



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE
PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS
DE CARTÓN CORRUGADO.**

TUTOR ACADÉMICO

**ING. JOSÉ GUTIÉRREZ
GARCÍA**

AUTORES

Br. OSCARINA

Br. CARLOS LEÓN

VALENCIA, FEBRERO 2009.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE
PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS
DE CARTÓN CORRUGADO.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TUTOR ACADÉMICO

**ING. JOSÉ GUTIÉRREZ
GARCÍA**

AUTORES

Br. OSCARINA

Br. CARLOS LEÓN

VALENCIA, FEBRERO 2009.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del Jurado designado para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado *“Diseño de un sistema automatizado para el manejo de producto terminado de una empresa fabricante de cajas de cartón corrugado”*, realizado por los bachilleres: Carlos León, C.I.: 15.860.763 y Oscarina García, C.I.: 14.469.272; hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. José Gutiérrez
Tutor

**Prof. Giovanni Pizzella
González**
Jurado

Prof. Napoleón
Jurado

Valencia, Febrero 2009.



DEDICATORIA

A Dios padre, por haber iluminado mi camino y fortalecido mi espíritu en los momentos difíciles.

A mis padres que han estado conmigo en todo momento. Gracias por haberme apoyado a alcanzar mis metas. Gracias por creer en mí.

A mis hermanos José y Verónica, gracias por estar conmigo y por su apoyo incondicional siempre.

A Francis, quien me ha brindado todo su amor, cariño, estímulo y apoyo constante. Gracias mi amor.

Carlos León



DEDICATORIA

A Dios, porque sin él nada sería posible.

A mis padres, quienes me brindan siempre todo su amor y apoyo incondicional para lograr el éxito.

A todas aquellas personas que de una u otra forma siempre estuvieron animándome a no decaer y seguir adelante.

A todos, gracias.....

Oscarina García



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Carabobo, Alma Mater en la cual tuvimos la oportunidad de cursar nuestros estudios de Ingeniería Mecánica.

Al Ing. José Javier Gutiérrez, Tutor Académico del Proyecto de Grado, por su valiosa colaboración, consejos y por orientarnos en la realización de este proyecto.

A la empresa Servicios de Corrugados de Maracay C.A., quien nos abrió sus puertas y permitió el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

A todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este Trabajo Especial de Grado.

***Oscarina García
Carlos León***



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	1
NOMENCLATURA.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1. TITULO DEL PROBLEMA.....	7
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.3. OBJETIVOS.....	9
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.4. LIMITACIONES.....	9
1.5. DELIMITACIONES Y/O ALCANCES.....	10
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	10

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12



CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	31

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	33
4.2. SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN.....	35
4.3. DESARROLLO DEL DISEÑO.....	50
4.3.1. DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	50
4.3.2. DISEÑO DEL SISTEMA TRANSPORTADOR DE CAJAS EN LA MAQUINA FLEJADORA	58
4.3.3. DISEÑO DEL TRANSPORTADOR DE RODILLOS.....	75
4.3.4. SELECCIÓN DEL TRANSPORTADOR DE GRAVEDAD.....	84
4.3.5. DISEÑO DEL CORDÓN DE SOLDADURA.....	85
4.3.6. SELECCIÓN DEL SISTEMA PARA EL PROCESO DE PALETIZADO.....	89



4.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	93
4.4.1. SISTEMA AUTOMATIZADO.....	95
4.4.2. SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	95
4.4.3. LISTA DE DIRECCIONES.....	97
4.4.4. DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PLC.....	99
4.4.5 DIAGRAMA ESCALERA DEL PLC.....	100
4.5. ESTUDIO ECONÓMICO.....	101
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	110
APÉNDICES.....	112
Apéndice I. Máxima velocidad recomendada para Bandas transportadoras.....	113
Apéndice II. Diámetro de rodillos recomendados.....	114
Apéndice III. Separación máxima entre rodillos.....	115
Apéndice IV: Factor de potencia.....	116
Apéndice V: Factor de de seguridad y eficiencia.....	117
Apéndice VI: Propiedades mecánicas del motor con freno seleccionado.....	118
Apéndice VII: Factor de ajuste de tensión (R).....	119
Apéndice VIII: Tensión admitida en correas de lonas.....	120
Apéndice IX: Número de lonas recomendado en bandas transportadoras.....	121
Apéndice X: Espesores recomendados para cubiertas de goma-cara de carga (pulg).....	122
Apéndice XI: Espesores de cubierta inferior que corresponden con los espesores de la cubiertas superior (pulg).....	123



Apéndice XII. Factores de servicio para selección de Motores.....	124
Apéndice XIII. Propiedades mecánicas del motor con freno seleccionado.....	125
Apéndice XIV. Propiedades mecánicas de la caja reductora seleccionada.....	126
Apéndice XV. Factores de servicio para selección de cadenas, según catalogo MORSE.....	127
Apéndice XVI. Tabla de capacidad de potencia para selección de la cadena 1.....	128
Apéndice XVII. Valor estándar de potencia para un ramal, según catalogo MORSE.....	129
Apéndice XVIII. Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono.....	130
Apéndice XIX. Propiedades del perfil C de hierro negro.....	131
Apéndice XX. Propiedades del perfil C de hierro negro.....	133
Apéndice XXI. Propiedades mecánicas del electrodo E-7018.....	134
Apéndice XXII. Momento de resistencia lineal a la flexión y torsión de un cordón de soldadura.....	135
Apéndice XXIII. Catalogo de manipulador de cargas.....	136
Apéndice XXIV. Características del sensor de barrera de luz.....	140
Apéndice XXV. Características del PLC.....	141
Apéndice XXVI. Características del pulsador con retención.....	143
ANEXOS	146



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1. Característica de Ondas.....	13
Tabla N° 4.1. Condiciones de los orígenes y destinos de las cargas.....	32
Tabla N° 4.2. Comparación de restricciones Vs. Posibles Soluciones.....	40
Tabla N° 4.3. Ponderación de criterios.....	40
Tabla N° 4.4. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección.....	41
Tabla N° 4.5. Comparación de restricciones Vs. Posibles Soluciones para el paletizado.....	47
Tabla N° 4.6. Ponderación de criterios en el proceso de paletizado.....	47
Tabla N° 4.7. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el proceso de paletizado.....	48
Tabla N° 4.8. Características de los rodillos y sus elementos.....	83
Tabla N° 4.9. Características del perfil seleccionado.....	84
Tabla N° 4.10. Hoja de datos del pulsador seleccionado.....	96
Tabla N° 4.11. Hoja de datos del PLC seleccionado.....	97
Tabla N° 4.12. Lista de direcciones del autómata programable.....	97
Tabla N° 4.13. Inversión inicial.....	102
Tabla N° 4.14. Tiempo de pago.....	107



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado.....	8
Figura N° 2.1 Componentes del Cartón Corrugado.....	12
Figura N° 2.2. Tipos de Cartón Corrugado.....	12
Figura N° 2.3 Transportador de ruedas.....	19
Figura N° 2.4 Transportadores de rodillos.....	20
Figura N° 2.5 Rodillos activados de cadena con transmisión rodillo a rodillo.....	23
Figura N° 2.6 Banda transportadora.....	25
Figura N° 4.1. Transportador de rodillos y maquina flejadora.....	32
Figura N° 4.2. Transportador de rodillos.....	33
Figura N° 4.3. Paletizado de los bultos de cajas de cartón corrugado.....	34
Figura N° 4.4. Posible solución 1.....	36
Figura N° 4.5. Posible solución 2.....	37
Figura N° 4.6. Posible solución 3.....	38
Figura N° 4.7. Polipasto sobre puente grúa.....	43
Figura N° 4.8. Manipulador de carga por vacío.....	44
Figura N° 4.9. Sistema de manipulación de carga electrónico.....	45
Figura N° 4.10. Ubicación de la banda transportadora en el proceso.....	49
Figura N° 4.11. “Banda transportadora diseñada”.....	57
Figura N° 4.12. “Banda transportadora diseñada (Recubrimientos,	



lona y rodillos)”	57
Figura N° 4.13. Máquina flejadora.....	58
Figura N° 4.14. Diagrama de cuerpo libre Mt	60
Figura N° 4.15. Reacciones aplicadas al rodillo.....	75
Figura N° 4.16. Diagrama de corte y momento flector del rodillo.....	76
Figura N° 4.17. Reacciones aplicadas a la estructura.....	78
Figura N° 4.18. Diagrama de corte y momento flector de la estructura.....	80
Figura N° 4.19. Soldadura entre la lámina y el perfil.....	85
Figura N° 4.20. Manipulador de carga electrónico.....	90
Figura N° 4.21. Longitudes del espacio para la implementación del sistema.....	91
Figura N° 4.22. Longitud vertical para el sistema de manipulación de cargas.....	92
Figura N° 4.23 Ubicación de sensores.....	94
Figura N° 4.24. Diagrama de conexiones del PLC.....	99
Figura N° 4.25. Diagrama escalera del PLC.....	100



proceso y es entonces que surge como objetivo principal el diseño de un sistema automatizado para el manejo de producto terminado de una empresa fabricante de cajas de cartón corrugado.

Por otra parte, la presente investigación se desarrolló bajo la modalidad de investigación de campo de carácter descriptiva, con el objetivo de ofrecer una propuesta para la optimización del proceso operativo con el fin de aumentar al máximo el rendimiento de los recursos en torno a este. En base a esta investigación se realizó un sistema automatizado, empleando el control mediante lógica programada, que realice las actividades de flejado de los bultos de cajas de cartón, además de implementar sistemas mecánicos con una mínima intervención de los operadores.

Por último, entre las conclusiones más importantes se tiene: incremento en la producción, cerca del 16%; disminución de mano de obra, el mejoramiento de las condiciones de trabajo para los operadores. Se recomienda estudiar la posibilidad de implementar sistemas similares en las demás líneas de producción para continuar incrementando la operatividad general de la empresa.



NOMENCLATURA

Variable	Denominación	Unidades Sistema Internacional
a	Ancho de la banda	m
A_w	Longitud del cordón de soldadura	m
D_g	Diámetro de la rueda dentada grande	D_g
D_p	Diámetro de la rueda dentada pequeña	m
F_{ajuste}	Factor de ajuste	-
F_a	Fuerza sobre los apoyos	N
F_s	Factor de servicio	-
F	Fuerza tangencial necesaria al arranque	N
HPeje	Potencia suministrada al eje	W
HPmotor	Potencia del motor	W
I_{rod}	Inercia de masa del rodillo	Kg x m ²
I_t	Inercia de masa total del rodillo	Kg x m ²
L	Longitud del transportador en pies	m
L_c	Longitud de la cadena	m
L_{cajas}	Largo de la caja	m
m_{lineal}	Masa por unidad de longitud	Kg
M_{Max}	Momento flector máximo	Nxm
M_t	Momento torsor	<i>Nxm</i>
N	Número de lonas	-
Ng	Número de dientes de la rueda dentada grande	-
Np	Número de dientes de la rueda dentada pequeña	-
Pot_{diseño}	Potencia de diseño	W



R	Factor que depende del tipo de tensor	-
R_{Rodillo}	Radio del rodillo	m
R_T	Relación de transmisión	-
S	Módulo que depende del momento flector en la sección	m ³
S_x	Módulo resistente tabulado	m ³
S_y	Esfuerzo a la fluencia del material	MPa
T	Toneladas de material manejado	T/s
T_{max}	Tensión máxima	N
V	Velocidad periférica	m/s
V_{max}	Fuerza de corte máximo	N
W	Peso del material	Kg
Z_w	Momento de resistencia lineal a la flexión	m ²
α	Aceleración angular	rad/s ²
η	Factor de potencia	-
μ	Coefficiente de roce dinámico	-
σ_{adm}	Esfuerzo máximo permisible	MPa
σ_{pc}	Esfuerzo de resistencia a la tracción del electrodo	MPa
τ_{adm}	Esfuerzo admisible de corte	MPa
ω	Velocidad angular	Rad/s
ω_g	Velocidad angular de la rueda dentada grande	Rad/s
ω_p	Velocidad angular de la rueda dentada pequeña	Rad/s



INTRODUCCIÓN

Servicios de Corrugados Maracay, C.A., es una empresa dedicada a la fabricación de cartón corrugado, la conversión, flexo grabado y comercialización de cajas, dirigidas a la industria de alimentos, licores, detergentes, papel de archivo e higiénico, entre otras.

En la zona de conversión, el sistema de transporte del producto terminado se realiza manualmente por medio de unos rodillos, esto genera una disminución en la productividad debido al mal manejo de materiales en el proceso de producción y además trae como consecuencia que los operarios de las líneas se ven expuestos a elevados niveles de riesgos en posturas de trabajo y en levantamiento de cargas, que de no ser disminuidos o eliminados los llevarían a sufrir de enfermedades ocupacionales.

Por estas razones, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema de transporte para el manejo de producto terminado en una máquina flexográfica; lograr la automatización de dicho proceso, generará ahorro de tiempo aumentando la productividad y además garantiza el bienestar de el personal operador de dicha máquina.

Es así como, los objetivos planteados se lograrán siguiendo una estructura establecida que involucra el conocimiento y manipulación de todas las variables que intervienen en el proceso. Haciendo uso de algunas técnicas de investigación se sustraerá la mayor información posible, se analizará y luego se escogerá la solución más viable, aquella que satisfaga la mayor cantidad de criterios establecidos para solucionar dicho problema.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



RESUMEN DEL PROYECTO DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO.

