aplico el criterio según Von Misses.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}{}^2} \qquad \text{Ec. 3.6}$$

$$\sigma' = \sqrt{(6.71232 * 10^6 Pa)^2 + (3 * \left[1.09534 * 10^6\right]^2)}$$
$$\sigma' = 6.975 * 10^6 Pa$$

Escogiendo un acero inoxidable AISI 304 con Sy = 276 MPa tenemos:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{276 * 10^6 Pa}{6.975 * 10^6 Pa} = 39.568 \qquad \text{Ec. 3.7}$$

Este valor de factor de seguridad nos indica que esta viga soportará la carga a la cual estará sometida y no fallará prematuramente.

El siguiente paso es empujar esta barra junto con la estructura que soporta los cilindros neumáticos y con las botellas a razón de 137mm/seg y regresar a razón de 250mm/seg para lo cual se calcula el torque necesario para mover todo este sistema.

Se tienen los siguientes datos para hacer este cálculo:

r = 7.5 cm *Radio de la polea sincrónica.*

V_1 = 0.1375 $^{m}/_{seg}$ *Velocidad lineal de empuje.*

V_2 = 0.25 $^{m}/_{seg}$ *Velocidad lineal de retorno*.

$W_{botellas}$ = 457.15 N *Peso de la fila a desplazar.*

W_{neumat} = 490.5 N *Peso de parte neumática para compuertas*.[3]

$$V = w * r \qquad \text{Ec. 3.8.}$$

$$w_1 = \frac{V_1}{r} = \frac{1.375x10^{-1}\ {}^{m}/_{seg}}{0.075m} = 1.833\ {}^{rad}/_{seg}$$

$$w_1 = 1.83\ {}^{rad}/_{seg} = 17rpm$$

$$w_2 = \frac{V_2}{r} = \frac{2.5x10^{-1}\ {}^{m}/_{seg}}{0.075m} = 3.33\ {}^{rad}/_{seg}$$

$$w_2 = 3.33\ {}^{rad}/_{seg} = 31.8rpm$$

$$T = F * r \qquad \text{Ec. 3.9.}$$

[3] Este valor es calculado en detalle más adelante para el cálculo de la viga que los soportará.

$$T = (W_{botellas} + W_{estructura}) * r$$

$$T = 947.65N * 0.075m$$

$$T = 71.08Nm = 629.03lb - in$$

Ahora se necesita saber la potencia necesaria para mover todos estos componentes.

$$Pot = T * \omega \qquad \text{Ec. 3.10.}$$

$$Pot_1 = 71.08Nm * 1.83 \, {}^{rad}\!/_{seg}$$

$$Pot_1 = 130.06 \, {}^{J}\!/_{seg} = 130.06Watts$$

$$Pot_2 = 71.08Nm * 3.33 \, {}^{rad}\!/_{seg}$$

$$Pot_2 = 236.889 \, {}^{J}\!/_{seg} = 236.89Watts$$

Lo calculado es la potencia mecánica y para saber que potencia eléctrica necesito para seleccionar el motor adecuado, asumo una eficiencia de 60% en el proceso.

$$e = \frac{P_{Mecánica}}{P_{Eléctrica}} \qquad \text{Ec. 3.11}$$

$$P_{Eléctrica1} = \frac{P_{Mecánica}}{e} = \frac{130Watts}{0.6} = 216.67Watts$$

$$P_{Eléctrica2} = \frac{236.89}{0.6} = 394.817Watts$$

La Potencia eléctrica 1 representa a la cantidad de energía necesaria para desplazar las botellas, mientras que la Potencia eléctrica 2 representa a la energía necesaria para regresar a su poción inicial.

Por lo tanto el motoreductor que se seleccionó debe ser de características mayor a la potencia 1, y menor a de la potencia 2.

Entonces los datos del motoreductor se muestra en la Tabla 3.1.

Moto-reductor seleccionado	
Motor	
Modelo	Totalmente Cerrado, Enfriado por Ventilador, Montaje con Brida C CM3539
Frame	56 C
Fases	Trifásico
Velocidad	1200 rpm
Potencia	½ HP / 0.3728 KW

Par	2.3 lb-ft / 3.12 N-m
Voltaje	230 / 460
Amperaje	1 °A
Eficiencia	72%
Marca del Reductor	Quantis – Baldor
Tipo	Angular
Vel. de entrada	1200 rpm
Vel. de salida	25 rpm
Torque	2213 in-lb / 250 N-m
Φ Eje de salida	1 x 1.97 in
Código Reductor	**B B 38 3 C N 56C**

TABLA 3.1 CARACTERISTICAS DE MOTOREDUCTOR BARRIDO NEUMÁTICO

Con estos datos obtenidos, se procede a calcular las vigas carrileras que alojarán la banda sincrónica y los apoyos para empujar las botellas.

Estas vigas de alojamiento trabajarán en flexión y como datos se tiene lo siguiente:

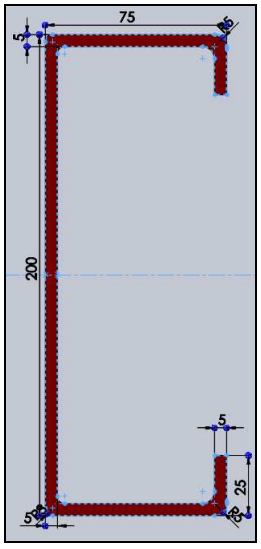


FIGURA 3. SECCIÓN DEL PERFIL

Sección de la viga: Perfil G

L = 2.5 m	*Longitud de la viga*
A = 17.11 cm^2	*Área de la viga*
W_{viga} = 13.43 $^{Kg}/_{m}$	*Peso distribuido de la viga*
I_{viga} = 785.95 cm^4	*Inercia de la viga*

La fuerza que soportará la viga se compone por el peso de la estructura que soporta la parte neumática, los actuadores neumáticos y las ruedas que se deslizarán en la viga. Este valor

obtenido es soportado por ambas vigas carrileras, por lo que para este análisis se toma en consideración la mitad de dicho valor.

W_{neumat} = $W_{estructura}$ + W_{ruedas} + $W_{cilindros}$ = (25 + 5 + 20) Kg * 9.81 $^{m}/_{seg^2}$.

W_{neumat} = 490.5 N

$$F = \frac{W_{neumat}}{2} = \frac{490.5N}{2} = 245.25N$$

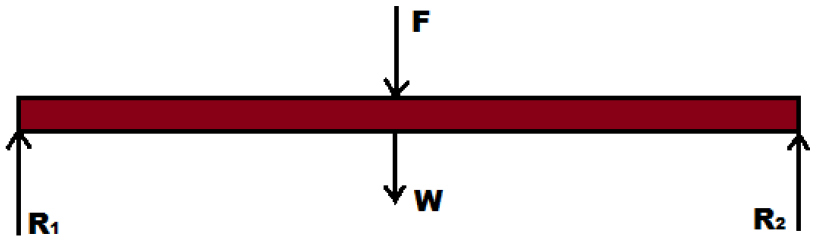


FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE CORREA G

En el diagrama de fuerzas, se tiene lo siguiente:

$$\sum F = 0$$
$$R1 + R2 = F + W \qquad \text{Ec. 3.12.}$$

$$\sum M_{R1} = 0$$
$$R_2 L - \left[(F + W) * {}^{L}/_{2}\right] = 0 \qquad \text{Ec. 3.13.}$$
$$R_2 = \frac{F + W}{2}$$

$$R1 = R2 = \frac{F + W}{2} = \frac{245.25N + \left[13.43\,{}^{Kg}/_{m} * 3m * 9.81\,{}^{m}/_{s^2}\right]}{2}$$

$$R = \frac{640.5N}{2} = 320.25N$$

$$M = \frac{(F+W)x}{2} \qquad \text{Ec. 3.14.}$$

Haciendo un análisis de la fuerza cortante y momento flector para la viga, se puede notar los puntos importantes para el diseño de la viga la cual se analizará a continuación.

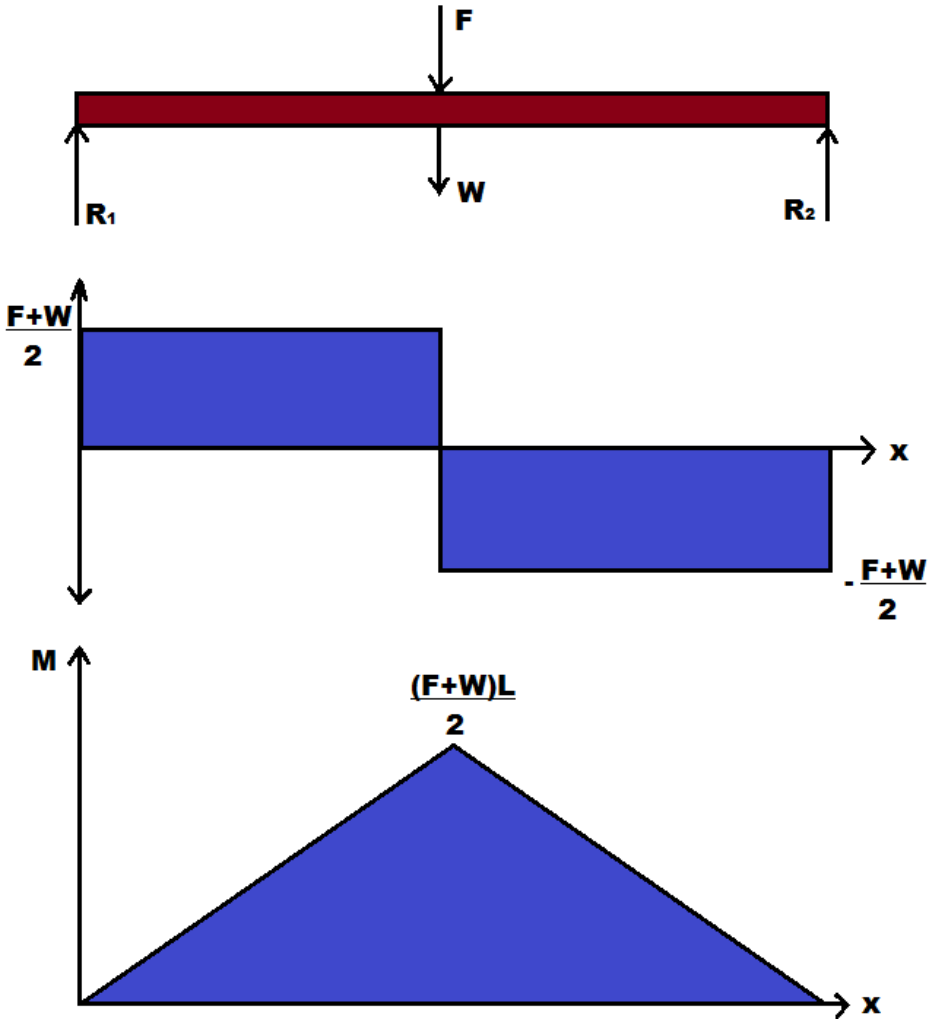


FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR DE CARRILERA.

$$M = \frac{[F+W]*x}{2} = \frac{640.5*1.5}{2} = 480.37Nm$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}*c}{I} = \frac{480.37Nm*\left(0.175/2\right)}{785.95x10^{-8}m^4} \qquad \text{Ec. 3.15.}$$

$$\sigma_{\max} = 5.348x10^6 Pa$$

$$\tau_{\max} = \frac{3V}{A} = \frac{3*320.25N}{17.11x10^{-4}m^2} \qquad \text{Ec. 3.16.}$$

$$\tau_{\max} = 561514\ Pa$$

Aplicando el criterio de Von Misses para esfuerzos combinados se tiene:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}{}^2} \qquad \text{Ec. 3.17.}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(5.348x10^6 Pa\right)^2 + (3*[561514\ Pa]^2)}$$

$$\sigma' = 5.607x10^6 Pa$$

Escogiendo un acero estructural ASTM A36 (1018) con Sy = 220 MPa se tiene:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{220*10^6 Pa}{5.607*10^6 Pa} = 39.24 \qquad \text{Ec. 3.18.}$$

Con este valor del factor de seguridad se puede notar que la viga no fallará por el peso aplicado. Lo cual corrobora a la selección realizada.

La siguiente parte para tomar en cuenta y hacer un análisis son los soportes para las carrileras como se observa en la Figura 2.4 de las cuales solo se analizará una de las cuatro y se la asumirá como una columna.

Se analiza pandeo vertical para una de las columnas en mención. Para este análisis se considera a dos vigas en U juntas y encontradas de tal manera que forman un rectángulo como sección transversal.