**TUTOR ACADÉMICO
ING. JOSÉ GUTIÉRREZ**

**AUTORES
Br. OSCARINA GARCÍA
Br. CARLOS LEÓN**

RESUMEN

Las palabras calidad y productividad constituyen actualmente dos conceptos verdaderamente importantes para las organizaciones modernas, las cuales cada vez más los integran a su filosofía de trabajo. En búsqueda de alcanzar esa calidad y productividad la empresa Servicios de Corrugados Maracay, C.A.; se planteó la necesidad de mejorar el proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado en la máquina flexográfica; específicamente el manejo del material terminado, ya que en la actualidad es un proceso que se realiza completamente manual por los operadores, produciendo mermas en la productividad, además de ocasionar graves problemas desde el punto de vista físico a los trabajadores.

Es de hacer notar que, al revisar los sistemas empleados para el transporte y paletizado en la máquina flexográfica, quedan al descubierto las debilidades del



Por lo demás, la investigación está estructurada en cuatro (IV) capítulos conformados de la siguiente manera:

En el capítulo I, se plantea el problema, se establecen los objetivos, se justifica la realización del estudio, se delimitan los alcances y las limitaciones de este.

En el capítulo II, se plantean los antecedentes de la investigación y los tópicos que sustentan el desarrollo del proyecto.

En el capítulo III, se describe la metodología que será utilizada para el cumplimiento de los objetivos planteados; donde se muestran aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo dicha investigación.

En el capítulo IV, se presentan posibles soluciones que serán sometidas a una evaluación que dará como resultado el sistema a diseñar, se realizará el diseño y se someterá a un estudio económico para conocer su factibilidad económica.

Finalmente se presentarán las conclusiones y recomendaciones. Las conclusiones se generan a partir de los resultados y con ella se les dio solución al problema planteado y se cumplió con los objetivos establecidos. Las recomendaciones pretenden sugerir las posibles acciones que beneficiarán a la Empresa en caso de ser tomadas.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Título de Trabajo

Diseño de un sistema automatizado para el manejo de producto terminado de una empresa fabricante de cajas de cartón corrugado.

1.2 Planteamiento del problema

La empresa Servicios de Corrugados Maracay, C.A., ubicada en la ciudad de Cagua Edo. Aragua, inicia sus operaciones en marzo de 1.999, teniendo como visión la fabricación de cartón corrugado, la conversión, flexo grabado y comercialización de cajas, dirigidas a la industria de alimentos, licores, detergentes, papel de archivo e higiénico, entre otras.

Hoy en día Servicios de Corrugados Maracay, C.A., cuenta con una capacidad operativa que le permite el empleo directo de 150 trabajadores, capaz de fabricar más de tres millones de metros cuadrados de cartón corrugado al mes y máquinas de conversión que permiten generar tres millones quinientas mil cajas mensuales.

Además, la empresa cuenta con dos máquinas impresoras y una flexográfica en la zona de conversión, donde se realizan los procesos de cortes longitudinales, transversales, doblado y conformación de las cajas de cartón, las cuales son flejadas y luego paletizadas.



Es necesario acotar que existe una inconformidad por parte de la gerencia en lo referente a los rodillos que transportan el producto terminado desde la salida de la máquina flexográfica, donde sale el producto terminado (Ver figura 1), hasta el lugar donde se paletizan los bultos de cajas, ya que éstos, no disponen de la inclinación adecuada ni de la lubricación requerida para el arrastre de las mismas, situación que le exige al trabajador el traslado a los rieles y efectuar el empuje de las cajas para ser llevadas hasta el final de la línea, lugar en el cual, el proceso es completamente manual donde los operarios deben apilar en las paletas el material terminado; todo esto, genera una disminución en la productividad porque deben realizarse paradas continuas de la maquinaria para que el personal pueda disponer de tiempo para realizar estas actividades.

Por otra parte, otro problema que se presenta en la empresa como consecuencia de este sistema, es el desgaste físico del personal, según estudio realizado por **ISEACA - Ingeniería de Seguridad Ergonomía y Ambiente CA**, en el cual se evaluó las estaciones de trabajo, determinando elevados niveles de riesgos en posturas de trabajo y en levantamiento de cargas, tanto en la carga individual como en la acumulativa (tonelaje jornada).

Por esta razón, la empresa se ve en la necesidad de tomar acciones que le permitan mejorar el proceso en el manejo de producto terminado a objeto de incrementar la productividad por jornada diaria, además de mejorar las condiciones de trabajo y medio ambiente a sus trabajadores.

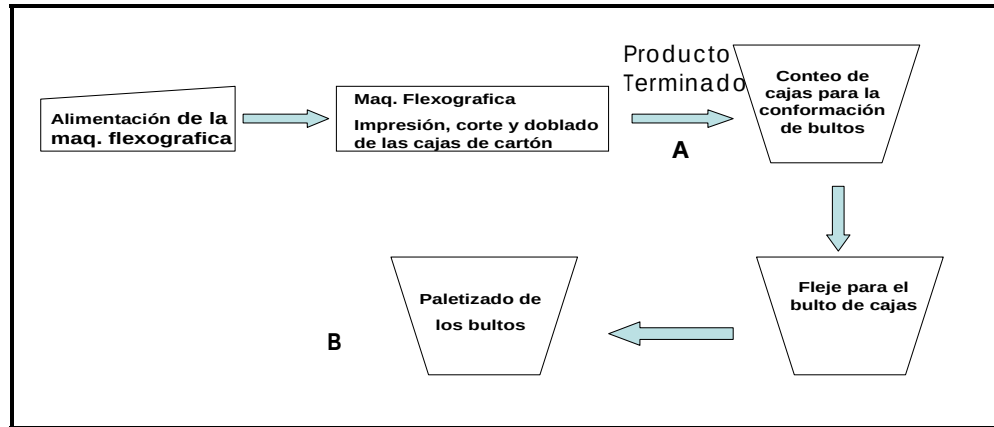


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado

1.3 Objetivo General.

Diseñar un sistema automatizado para el manejo de producto terminado en una fábrica de cajas de cartón corrugado.

1.4 Objetivos Específicos.

- ✓ Evaluar las características actuales del proceso de conformación de bultos y paletizado de las cajas de cartón corrugado.
- ✓ Diseñar el sistema mecánico de transporte desde la salida de la máquina flexográfica (producto terminado) hasta la zona donde se efectúa el paletizado.
- ✓ Diseñar un sistema de control automático para el transporte de producto terminado.
- ✓ Realizar el análisis de rentabilidad del proyecto.



1.5 Limitaciones

- ✓ Poco espacio disponible para la disposición del sistema a implementar.
- ✓ El tiempo del que se dispondrá para la realización del trabajo de grado corresponde a dos semestres; periodo lectivo 2-2007 y periodo lectivo 1-2008 respectivamente.

1.6 Delimitaciones y/o Alcances.

- ✓ Sólo se realizará el diseño del sistema para el manejo de producto terminado.
- ✓ El diseño contemplará el transporte de material terminado desde la salida de la máquina flexográfica hasta el lugar donde se realiza el paletizado, esto incluye el fleje de los bultos.
- ✓ El sistema diseñado debe cumplir con los criterios de maximización de beneficios y minimización de costos.

1.7 Justificación

Para hacer un proceso de producción eficiente es necesario contar con sistemas que permitan llevar a cabo las actividades de forma más eficientes y seguras, por ello, la implementación de un diseño automatizado permitirá mejorar los procesos de producción por jornada diaria, disminuir los tiempos de paradas además de reducir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal para así garantizar a los trabajadores las condiciones de salud y bienestar en el trabajo establecidas en la Ley Orgánica de Prevención Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

Antecedente N° 1

Artiles y Javier Dall`Agnese Pierino (1993), realizaron un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado **“Estudio y diseño de la automatización de una máquina ensambladora de cartón corrugado”**, en donde la automatización de la alimentación principal elimina en gran parte la dependencia humana aumentando el rendimiento de los operadores, además el nuevo diseño permite trabajar a una velocidad constante que es función de la velocidad máxima del pistón ensamblador.

El diseño permite colocar el mayor número de complementos a ensamblar en la alimentación principal, trayendo como consecuencia que el pistón ensamblador tenga menor número de accionamiento por juegos ensamblados prolongando así su vida útil.

Antecedente N° 2

Marcos Rebonatto (2004), realizó el trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado **“Diseño de un sistema automatizado de una máquina troqueladora de laminas de cartón”**, en este trabajo se diseñó un sistema de manejo de materiales para los procesos de alimentación y descarga de la máquina



troqueladora basado en camas de rodillos motorizados, manejados automáticamente a través de un controlador lógico programable.

Para el proceso de evacuación de desperdicios, se realizó también el diseño que permite detectar el nivel de desperdicio en el baúl.

Antecedente N° 3

Lugo Franklin (1998), realizó un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado **“Diseño de un sistema automatizado para tensar la banda de papel de una corrugadora de cartón”**, en donde se obtuvo que el mecanismo automático de control de la tensión de la banda puede ser fácilmente operado, lo que lleva a que el operario no tiene porque estar improvisando actividades en el proceso, puesto que todas las variables las puede medir e indicar sin cometer errores.

La adaptación de un controlador lógico programable (P.L.C) como sistema central de automatización para este proyecto, se debe a que este presenta una alta capacidad de respuesta, y además, un manejo de innumerables variables del proceso.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Cartón Corrugado. Definición.

El cartón corrugado es una estructura formada por un nervio central de papel ondulado, reforzado externamente por dos capas de papel (Papeles *liners* o *tapas*) (ver fig. 2.1) pegadas con adhesivo en las crestas de la onda. Es un material liviano, cuya resistencia se basa en el trabajo conjunto y vertical de estas tres láminas de papel.

El cartón corrugado pierde su resistencia si la onda sufre aplastamientos o quebraduras producidos por fuerzas externas.



Fig. 2.1 Componentes del Cartón Corrugado.

Fuente Pagina web www.corrugadosmaracay.com.ve/

El cartón corrugado pared sencilla (Fig. 2.2 (a)) esta compuesto por dos caras planas y una de papel ondulado, adherido por medio del adhesivo; si a este se le añade un segundo modulo de pared sencilla, constituye el llamado doble pared (ver Fig. 2.2 (b)).



(a)



(b)

Fig. 2.2. Tipos de Cartón Corrugado.

Fuente Pagina web www.corrugadosmaracay.com.ve/

Existen cuatro grandes gamas de perfil de onda y cada una se caracteriza por, la altura, el peso o la distancia entre los vértices, el numero de canales u ondas por metro lineal de cartón y el coeficiente de ondulación (Ver Tabla 2.1). Las ondas



poseen particulares propiedades, siendo la onda C la mejor en la relación precio/consumo de papel/calidad. Esta dotada de una excelente resistencia al aplastamiento en plano (FCT) y a la compresión vertical (BCT), de allí su popularidad.

Tabla 2.1 Característica de Ondas

Perfil del Ondulado	Calibre del Carton (mm)	Paso en (mm)	Número de Canales por M2	Coefficiente de Ondulación
Onda grande (canal A)	5 mm aprox	> 8	110 a 116	1,48 a 1,52
Onda median a (canal C)	4 mm aprox	7 a 8	123 a 137	1,41 a 1,45
Onda pequeña (canal B)	3 mm aprox	6 a 7	152 a 159	1,33 a 1,36
Micro-canal (canal E)	2 mm aprox	< 4	294 a 313	1,23 a 1,30

Fuente: Pagina web www.corrugadosmaracay.com.ve/

2.2.2 Fabricación de cartón corrugado

El primer paso consiste en colocar las bobinas o rollos de papel en la máquina corrugadora. Para esto se desenrolla el cartón de los límites o caras de un primer rollo, y debajo de este se coloca el segundo rollo de cartón que será utilizado para formar el corrugado interior, al hacerlo pasar por los rodillos que le dan la ondulación característica, posteriormente se engoma y se pega al primer rollo de cartón que se esta desenrollando para formar la cara. En caso de necesitarse un doble corrugado se pasa a una segunda etapa que engoma el corrugado por el lado que quedo libre y se pega la segunda cara.

Posteriormente, el cartón pasa por una sección de calor que fijará la unión correctamente, para luego ser llevado, en medio de una banda a la sección de



enfriamiento. Donde posteriormente pasará por la sección de corte donde dependiendo de los requerimientos para lo cual se va a utilizar, el cartón corrugado se corta en laminas de distintos tamaños.

Una vez terminadas, las laminas de cartón corrugado son primeramente impresas con el diseño gráfico característico que llevara la caja o envase, para posteriormente ser cortadas y marcadas en la maquina troqueladora para formar las diferentes partes del envase o de la caja.

Existen algunas máquinas que tienen estos procesos integrados, de cualquier forma la última parte del proceso consiste en el pegado que normalmente se realiza en una máquina por separado donde se engoma o se engrapan las uniones de la caja o envase.

2.2.3 El problema del Manejo de Materiales.

El manejo de materiales, es parte esencial de todo proceso de manufactura y ocurre cada vez que un material, parte, o producto terminado, se mueve o es transportado de un lugar a otro. Este se presenta a través del ciclo completo de fabricación del producto, antes, durante, y después del proceso.

Por otra parte, dependiendo de la naturaleza de la industria, el costo de manejo de materiales puede representar desde un 5% hasta un 90% del costo total de producción, con un promedio probable del 25%. Durante la manipulación se añade muy poco o ningún valor al producto, pero se le incorpora costo adicional, lo que hace que esta actividad se considere improductiva y de acuerdo a las nuevas filosofías de productividad y calidad, esto representa un “desperdicio”.



En virtud de lo anterior cuanto mayor esfuerzo se dedique a la reducción del manejo de materiales, tanto más competitivo será el producto, sin embargo, como las posibilidades de eliminarlo totalmente son remotas las acciones deben estar orientadas a su mejoramiento continuo.

2.2.4 Definición de manejo de materiales.

La Sociedad Americana de Manejo de Materiales, ha definido el manejo de materiales en forma amplia como: “El arte y ciencia del movimiento, empaclado y almacenamiento de sustancias en cualquiera de sus formas”.

Manejar Materiales: consiste en el suministro, mediante el uso del método correcto, de la cantidad exacta del material adecuado, en el lugar indicado, en el momento preciso, en la secuencia indicada en las mejores condiciones y al mínimo costo posible.

2.2.5 Propósito del manejo de materiales

El propósito de las técnicas y equipos de manejo de materiales es el suministro de los materiales necesarios en el tiempo preciso en el lugar adecuado, así como la maximización de la utilización del espacio y la minimización del número de pasos de manejo, realizando los estrictamente necesarios, tan eficientemente como sea posible.

Las técnicas de manejo de materiales aplicadas adecuadamente pueden mejorar las operaciones de la siguiente manera:



- a) Reducción en los costos: El costo de una operación puede reducirse por la eliminación de manejo innecesario o repetitivo y por la integración de pasos de manejo de materiales con el flujo de materiales a través de la planta.
- b) Reducción de la mano de obra: Buenas prácticas de manejo de materiales, evitan el excesivo esfuerzo manual y generalmente reducen la mano de obra a niveles mínimos necesarios.
- c) Mayor seguridad: Reduciendo la mano de obra y las tareas manuales inseguras se mejora la seguridad total de una operación. Sistemas automatizados equipados con interruptores de seguridad pueden reducir accidentes durante las operaciones.
- d) Incremento de la capacidad productiva: El manejo de materiales puede incrementar la capacidad de una fábrica con el uso eficiente del espacio disponible para el trabajo y el almacenamiento, promoviendo el efectivo control de inventario aumentando la capacidad mediante el uso de equipo automatizado.
- e) Reducción de desperdicio: Mejoras en el manejo de materiales en proceso, mejora la calidad del producto, reduce los desperdicios y minimiza los daños al mismo.
- f) Mejora servicio a los clientes: Mejores métodos de manejo, ayudan a servir a los clientes más eficientemente, asegurando que sus suministros lleguen a tiempo, en la cantidad requerida con daños mínimos.



- g) Mayor productividad: Efectivo manejo de materiales aumenta la productividad de los empleados, mejora la utilización de la maquinaria y ayuda a la empresa a ser más competitiva.

2.2.6 Elementos claves a considerar en el manejo de materiales.

Cuando se realiza un estudio de manejo de materiales es necesario considerar los elementos claves que afectan el problema, tales como:

- **El Producto:** Las características de los equipos a utilizar están determinadas por los materiales y productos a transportar. De acuerdo a su presentación los materiales, se clasifican en materiales a granel y materiales embalados.

Materiales a granel: Significa cualquier sustancia suelta, en polvos, granos o trozos, es decir que no estén contenidos en envases para su manipulación, como por ejemplo: arena, piedra picada, maíz, cemento, harinas, etc.

Materiales embalados o empaquetados: Son aquellos materiales que se presentan envasados o contenidos en dispositivos tales como: cajas de madera o cartón, cestas, barriles, sacos de fibra o papel; plástico o cualquier recipiente que contenga materiales o productos fabricados.

- **La Cantidad:** Para la selección del sistema de transporte es importante conocer el flujo de material por unidad de tiempo requerido por el sistema. Este punto busca satisfacer los requerimientos de la empresa, al menor costo posible, tomando en cuenta que para grandes producciones, se justifican la implementación de sistemas automatizados.



- **La Ruta:** Se refiere a la dirección en que se mueve el material, sea vertical u horizontal. La ruta que siguen los materiales estará determinada por el tipo de proceso y su secuencia, así como la disposición de las instalaciones, siendo ésta una limitante en la mayoría de los estudios.
- **El tiempo:** Está ligado al momento en el cual se realizarán los movimientos. Se debe considerar: la regularidad con la cual deben realizarse los movimientos y la duración de los mismos. Para evitar la acumulación de productos entre las estaciones que conforman el proceso y reducir demoras en la producción, es necesario sincronizar las entradas a las distintas etapas del proceso.
- **Los servicios:** Para llevar a cabo operaciones productivas y de manejo de materiales deberá existir un número de servicios que hagan que el proceso funcione con normalidad. Los procedimientos de recepción y despacho, los sistemas de suministro de electricidad, gas, agua, vapor y combustibles y las facilidades de mantenimiento, son servicios esenciales.

2.2.7 Dispositivos para el manejo de materiales.

El número de dispositivos para el manejo de materiales de que actualmente se dispone es demasiado grande, por lo que se describirán brevemente solo algunos de ellos.

2.2.7.1 Sistemas que funcionan por gravedad

Los equipos o aparatos incluidos dentro de esta clasificación se caracterizan por ofrecer un medio bastante económico para el transporte de materiales. El hecho



de usar la fuerza de gravedad como energía motriz hace que no se requiera mecanismo impulsor alguno; por otra parte, al estar conformados por ninguna o pocas partes móviles, el desgaste de sus componentes es mínimo y los costos de mantenimiento son prácticamente despreciables.

Por su naturaleza su uso está restringido al traslado de materiales en trayectorias inclinadas descendentes, aunque en algunos casos pueden utilizarse para movimientos en el plano horizontal.

Dentro de este grupo se consideran, fundamentalmente, dos clases de equipos:

- a) Transportadores de ruedas.
- b) Transportadores de rodillos.

a) Transportadores de ruedas

La superficie de deslizamiento de estos transportadores está constituida por un conjunto de ejes de acero, sobre los cuales va montado un grupo de ruedas de acero o aluminio estampado. Los ejes, colocados en forma horizontal y paralelos entre si, se apoyan sobre una estructura metálica de perfiles angulares o en U. Adicionalmente poseen dos o tres largueros entre los soportes laterales que aseguran el alineamiento de los ejes y la rigidez del conjunto. En la figura 2.3 se ilustra el transportador de ruedas.

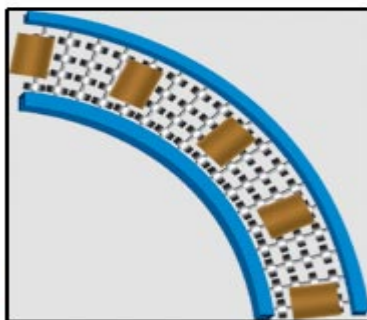


Figura 2.3 Transportador de ruedas.

Fuente: www.gleason.com.ve

Usos

Estos transportadores se adaptan perfectamente a cargas que poseen un fondo liso, plano y suficientemente resistente para soportar la presión de las ruedas.

Específicamente se pueden manejar cartones, estuches, paquetes de papel, cajas de madera y de metal livianas y en general todos aquellos artículos sin salientes ni ranuras.

Se exceptúan todas aquellas cargas angostas que pudieran incrustarse en las ruedas.

Inclinación

Debido a la poca fricción existente entre las ruedas y el eje, la inclinación necesaria es muy pequeña. Una pendiente entre $0,75^\circ$ y $1,50^\circ$ resulta suficiente en la mayoría de los casos.

b) Transportadores de rodillos

El principio de funcionamiento de estos transportadores es fundamentalmente el mismo de los transportadores de ruedas, pero la superficie de deslizamiento está compuesta de una serie de rodillos cilíndricos, paralelos entre si. En la figura 2.4 se ilustra el transportador de rodillos.

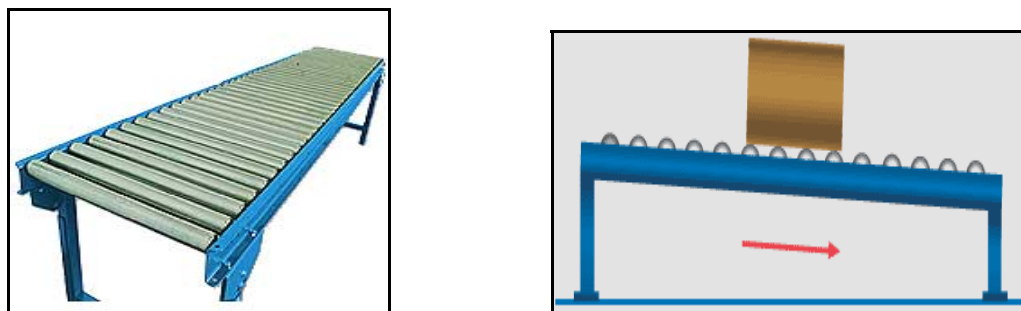


Figura 2.4 Transportadores de rodillos.

Fuente: www.gleason.com.ve

Usos

Se emplean para el transporte de artículos tales como: cestas cajas metálicas o de fibra, barriles y tambores, incluyendo objetos largos y angostos (vigas, listones, pletinas) que pudieran causar incrustaciones si se transportan con ruedas.

Las cargas deben tener una superficie rígida de apoyo y preferiblemente debe ser del mismo material y con pesos aproximadamente igual.

Inclinación

El desnivel necesario entre los puntos de carga y descarga varía según la naturaleza del material en contacto con los rodillos y el peso de la unidad de carga. La



determinación de la inclinación debe hacerse con suma precisión para evitar que las cargas alcancen altas velocidades en su recorrido y puedan generar riesgos tanto para la carga misma como para las personas que laboran en el área.

Con base a la experiencia en aplicaciones comunes se presentan a continuación algunos valores que pueden ser usados como referencia:

Tipo de carga	Inclinación (pulgadas/10' de longitud)
Barriles metálicos	3" (76,2 mm)
Cajas de madera o acero	4"(101,6 mm)
Cajas de cartón pesadas	5"(127 mm)
Cajas de cartón livianas	Hasta 15"(381 mm)

2.2.7.2 Transportadores mecánicos

A diferencia de los equipos que funcionan por gravedad, los transportadores mecánicos se caracterizan por disponer de un sistema de impulsión que provee la energía necesaria para el movimiento de los materiales. El uso de estos es bastante extendido en el medio industrial por la variedad de aparatos existentes que pueden satisfacer una amplia gama de necesidades en lo relativo a capacidad, trayectoria, naturaleza de los materiales, etc.

En virtud de la diversidad de equipos agrupados dentro de esta clasificación, solo se tratarán algunos de ellos.



- 1) Sistemas de rodillos activados.
- 2) Bandas transportadoras.

a) Rodillos activados

Estos transportadores son similares, en su estructura, a los sistemas de rodillos locos. La diferencia básica está en que en éstos, los rodillos son accionados por un conjunto motor-reductor mediante una correa o cadena.

Dependiendo del mecanismo de transmisión utilizado, se pueden diferenciar dos tipos:

- a) Transportadores de transmisión por correa.
- b) Transportadores de transmisión por cadena.

Aplicaciones

En general se usan para el traslado de cajas, bultos, paquetes, contenedores, cargas paletizadas y cualquier otro material que tenga una cara de apoyo relativamente rígida. Pueden funcionar en posición horizontal o con ligeras inclinaciones, además tienen la ventaja de que las cargas pueden ser detenidas en su recorrido con suavidad y transportadas en ambos sentidos.

Los transportadores de transmisión por correa se usan principalmente para cargas livianas y altas velocidades, permitiendo un traslado libre de ruidos.

Los transportadores de transmisión por cadena (ver Fig. 2.5) están robustamente contruidos para manejar cargas pesadas y resistir los daños que pueden ocasionar algunos contaminantes como grasas, aceites y polvos. Están diseñados para operar a bajas velocidades y uso continuo.

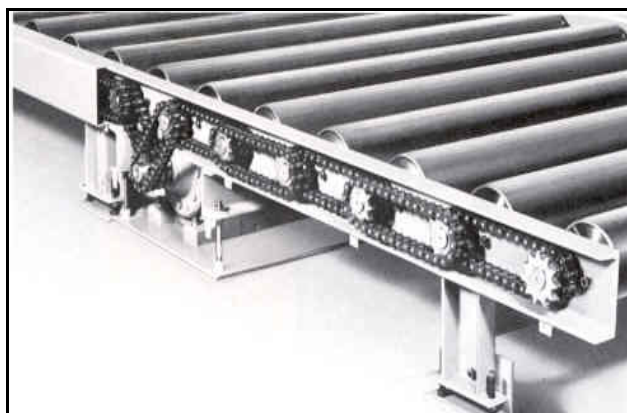


Figura N° 2.5 Rodillos activados de cadena con transmisión rodillo a rodillo.