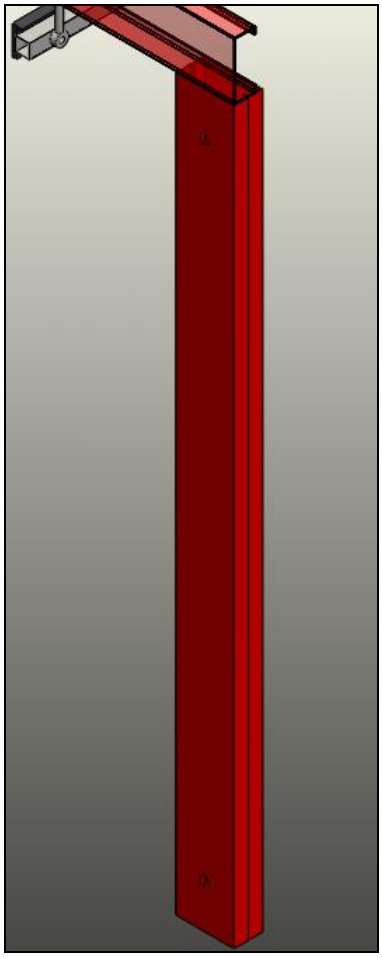


FIGURA 3.1 COLUMNA PARA SISTEMA NEUMÁTICO

Como dato se tiene lo siguiente:

A = 7.18 cm^2

F = 329.365 N

$$I = I_{x1} + I_{x2} = \frac{b*h^3}{12} - \frac{b*h^3}{12} = \frac{0.08^4}{12} - \frac{0.07^4}{12}$$

$$I = 3.413x10^{-.6} - 2x10^{-6}$$

$$I = 1.4125x10^{-6} m^4$$

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1.4125x10^{-6}m^4}{1.436x10^{-3}m^2}} = 0.0314m$$

La columna analizada esta empotrada a ambos extremos, en la parte inferior por la cimentación de la máquina y por la parte superior sujeta a la viga que transportará la parte neumática. Entonces se tienen estos valores:

$$L_{eff} = \frac{1}{2}L = 1.2m$$

$$C_c = \frac{L_{eff}}{K} = \frac{1.2m}{0.03136\ m} = 38.26$$

$$C_D = \pi\sqrt{\frac{2E}{S_y}} = \pi\sqrt{\frac{2*195\,x10^9\,Pa}{276\,x10^6\,Pa}}$$

$$C_D = 37.59$$

Como $C_c > C_D$ entonces se tiene lo siguiente:

$$P_{cr} = \frac{\pi * EI}{Le^2} = \frac{\pi * (195x10^9\,Pa) * (1.41x10^{-6}m^4)}{1.2^2}$$

$$P_{cr} = 600911N$$

Entonces el factor de seguridad que tiene la columna es:

$$\eta = \frac{P_{cr}}{F} = \frac{600911N}{329.365N} = 1824.45$$

Con este valor se puede dar certeza que el elemento no fallará por pandeo en sus columnas con las cargas aplicadas.

3.2 Diseño del Sistema de elevación

El sistema de elevación comprende la base que hace entrar el palet al sistema y el movimiento de cada fila a medida que se hace el barrido. Esta base que comprende piñones y cadenas donde se apoyará el palet para ingresar al sistema, tienen los mismos componentes que el sistema de transporte de palets mencionado en el capítulo 2.4 por lo que no se tomarán en cuenta en esta sección.

La distancia que recorre el elevador es diez veces la altura de una botella (190mm), pero se considera esto un poco mayor puesto que este sistema no solo servirá para un tipo de botellas sino para el tipo de botellas que desee el cliente, siempre y cuando este en los parámetros establecidos de peso y dimensiones.

Para el descenso se considera que la velocidad de retorno tiene que ser lo más rápido para continuar con el siguiente pallet. El único peso que tiene el sistema cuando hace el descenso es el del pallet vacío que no se lo considera ya que su valor es muy pequeño en comparación con el peso de las botellas al granel para el cual el sistema está diseñado.

El peso del palet para levantar es 480 Kg, que serán levantados una vez que el sistema de barrido haya sacado la primera fila de botellas del palet.

El sistema mostrado en la Figura se observa que tiene dos partes, la de ingreso de los pallets que son las cadenas y piñones en su base y el elevador del palet que son ocho rejillas entrelazadas y que se levantan para que las botellas sean despaletizadas fila por fila, ver figura 3.2.1

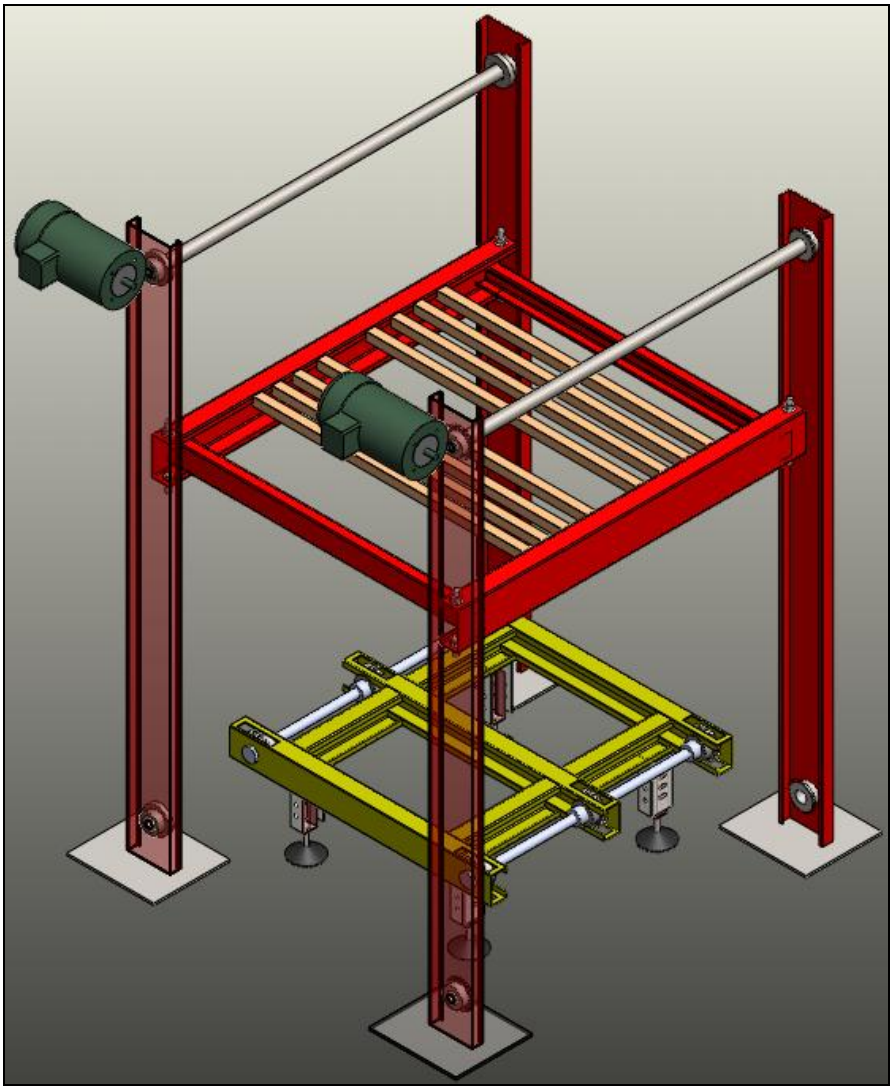


FIGURA 3.2.1 VISTA ISOMÉTRICA SISTEMA DE ELEVACIÓN DE PALLET

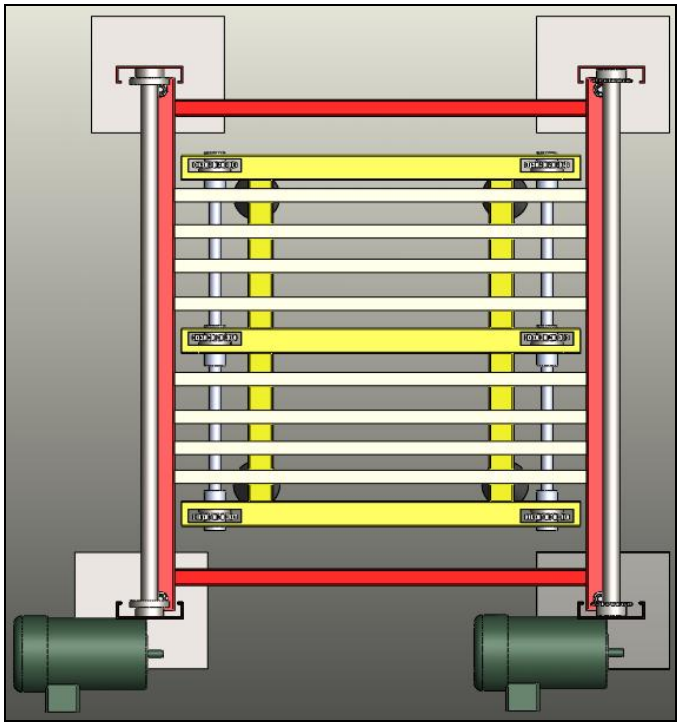


FIGURA 3.2.2 VISTA SUPERIOR SISTEMA DE ELEVACIÓN DE PALLET

Se hace un análisis de la carga que va a levantarse para calcular los piñones y cadena necesarios para elevar el palet, y luego seleccionar el motoreductor que transmitirá el movimiento.

Para hacer este cálculo, se tienen los siguientes datos:

$$W_{palet} = 480Kg * 9.81 {}^{m}\!/_{s^2} = 4708.8N$$

$$W_{estructura} = 81.56Kg * 9.81 {}^{m}\!/_{s^2} = 800.1N$$

Entonces tenemos que:

$$W = 4708.8N + 800.1N = 5508.9N$$

Con este valor, asumo un 15% adicional por criterio del autor de esta tesis. Y también considerando que no solo es para un solo tipo de botellas. Entonces el valor a considerar es $W_{total} = 5508.9N * 1.15$

$$W_{total} = 6335.24N$$

Esta carga estará distribuida entre cuatro cadenas que están situadas en cada una de las vigas que soportan toda la estructura. Por lo que cada cadena soportará una carga de:

$$W = \frac{W_{total}}{4} = \frac{6335.24}{4} = 1583.81N$$

Se seleccionó la cadena ANSI No. 50 que según la tabla 17.20 del Anexo, tiene una resistencia mínima a la tensión de $21700N$

$$n = \frac{21700N}{1583.81N} = 13.7$$

Con este factor de seguridad se puede notar que la cadena no fallará para la carga que estará sometida.

Para calcular el motoreductor necesario para el sistema de elevación se tienen los siguientes datos:

$$W_{total} = 6335.24N$$

$$V_{subida} = 30\ mm/seg$$

Piñón de 20 dientes para cadena No.50 $\phi_{ext} = 4.321" = 109.753\,mm$

$$Torque = F * d = \frac{6335.24N}{4} * \frac{0.109753m}{2} = 86.914Nm$$

$$V = \omega * r$$

$$\omega = \frac{30\,mm/seg}{54.87\,mm} = 0.547\,rad/seg = 5.22\,rpm$$

Entonces la potencia mecánica sería:

$$P_{Mecánica} = Torque * \omega = (2 * 86.914Nm) * 0.547\,rad/seg$$

$$P_{Mecánica} = 95.03W = 0.127HP$$

Asumiendo un 60% de eficiencia en el proceso, entonces la potencia eléctrica sería:

$$P_{Eléctrica} = \frac{P_{Mecánica}}{0.6} = 158.382W = 0.213HP$$

Las características de los motoreductores necesarios para este sistema, se lo detalla a continuación en la Tabla 3.2

Moto-reductor seleccionado	
Motor	Alta Eficiencia

Modelo	Totalmente Cerrado, Enfriado por Ventilador, Montaje con Brida C VM3531
Frame	56 C
Fases	Trifásico
Velocidad	1800 rpm
Potencia	¼ HP
Par	1.15 lb-ft
Voltaje	230 / 460 V
Amperaje	1 °A
Eficiencia	68%
Reductor	
Tipo	Angular
Vel. de entrada	1800 rpm
Vel. de salida	5 rpm
Torque	7258 lb-in / 820.15 Nm

Φ Eje de salida	1.625 x 3.15 in
Código del Reductor	**B B 68 3 C N 56C**

TABLA 3.2 MOTOREDUCTOR SELECCIONADO

Para seleccionar las chumaceras que soportarán la carga del los ejes para la elevación de los palets, primero se calcula y se selecciona el rodamiento y con éste, se busca una cajera que contenga ese rodamiento seleccionado.

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * n}\left[\frac{C_r}{P_r}\right]^{1/P}$$

$p = 3$; para rodamiento de bolas

$L_{10h} = 500 f_n{}^p$;

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n}\right)^{1/p}$$

$C_r = 2561.07 N$

Entonces el rodamiento seleccionado para un eje de 50mm de diámetro es el 6210 cuya chumacera que contiene ese rodamiento es de pared de cuatro agujeros.

A continuación se analiza una de las rejillas con las que se levantará el palet, que se las asumirarán como vigas empotradas a ambos

extremos y que soportan una carga distribuida calculada en base al peso del pallet entre ocho, que es la cantidad total de vigas o rejillas que soportarán al pallet.