Funte: www.skf.com

b) Bandas transportadoras

Consta de una cinta o banda flexible y continua que se desplaza apoyada sobre una superficie rígida o sobre estaciones de rodillos locos espaciados convenientemente. El movimiento de la cinta se logra mediante un mecanismo impulsor (motor-reductor) que acciona un tambor o rodillo colocado en uno de los extremos o en la parte inferior del transportador. Todo el conjunto se encuentra montado sobre una estructura metálica de perfiles angulares o en U. En la figura 2.6 se muestra una banda transportadora.

Usos

- Se adaptan perfectamente al transporte de materiales en muy diversas formas y presentaciones: paquetes, bultos, piezas sueltas y/o de forma irregular y materiales a granel.
- Se adaptan fácilmente al perfil del terreno.
- El transporte puede efectuarse a grandes distancias.
- Tienen gran capacidad de transporte.
- Pueden construirse para efectuar la descarga en cualquier punto de su trazado.
- El consumo de potencia por tonelada manejada es bajo en comparación con otros medios de transporte.
- Pueden funcionar en forma suave y silenciosa.

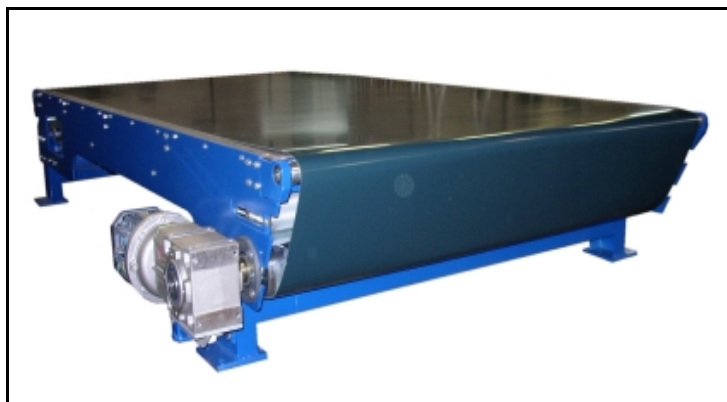


Figura N° 2.6 Banda transportadora.

Fuente: www.bandas-transportadoras.com

2.2.8 Definición de términos

Paletizado: es la acción y efecto de disponer mercancía sobre un palet para su almacenaje y transporte.



Palet, palé o paleta: es un armazón de madera, plástico u otros materiales empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento

Cartón corrugado: es una estructura formada por un nervio central de papel ondulado (onda), reforzado externamente por dos capas de papel (liners) pegadas con adhesivo entre las crestas de la onda.

Papel (liners): es el o los elementos planos del cartón corrugado, también llamado papel tapa.

Onda: Es la configuración geométrica dada a un papel, en una máquina corrugadora, para un posterior pegado a elementos planos.

Engomar: Untar de goma de pegar una superficie, generalmente de tela o papel.

Productividad: genéricamente entendida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla



CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe la metodología que será utilizada para el cumplimiento de los objetivos planteados; donde se muestran aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo dicha investigación.

3.1 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación se ha considerado de acuerdo a la obtención de datos como un proyecto de campo, debido a que se recolectara información proveniente de la empresa, lugar donde se presentó el problema planteado y es de carácter descriptivo (proyecto factible), pues se seleccionará la solución mas apropiada al problema presentado en esta empresa.

Este tipo de investigación es también conocida como investigación *in situ* ya que se realizara en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permite el conocimiento más a fondo del investigador, puede manejar los datos con más seguridad y podrá soportarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variable dependientes (efectos).

La investigación consiste en presentar una propuesta para la optimización de un proceso operativo con el fin de aumentar al máximo el rendimiento de los recursos entorno al mismo, lo que representara una mejora de los procedimientos que corresponden al manejo de producto terminado en la fabricación de cajas de cartón.



3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación constituye el plan general para obtener respuestas a las interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de la investigación desglosa las estrategias básicas que se adoptarán para generar información exacta e interpretable.

En función de los objetivos planteados, este trabajo de investigación se desarrollará de acuerdo a la siguiente estructura:

3.2.1 Primera Etapa

Se realizará un análisis del proceso actual de manejo de producto terminado, para evaluar las características actuales del mismo; se recopilará toda la información referente al manejo de producto terminado dentro de la planta. En esta etapa también se recolectará información relacionada a sistemas mecánicos de transporte y de control automático que sean de utilidad para el diseño del sistema, a través de consultas con expertos o fuentes directas, como publicaciones especializadas.

3.2.2 Segunda Etapa

Se desarrollarán de acuerdo a los distintos parámetros establecidos algunas soluciones basadas en la información obtenida con anterioridad, además estas soluciones deben responder a las características técnicas y dinámicas propias del proceso, luego se realizará una evaluación de dichas soluciones para escoger la mejor solución que satisfaga las necesidades del sistema.



3.2.3 Tercera Etapa

Una vez seleccionada una solución, se escogerán todos los componentes necesarios que conformarán el sistema, necesarios para la optimización del mismo. Se desarrollará el análisis de rentabilidad del proyecto, realizando un estudio de mercado de los componentes para la posible automatización, además se realizarán las recomendaciones para el mejoramiento y buen funcionamiento del sistema diseñado.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, etc. Las técnicas a utilizar serán las siguientes:

Entrevistas: Las entrevistas se utilizan para recabar información en forma verbal, permiten una idea de aspectos importantes, se realizan entrevistas al personal, como supervisores, operadores de planta, personal del departamento de mantenimiento, departamento de aseguramiento de la calidad, los cuales son usuarios actuales del sistema existente, usuarios potenciales del sistema propuesto o aquellos que proporcionarán datos o serán afectados por la aplicación propuesta. El analista puede entrevistar al personal en forma individual o en grupos.

Observación: Otra técnica útil para el analista en su progreso de investigación, consiste en observar a las personas cuando efectúan su trabajo. Como técnica de investigación, los ingenieros industriales utilizan extensamente ésta técnica con el fin de estudiar a las personas en sus actividades de grupo y como miembros de la organización. El propósito de la organización es múltiple: permite



determinar que se está haciendo, como se está haciendo, quien lo hace, cuando se lleva a cabo, cuanto tiempo toma, dónde se hace y por qué se hace.

Investigación bibliográfica: es el sistema que se sigue para obtener información contenida en documentos. En sentido más específico, el método de investigación bibliográfica es el conjunto de técnicas y estrategias que se emplean para localizar, identificar y acceder a aquellos documentos que contienen la información pertinente para la investigación. En el caso particular para este trabajo de investigación información general sobre procesos de fabricación de cajas de cartón corrugado, información sobre mecanismo de transporte de materiales, manejo de material, automatización de procesos industriales.

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Entre los instrumentos tenemos:

Cronómetro: instrumentos para determinar tiempos de inicio y final del proceso en estudio.

Computador: equipo electrónico que se emplea para almacenar, organizar, procesar y estructurar la información recabada.

3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso.

Los datos recolectados de la investigación bibliográfica se presentarán organizados de una manera sistemática, con la finalidad de seleccionar la información



que permita conocer los fundamentos técnicos necesarios de la composición de la automatización. Con la información obtenida de las entrevistas se pueden realizar comparaciones entre las opiniones del personal que opera directamente en el proceso, esto con el fin de desarrollar o concebir el diseño del sistema a implementar.

De las observaciones realizadas, se organizarán los aspectos observados en la realidad como comprobación de la operación real del sistema.

En lo referente al análisis, se definirán las técnicas lógicas, o estadísticas, que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos que sean recogidos.

Análisis cuantitativos: se considerará la cantidad de procesos que están presentes en el manejo de producto terminado en la máquina flexográfica.

Análisis cualitativo: se describen las ventajas o desventajas de los elementos que conforman el proceso de manejo de producto terminado en la máquina flexográfica.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción de la Situación Actual

En la actualidad el proceso de manejo de producto terminado (bultos de cajas de cartón) de la empresa SERVICIOS DE CORRUGADOS MARACAY C.A., específicamente a la salida de la máquina flexográfica, presenta problemas ya que los dispositivos que transportan los bultos no funcionan de manera adecuada, situación que exige la intervención de dos operarios para hacer llegar el producto hasta el final de la línea. Un operario se encuentra ubicado a la salida de la maquina flexográfica, éste efectúa el empuje del bulto a través del transportador (1) (ver figura 4.1) para ser llevado hasta la máquina flejadora (2) donde otro operario lo recibe, lo posiciona y luego presiona un pulsador para realizar el primer fleje, luego de esto el operario lo vuelve a ubicar desplazándolo cierta distancia y presiona nuevamente el pulsador para realizar el segundo fleje, posteriormente el operador efectúa el empuje del producto ya flejado a través del transportador (3) (ver figura 4.2) para hacerlo llegar hasta el final de la línea, el cual tiene un tope improvisado (4) (listón de madera) que cumple la función de detener los bultos para así acumularlos para su posterior paletizado.

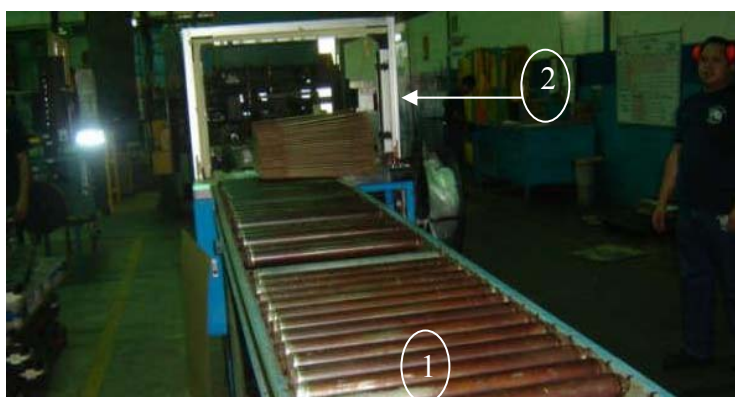


Fig. 4.1. Transportador de rodillos y maquina flejadora.
Fuente: Empresa Servicios de Corrugados Maracay C.A.

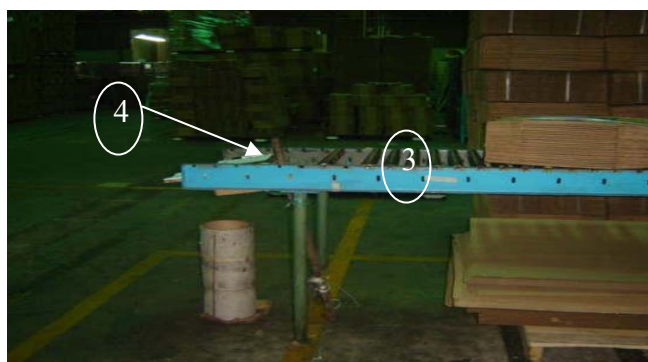


Fig. 4.2. Transportador de rodillos (final de la línea).
Fuente: Empresa Servicios de Corrugados Maracay C.A.

El proceso de paletizado de los bultos de cajas de cartón es completamente manual, ya que otro operario debe apilar en paletas el material terminado (Fig. 4.3). Las paletas deben completarse con 40, 60 o 80 bultos todo depende del tipo de caja con que se esté trabajando.

Para efectuar este proceso el operario debe recorrer una distancia horizontal máxima de 3m medida desde el transportador hasta la zona donde se realiza el paletizado, los bultos se colocan sobre la paleta a una distancia mínima de 230mm con respecto al piso y a una distancia máxima de 2000mm con respecto al piso. Estos valores se encuentran ilustrados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Condiciones de los orígenes y destinos de las cargas (todas las unidades están en milímetros). Fuente: Empresa Servicios de Corrugados Maracay C.A.

Descripción	Distancia vertical desde punto medio de la carga al suelo		Desplazamiento horizontal
	Origen (Altura del transportador)	Destino	
Colocar los bultos desde el final de la línea hasta la paleta	1000	Max: 2000	3000
		Min: 230	

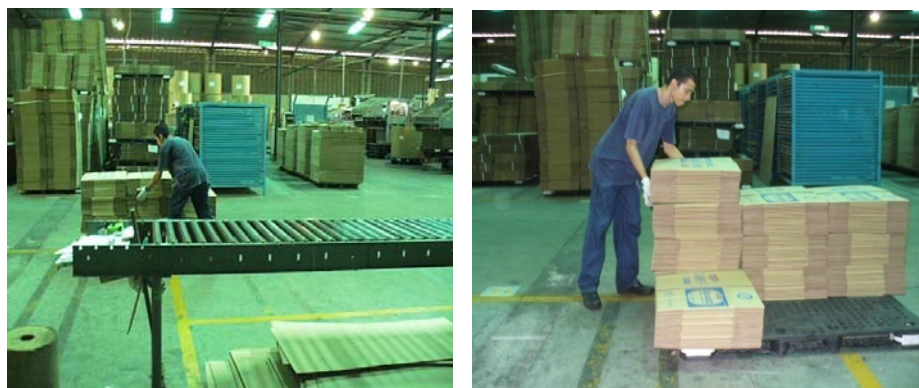


Fig. 4.3. Paletizado de los bultos de cajas de cartón corrugado.
Fuente: Empresa Servicios de Corrugados Maracay C.A.

4.2. Selección de la Mejor Solución

Para la selección de la mejor solución entre las alternativas planteadas, se cuenta con las especificaciones de los diseños, estas se obtienen de un análisis de todas las condiciones de trabajo así como de los requerimientos del sistema.

El método que se utilizará para la evaluación de cada uno de los sistemas y para la selección de la mejor solución es el método de ponderación de criterios.

4.2.1 Selección de la mejor solución para el transporte de producto terminado.

✓ Planteamiento de las posibles soluciones

De acuerdo a las necesidades del problema a desarrollar surgen las siguientes alternativas como posibles soluciones.



Alternativa de Solución 1

Se puede observar en la fig. 4.4 los elementos que constituyen esta posible alternativa de solución. El bulto de cajas sale de la máquina flexográfica y llega a una banda transportadora horizontal (1) la cual los lleva hasta la máquina flejadora (2) cuya plataforma la compone un conjunto de rodillos (3), para proseguir con el recorrido, el traslado del bulto lo produce un sistema de rodillos y cadenas (3) accionado por un conjunto de motor con freno y caja reductora (4), éste sistema está inicialmente activado, cuando el bulto es detectado por un sensor (5), éste da la señal para que se active el freno que dispone el motor y de esta manera poder realizar el primer fleje, éste sensor también envía una señal a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado. Posteriormente se activan los rodillos para continuar trasladando el bulto hasta que el mismo sea detectado por otro sensor (6) el cual activa el freno del motor para así poder realizar el segundo fleje, éste sensor también envía una señal a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado, posteriormente se vuelven a activar los rodillos para hacer llegar el bulto a un transportador de rodillos (7) por el cual se va a trasladar hasta llegar al final de la línea en donde va a llegar a un tope (8) (placa de acero), en donde se van a ir acumulando para su posterior paletizado.

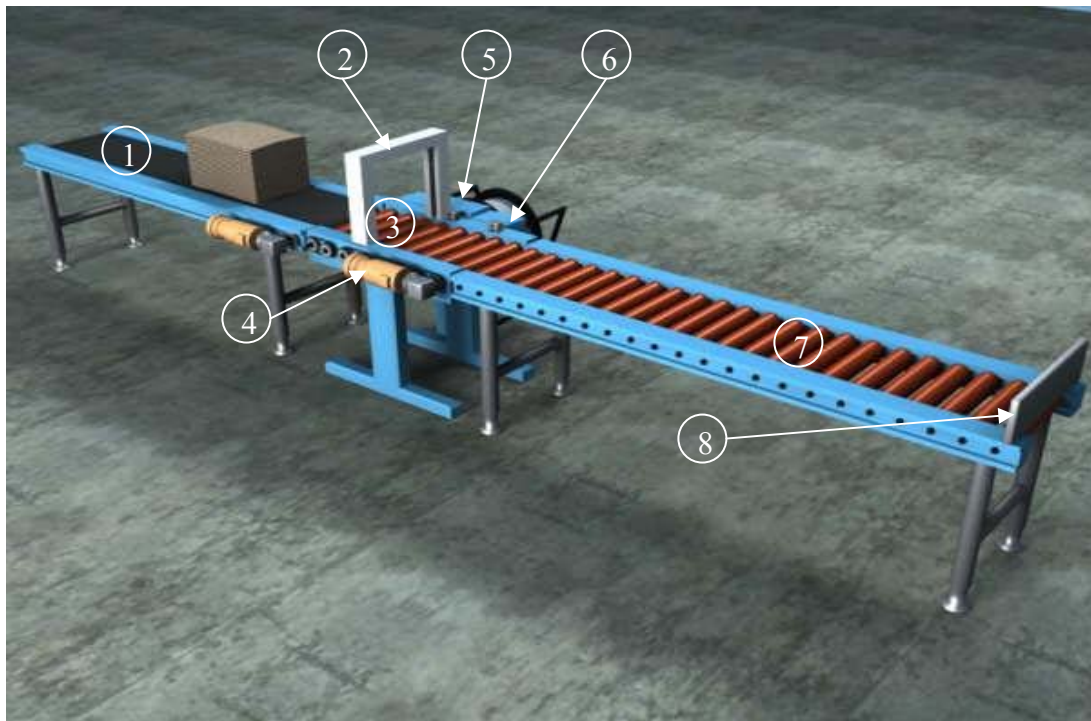


Figura 4.4. Posible solución 1. Fuente: Propia

Alternativa de Solución 2

Se puede observar en la fig. 4.5 los elementos que constituyen esta posible alternativa de solución. El bulto de cajas sale de la máquina flexográfica y llega a una banda transportadora horizontal (1) la cual lo lleva hasta la máquina flejadora (2), para proseguir con el recorrido, el traslado del bulto lo produce un sistema de banda (3) accionado por un conjunto de motor con freno y caja reductora (4), éste se activa cuando un sensor (5) detecta la presencia del bulto en la plataforma y a la vez se envía una señal a un temporizador siendo éste quien da la orden para que se active el freno que dispone el motor y de esta manera poder realizar el primer fleje, luego de esto se vuelve a activar la banda hasta que el bulto sea detectado por un sensor (6) el cual envía una señal a otro temporizador para activar el freno del motor y así poder realizar el segundo fleje, posteriormente se vuelve a activar la banda (3) para hacer

llegar el bulto a un transportador de ruedas (7) por el cual se va a trasladar hasta llegar al final de la línea en donde va a llegar a un tope (8), en donde los bultos se van acumulando para su posterior paletizado.

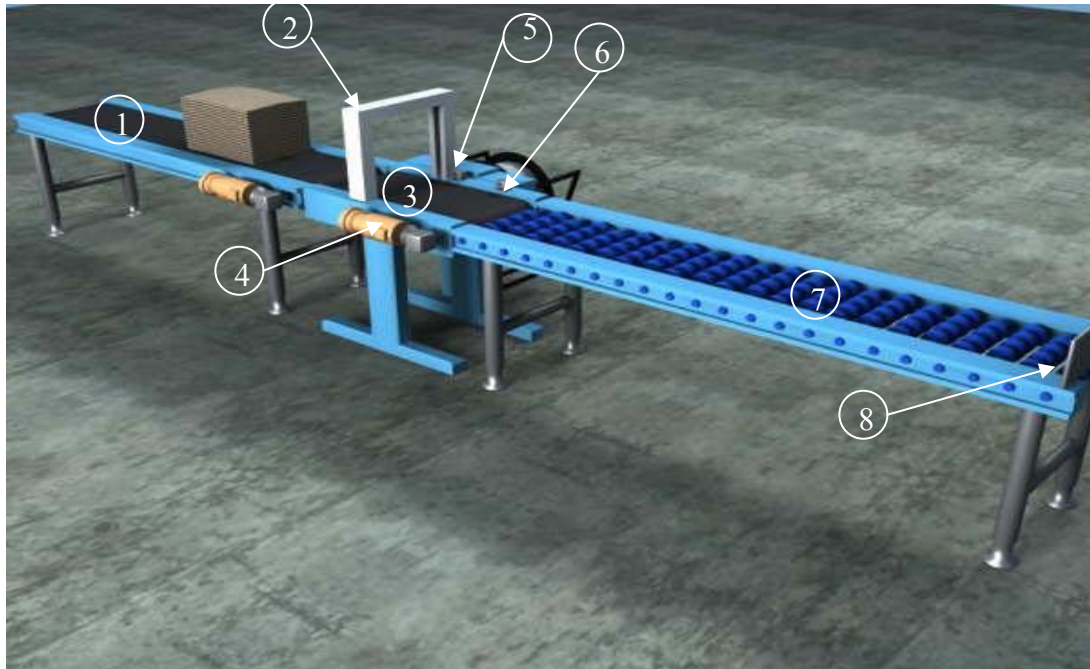


Figura 4.5. Posible solución 2. Fuente: Propia

Alternativa de Solución 3

Se puede observar en la fig. 4.6 los elementos que constituyen esta posible alternativa de solución. El bulto de cajas sale de la máquina flexográfica y llega a un transportador de rodillos motorizados (1) el cual lo lleva hasta la máquina flejadora (2) cuya plataforma la compone un conjunto de rodillos (3), para proseguir con el recorrido, el traslado del bulto se logra dándole cierta inclinación a la plataforma (3) para permitir el arrastre del mismo, cuando un sensor (4) detecta la presencia de este se extiende el vástago del actuador (5) en el cual está acoplada una barra la cual va a servir como tope para detener el bulto y así permitir el primer fleje, luego de esto se

retrae el vástago del actuador (5) para que de esta manera el bulto prosiga con su recorrido hasta que éste sea detectado por un sensor (6) el cual envía una señal a un actuador con barra acoplada (7) para que extienda su vástago para de esta manera detener el bulto nuevamente y así poder realizar el segundo fleje, posteriormente se retrae el vástago del actuador (7) para que el bulto prosiga con su recorrido hasta llegar a un transportador de rodillos (8) por el cual se va a trasladar hasta llegar al final de la línea en donde va a llegar a un tope (9), en donde se van a ir acumulando para su posterior paletizado.

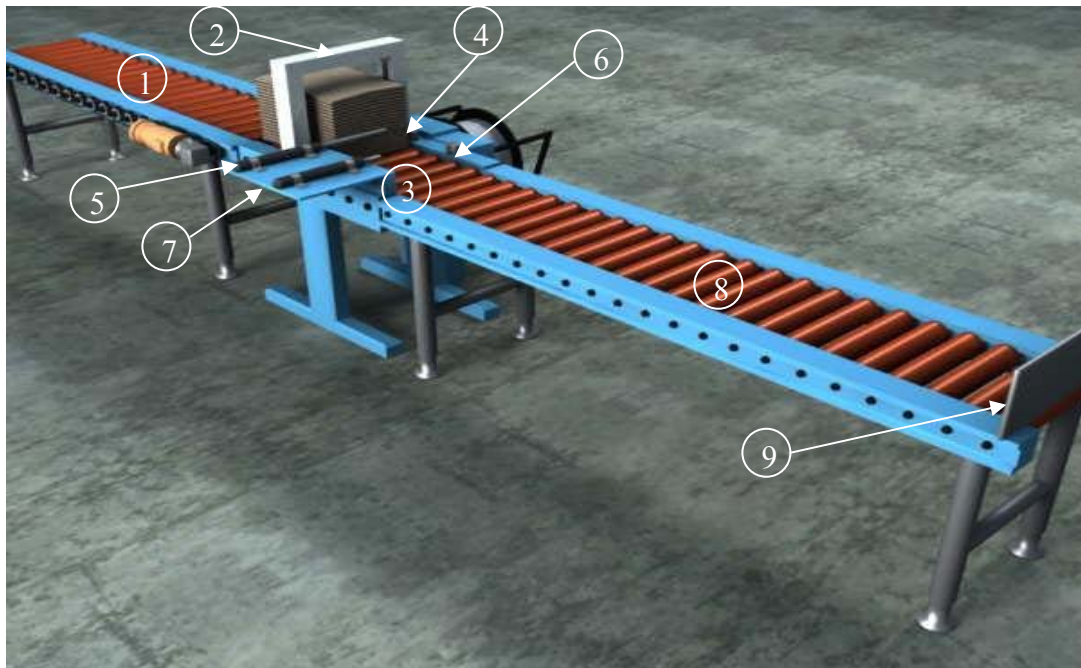


Figura 4.6. Posible solución 3. Fuente Propia

✓ **Lista de restricciones y criterios del sistema a diseñar**

Restricciones (Ri)



R1: El sistema debe cumplir con el espacio físico delimitado por el área de trabajo.

R2: El sistema de control a diseñar debe ser manipulado por un solo operario.

R3: El sistema debe ser capaz de trasladar los bultos de manera segura.

Los criterios comunes establecidos para la evaluación de todas las alternativas propuestas son:

Criterios (Ci):

C1: Existencia en el mercado nacional de los componentes del sistema.

C2: Facilidad de mantenimiento.

C3: Costo de mantenimiento.

C4: Costo del sistema a implementar.

C5: Fácil manejo para los operadores.

C6: Simplicidad del sistema de control.

C7: El sistema de traslado debe ser estable y debe garantizar la fluidez del producto en todo el recorrido desde el momento en que sale de la máquina flexográfica hasta que llega al final de la línea.

Aplicaciones de restricciones y criterios para la selección de la mejor posible solución:

A continuación se procede a comparar las alternativas de solución con las restricciones planteadas, aquellas que no cumplan con las restricciones serán descartadas (ver tabla N° 4.2). Las posibles soluciones que sí cumplan con las restricciones serán evaluadas con relación a los criterios y así tomar la decisión de cual es la mejor solución.



Tabla N° 4.2. Comparación de restricciones Vs. Posibles Soluciones. Fuente Propia.

Evaluación	Posibles soluciones			
Restricciones		Ps1	Ps2	Ps3
	R1	Si	Si	Si
	R2	Si	Si	Si
	R3	Si	Si	No

Debido a que la probable solución Ps3 no cumple con las restricciones planteadas fue eliminada. Las posibles soluciones Ps1 y Ps2 serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver tabla N° 4.3).

Ponderación de los criterios de selección:

Tabla N° 4.3. Ponderación de criterios. Fuente Propia.