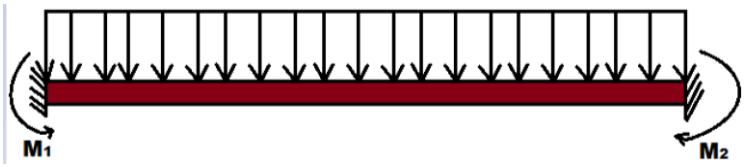


FIGURA 3.2.3. DIAGRAMA DE VIGA

$$W = \frac{480Kg * 9.81 {}^{m}\!/\!_{s^2}}{8}$$

$$W = 588.6N$$

$$w = \frac{588.6N}{1.240m} = 474.68 {}^{N}\!/\!_{m}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{\omega * l}{2}$$

$$M_1 = M_2 = -\frac{\omega * l^2}{12}$$

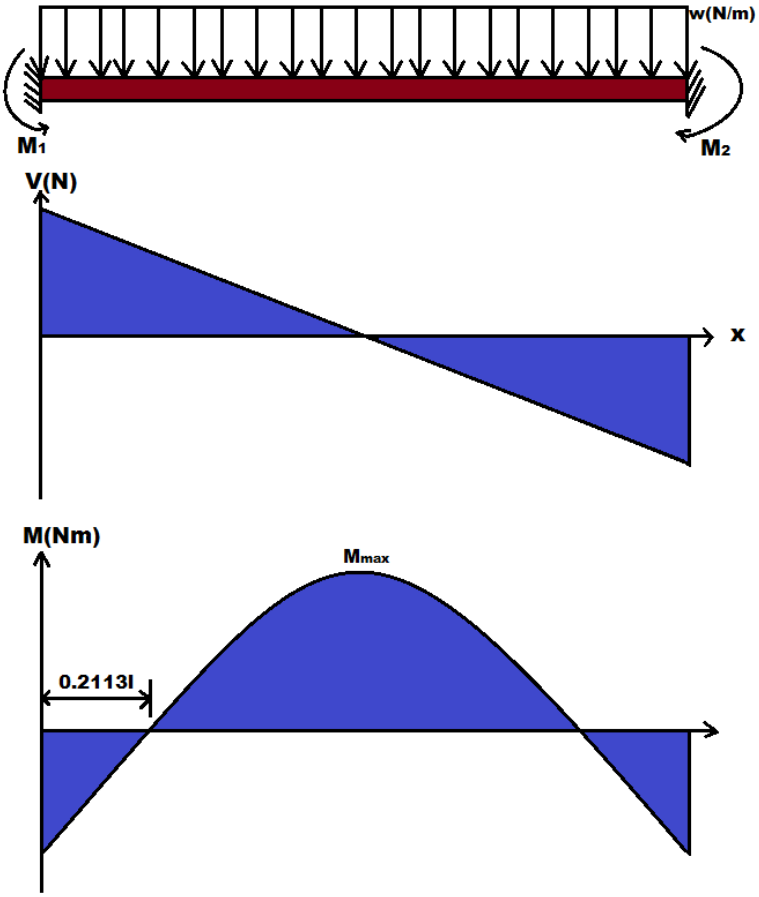


FIGURA 3.2.4. DIAGRAMA DE FUERZA Y MOMENTOS

$$V = \frac{\omega(l - 2x)}{2}$$

$$M = \frac{\omega}{12}\left(6lx - 6x^2 - l^2\right)$$

$$M_{\max} = \frac{\omega}{12}\left[6 * l * l/2 - 6 * \left(l/2\right)^2 - \left(l/2\right)^2\right] = \frac{474.68}{12}\left(4.613 - 2.3064 - 0.384\right)$$

$$M_{\max} = 76.051\,Nm$$

$$V_{\max} = \frac{w*l}{2} = \frac{474.68\,{}^{N}\!/_{m} * 1.24m}{2} = 294.3N$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} * c}{I_x}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{76.051Nm * 0.02m}{5.31x10^{-8}} = 2.86446x10^{7}\,Pa$$

$$\tau_{\max} = \frac{3V_{\max}}{2A}$$

$$\tau_{\max} = \frac{3 * 294.3N}{2 * (3.59x10^{-4})} = 1.22967\ x10^{6}\,Pa$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_{\max}{}^{2} + 3\tau_{\max}{}^{2}}$$

$$\sigma' = \sqrt{(2.864x10^{7})^{2} + 3 * (1.229x10^{6})^{2}}$$

$$\sigma' = 2.8724x10^{7}\,Pa$$

Con $S_y = 276\,MPa$ se calcula el factor de seguridad.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{276\,x10^{6}\,Pa}{2.8724\,x10^{7}\,Pa} = 9.61$$

Con este valor del factor de seguridad se puede decir que esta viga soportará la carga del pallet.

A continuación se analiza una de las vigas que soportarán la elevación del palet y será considerada como columna como se puede observar en la figura, para lo cual se hace el siguiente análisis:

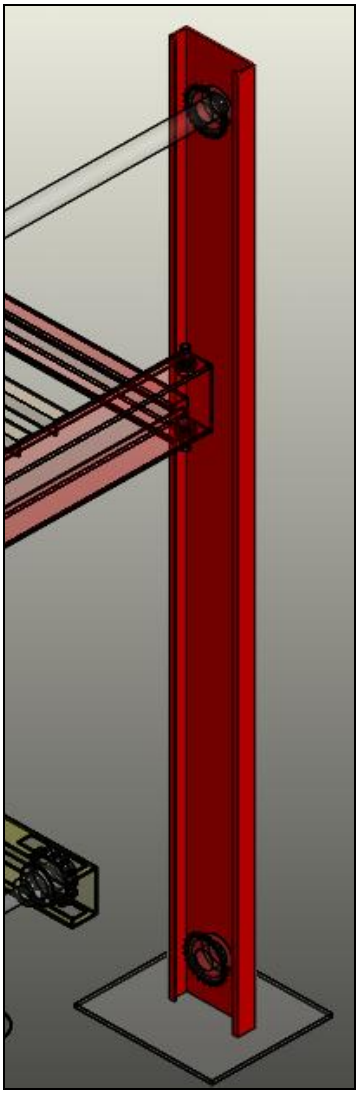


FIGURA 3.2.5. COLUMNA DEL SISTEMA

DE ELEVACIÓN

Como datos se tiene lo siguiente:

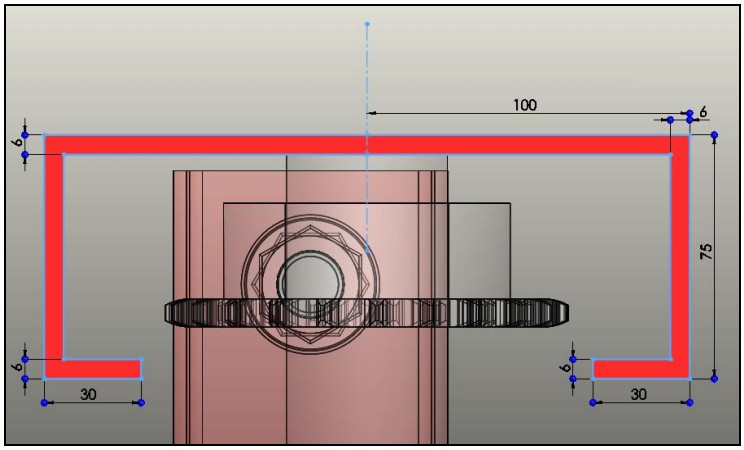


FIGURA 3.2.6. VISTA DE SECCIÓN DE LA VIGA SELECCIONADA

Sección de la Viga: Correa G

$$L = 2.5m$$

$$W = 18\,{Kg}/{m}$$

$$A = 22.23cm^2$$

$$I_x = 1282cm^4$$

Cargas que soportará:

$$W_{palet} = 4708.8N$$

$$W_{estruc} = 81.56Kg * 9.81\,{m}/{s^2} = 800.1N$$

$$W_{motor-cadenas-piñones} = 156.8Kg * 9.81\,{m}/{s^2} = 1538.21N$$

Debido a que tanto el palet como la estructura que lo elevaría estarán soportados por las cuatro vigas, entonces la carga que soportará una sola viga sería:

$$W_{Total} = \left[\frac{W_{palet} + W_{estruc}}{4}\right] + W_{motor-cadenas-piñones}$$

$$W_{Total} = \left[\frac{4708.8N + 800.1N}{4}\right] + 1538.21N$$

$$W_{Total} = 2915.43N$$

A este valor calculado, asumo un 15% adicional por criterio del autor de esta tesis. Entonces la carga sería:

$$W = 2915.43 * 1.15 = 3352.75N$$

$$I = 1.282x10^{-5} m^4$$

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1.282x10^{-5} m^4}{2.223x10^{-3} m^2}} = 0.0759m$$

La columna analizada esta empotrada por un extremo, en la parte inferior por la cimentación de la máquina. Entonces se tienen estos valores:

$$L_{eff} = 2 * L = 5m$$

$$C_C = \frac{L_{eff}}{K} = \frac{5m}{0.0759\,m} = 65.84$$

$$C_D = \pi\sqrt{\frac{2E}{S_y}} = \pi\sqrt{\frac{2 * 195\,x10^9\,Pa}{276\,x10^6\,Pa}}$$

$$C_D = 37.59$$

Como $C_C > C_D$ entonces se tiene lo siguiente:

$$P_{cr} = \frac{\pi * EI}{Le^2} = \frac{\pi * (195x10^9\,Pa) * (1.282x10^{-5} m^4)}{(5m)^2}$$

$$P_{cr} = 314147N$$

Entonces el factor de seguridad que tiene la columna es:

$$\eta = \frac{P_{cr}}{F} = \frac{314147N}{3352.75N} = 93.69$$

Con este valor se puede dar certeza que el elemento no fallará por pandeo en sus columnas con las cargas aplicadas.

3.3 Diseño del Sistema de Recolección del Palet vacío

Una vez que la máquina haya entregado todas las botellas a la línea de producción, el palet de madera queda totalmente vacío y desciende rápidamente para luego ser almacenado atrás de la despaletizadora.

El sistema para la recolección de estos palets estará diseñado para recolectar hasta 10 palets, luego que llegue a este número, los palets apilados serán desplazados por el sistema de transporte para que así la máquina continúe con el siguiente grupo de palets vacíos.

A continuación, un operador con el montacargas se encargará de sacarlos de la máquina para que este continúe su proceso. En la figura 3.3.1 se puede ver con detalles el sistema con sus componentes a analizarse.

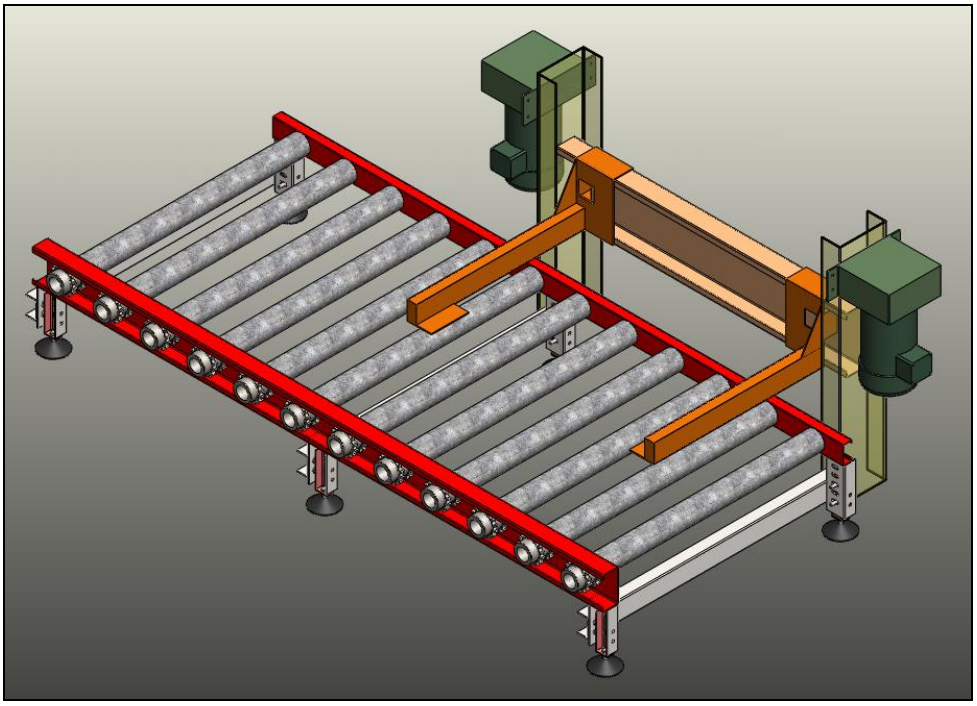


FIGURA 3.3.1 VISTA ISOMÉTRICA DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE PALLETS

Lo primero que se analizará son las cadenas y los piñones que levantarán los brazos que soportarán los palets. Estos deberán soportar una carga máxima de 15 palets que equivalen a 225Kg.