Etiqueta	Descripción del proceso	Orden de importancia
C1	El sistema de traslado debe ser estable y debe garantizar la fluidez del producto en todo el recorrido desde el momento en que sale de la maquina flexográfica hasta que llega al final de la línea.	7
C2	Simplicidad del sistema de control.	6
C3	Fácil manejo para los operadores.	5
C4	Existencia en el mercado nacional de los componentes del sistema.	4
C5	Costo total del dispositivo.	3
C6	Facilidad de mantenimiento.	2
C7	Costo de mantenimiento.	1

La tabla 4.4 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución.



Tabla N° 4.4. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección. Fuente Propia.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
S1	3	3	2	3	2	2	3
S2	2	2	2	3	2	2	2

Parámetros de puntuación:

1: No cumple con el criterio a evaluar.

2: No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio.

3: Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Evaluación de soluciones:

Para la solución S1 se tiene:

Total Ptos: $(3 \times 7) + (3 \times 6) + (2 \times 5) + (3 \times 4) + (2 \times 3) + (2 \times 2) + (3 \times 1) = 74$

Para la solución S2 se tiene:

Total Ptos: $(2 \times 7) + (2 \times 6) + (2 \times 5) + (3 \times 4) + (2 \times 3) + (2 \times 2) + (2 \times 1) = 60$

De acuerdo a la ponderación de criterios y al estudio efectuado la mejor solución es la número uno ya que es la que presenta mayor puntuación, es por esto que el resto de las soluciones son descartadas.

Solución al problema planteado: “*Alternativa de Solución 1*”



4.2.2 Selección de la mejor solución para el proceso de paletizado

Para la selección de la mejor solución entre las alternativas planteadas, se cuenta con las especificaciones de los diseños y el método que se utilizará para la evaluación de cada uno de los sistemas y para la selección de la mejor solución es el método de ponderación de criterios.

✓ Planteamiento de las posibles soluciones

De acuerdo a las necesidades del problema a desarrollar surgen las siguientes alternativas como posibles soluciones.

Alternativa de Solución 1: Polipasto en puente grúa ligero.

Como se puede ver en la fig. 4.7, este sistema está conformado por una viga-puente la cual está suspendida sobre los carros de traslación, sobre esta va instalado para la elevación de las cargas un polipasto que puede ser manual o eléctrico (a cadena o cable).

Este sistema cuenta con una estructura robusta que le permite levantar grandes cargas, además los carros de traslación permiten el movimiento de la carga en el plano horizontal en dos direcciones, y en el plano vertical. Este sistema se opera desde un control que permite que el polipasto eleve o baje la carga y el desplazamiento adoptado en el puente dependerá del sistema, si es por empuje manual, cadena sin fin o desplazamiento motorizado.



Figura 4.7. Polipasto sobre puente grúa. Fuente www.vinca.net/puentes.htm

Alternativa de Solución 2: Manipulador de carga por succión.

El principio de funcionamiento de este sistema es el de vacío, que es generado por una motobomba que succiona el objeto a manipular. El tubo de elevación (A) se contrae como un acordeón (Ver fig. 4.8). El operario selecciona, a través de un control instalado sobre la manilla, la velocidad de elevación/descarga adecuada. Va equipado con filtro antipolvo, válvulas de retención para evitar averías, si la función de vacío desaparece por corte de electricidad o avería de la bomba, las válvulas retienen la carga y la hacen descender lentamente, evitando daños al usuario y al producto.

Además, el operador puede a través de un control que se encuentra en el asa (B) elevar, descender y soltar la carga, así como usar el vacío para sostener la carga.

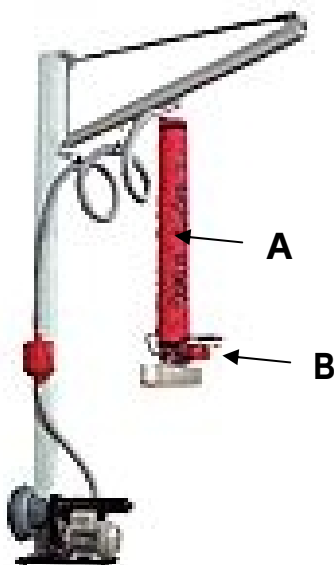


Figura 4.8. Manipulador de carga por vacío.

Fuente [www.aog.es/manipulador de cargas por vacio](http://www.aog.es/manipulador%20de%20cargas%20por%20vacio) VacuCobra.html

Alternativa de Solución 3: Manipulador de carga electrónico.

El manipulador de carga electrónico, a diferencia del anterior, solo requiere de una fuente de energía para su funcionamiento, el operador puede guiar con una mano los movimientos del brazo y a través de controles que se encuentran en la manija puede accionar el dispositivo para sujetar las bultos de caja de cartón, y colocarlos sobre la paleta, realmente los controles que se ejercen en este sistema es para sujetar y soltar la carga. Posee un dispositivo especial con lógica de microprocesador, que permite que el sistema se adapte automáticamente e instantáneamente al peso de la carga a manipular.

Estos dispositivos poseen una tecnología de balanceo automático e inmediato del peso, se puede manipular cargas de pesos diferentes entre ellos o que varían de

peso durante las fases de manipulación, sin acción con selectores o pulsadores y sobretodo sin interrumpir el ciclo productivo.

Estos manipuladores son equipados de la modalidad de control denominada “float mode” es decir “manipulación con la mano sobre la carga”. Esto permite tener la ventaja de la natural habilidad humana de coordinar y controlar los movimientos y consecuentemente de posicionar la carga en manera precisa y más rápida sobre todo si es necesario apoyar delicadamente el objeto en una área pequeña.

Como la ubicación de cada bulto de cajas sobre la paleta depende del operador, se puede ubicar con precisión y cambiar la dirección de los bultos si es requerido. Ver figura 4.9.



Figura 4.9. Sistema de manipulación de carga electrónico

Fuente www.indevagroup.co.uk/en-US/home.html



✓ **Lista de restricciones y criterios del sistema a diseñar**

Restricciones (Ri)

R1: El sistema debe cumplir con el espacio físico delimitado por el área de trabajo.

R2: El sistema debe ser capaz de trasladar los bultos de manera segura.

R3: El sistema debe ser capaz de mantenerse en una posición segura en caso de emergencia o a la hora que falle la fuente de alimentación del sistema.

R4: El sistema debe ser ergonómico.

Los criterios comunes establecidos para la evaluación de todas las alternativas propuestas son:

Criterios (Ci):

C1: Fácil manejo para los operadores.

C2: Facilidad de mantenimiento.

C3: Costo de mantenimiento.

C4: Simplicidad del sistema de control.

C5: Que el proceso de paletizado sea fluido y rápido.

C6: Costo del sistema.

Aplicaciones de restricciones y criterios para la selección de la mejor posible solución:

A continuación se procede a comparar las alternativas de solución con las restricciones planteadas, aquellas que no cumplan con las restricciones serán



descartadas (ver tabla N° 4.5). Las posibles soluciones que sí cumplan con las restricciones serán evaluadas con relación a los criterios y así tomar la decisión de cuál es la mejor solución.

Tabla N° 4.5. Comparación de restricciones Vs. Posibles Soluciones. Proceso de paletizado. Fuente Propia.

Evaluación	Posibles soluciones			
Restricciones		Ps1	Ps2	Ps3
	R1	no	Si	Si
	R2	Si	Si	Si
	R3	Si	Si	Si
	R4	Si	Si	Si

Debido a que la probable solución Ps1 no cumple con las restricciones planteadas fue eliminada. Las posibles soluciones Ps2 y Ps3 serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver tabla N° 4.6).

Ponderación de los criterios de selección:

Tabla N° 4.6. Ponderación de criterios. Proceso de paletizado. Fuente Propia.

Etiqueta	Descripción del proceso	Orden de importancia
C1	Que el proceso de paletizado sea fluido y rápido	7
C2	Fácil manejo para los operadores..	6
C3	Simplicidad del sistema de control.	5
C4	Facilidad de mantenimiento.	4
C5	Costo de mantenimiento.	3
C6	Costo del sistema.	2



La tabla 4.7 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución.

Tabla N° 4.7. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección. Proceso de paletizado. Fuente Propia.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
S2	3	2	2	2	2	2
S3	3	3	2	3	3	2

Parámetros de puntuación:

- 1: No cumple con el criterio a evaluar.
- 2: No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio.
- 3: Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Evaluación de soluciones:

Para la solución S2 se tiene:

$$\text{Total Ptos: } (3 \times 7) + (2 \times 6) + (2 \times 5) + (2 \times 4) + (2 \times 3) + (2 \times 2) = 61$$

Para la solución S3 se tiene:

$$\text{Total Ptos: } (3 \times 7) + (3 \times 6) + (2 \times 5) + (3 \times 4) + (3 \times 3) + (2 \times 2) = 74$$

De acuerdo a la ponderación de criterios y al estudio efectuado la mejor solución es la número tres ya que es la que presenta mayor puntuación, es por esto que el resto de las soluciones son descartadas.

Solución al problema planteado: “*Alternativa de Solución 3*”

4.3. DESARROLLO DEL DISEÑO

4.3.1 Diseño de la banda Transportadora

La banda Transportadora a diseñar se ubicará a la salida de la máquina flexográfica y llevará el producto terminado hasta la máquina flejadora (ver ubicación en figura 4.10)

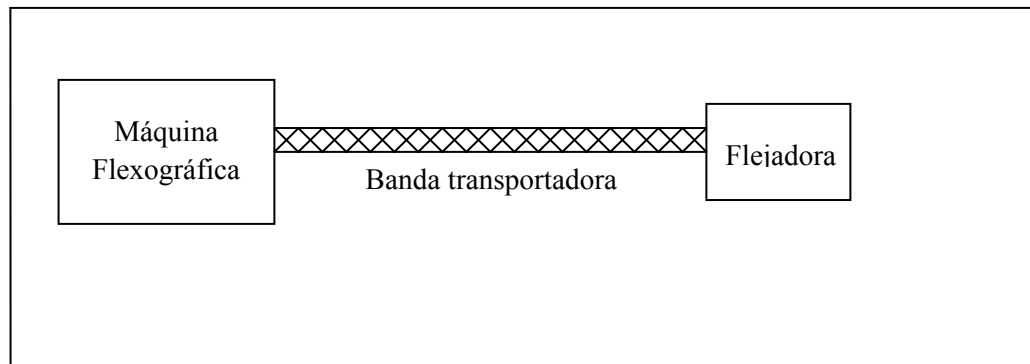
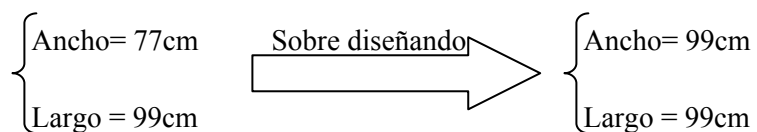


Figura 4.10. Ubicación de la banda transportadora en el proceso. Fuente Propia.

Como criterio para la selección del ancho de la banda transportadora se utilizaron las dimensiones de la caja más grande que se puede fabricar con la máquina flexográfica las cuales son:



Con el ancho de $99\text{cm} \approx 38,97''$ se selecciona un ancho estándar de $42''$ (véase apéndice I).



Velocidad de la banda transportadora

Para el cálculo de la velocidad de la banda se trabajó con la información suministrada por el manual de funcionamiento de la máquina flexográfica, ya que la capacidad de la banda deberá ser por lo menos igual a la máxima capacidad de la máquina.

La capacidad de la máquina Flexográfica es de 18000cajas/hora

La máxima capacidad de la máquina para producir bultos es de 15 cajas por lo tanto:

$$\text{Capacidad}_{\text{Máq. Flexográfica}} = \frac{18000 \text{cajas} / \text{hora}}{15 \text{cajas} / \text{bulto}} = 1200 \text{bultos} / \text{hora}$$

La velocidad de la banda transportadora se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$S = \text{Capacidad}_{\text{Máq. Flexográfica}} * L_{\text{cajas}} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

S: velocidad de la banda transportadora.

Capacidad_{Máq. Flexográfica}: capacidad de la máquina flexográfica.

L_{cajas}: largo de la caja

Sustituyendo este valor en la ecuación 4.1 se tiene:



$$S = 1200 \frac{\text{bultos}}{\text{hora}} * 99 \frac{\text{cm}}{\text{bulto}} * \frac{1 \text{ pie}}{30,48 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$S = 64,96 \text{ pie/min.}$$

Un ancho de banda de 42" puede llevar una velocidad de 64 pie/min ya que está dentro de los valores de la máxima velocidad permitida para este ancho de banda (ver apéndice I).

Rodillos Portantes y de Retorno

De la tabla del apéndice II con el ancho de la banda de 42" y la velocidad de 64,96 pie/min se obtiene:

$$\text{Diámetro de los rodillos} = 3.5''$$

La separación entre los rodillos se determinó a partir de la tabla del apéndice III por medio del ancho de la banda y el peso promedio del material el cual se calcula de la siguiente manera.

$$P_{\text{promedio}} = \text{Peso de un bulto} * \text{volumen}$$

$$P_{\text{promedio}} = \frac{24 \text{ Kg}}{\text{bulto}} * \frac{\text{bulto}}{0,163 \text{ m}^3} * \frac{2,2 \text{ lbs}}{1 \text{ Kg}} * \left(\frac{1 \text{ m}}{3,28 \text{ pie}} \right)^3 = 9,17 \frac{\text{Lbs}}{\text{pie}^3}$$

Con este valor obtenido y el ancho de banda se determina la separación entre los rodillos.



- ✓ Separación entre los rodillos portantes = 4'
- ✓ Separación entre los rodillos de retorno= 10'

Potencia

La potencia total suministrada al eje se determina por medio de la siguiente ecuación.

$$HP_{eje} = \frac{K * S * (L + 150)}{10000} + \frac{T * (L + 150)}{33000} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Donde:

HP_{eje}: Potencia total suministrada al eje.

K: Factor de potencia.

S: Velocidad en pies/min.

L: Longitud del transportador en pies.

T: Toneladas de material manejado por horas.

Las toneladas de material manejado por horas se calculan de la siguiente manera:

$$T = \frac{24Kg}{bulto} * \frac{1200bultos}{hora} * \frac{1Ton}{1000Kg} = 31,6831Ton / hr$$



Tomando como criterio el espacio disponible para implementar la banda, se toma como longitud del transportador $3m \approx 9,84'$ y el factor K se determina a través de la tabla del apéndice IV. Con el ancho de banda se obtiene: $K=0.465$.

Sustituyendo en la ecuación 4.2 se obtiene:

$$HP_{eje} = \frac{0,465 * 64,96 * (9,84 + 150)}{10000} + \frac{31,6831 * (9,84 + 150)}{33000}$$

$$HP_{eje} = 0,63HP$$

La potencia del motor se determina a través de la siguiente ecuación:

$$HP_{motor} = \frac{HP_{eje} * F_{ajuste}}{\eta} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde:

HP_{motor} : Potencia del motor.

η : Factor de potencia relacionado con el tipo de transmisión utilizado.

F_{ajuste} : Factor de ajuste que depende de la potencia del eje obtenida.

Del apéndice V se seleccionó una transmisión “cada par de poleas y correas en V” y se obtiene $\eta = 0,93$ y con la potencia del eje se selecciona $F = 2$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.3

$$HP_{motor} = \frac{0,63 * 2}{0,93} = 1.35HP$$



Motor comercial= 1,5HP

Con el valor de potencia obtenida y la velocidad requerida por el sistema se selecciona un motor de 1,5 HP y un reductor cuyas especificaciones se encuentran en el apéndice VI.

El motor seleccionado es:

Motor Baldor modelo: IDCSWDM3554

Potencia: 1,5 HP

Velocidad: 1750 RPM

Voltaje de operación: 230/460V

Frecuencia: 60 Hz

La caja reductora seleccionada es:

Reductor Baldor modelo: GF1013AH

Relación de transmisión: 10

Velocidad de entrada: 1750

Velocidad de salida: 175

Tipo de reducción: Sencilla

Numero de Lonas

Un aspecto esencial en este sentido es la elección del tipo y número de lonas a emplearse para garantizar que ésta soporte las tensiones a que es sometida durante la operación. Como consecuencia se hace necesario determinar la máxima tensión que puede producirse en cualquier sector de la correa, la cual viene dada:

$$T_{\max} = \frac{HP_{\text{motor}} * 33000}{S} * (1 + R) \quad (\text{Ec. 4.4})$$



Donde R es un factor que depende del tipo de tensor empleado entre la correa y la polea motriz. De la tabla del apéndice VII se obtiene que:

- Arco de contacto mas común con impulsión sencilla $\alpha = 210^\circ$.
- Se selecciona polea revestida por ser la más resistente y “tensor de tornillo” ya que longitud es menor a $210'$.

Una vez seleccionados estos parámetros se tiene que $R = 0,66$.

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.4

$$T_{\max} = \frac{1,5 * 33000}{64,96} * (1 + 0,66) = 1264,932 \text{ Lbs}$$

El número de lonas se determina a través de la siguiente ecuación:

$$N = \frac{T_{\max}}{a * T_o} \quad (\text{Ec. 4.5})$$

Donde:

N: número de lonas capaz de resistir la tensión total en la correa.

Tmax: Tensión máxima.

a: ancho de la banda.

To: Tensión admisible de la lona por pulgadas de ancho.

La tabla del apéndice VIII muestra la tensión admisible para distintos pesos de fábrica, de esta tabla se tiene que para un peso de 28oz el valor de To es 25 Lbs/pulg ancho.



Sustituyendo valores en la ecuación 4.5 se tiene:

$$N = \frac{1264,932}{42 * 25} = 1,2lonas \approx 2 lonas$$

Dos lonas son capaces de resistir la tensión total pero la tabla del apéndice IX recomienda como mínimo 4 lonas para un ancho de banda de 42". Por lo tanto se selecciona $N = 4$ lonas.

Espesor del Recubrimiento de Goma (cara carga)

El espesor del recubrimiento de goma superior es de 1/32" debido a que no se transportan materiales abrasivos ni cortantes. (Véase tabla del apéndice X)

Espesor de cubierta inferior

Con el espesor del recubrimiento de goma (cara carga o cubierta superior) y la tabla del apéndice XI se obtiene el espesor de la cubierta inferior el cual es de 1/32"

Resumen

- Ancho de la banda transportadora= 42"
- Velocidad de la banda = 64,96 pie/min $\approx 19,79$ m/min $\approx 0,329$ m/s
- Diámetro de los rodillos = 3.5"=0,0889m
Separación entre rodillos portantes = 4'
Separación entre rodillos retorno = 10'
- Numero de lonas de la banda = 4

- Recubrimiento superior e inferior de goma de 1/32"
- Motor de 1,5 Hp

Las figuras 4.11 y 4.12 muestran de manera ilustrativa la banda transportadora diseñada así como los elementos que la conforman.

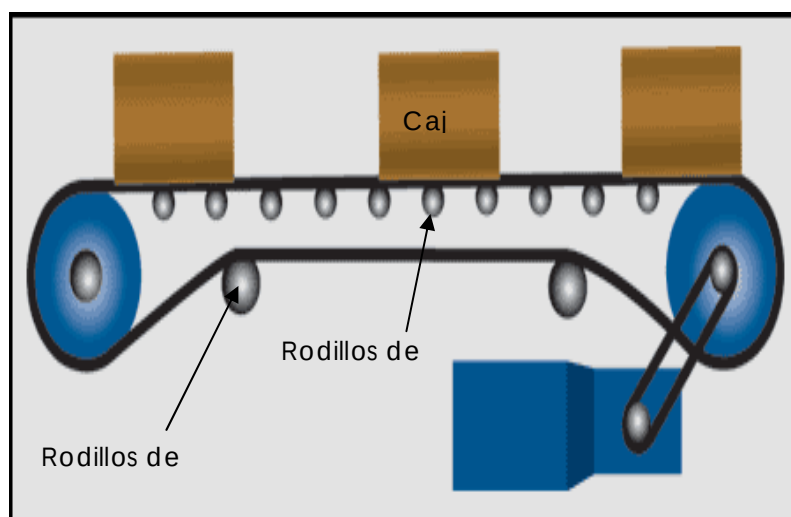
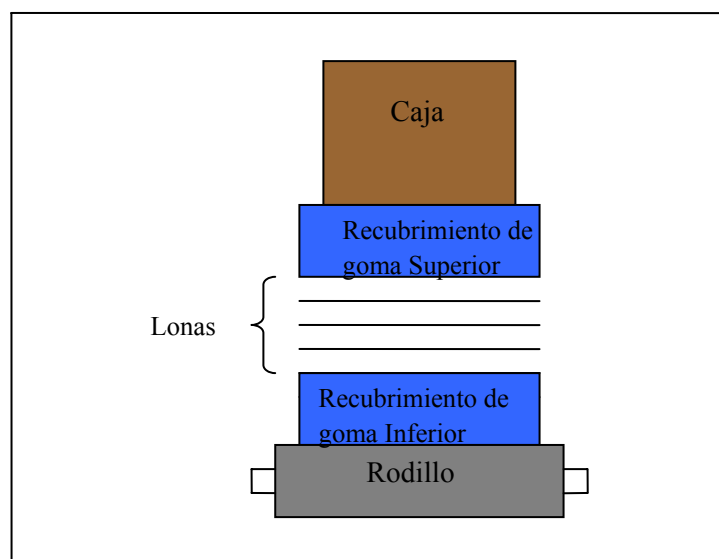


Figura N° 4.11. Banda transportadora diseñada. Fuente: Equipos el prado



**Figura N° 4.12. Banda transportadora diseñada (Recubrimientos, lona y rodillos).
Fuente Propia.**

4.3.2. Diseño del sistema transportador de cajas en la máquina flejadora.

Para automatizar el sistema de flejado se procede primero a energizar los rodillos que se encuentran en la plataforma de la flejadora (Ver figura 4.13) para que estos trasladen las cajas a través de la máquina de forma automática.



Figura N° 4.13. Máquina flejadora. Fuente: Empresa Servicios de Corrugados Maracay C.A.

Selección del motor – reductor del sistema impulsor de cajas

Para la selección del motor impulsor de cajas se procede a realizar una serie de cálculos y consideraciones, las cuales permitirán obtener las especificaciones técnicas del motor reductor a utilizar, a continuación se presentan los cálculos correspondientes:

Tomando en cuenta el peso de la carga, su superficie, su naturaleza y el coeficiente de fricción a su base; la fuerza tangencial F necesaria para el transporte, puede calcularse con la siguiente formula:



$$F = \mu * W * 9,81 \quad (Ec. 4.6)$$

Donde:

F: Fuerza tangencial necesaria al arranque (N)

μ : Coeficiente de roce dinámico = 0,8

W: peso del material = 24Kg

Al resolver la ecuación 4.6, se obtiene el siguiente resultado:

F= 188,352 N, se toma un factor de seguridad de 2. Por lo que la fuerza necesaria para el arranque será:

$$F = 376,704 \text{ N}$$

Para realizar el cálculo de la potencia del sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$Pot = Mt \times \omega \quad (Ec. 4.7)$$

Donde:

Mt : Momento torsor aplicado en el eje del rodillo (Nm)

ω : Velocidad angular (RPM)

La velocidad angular se calcula mediante la ecuación:

$$\omega = \frac{V}{R_{Rodillo}} \quad (Ec. 4.8)$$

Donde:

V : Es la velocidad en la periferia del rodillo ($\frac{m}{s}$) = 0,329 ($\frac{m}{s}$)

$R_{Rodillo}$: Radio del rodillo (m) = 0,02413 m

Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación 4.8, la velocidad angular resulta:

$$\omega = 13,63 \frac{rad}{s} = 130,156 RPM$$

Para el cálculo del momento torsor se observa el diagrama de cuerpo libre de la figura 4.14 y se realiza sumatoria de momentos en el punto C.

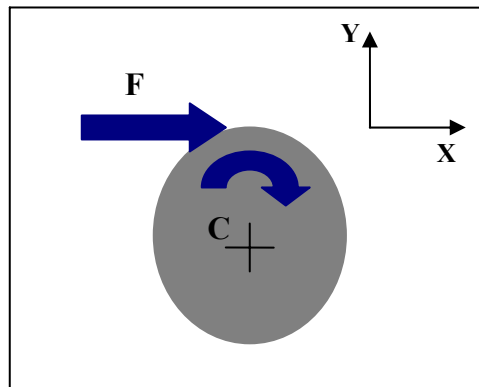


Fig. 4.14. Diagrama de cuerpo libre Mt . Fuente Propia.

Lo que resulta:

$$\sum M = F \times R_{rodillo} + I \times \alpha \quad (Ec. 4.9)$$



Donde:

F: Fuerza necesaria para el arranque (N) = 376,704 N

I_t : Inercia de masa total del rodillo (Kg x m²)

α : Aceleración angular (rad/s²)

El valor de la aceleración angular se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (\text{Ec } 4.10)$$

Donde: t es el tiempo de estabilización del motor, considerando que se vence una baja inercia, igual a 1seg.

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación 4.10 se obtiene el valor de la aceleración angular el cual resulta:

$$\alpha = 13,63 \text{ rad/s}^2$$

Para el cálculo de la inercia de masa del rodillo se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{rod} = \frac{\pi \times \rho \times L \times R_{rodillo}^4}{2} \quad (\text{Ec.4.11})$$

Donde:



ρ : Densidad del material del rodillo (Kg/m^3): 7850 Kg/m^3 . Materiales fabricados de acero al carbono.

L : Longitud total del rodillo (m) = $1,0668\text{m}$

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación 4.11 se obtiene el valor de la inercia de masa para los rodillos la cual resulta:

$$I_{rod} = 4,4596 * 10^{-3} \text{ Kg} \times \text{m}^2$$

La inercia total de los rodillos del transportador es $I_{total} = 12 \times I_{rodillo}$. De donde se obtiene:

$$I_{totalrod} = 0,05351 \text{ Kg} \times \text{m}^2$$

Luego se tiene que:

$$Pot = Mt \times \omega = (F \times R_{Rodillo} + I \times \alpha) \times \frac{V}{R_{Rodillo}} = F \times V + I \times \alpha \times \omega \quad (\text{Ec.4.12})$$

Reemplazando todos los valores obtenidos en la ecuación 4.12 se obtiene el valor de la potencia requerida por el sistema la cual resulta:

$$Pot_{motor} = 133,87\text{W} = 0,1795\text{Hp}$$

Asumiendo un factor de servicio de 1,2 para trabajos moderados del apéndice XII se obtiene una potencia requerida por el motor de:



$$Pot_{motor} = 0,2154Hp$$

Con el valor de potencia obtenida y las RPM requeridas por el sistema se selecciona un motor de 3/4 de HP, sus especificaciones se encuentran en el apéndice XIII.