Para hacer este cálculo, se tienen los siguientes datos:

$$W_{palets} = 225Kg * 9.81 {}^{m}\!/_{s^2} = 2207.25N$$

$$W_{estructura} = 67.78Kg * 9.81 {}^{m}\!/_{s^2} = 664.9N$$

Entonces tenemos que:

$$W = 2207.25N + 664.92N = 2872.17N$$

Con el valor calculado, asumo un 15% adicional por criterio del autor de esta tesis. Entonces el valor a considerar es

$$W_{total} = 2872.17N * 1.15$$

$$W_{total} = 3303\ N$$

Toda esta carga estará repartida entre dos cadenas que están situadas en cada lado, en las vigas que soportan toda la estructura. Por lo que cada cadena soportará una carga de:

$$W = \frac{W_{total}}{2} = \frac{3303N}{2} = 1651.5N$$

Debido a que todas las cadena que se están usando para este diseño es la cadena ANSI No. 50, entonces para este cálculo se tomará en cuanta la misma cadena.

Con esto se puede saber el factor de seguridad con el cual estaría seleccionada, que según la tabla 17.20 del Anexo, tiene una resistencia mínima a la tensión de $21700N$

$$n = \frac{21700N}{1651.5N} = 13.14$$

Con este factor de seguridad se puede notar que la cadena no fallará para la carga que estará sometida.

Para calcular el motoreductor necesario para recolectar los palets se tienen los siguientes datos:

$W_{total} = 3303\ N$

$V_{subida} = 300\ {}^{mm}\!/_{seg}$

Piñón de 20 dientes para cadena No.50 $\phi_{ext} = 4.321" = 109.753\,mm$

$$Torque = F * d = 3303 * \frac{0.109753m}{2} = 181.26Nm$$

$$V = \omega * r$$

$$\omega = \frac{300\ {}^{mm}\!/_{seg}}{54.87\,mm} = 5.47\ {}^{rad}\!/_{seg} = 52.23rpm$$

Entonces la potencia mecánica sería:

$$P_{Mecánica} = Torque * \omega = 181.26Nm * 5.47 \, {}^{rad}/_{seg}$$

$$P_{Mecánica} = 991.48W = 1.33HP$$

Asumiendo un 60% de eficiencia en el proceso, entonces la potencia eléctrica sería:

$$P_{Eléctrica} = \frac{P_{Mecánica}}{0.6} = 1652.46W = 2.22HP$$

Las características del motoreductor necesario para este sistema, se lo detalla a continuación en la tabla 3.3

Moto-reductor seleccionado	
Motor	
Modelo	Totalmente Cerrado, Enfriado por Ventilador, Montaje con Brida C CEM3611T
Frame	56 C
Fases	Trifásico
Velocidad	1750 rpm

Potencia	3 HP
Par	8.88 lb-ft
Voltaje	230 / 460
Amperaje	3.7 °A
Eficiencia	89.5%
Reductor	
Tipo	Angular
Vel. de entrada	1750 rpm
Vel. de salida	55 rpm
Torque	7023 lb-in
Φ Eje de salida	1.625 x 3.15 in
Código Reductor	**B B 68 3 C N 180TC**

TABLA 3.3 MOTOREDUCTOR SELECCIONADO

A continuación se analiza uno de los brazos que soportarán los palets vacíos. Para hacer este cálculo se tienen los siguientes datos:

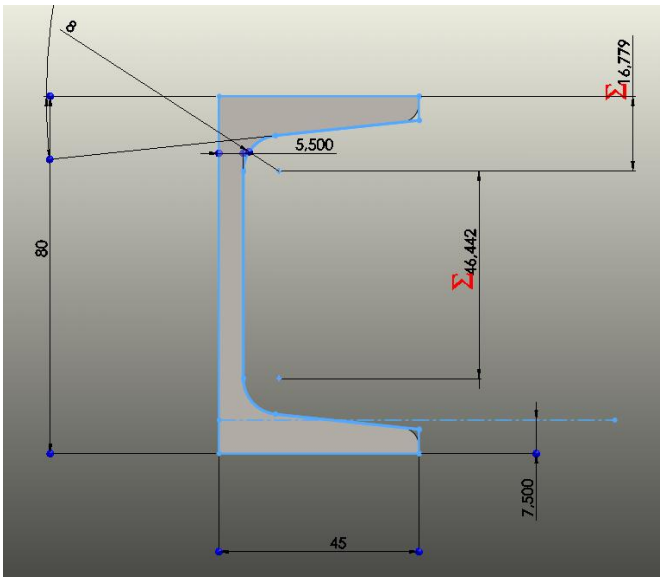


FIGURA 3.3.2. SECCIÓN DEL BRAZO

Sección de los brazos: Perfil UPN

$$L = 1.2m$$

$$W = 7\,{Kg}/{m}$$

$$A = 10.48cm^2$$

$$I_x = 76.17cm^4$$

Carga máxima que soportará:

$$W_{palets} = (15Kg * 15) * 9.81\,{m}/{s^2} = 2207.25N$$

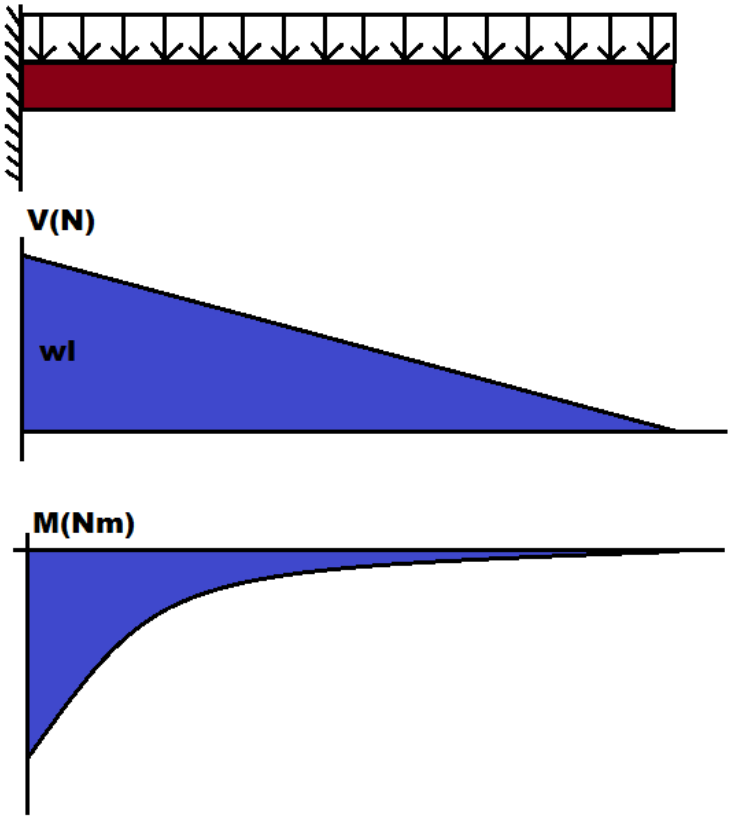


FIGURA 3.3.3 DIAGRAMA DE FUERZAS PARA EL BRAZO

$$\omega = \frac{2207.25N}{1.2m} = 1839.38\,{}^{N}\!/_{m}$$

Entonces la fuerza cortante y el momento flector máximo que estará situada en el extremo empotrado de la viga será:

$$V_{Max} = \omega * l = 1839.38\,{}^{N}\!/_{m} * 1.2m = 2207.25N$$

$$M_{Max} = -\frac{\omega * l^2}{2} = -\frac{1839.38\,{}^{N}\!/_{m} * (1.2m)^2}{2} = -1324.35Nm$$

La deflexión máxima sería:

$$y_{Max} = -\frac{\omega * l^4}{8 * E * I} = -\frac{1839.38\,{}^{N}\!/_{m} * (1.2m)^4}{8 * (20x10^{10}) * (76.17x10^{-8}m^4)} = -0.00313\ m$$

Con este valor se nota que en el extremo flotante del perfil UPN, tendrá un ligero movimiento de 3.13mm para la carga máxima de 15 palets.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} * c}{I_x}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1324.35Nm * 0.04m}{76.171x10^{-8}m^4} = 6.9546x10^7\ Pa$$

$$\tau_{\max} = \frac{3V_{\max}}{2A}$$

$$\tau_{\max} = \frac{3 * 2207.25N}{2 * (10.48x10^{-4}m^2)} = 3.159x10^6\ Pa$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_{\max}{}^2 + 3\tau_{\max}{}^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{(6.9546x10^7)^2 + 3 * (3.159x10^6)^2}$$

$$\sigma' = 6.976x10^7\ Pa$$

Con $S_y = 276\,MPa$ se calcula el factor de seguridad.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{276x10^6\ Pa}{6.976x10^7\ Pa} = 3.95$$

Con este valor del factor de seguridad se puede decir que esta viga podrá recolectar la carga de los 15 palets vacíos.

CAPÍTULO 4

4. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se detallará el tiempo de fabricación para esta máquina con sus detalles por sección de la máquina, con sus respectivos tiempos de construcción hasta dejarla completamente operativa y puesta a punto.

4.1 Diagrama de Gantt

Se presentará una Diagrama de Gantt, para mostrar el tiempo necesario que se tomaría en comprar los materiales, construcción de cada parte y enviar a fabricar ciertas piezas con mayor precisión.

Este diagrama se encontrará dividido por cada sección que tiene la máquina. Lo primero a considerar es el pedido de pre-fabricación por parte de un tercero que se encargará de construir, y fabricar piezas hechas por máquinas herramientas tales como troquelado de las

vigas soporte, platinas, ejes de transmisión, chaveteros, fresado de las bases para las vigas, estructura para soporte de los cilindros neumáticos. También se considera el pedido de materiales tales como vigas, planchas, cableado eléctrico, sensores infra-rojos, cilindros neumáticos, mangueras para aire comprimido, pernos, tuercas, arandelas, piñones, cadenas, entre otras que se detallan en el análisis de costos.

La primera sección a montar es el sistema de transporte por donde el operador del monta-carga, colocará los palets con las botellas que alimentará a este sistema.

En primera instancia se montarán las bases de regulación pre-fabricadas, donde luego se montarán las vigas troqueladas que soportan los rodillos que llevan el palet a la siguiente sección. Seguido se montará los ejes con sus piñones para la transmisión de movimiento de rodillo a rodillo junto con las chumaceras, luego se montarán y calibrarán los motoreductores. Posteriormente se colocarán los topes para el monta-cargas y las guías para los palets que hacen que estos vayan en una sola dirección hacia la siguiente sección.

La siguiente sección es el sistema de elevación de los palets, donde se montarán en primer lugar la base de regulación pre-fabricada con sus ejes y piñones. Seguido se colocarán las cuatro columnas soportes con sus ejes y piñones. Una vez hecho esto, se colocará la estructura de base para el levantamiento del palet que está compuesta por rejillas y planchas de acero inoxidable. Luego se montarán y calibrarán los motoreductores tanto para la base como para la elevación del palet.

A continuación está la construcción y montaje del sistema de alimentación y barrido hacia la línea de embotellado. Se procede a construir y montar las cuatro columnas soportes para luego colocar las vigas carrileras. Una vez hecho esto, se coloca la estructura deslizante que soportará el sistema neumático para el barrido de las botellas. Luego se montarán las guías laterales para las botellas así como las poleas sincrónicas, banda sincrónica y eje. Seguido se montará y calibrará el sistema electro-neumático y luego el motoreductor que transmitirá el movimiento para esta sección.

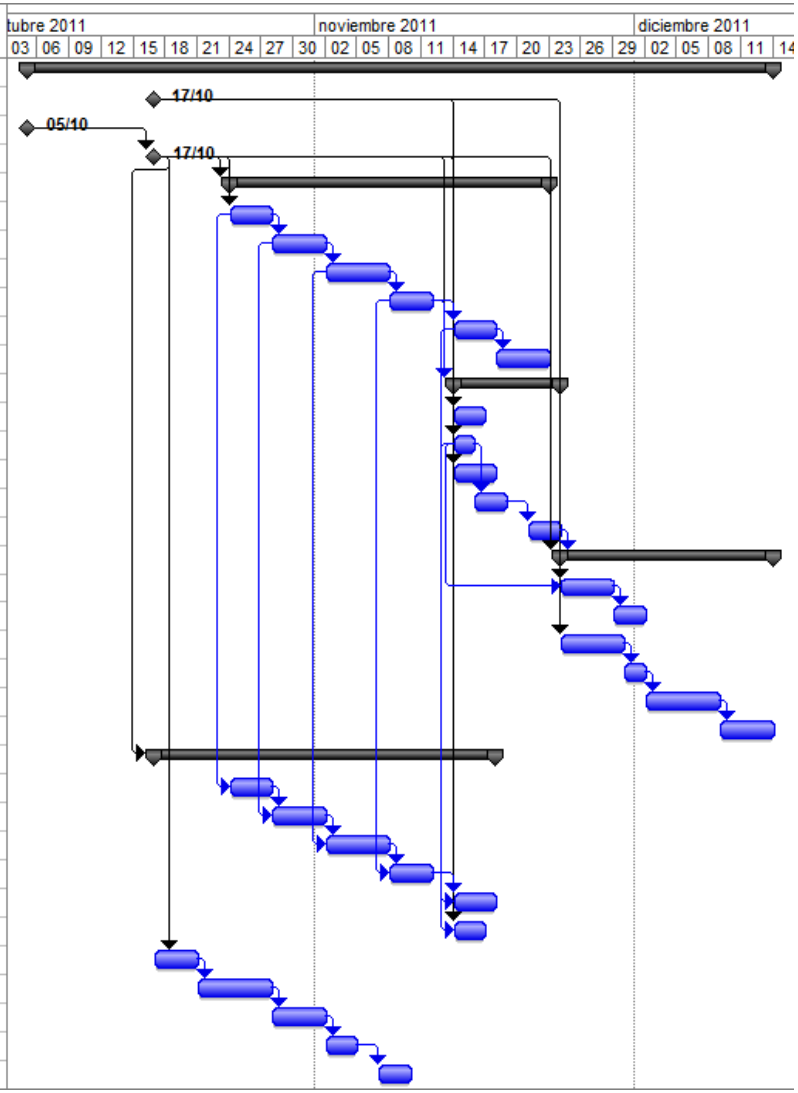
Como último paso, se montará el sistema de recolección de palets vacíos comenzando por las bases de regulación que para este caso se considera que esta actividad así como el montaje de las vigas y

de los rodillos, se la realizará en conjunto con la actividad del sistema de transporte de palets ya que usan los mismos componentes y es el mismo procedimiento. Luego se colocan las columnas soportes y con esto se montan los brazos recolectores de palets. Una vez hecho esto, se monta la transmisión, es decir, eje, piñones, cadena y motoreductor. Seguido se colocan los cilindros neumáticos y el sistema electro-neumático que moverán los brazos para apilar los pales. Lo último en ubicar son los topes para que el monta-carga recoja los palets vacíos apilados.

En la siguiente tabla 4.1 se muestra el diagrama de Gantt de todo este proceso para el montaje en taller, calibración y puesta a punto del sistema de despaletizado. Cabe recalcar que no se ha considerado el tiempo de montaje in situ.

TABLA 4.1 DIAGRAMA DE GANT DEL SISTEMA PARA DESPALETIZAR BOTELLAS

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	**PROYECTO DESPALETIZADORA DE BOTELLAS**	**50 días**	**mié 05/10/11**	**mar 13/12/11**	
2	Entrega de Material	0 días	lun 17/10/11	lun 17/10/11	
3	Pedido de pre-fabricación de materiales	0 días	mié 05/10/11	mié 05/10/11	
4	Entrega de materiales pre-fabricados	0 días	lun 17/10/11	lun 17/10/11	3
5	**Montaje Sistema de Transporte**	**22 días**	**lun 24/10/11**	**mar 22/11/11**	**4**
6	Montaje de bases de regulación	4 días	lun 24/10/11	jue 27/10/11	4
7	Montaje de Correas de alojamiento	3 días	vie 28/10/11	mar 01/11/11	6
8	Montaje de Rodillos para transporte	4 días	mié 02/11/11	lun 07/11/11	7
9	Acoplamiento de sistema de transmisión de movimiento	4 días	mar 08/11/11	vie 11/11/11	8
10	Instalación de moto reductores	4 días	lun 14/11/11	jue 17/11/11	9
11	Fabricación y montaje de topes para montacargas	3 días	vie 18/11/11	mar 22/11/11	10
12	**Montaje Sistema de Elevación**	**8 días**	**lun 14/11/11**	**mié 23/11/11**	**4,9**
13	Montaje de base para alimentar pallets	3 días	lun 14/11/11	mié 16/11/11	4
14	Adecuación de vigas de soporte	2 días	lun 14/11/11	mar 15/11/11	2
15	Fabricación y montaje de estructura para levantamiento	4 días	lun 14/11/11	jue 17/11/11	2
16	Montaje de ejes de transmisión	3 días	mié 16/11/11	vie 18/11/11	14
17	Instalación de moto reductores	3 días	lun 21/11/11	mié 23/11/11	16
18	**Construcción del Sistema de Alimentación y barrido**	**14 días**	**jue 24/11/11**	**mar 13/12/11**	**4,17**
19	Adecuacion de vigas de soporte	3 días	jue 24/11/11	lun 28/11/11	2,14CC
20	Montaje de vigas carrileras	3 días	mar 29/11/11	jue 01/12/11	19
21	Construccion y montaje de estructura para barrido	4 días	jue 24/11/11	mar 29/11/11	2
22	Montaje de guias laterales para botellas	2 días	mié 30/11/11	jue 01/12/11	21
23	Instalación del sistema electro-neumático	5 días	vie 02/12/11	jue 08/12/11	22
24	Instalación de moto reductores	3 días	vie 09/12/11	mar 13/12/11	23
25	**Construcción del Sistema de Recolección de Pallets**	**24 días**	**lun 17/10/11**	**jue 17/11/11**	**4**
26	Montaje de bases de regulación	4 días	lun 24/10/11	jue 27/10/11	6CC
27	Montaje de Correas de alojamiento	3 días	vie 28/10/11	mar 01/11/11	26,7CC
28	Montaje de Rodillos para transporte	4 días	mié 02/11/11	lun 07/11/11	27,8CC
29	Acoplamiento de sistema de transmisión de movimiento	4 días	mar 08/11/11	vie 11/11/11	28,9CC
30	Instalación de moto reductores para sistema de transporte	4 días	lun 14/11/11	jue 17/11/11	29,10CC
31	Fabricacion y montaje de vigas soportes	3 días	lun 14/11/11	mié 16/11/11	2,14CC
32	Montaje de brazos recolectores de pallets	4 días	lun 17/10/11	jue 20/10/11	4
33	Instalacion del sistema electro-neumatico	5 días	vie 21/10/11	jue 27/10/11	32
34	Instalacion del sistema de transmision para elevacion	3 días	vie 28/10/11	mar 01/11/11	33
35	Instalacion de moto reductor	3 días	mié 02/11/11	vie 04/11/11	34
36	Fabricación y montaje de topes para montacargas	3 días	lun 07/11/11	mié 09/11/11	35



En este diagrama se puede observar que el tiempo total de este proyecto sería de 50 días hasta la puesta a punto del sistema. Esto incluye la solicitud de pedido de fabricación de piezas de precisión por un tercero, construcción de las menos detalladas en un taller artesanal y ensamblaje de todas las piezas hasta dejar 100% operable el sistema.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE COSTOS

Una vez hecho el diseño y el tiempo estimado en la elaboración de este sistema, se procede a estimar costos tanto de los materiales utilizados para la construcción del mismo y la mano de obra empleada con sus horas-hombres necesarias para construir y poner a punto todo el sistema.

5.1 Costos de Materiales

Se presentará en detalle todos los materiales usados en este diseño con su respectivo costo en la siguiente tabla 5.1

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UND	TOTAL
S 1			Sistema de Alimentación de Palets		
S 1.1	Kg	146,8	Estructura para soporte de todos los componentes	$ 1,10	$ 161,48
S 1.2	Und	4	Motoreductores 1.5 HP, Frame 180 C, 1800 rpm de entrada, 35 rpm de salida, trifásico	$ 1.036,80	$ 4.147,20
S 1.3	Und	32	Chumaceras Standard con rodamiento de bolas para eje de 38,1mm (1-1/2")	$ 82,00	$ 2.624,00
S 1.4	Und	32	Tubos galvanizados 3" x 3mm e	$ 12,00	$ 384,00
S 1.5	Und	64	Piñones para cadena 50, tipo B, 20 dientes	$ 10,80	$ 691,20

S 1.6	Kg	60	Ejes de transmisión De = 38,1mm L = 210mm	$ 2,20	$ 132,00
S 1.7	ft	53	Cadena Simple No.50	$ 2,75	$ 145,75
S 1.8	Und	70	Pernos M14 x 60mm, tuercas, anillos de presión y arandelas	$ 2,25	$ 157,50
S 1.9	Und	4	Sensores opticos de posición	$ 70,00	$ 280,00
S 1.10	Und	1	Prefabricación de materiales varios	$ 1.500,00	$ 1.500,00
				SUBTOTAL	$ 10.223,13
S 2			**Sistema de Barrido**		
S 2.1	kg	400	Estructura para soporte de todos los componentes	$ 1,10	$ 440,00
S 2.2	Und	1	Motoreductor 1/2 HP, Frame 56 C, 1200 rpm de entrada, 25 rpm de salida, trifásico	$ 838,35	$ 838,35
S 2.3	Und	4	Poleas sincrónicas	$ 85,00	$ 340,00
S 2.4	m	12	Banda sincrónica	$ 15,00	$ 180,00
S 2.5	Und	4	Cilindros Neumáticos	$ 95,00	$ 380,00
S 2.6	m	15	Mangueras para sistema neumático	$ 0,55	$ 8,25
S 2.7	Und	4	Rodamientos para carrilera	$ 10,00	$ 40,00
S 2.8	Und	4	Guías plasticas para deslizamiento	$ 25,00	$ 100,00
				SUBTOTAL	$ 2.326,60
S 3			**Sistema de Elevación**		
S 3.1	Kg	307,3	Estructura para soporte de todos los componentes	$ 1,10	$ 338,03
S 3.2	Und	2	Motoreductores 1/4 HP, Frame 56 C, 1800 rpm de entrada, 5 rpm de salida, trifásico	$ 655,38	$ 1.310,76
S 3.3	Und	2	Eje para transmisión	$ 2,20	$ 4,40
S 3.4	Und	4	Piñones para cadena 50, tipo B, 20 dientes	$ 10,80	$ 43,20
S 3.5	ft	66	Cadena Simple No. 50	$ 2,75	$ 181,50
S 3.6	Und	40	Pernos, tuercas y arandelas	$ 2,25	$ 90,00
S 3.7	Kg	1	Plancha de Acero Inoxidable	$ 1,75	$ 1,75
S 3.8	Und	4	Chumaceras	$ 175,00	$ 700,00
S 3.9	Und	1	Prefabricación de bases de regulación	$ 1.900,00	$ 1.900,00
				SUBTOTAL	$ 4.569,64
S 4			**Sistema de Recoleción de Palets vacíos**		
S 4.1	Kg	124,7	Estructura para soporte de todos los componentes	$ 1,10	$ 137,17
S 4.2	Und	1	Motoreductor 3 HP	$ 1.069,20	$ 1.069,20
S 4.3	Kg	14	Eje para transmisión SAE 1018	$ 2,20	$ 30,80

S 4.4	Und	2	Cilindros Neumáticos	$ 150,00	$ 300,00
S 4.5	m	10	Mangueras para sistema neumático	$ 0,55	$ 5,50
S 4.6	Und	15	Chumaceras Standard con rodamiento de bolas para eje de 38,1mm (1-1/2")	$ 82,00	$ 1.230,00
S 4.7	Und	30	Tubos galvanizados 3" x 3mm e	$ 12,00	$ 360,00
S 4.8	m	3	Piñones para cadena 50, tipo B, 20 dientes	$ 10,80	$ 32,40
S 4.9	Kg	20	Ejes de transmisión SAE 1018, De = 38,1mm L = 210mm	$ 2,20	$ 44,00
S 4.10	ft	16	Cadena Simple No.50	$ 2,75	$ 44,00
S 4.11	Und	30	Pernos M14 x 60mm, tuercas, anillos de presión y arandelas	$ 2,25	$ 67,50
S 4.12	Und	2	Sensores opticos de posición	$ 70,00	$ 140,00
S 4.13	Und	1	Prefabricación de materiales varios	$ 1.200,00	$ 1.200,00
				SUBTOTAL	$ 4.660,57
	TOTAL MATERIALES				$ 21.779,94

TABLA 5.1 COSTOS DE MATERIALES DEL SISTEMA PARA DESPALETIZAR BOTELLAS

Con estos costos de los materiales a usarse para este sistema, se presenta en la siguiente tabla 5.2 los costos tanto de la mano de obra, el diseño y el valor total del sistema.

TOTAL COSTO MATERIALES	**$ 21.779,94**
COSTO DEL DISEÑO DEL SISTEMA	$ 2.000,00
COSTO DE MANO DE OBRA	$ 8.000,00
MARGEN GANANCIA 20%	$ 12.500,00
IMPREVISTOS 5%	$ 2.214,00
GRAN TOTAL	**$ 46.493,94**

TABLA 5.2 COSTOS TOTAL DEL SISTEMA

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se puede concluir que con el presente trabajo, fue posible diseñar un sistema para despaletizar botellas para posteriormente fabricarlo en nuestro país.

- Esto hace que se genere nuevas fuentes trabajo en el medio, así como evitar la salida de divisas al exterior con los impuestos, lo cual elevaría aún más el costo de la importación de un sistema como de este tipo y estas capacidades.

- Esta tesis aporta al desarrollo del país ya que se demuestra que con los conocimientos obtenidos y capacidad investigativa, se puede construir sistemas y máquinas dentro del país, lo que contribuye con su desarrollo y crecimiento económico e independencia de los países del primer mundo.

- Esta tesis aporta a la posibilidad de realizar otro trabajo similar respecto al sistema de encajonado posterior a la salida del embotellado en la línea de producción.

- El sistema de barrido de la máquina es uno de los más importantes ya que con ayuda de un sistema neumático se pudo alcanzar la capacidad requerida, es decir, la cantidad de botellas por minuto requeridas por el cliente. Esto se debe a que la neumática ayuda aún más cuando se tiene velocidad en un sistema.

- El sistema de barrido fue diseñado con la finalidad de que no solo se puedan desplazar botellas de vidrio, sino botellas de cualquier tipo de material ya que el proceso no es mediante apriete sino de arrastre de las mismas.

Como recomendaciones se puede decir lo siguiente:

- Si el cliente necesitare utilizar este sistema para otro tipo de materia prima que este caso son los pallets con las botellas, se tendrá que calibrar la máquina según la medida de las nuevas botellas y por consecuencia la velocidad en botellas por minuto variará acorde a esta calibración.

- Además de los conocimientos técnicos que un estudiante tenga al salir de la universidad, también se debería enfocar la enseñanza en el área de Administración y Control de Proyectos tanto en el manejo de los programas como en los cálculos de costos de materiales y de mano de obra.

APÉNDICES

APÉNDICE A

DIPAC® PRODUCTOS DE ACERO

DISERVICIOS

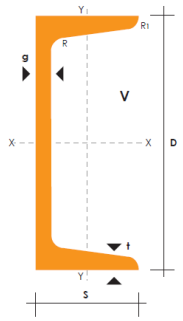
UPN

PERFILES LAMINADOS
UPN

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 mts. Y 12,00 mts
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta

DENOMINACION	DIMENSIONES							TIPOS				
	h	s	g	t	R	R1	SECCION	PESOS	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm4	cm2	kg/mt	cm4	cm4	cm3	cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80



APÉNDICE B

DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

DISERVICIOS

CORREAS "G"

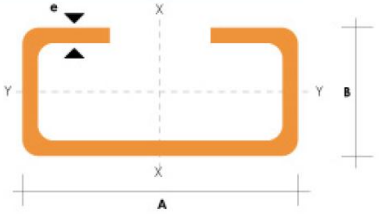
PERFILES ESTRUCTURALES
CORREAS "G"

Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta

DIMENSIONES				PESOS		SECCION	EJE X-X			PROPIEDADES		
A	B	C	e	6metros	1metro		I	W	I	I	W	I
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2.0	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3.0	16.98	2.83	3.61	18.90	6.30	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2.0	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3.0	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2.0	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3.0	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4.0	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5.0	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2.0	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3.0	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4.0	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5.0	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6.0	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2.0	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3.0	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4.0	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5.0	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6.0	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2.0	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3.0	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4.0	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5.0	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6.0	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2.0	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3.0	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4.0	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5.0	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6.0	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4.0	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5.0	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6.0	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4.0	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5.0	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6.0	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56

También en galvanizado e inoxidable



APÉNDICE C

IPAC Por los caminos del acero!

Google™ Búsqueda personaliz BUSCAR Duferco

NUESTROS PRODUCTOS

TUBERIA ESTRUCTURAL

CARPINTERIA METALICA

PLANCHAS

GUARDAVIAS

PLANCHAS ESPECIALES

TUBERIA ESTRUCTURAL E INDUSTRIAL Seleccione una categoria ›

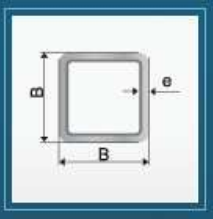
Cuadrado | Rectangular | Redondo | Redondo para Postes

Largo Normal: 6 m
Recubrimiento: Negro o Galvanizado
Norma de Fabricación: ASTM A 500 Gr.A, B ó C NTE INEN 2415
Norma de Galvanizado: ASTM A 123
Espesores: Desde 1.5 a 4.0 mm
Observaciones: Otras dimensiones y largos previa consulta

INEN

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

DIMENSIONES		AREA	PESO
B	e	A	P
mm	mm	cm2	Kg/m
20	1.5	1.05	0.83
	2.0	1.34	1.05
25	1.5	1.35	1.06
	2.0	1.74	1.36
30	1.5	1.65	1.30
	2.0	2.14	1.68
	3.0	3.01	2.36
40	1.5	2.25	1.77
	2.0	2.94	2.31
	3.0	4.21	3.30
50	1.5	2.85	2.24
	2.0	3.74	2.93
	3.0	5.41	4.25
60	1.5	3.45	2.71
	2.0	4.54	3.56
	3.0	6.61	5.19
75	2.0	5.74	4.50
	3.0	8.41	6.60
	4.0	10.95	8.59
100	2.0	7.74	6.07
	3.0	11.41	8.96
	4.0	14.95	11.73



Usos Estructurales

Columnas de estructuras
Estructuras para techos de vidrio
Cerramientos
Portones
Postes de señalización

Otros Usos

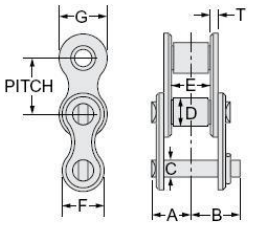
Carrocerías
Muebles metálicos
Máquinas para gimnasio
Casetas de guardianía
Estructuras metálicas
Maquinaria industrial
Remolques

Descargue catálogo

APÉNDICE D

Link-Belt® and Rexnord® Drive Chains

Standard roller chains

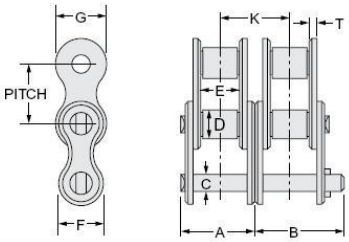


B

Single Strand

Chain Number	Chain pitch, inches	Average Ultimate strength, pounds	Min. ANSI UTS, pounds	Weight per foot, pounds	Dimensions, inches									Page references	
					A	B	C	D	E	F	G	K	T	HP ratings	Sprocket data
25Δ	.250	940	781	.08	.15	.19	.090	.130	.13	.20.	23	.3		C- 9	C-10
35Δ	.375	2,100	1,758	.22	.24	.31	.141	.200	.19	.31	.35	.05		C-11	C-12
40Δ	.500	3,700	3,125	.39	.32	.38	.156	.313	.31	.41	.47	.06		C-13	C-14
41Δ	.500	2,000	1,500	.27	.27	.32	.141	.306	.25	.32	.38	.05		C-15	C-16
50Δ	.625	6,100	4,882	.70	.41	.48	.200	.400	.38	.52	.59	.08		C-17	C-18
60	.750	8,500	7,030	1.02	.50	.60	.234	.469	.50	.60	.71	.09		C-19	C-20
80	1.000	14,500	12,500	1.67	.63	.74	.312	.625	.63	.75	.91	.13		C-21	C-22
100	1.250	26,000	19,530	2.72	.76	.89	.375	.750	.75	.97	1.13	.16		C-23	C-24
120	1.500	36,500	28,125	3.72	.96	1.13	.438	.875	1.00	1.13	1.38	.19		C-25	C-26
140	1.750	48,500	38,280	4.69	1.02	1.21	.500	1.000	1.00	1.31	1.56	.22		C-27	C-28
160	2.000	68,000	50,000	6.12	1.23	1.41	.563	1.125	1.25	1.56	1.81	.25		C-29	C-30
180	2.250	86,000	63,280	9.06	1.39	1.56	.688	1.406	1.41	1.85	2.14	.28		C-31	C-32
200	2.500	100,000	78,125	10.9	1.54	1.89	.781	1.563	1.50	1.94	2.31	.31		C-33	C-34
240	3.000	152,200	112,500	16.4	1.85	2.20	.938	1.875	1.88	2.44	2.81	.38		C-35	C-36

Note: Dimensions and other Engineering Data are subject to change. Certified specifications of ordered product furnished upon request.



Double Strand

Chain Number	Chain pitch, inches	Average Ultimate strength, pounds	Min. ANSI UTS, pounds	Weight per foot, pounds	Dimensions, inches									Page references	
					A	B	C	D	E	F	G	K	T	HP ratings	Sprocket data
35-2 Δ	.375	4,200	3,516	.42	.45	.50	.141	.200▲	.19	.31	.35	.399	.05	C-11	C-12
40-2 Δ	.500	7,400	6,250	.79	.60	.67	.156	.313	.31	.41	.47	.566	.06	C-13	C-14
50-2 Δ	.625	12,200	9,764	1.39	.76	.83	.200	.400	.38	.52	.59	.713	.08	C-17	C-18
60-2	.750	17,000	14,060	2.00	.95	1.05	.234	.469	.50	.60	.71	.897	.09	C-19	C-20
80-2	1.000	29,000	25,000	3.31	1.21	1.30	.312	.625	.63	.75	.91	1.153	.13	C-21	C-22
100-2	1.250	52,000	39,060	5.19	1.46	1.59	.375	.750	.75	.97	1.13	1.408	.16	C-23	C-24
120-2	1.500	73,000	56,250	7.38	1.84	2.02	.438	.875	1.00	1.13	1.38	1.789	.19	C-25	C-26
140-2	1.750	97,000	76,560	9.25	1.98	2.17	.500	1.000	1.00	1.31	1.56	1.924	.22	C-27	C-28
160-2	2.000	136,000	100,000	12.5	2.38	2.56	.563	1.125	1.25	1.56	1.81	2.305	.25	C-29	C-30
180-2	2.250	172,000	126,560	17.6	2.69	2.86	.688	1.406	1.41	1.85	2.14	2.592	.28	C-31	C-32
200-2	2.500	200,000	156,250	21.0	2.96	3.31	.781	1.563	1.50	1.94	2.31	2.817	.31	C-33	C-34
240-2	3.000	304,400	225,000	32.2	3.58	3.93	.938	1.875	1.88	2.44	2.81	3.458	.38	C-35	C-36

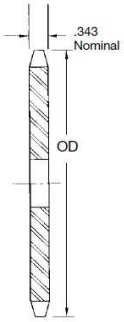
Δ Available only in riveted construction. All other sizes may be furnished cottered or riveted.
▲Bushing diameter. Chain is rollerless.

APÉNDICE E

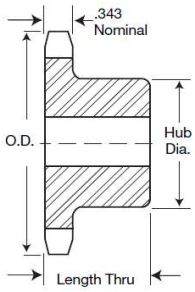
Martin

All Steel Stock Sprockets

No. 50 5/8" Pitch



TYPE A



TYPE B

Alteration Charges

See current discount sheet for alteration charges.

Single-Type B

Single-Type A

No. Teeth	Catalog Number	Outside Diameter	Type	Bore (inches) Stock	Bore (inches) Rec. Max.	Hub (inches) Diameter	Hub (inches) Length Thru	Weight Lbs (Approx.)	Type	Catalog Number	Stock Bore	Weight Lbs. (Approx.)
8	50B8	1.880	B	5/8	5/8	1 13/16★	1	.25				
9	50B9	2.090	B	5/8	3/4	1 13/16★	1	.36				
10	50B10	2.300	B	5/8	7/8	1 15/16★	1	.48				
11	50B11	2.500	B	5/8	1	1 3/4★	1	.64				
12	50B12	2.710	B	5/8	1 1/4	1 63/64★	1	.83	A	50A12	5/8	.34
13	50B13	2.910	B	5/8	1 5/16	1 7/8	1	.88	A	50A13	5/8	.42
14	50B14	3.110	B	5/8	1 7/16	2 1/8	1	1.13	A	50A14	5/8	.50
15	50B15	3.320	B	5/8	1 1/2	2 3/8	1	1.34	A	50A15	5/8	.54
16	50B16	3.520	B	5/8	1 3/4	2 1/2	1	1.51	A	50A16	5/8	.68
17	50B17	3.720	B	5/8	1 7/8	2 11/16	1	1.74	A	50A17	5/8	.76
18	50B18	3.920	B	5/8	1 7/8	2 5/8	1	2.00	A	50A18	5/8	.86
19	50B19	4.120	B	5/8	2	3	1	2.22	A	50A19	5/8	.94
20	50B20	4.320	B	3/4	2	3	1	2.28	A	50A20	3/4	1.06
21	50B21	4.520	B	3/4	2	3	1	2.40	A	50A21	3/4	1.12
22	50B22	4.720	B	3/4	2	3	1	2.56	A	50A22	3/4	1.30
23	50B23	4.920	B	3/4	2	3	1	2.66	A	50A23	3/4	1.44
24	50B24	5.120	B	3/4	2	3	1 1/4	3.30	A	50A24	25/32	1.50
25	50B25	5.320	B	3/4	2	3	1 1/4	3.40	A	50A25	25/32	1.62
26	50B26	5.520	B	3/4	2	3	1 1/4	3.44	A	50A26	25/32	1.72
27	50B27	5.720	B	3/4	2	3	1 1/4	3.74	A	50A27	25/32	1.96
28	50B28	5.920	B	3/4	2	3	1 1/4	3.80	A	50A28	25/32	2.04
29	50B29	6.120	B	3/4	2	3	1 1/4	4.06	A	50A29	25/32	2.36
30	50B30	6.320	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	4.56	A	50A30	25/32	2.54
31	50B31	6.520	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	4.74	A	50A31	25/32	2.80
32	50B32	6.720	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	4.96	A	50A32	25/32	2.72
33	50B33	6.920	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	5.20	A	50A33	25/32	3.14
34	50B34	7.120	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	5.14	A	50A34	25/32	3.20
35	50B35	7.320	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	5.44	A	50A35	25/32	3.34
36	50B36	7.520	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	5.64	A	50A36	25/32	3.82
37	50B37	7.720	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	5.90	A	50A37	25/32	3.98
38	50B38	7.920	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	6.08	A	50A38	25/32	4.14
39	50B39	8.120	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	6.30	A	50A39	25/32	4.42
40	50B40	8.320	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	6.50	A	50A40	25/32	4.46
41	50B41	8.520	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	6.64	A	50A41	25/32	4.86
42	50B42	8.720	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	6.96	A	50A42	25/32	4.98
43	50B43	8.910	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	7.06	A	50A43	25/32	5.24
44	50B44	9.110	B	3/4	2 1/4	3 1/4	1 1/4	7.58	A	50A44	25/32	5.42
45	50B45	9.310	B	3/4	2 1/2	3 1/4	1 1/4	8.58	A	50A45	25/32	5.92
46	50B46	9.510	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	8.22	A	50A46	15/16	6.42
47	50B47	9.710	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	8.48	A	50A47	15/16	6.50
48	50B48	9.910	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	9.28	A	50A48	15/16	6.58
49	50B49	10.110	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	9.22	A	50A49	15/16	7.06
50	50B50	10.310	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	9.88	A	50A50	15/16	7.10
51	50B51	10.510	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	9.70	A	50A51	15/16	7.32
52	50B52	10.710	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	10.24	A	50A52	15/16	7.98
53	50B53	10.910	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	10.48	A	50A53	15/16	8.08
54	50B54	11.110	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	11.00	A	50A54	15/16	8.30
55	50B55	11.310	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	10.93	A	50A55	15/16	8.56
56	50B56	11.500	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	11.50	A	50A56	15/16	8.90
57	50B57	11.700	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	12.00	A	50A57	15/16	9.38
58	50B58	11.900	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	11.82	A	50A58	15/16	10.30
59	50B59	12.100	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	12.32	A	50A59	15/16	10.50
60	50B60	12.300	B	1	2 1/2	3 1/4	1 1/4	13.00	A	50A60	15/16	10.80
70	50B70	14.290	B	1	2 1/2	3 1/4	1 3/4	18.16	A	50A70	15/16	14.00
72	50B72	14.690	B	1	2 1/2	3 1/4	1 3/4	19.48	A	50A72	15/16	15.24
76	50B76	15.486	B	1	2 1/2	3 1/4	1 3/4	21.00	A	50A76	15/16	20.08
80	50B80	16.280	B	1	2 3/4	4 1/4	1 3/4	24.74	A	50A80	15/16	21.00
84	50B84	17.080	B	1	2 3/4	4 1/4	1 3/4	25.50	A	50A84	15/16	22.08
95	50B95	19.270	B	1	2 3/4	4 1/4	1 3/4	32.00	A	50A95	15/16	27.00
96	50B96	19.470	B	1	2 3/4	4 1/4	1 3/4	32.92	A	50A96	15/16	27.40
112	50B112	22.650	B	1	2 3/4	4 1/4	1 3/4	42.00	A	50A112	15/16	37.70

★ Has recessed groove in hub for chain clearance.

Maximum bores shown will accommodate standard keyseat and setscrew over keyseat. Slightly larger bores are possible with no keyseat, shallow keyseat, or setscrew at angle to keyseat.

APÉNDICE F

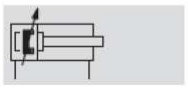
DATOS DE CILINDRO NEUMÁTICO

Cilindros normalizados CRDNG, ISO 15552, acero inoxidable

FESTO

Hoja de datos

Función



Diámetro
32 ... 125 mm

Carrera
10 ... 2 000 mm

www.festo.com

Juegos de piezas de desgaste
➔ 37

Variantes

S2

S6

La variante S6 no es apropiada para el contacto directo con alimentos debido a sus juntas y a la grasa lubricante.

CRDNG CRDNGS

Corresponde a la norma
- ISO 15552
- ISO 6431
- DIN ISO 6431
- VDMA 24 562
- NF E49 003.1
- UNI 10 290

Datos técnicos generales							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Conexión neumática	G⅛	G¼	G¼	G⅜	G⅜	G½	G½
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
Construcción	Émbolo						
	Vástago						
	Camisa del cilindro						
Amortiguación	Regulable en ambos lados						
Carrera de amortiguación [mm]	20	20	23	23	30	30	40
Detección de posiciones	Para detectores de proximidad						
Tipo de fijación	Con accesorios						
	Con rosca interior						
Posición de montaje	Indiferente						

Condiciones de funcionamiento y del entorno		
Variante	CRDNG/CRDNGS	S6
Fluido	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar	
Presión de funcionamiento	0,5 ...10 bar	
Temperatura ambiente[1] [°C]	–20 ... +80	0 ... +120
Clase de resistencia a la corrosión CRC[2]	4	

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores
2) Clase de resistencia a la corrosión 4 según norma de Festo 940 070
Piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas expuestas a substancias agresivas, por ejemplo en la industria alimentaria o química. Si procede, deben realizarse pruebas especiales con las substancias presentes en estas aplicaciones

Fuerzas [N]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance	482	753	1 178	1 870	3 015	4 712	7 360
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 720	4 413	6 880

APÉNDICE G

UNIDADES DE MANTENIMIENTO

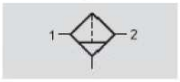
Filtros LF, serie D, ejecución metálica

FESTO

Hoja de datos

Función

Purga de condensado
Manual con giro



Automática y semiautomática

Caudal
170 ... 5 300 l/min

Temperatura
–10 ... +60 °C

Presión de entrada
0 ... 16 bar

- Buen grado de filtración de partículas y buena separación de condensado
- Gran caudal con poca caída de presión
- Con purga manual o automática del condensado
- A elegir entre cartuchos de 5 µm o 40 µm
- Nuevos cartuchos filtrantes → 37

Datos técnicos generales															
Tamaño		Micro					Mini			Midi				Maxi		
Conexión neumática		M5	M7	G1/8	QS4	QS6	G1/8	G1/4	G3/8	G1/4	G3/8	G1/2	G3/4	G1/2	G3/4	G1
Fluido		Aire comprimido					Aire comprimido									
Construcción		Filtro sinterizado con separación por fuerza centrífuga					Filtro sinterizado con separación por fuerza centrífuga									
Tipo de fijación		Con accesorios					Con accesorios									
		Montaje en línea					Montaje en línea									
Posición de montaje		Vertical ± 5°					Vertical ± 5°									
Grado de filtración	[µm]	5					5 ó 40									
Cantidad máx. de condensado	[cm³]	3					22			43				80		
Presión de entrada	[bar]															
Purga de condensado	Manual con giro	0 ... 10					0 ... 16									
	Semiautomática	1 ... 10					–									
	Automática	–					2 ... 12									

Importante: Este producto cumple con los estándares ISO 1179-1 e ISO 228-1.

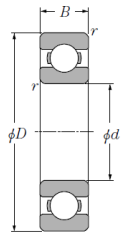
Caudal nominal normal[1] qnN [l/min]					
Conexión	Rosca interior		Placa base		
	M5	M7	G1/8	QS4	QS6
Micro					
LF	170	280	290	170	280

1) Con presión inicial p1 = 6 bar y Δp = 1 bar
Para un funcionamiento correcto es necesario disponer como mínimo de un caudal de 125 l/min.

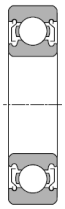
APÉNDICE H

Rodamientos Rígidos de Bolas

NTN



Tipo abierto



Tipo con tapas (ZZ)

Tipo con sello de no contacto (LLB, LLF)

Tipo con sello de bajo torque (LLH)

Tipo con sello de contacto (LLU)

d 40～60mm

Dimensiones principales					Capacidades básicas de carga dinámica		estática		Factor	Velocidades límites r.p.m. grasa		aceite		Números de rodamientos				
	mm				kN		kgf			tipo abierto		tipo abierto		tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto
d	D	B	$r_{s\,min}$ 1)	r_{1s} min	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	f_o	ZZ	LLB	Z	LB	LLH	LLU					
40	52	7	0.3	0.3	5.10	4.40	520	445	16.3	12 000		14 000		—	6 700	6808	ZZ	LLB	—	LLU
	62	12	0.6	0.5	12.2	8.90	1 240	910	15.8	11 000		13 000		—	6 300	6908	ZZ	LLB	—	LLU
	68	9	0.3	—	12.6	9.65	1 290	985	16.0	10 000		12 000		—	—	16008	—	—	—	—
	68	15	1	0.5	16.8	11.5	1 710	1 170	15.2	10 000		12 000		7 300	6 100	6008	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	18	1.1	0.5	29.1	17.8	2 970	1 820	14.0	8 700		10 000		6 700	5 600	6208	ZZ	LLB	LLH	LLU
	90	23	1.5	0.5	40.5	24.0	4 150	2 450	13.2	7 800		9 200		6 400	5 300	6308	ZZ	LLB	LLH	LLU
	110	27	2	—	63.5	36.5	6 500	3 750	12.3	7 000		8 200		—	—	6408	—	—	—	—
45	58	7	0.3	0.3	5.35	4.95	550	500	16.1	11 000		12 000		—	5 900	6809	ZZ	LLB	—	LLU
	68	12	0.6	0.5	13.1	10.4	1 330	1 060	16.1	9 800		12 000		—	5 600	6909	ZZ	LLB	—	LLU
	75	10	0.6	—	12.9	10.5	1 320	1 070	16.2	9 200		11 000		—	—	16009	—	—	—	—
	75	16	1	0.5	21.0	15.1	2 140	1 540	15.3	9 200		11 000		6 500	5 400	6009	ZZ	LLB	LLH	LLU
	85	19	1.1	0.5	32.5	20.4	3 350	2 080	14.1	7 800		9 200		6 200	5 200	6209	ZZ	LLB	LLH	LLU
	100	25	1.5	0.5	53.0	32.0	5 400	3 250	13.1	7 000		8 200		5 600	4 700	6309	ZZ	LLB	LLH	LLU
	120	29	2	—	77.0	45.0	7 850	4 600	12.1	6 300		7 400		—	—	6409	—	—	—	—
50	65	7	0.3	0.3	6.60	6.10	670	620	16.1	9 600		11 000		—	5 300	6810	ZZ	LLB	—	LLU
	72	12	0.6	0.5	13.4	11.2	1 370	1 140	16.3	8 900		11 000		—	5 100	6910	ZZ	LLB	—	LLU
	80	10	0.6	—	13.2	11.3	1 350	1 150	16.4	8 400		9 800		—	—	16010	—	—	—	—
	80	16	1	0.5	21.8	16.6	2 230	1 690	15.5	8 400		9 800		6 000	5 000	6010	ZZ	LLB	LLH	LLU
	90	20	1.1	0.5	35.0	23.2	3 600	2 370	14.4	7 100		8 300		5 700	4 700	6210	ZZ	LLB	LLH	LLU
	110	27	2	0.5	62.0	38.5	6 300	3 900	13.2	6 400		7 500		5 000	4 200	6310	ZZ	LLB	LLH	LLU
	130	31	2.1	—	83.0	49.5	8 450	5 050	12.5	5 700		6 700		—	—	6410	—	—	—	—
55	72	9	0.3	0.3	8.80	8.10	900	825	16.2	8 700		10 000		—	4 800	6811	ZZ	LLB	—	LLU
	80	13	1	0.5	16.0	13.3	1 630	1 350	16.2	8 200		9 600		—	4 600	6911	ZZ	LLB	—	LLU
	90	11	0.6	—	18.6	15.3	1 900	1 560	16.2	7 700		9 000		—	—	16011	—	—	—	—
	90	18	1.1	0.5	28.3	21.2	2 880	2 170	15.3	7 700		9 000		—	4 500	6011	ZZ	LLB	—	LLU
	100	21	1.5	0.5	43.5	29.2	4 450	2 980	14.3	6 400		7 600		—	4 300	6211	ZZ	LLB	—	LLU
	120	29	2	0.5	71.5	45.0	7 300	4 600	13.2	5 800		6 800		—	3 900	6311	ZZ	LLB	—	LLU
	140	33	2.1	—	89.0	54.0	9 050	5 500	12.7	5 200		6 100		—	—	6411	—	—	—	—
60	78	10	0.3	0.3	11.5	10.6	1 170	1 080	16.3	8 000		9 400		—	4 400	6812	ZZ	LLB	—	LLU
	85	13	1	0.5	16.4	14.3	1 670	1 450	16.4	7 600		8 900		—	4 300	6912	ZZ	LLB	—	LLU
	95	11	0.6	—	20.0	17.5	2 040	1 780	16.3	7 000		8 300		—	—	16012	—	—	—	—
	95	18	1.1	0.5	29.5	23.2	3 000	2 370	15.6	7 000		8 300		—	4 100	6012	ZZ	LLB	—	LLU
	110	22	1.5	0.5	52.5	36.0	5 350	3 700	14.3	6 000		7 000		—	3 800	6212	ZZ	LLB	—	LLU
	130	31	2.1	0.5	82.0	52.0	8 350	5 300	13.2	5 400		6 300		—	3 600	6312	ZZ	LLB	—	LLU
	150	35	2.1	—	102	64.5	10 400	6 550	12.6	4 800		5 700		—	—	6412	—	—	—	—

1) Dimensión mínima permitida para el chaflán r.

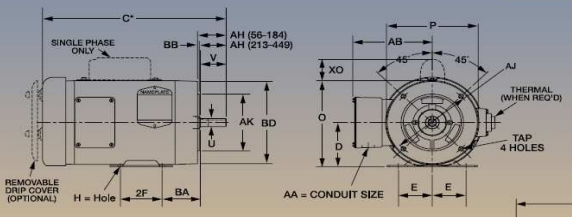
APÉNDICE I

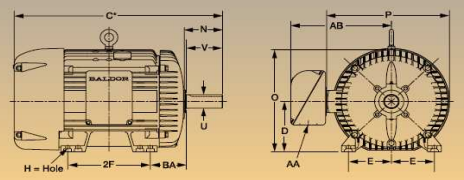
NORMA DE MOTORES

BALDOR

Leader in Energy Efficient Industrial Electric Motors and Drives

NEMA Shaft	Keyseat Dimensions		NEMA Shaft	Keyseat Dimensions	
(U)	(R)	(S)	(U)	(R)	(S)
3/8	21/64	FLAT	1-7/8	1-19/32	1/2
1/2	29/64	FLAT	2-1/8	1-27/32	1/2
5/8	33/64	3/16	2-3/8	2-1/64	5/8
7/8	49/64	3/16	2-1/2	2-3/16	5/8
1-1/8	63/64	1/4	2-7/8	2-29/64	3/4
1-3/8	1-13/64	5/16	3-3/8	2-7/8	7/8
1-5/8	1-13/32	3/8	3-7/8	3-5/16	1





Drawings represent standard TEFC general purpose motors
Refer Data Section 502 for various models, OPEN or TEFC
*Dimensions are for reference only.

*Contact your local Baldor office for "C" Dimensions.

Dimensions - N, O, P, AB and XO are specific to Baldor.

NEMA QUICK REFERENCE CHART

NEMA FRAME	D	E	2F	H	N	O	P	U	V	AA	AB	AH	AJ	AK	BA	BB	BD	XO	TAP
42	2-5/8	1-3/4	1-11/16	9/32 SLOT	1-1/2	5	4-11/16	3/8	1-1/8	3/8	4-1/32	1-5/16	3-3/4	3	2-1/16	1/8	4-5/8	1-9/16	1/4-20
48	3	2-1/8	2-3/4	11/32 SLOT	1-7/8	5-7/8	5-11/16	1/2	1-1/2	1/2	4-3/8	1-11/16	3-3/4	3	2-1/2	1/8	5-5/8	2-1/4	1/4-20
56 56H	3-1/2	2-7/16	3 5	11/32 SLOT	2-7/16 2-1/8	6-7/8	6-5/8	5/8	1-7/8	1/2	5	2-1/16	5-7/8	4-1/2	2-3/4	1/8	6-1/2	2-1/4	3/8-16
143T 145T	3-1/2	2-3/4	4 5	11/32	2-1/2	6-7/8	6-5/8	7/8	2-1/4	3/4	5-1/4	2-1/8	5-7/8	4-1/2	2-1/4	1/8	6-1/2	2-1/4	3/8-16
182 184 182T 184T	4-1/2	3-3/4	4-1/2 5-1/2 4-1/2 5-1/2	13/32	2-11/16 2-11/16 3-9/16 3-9/16	8-11/16	7-7/8	7/8 7/8 1-1/8 1-1/8	2-1/4 2-1/4 2-3/4 2-3/4	3/4	5-7/8	2-1/8 2-1/8 2-5/8 2-5/8	5-7/8 5-7/8 7-1/4 7-1/4	4-1/2 4-1/2 8-1/2 8-1/2	2-3/4	1/8 1/8 1/4 1/4	6-1/2 6-1/2 9 9	2-3/8	3/8-16 3/8-16 1/2-13 1/2-13
213 215 213T 215T	5-1/4	4-1/4	5-1/2 7 5-1/2 7	13/32	3-1/2 3-1/2 3-7/8 3-7/8	10-1/4	9-9/16	1-1/8 1-1/8 1-3/8 1-3/8	3 3 3-3/8 3-3/8	1	7-3/8	2-3/4 2-3/4 3-1/8 3-1/8	7-1/4	8-1/2	3-1/2	1/4	9	2-3/4	1/2-13
254U 256U 254T 256T	6-1/4	5	8-1/4 10 8-1/4 10	17/32	4-1/16 4-1/16 4-5/16 4-5/16	12-7/8	12-15/16	1-3/8 1-3/8 1-5/8 1-5/8	3-3/4 3-3/4 4 4	1	9-5/8	3-1/2 3-1/2 3-3/4 3-3/4	7-1/4	8-1/2	4-1/4	1/4	10	—	1/2-13
284U 286U 284T 286T 284TS 286TS	7	5-1/2	9-1/2 11 9-1/2 11 9-1/2 11	17/32	5-1/8 5-1/8 4-7/8 4-7/8 3-3/8 3-3/8	14-5/8	14-5/8	1-5/8 1-5/8 1-7/8 1-7/8 1-5/8 1-5/8	4-7/8 4-7/8 4-5/8 4-5/8 3-1/4 3-1/4	1-1/2	13-1/8	4-5/8 4-5/8 4-3/8 4-3/8 3 3	9	10-1/2	4-3/4	1/4	11-1/4	—	1/2-13
324U 326U 324T 326T 324TS 326TS	8	6-1/4	10-1/2 12 10-1/2 12 10-1/2 12	21/32	5-7/8 5-7/8 5-1/2 5-1/2 3-15/16 3-15/16	16-1/2	16-1/2	1-7/8 1-7/8 2-1/8 2-1/8 1-7/8 1-7/8	5-5/8 5-5/8 5-1/4 5-1/4 3-3/4 3-3/4	2	14-1/8	5-3/8 5-3/8 5 5 3-1/2 3-1/2	11	12-1/2	5-1/4	1/4	13-3/8	—	5/8-11
364U 365U 364T 365T 364TS 365TS	9	7	11-1/4 12-1/4 11-1/4 12-1/4 11-1/4 12-1/4	21/32	6-3/4 6-3/4 6-1/4 6-1/4 4 4	18-1/2	19-1/2	2-1/8 2-1/8 2-3/8 2-3/8 1-7/8 1-7/8	6-3/8 6-3/8 5-7/8 5-7/8 3-3/4 3-3/4	2-1/2	18 18 18-1/16 18-1/16 18-1/16 18-1/16	6-1/8 6-1/8 5-5/8 5-5/8 3-1/2 3-1/2	11	12-1/2	5-7/8	1/4	13-3/8	—	5/8-11
404U 405U 404T 405T 404TS 405TS	10	8	12-1/4 13-3/4 12-1/4 13-3/4 12-1/4 13-3/4	13/16	7-3/16 7-3/16 7-5/16 7-5/16 4-1/2 4-1/2	21-5/16	22-1/2	2-3/8 2-3/8 2-7/8 2-7/8 2-1/8 2-1/8	7-1/8 7-1/8 7-1/4 7-1/4 4-1/4 4-1/4	3	19-1/4 19-1/4 19-5/16 19-5/16 19-5/16 19-5/16	6-7/8 6-7/8 7 7 4 4	11	12-1/2	6-5/8	1/4	13-7/8	—	5/8-11
444U 445U 444T 445T 447T 449T 444TS 445TS 447TS 449TS	11	9	14-1/2 16-1/2 14-1/2 16-1/2 20 25 14-1/2 16-1/2 20 25	13/16	8-5/8 8-5/8 8-9/16 8-9/16 8-9/16 8-9/16 4-13/16 4-13/16 4-13/16 4-13/16	23-3/8 23-3/8 34-3/16 34-3/16 34-3/16 34-3/16 34-3/16 34-3/16 34-3/16 34-3/16	25-1/4 25-1/4 28-3/4 28-3/4 28-3/4 28-3/4 28-3/4 28-3/4 28-3/4 28-3/4	2-7/8 2-7/8 3-3/8 3-3/8 3-3/8 3-3/8 2-3/8 2-3/8 2-3/8 2-3/8	8-5/8 8-5/8 8-3/8 8-3/8 8-1/2 8-1/2 4-5/8 4-5/8 4-5/8 4-3/4	3 3 4 4 4 4 4 4 4 4	22-3/16 22-3/16 24-5/8 24-5/8 24-5/8 24-1/2 24-5/8 24-5/8 24-5/8 24-1/2	8-3/8 8-3/8 8-1/4 8-1/4 8-1/4 8-1/4 4-1/2 4-1/2 4-1/2 4-1/2	14	16	7-1/2	1/4	16-3/4	—	5/8-11

The above chart provides typical Baldor•Reliance motor dimensions. For more exact dimensional data, please check the specific drawing for each catalog number.
Dimensional data for 444T through 449TS frame sizes reflect the use of a top mounted conduit box with a cantilevered mounting arm.

5000 FRAME	D	E	2F	H	O	P	U	V	AA	AB	BA
5008S	12-1/2	10	22	15/16	26-27/32	32.24	4.13	6.84	4-NPT	32.74	8-1/2
5008L	12-1/2	10	22	15/16	26-27/32	32.24	4.13	10.84	4-NPT	32.74	8-1/2
5010S	12-1/2	10	28	15/16	26-27/32	32.24	4.13	6.84	4-NPT	32.74	8-1/2
5010L	12-1/2	10	28	15/16	26-27/32	32.24	4.13	10.84	4-NPT	32.74	8-1/2
5012S	12-1/2	10	36	15/16	26-27/32	32.24	4.13	6.84	4-NPT	32.74	8-1/2
5012L	12-1/2	10	36	15/16	26-27/32	32.24	4.13	10.84	4-NPT	32.74	8-1/2

NEMA C-Face	BA Dimensions
143-5TC	2-3/4
182-4TC	3-1/2
213-5TC	4-1/4
254-6TC	4-3/4

BALDOR ELECTRIC COMPANY
P.O. BOX 2400
FORT SMITH, ARKANSAS
72902-2400 U.S.A.

Frame	NEMA FRAMES PRIOR TO 1953						
	D	E	F	N	O	V	BA
66	4-1/8	2-15/16	2-1/2	2-1/4	3/4	2-1/4	3-1/8
203	5	4	2-3/4	2-7/16	3/4	2	3-1/8
204			3-1/4				
224	5-1/2	4-1/2	3-3/8	3-1/4	1	3	3-1/2
225			3-3/4				
254	6-1/4	5	4-1/8	3-7/16	1-1/8	3-3/8	4-1/4
284	7	5-1/2	4-3/4	4-1/4	1-1/4	3-3/4	4-3/4
324	8	6-1/4	5-1/4	5-3/8	1-5/8	4-7/8	5-1/4
326			6				
364	9	7	5-5/8	5-5/8	1-7/8/8	5-3/8	5-7/8
365			6-1/8				
404	10	8	6-1/8	6-3/8	2-1/8	6-1/8	6-5/8
405			6-7/8				
444	11	9	7-1/4	7-1/8	2-3/8	6-7/8	7-1/2
445			8-1/4				
504	12-1/2	10	8	8-5/8	2-7/8	8-3/8	8-1/2
505			9				

BIBLIOGRAFÍA

1. JOSEPH E. SHIGLEY, Diseño en ingeniería Mecánica, Mc Graw Hill, Sexta Edición, México, 2002, pág. 94 a 254.
2. REXNORD R100, Power Transmission and Conveying Components, U.S.A., 1992, pág. A1 a A65.
3. MARTIN SPROCKET & GEAR, Catalog 1090, U.S.A., 1992, pág. E1 a E92.
4. MARBETT, Conveyor Components Supporting and Levelling Elements Self-Aligning Bearings, U.S.A., 2009.
5. FESTO DIDACTIC, Introducción a la Neumática, U.S.A., 1992
6. FESTO DIDACTIC, Introducción a la Electroneumática, U.S.A., 1992.
7. NTN CORPORATION, Catalogo de Rodamientos, NTN Co, 2004.
8. NTN CORPORATION, Catalogo de Chumaceras, NTN Co, 2004.

PLANOS