El motor seleccionado es:

- Motor con freno Baldor modelo: VEBNM3542
- Potencia: ¾ HP
- Velocidad: 1750 RPM
- Voltaje de operación: 230/460V
- Frecuencia: 60 Hz

Selección de la caja reductora

Con la selección del motor se procede a seleccionar la caja reductora del catalogo de Baldor (ver apéndice XIV). Como principal criterio de selección se tomo la relación de transmisión ya que se busca llevar la velocidad de salida del motor de 1750RPM a la velocidad requerida por el sistema de 130,156RPM o a una cercana a esta.

La caja reductora seleccionada es:

- Caja Reductora Baldor modelo: GF1013AH
- Relación de transmisión: 10



- Velocidad de entrada: 1750
- Velocidad de salida: 175
- Tipo de reducción: Sencilla

Selección de las cadenas y de las ruedas catalinas para los rodillos

El motor eléctrico transmite su potencia a través de cadenas a cada rueda catalina colocada en uno de los extremos de cada rodillo. En esta sección se seleccionan dos tipos de cadenas.

- Cadena N° 1: es la cadena que transmite la potencia del motor al primer rodillo.
- Cadena N° 2: es la cadena que une rodillo con rodillo.

Selección de la cadena 1 “Entre el motor y el primer rodillo”

Para la selección de las cadenas se utiliza la potencia suministrada por el motor, la relación de transmisión requerida y las condiciones de funcionamiento.

Tomando en consideración un factor de servicio para cargas moderadas y motores se selecciona $F_s = 1.3$, ver apéndice XV.

Por lo que la potencia de diseño es igual a:

$$Pot_{diseño} = 0,75 \times 1,3 = 0,975Hp$$



Tomando en consideración la velocidad angular de salida de la caja reductora $\omega = 175 \text{ RPM}$, la potencia de diseño y tomando un solo ramal, del apéndice XVI se selecciona una cadena con las siguientes características:

Cadena MORSE # 40, 1/2" de paso y 17 dientes

Con la cadena seleccionada y mediante el apéndice XVII se obtiene la potencia de un ramal, la cual resulta:

$$Pot_{\text{Ramal}} = 1,1366 \text{ Hp}$$

Debido a que la potencia del ramal es mayor que la potencia de diseño la cadena seleccionada cumple con las exigencias del sistema.

El número de dientes de la rueda dentada grande se obtiene por la ecuación:

$$N_g = N_p * R_T \quad (\text{Ec. 4.13})$$

Donde:

N_g :Número de dientes de la rueda dentada grande.

N_p :Número de dientes de la rueda dentada pequeña ($N_p = 17$).

R_T :Relación de transmisión.

La relación de transmisión se determina de la siguiente manera:



$$R_T = \frac{\omega_p}{\omega_g} = \frac{175}{130,156} = 1,3445$$

Por lo que el número de dientes según la ecuación 4.13 es:

$$N_g \cong 23 \text{dientes}$$

Ahora se recalcula la relación de transmisión y la velocidad angular de la rueda dentada grande:

$$R_{Treal} = \frac{N_p}{N_g} = 1,3529 \quad (\text{Ec } 4.14)$$

$$\omega_g = \frac{\omega_p}{R_{Treal}} = \frac{175}{1,3529} = 129,629 \text{RPM} \quad (\text{Ec } 4.15)$$

Posteriormente se determina la velocidad periférica de la cadena a través de la siguiente ecuación:

$$V_p = \frac{N \times P \times \omega}{12} \quad (\text{Ec. } 4.16)$$

Donde:

V_p : Velocidad periférica de la cadena (Pie/min)

N : Es el número de dientes de la rueda = 17 dientes

P : Es el paso de Cadena (Pulg) = 1/2"

ω : Velocidad de rotación de la rueda dentada (RPM) = 175RPM



Sustituyendo estos valores en la ecuación 4.16 se obtiene el siguiente resultado:

$$V_p = 123,95 \text{ Pie}/\text{min}$$

Con el resultado de la velocidad periférica de la cadena se obtiene el tipo de lubricación recomendada el cual es lubricar periódicamente utilizando cepillo (ver apéndice XVII).

Luego se calcula el diámetro primitivo de la rueda dentada pequeña y grande según la siguiente ecuación:

$$D_p = \frac{P}{\text{Sen}\left(\frac{180}{N_p}\right)} \quad (\text{Ec. 4.17})$$

$$D_g = \frac{P}{\text{Sen}\left(\frac{180}{N_g}\right)} \quad (\text{Ec. 4.18})$$

Donde:

D_p : Es el diámetro primitivo de la rueda dentada pequeña (Pulgadas)

D_g : Es el diámetro primitivo de la rueda dentada grande (Pulgadas)

Lo que resulta:



$$D_p = 2,72''$$

$$D_g = 3,67''$$

La longitud entre centros viene dada por $30 \leq C \leq 50$, tomando $C=40$ como valor promedio se calcula la longitud de la cadena mediante la siguiente ecuación:

$$L_c = \left[2 \times C + \frac{N_p + N_g}{2} + \frac{(N_g - N_p)^2}{4 \times \pi^2 \times C} \right] \quad (\text{Ec. 4.19})$$

Por lo que sustituyendo los datos en la ecuación 4.19 la longitud de la cadena es:

$$L_c = 100,02279 \text{ pasos} = 106,64 * \frac{1}{2} \text{ in} = 50,01139 \text{ in}$$

Ahora se determina la distancia entre centros mediante la siguiente ecuación:

$$C_c = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_p + N_g}{2} + \sqrt{\left(L - \frac{N_p + N_g}{2} \right)^2 - 8 \frac{(N_g - N_p)^2}{4 \times \pi^2}} \right] \quad (\text{Ec. 4.20})$$

Donde:

C_c : Distancia entre centros (Pulg).

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.20 la distancia entre centros de la cadena es:

$$C_c = 14,97 \text{ in}$$



Luego se calcula el ángulo de contacto para ambas ruedas respectivamente mediante la ecuación:

$$\theta_p = 180^\circ - 2 \times \text{Sen}^{-1} \left(\frac{D_g - D_p}{2 \times Cc} \right) \quad (\text{Ec. 4.21})$$

$$\theta_g = 180^\circ + 2 \times \text{Sen}^{-1} \left(\frac{D_g - D_p}{2 \times Cc} \right) \quad (\text{Ec. 4.22})$$

Donde:

θ_p : Es el ángulo de contacto entre las cadenas y las ruedas dentadas pequeñas (Grados).

θ_g : Es el ángulo de contacto entre las cadenas y las ruedas dentadas grandes (Grados).

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.21 y 4.22 el ángulo de contacto resulta:

$$\theta_p = 176,36^\circ$$

$$\theta_g = 183,63^\circ$$

La fuerza ejercida sobre los apoyos se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$F_a = \frac{P}{V_p} + \frac{G}{g} V_p^2 \quad (\text{Ec. 4.23})$$

Donde:



F_a : Fuerza sobre los apoyos

P : Potencia transmitida (lbf-pie/s) “1Hp=550lbf-pie/s”

V_p = velocidad periférica de la cadena (pie/s) = 123,95 pie/s

G : Peso por unidad de longitud de la cadena (Lb/pie) = 1 Lb/pie

g : Aceleración de la gravedad (Pie/s²) = 32,2 Pie/s²

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.23 se tiene que:

$$F_a = \frac{0,975Hp \times \frac{550lbf - pie / s}{1Hp}}{123,9583 \frac{pie}{min} \times 1 \frac{min}{60s}} + \frac{1lb / pie}{32,18 pie / s^2} \times \left(123,95 \frac{pie}{min} \times 1 \frac{min}{60s} \right)^2$$

$$F_a = 259,69lbf = 1155,18N$$

Selección de la cadena 2 “Entre cada rueda dentada”

Tomando en consideración la velocidad angular de salida del rodillo $w_p = 129,62RPM$, la potencia de diseño y tomando un solo ramal, del apéndice XVI se selecciona una cadena con las siguientes características:

Cadena MORSE # 40, 1/2” de paso y 21 dientes



Con la cadena seleccionada y mediante el apéndice XVII se obtiene la potencia de un ramal, la cual resulta:

$$Pot_{Ramal} = 1,07579Hp$$

Debido a que la potencia del ramal es mayor que la potencia de diseño la cadena seleccionada cumple con las exigencias del sistema. Como las velocidades angulares en ambas poleas son iguales, el diámetro de éstas es el mismo, y la relación de transmisión es igual a 1. Por lo que la velocidad de ambas poleas es igual a 129,62RPM.

Posteriormente se determina la velocidad periférica de la cadena a través de la siguiente ecuación:

$$V_p = \frac{N \times P \times w}{12} \quad (Ec. 4.24)$$

Donde:

V_p : Velocidad periférica de la cadena (Pie/min)

N : Es el número de dientes de la rueda = 21 dientes

P : Es el paso de Cadena (Pulga) = 1/2"

w : Velocidad de rotación de la rueda dentada (RPM) = 129,62RPM

Sustituyendo estos valores en la ecuación 4.24 se obtiene el siguiente resultado:

$$V_p = 113,42 Pie/min$$



Con el resultado de la velocidad periférica de la cadena se obtiene el tipo de lubricación recomendada el cual es lubricar periódicamente utilizando cepillo (ver apéndice XVII).

Luego se calcula el diámetro primitivo de la rueda dentada pequeña y grande según la siguiente ecuación:

$$D_p = D_g = \frac{P}{\text{Sen}\left(\frac{180}{N_p}\right)} \quad (\text{Ec. 4.25})$$

Donde:

D_p : Es el diámetro primitivo de la rueda dentada pequeña (Pulg)

D_g : Es el diámetro primitivo de la rueda dentada grande (Pulg)

Lo que resulta:

$$D_p = D_g = 3,35''$$

La longitud entre centros es igual a: 3'' y como un paso equivale a media pulgada se tiene que:

$$C = 3 \text{ pu lg} \times \frac{1 \text{ paso}}{0,5 \text{ pu lg}} = 6 \text{ pasos} = 6 \text{ pasos}$$

Ahora la longitud de la cadena se calcula mediante la siguiente ecuación:



$$L_c = \left[2 \times C + \frac{N_p + N_g}{2} + \frac{(N_g - N_p)^2}{4 \times \pi^2 \times C} \right] \quad (\text{Ec. 4.26})$$

Por lo que sustituyendo los datos en la ecuación 4.26 la longitud de la cadena es:

$$L_c = 33 \text{ pasos} = 16,5 \text{ in}$$

Luego se calcula el ángulo de contacto para ambas ruedas respectivamente mediante la ecuación:

$$\theta_p = 180^\circ - 2 \times \text{Sen}^{-1} \left(\frac{D_g - D_p}{2 \times Cc} \right) \quad (\text{Ec. 4.27})$$

$$\theta_g = 180^\circ + 2 \times \text{Sen}^{-1} \left(\frac{D_g - D_p}{2 \times Cc} \right) \quad (\text{Ec. 4.28})$$

Donde:

θ_p : Es el ángulo de contacto entre las cadenas y las ruedas dentadas pequeñas (Grados).

θ_g : Es el ángulo de contacto entre las cadenas y las ruedas dentadas grandes (Grados).

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.27 y 4.28 el ángulo de contacto resulta:

$$\theta_p = 180^\circ$$



$$\theta_g = 180^\circ$$

Posteriormente se determina la fuerza ejercida sobre los apoyos empleando la siguiente ecuación:

$$F_a = \frac{P}{V_p} + \frac{G}{g} V_p^2 \quad (\text{Ec. 4.29})$$

Donde:

F_a : Fuerza sobre los apoyos

P : Potencia transmitida (lbf-pie/s) “1Hp=550lbf-pie/s”

V_p = velocidad periférica de la cadena (pie/s) = 113,42 pie/s

G : Peso por unidad de longitud de la cadena (Lb/pie) = 1 Lb/pie

g : Aceleración de la gravedad (Pie/s²) = 32,2 Pie/s²

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.29 se tiene que:

$$F_a = \frac{0,975Hp \times \frac{550lbf - pie / s}{1Hp}}{113,42 \frac{pie}{min} \times 1 \frac{min}{60s}} + \frac{1lb / pie}{32,18 pie / s^2} \times \left(113,42 \frac{pie}{min} \times 1 \frac{min}{60s} \right)^2$$

$$F_a = 283,77lbf = 1262,27N$$

4.3.3. Diseño del transportador de rodillos

Diseño de los rodillos



La función principal de los rodillos es transportar los bultos de cajas de cartón corrugado desde la salida de la máquina flejadora hasta el final de la línea.

Para el diseño de los rodillos, tal como se muestra en la figura 4.15, se realiza un estudio de esfuerzos, de manera que se necesita conocer el valor de las fuerzas que actúan sobre él, el bulto de cajas en su presentación más desfavorable pesa 24Kg y está soportado sobre un número de rodillos que depende del tamaño del bulto, por lo que la fuerza se distribuye sobre todos ellos.

Así, el número de rodillos en contacto con el bulto de cajas se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

$$L = (N_{\text{rodillos}} - 1) \times X_{\text{centros}} + 2 \times R_{\text{rodillo}} \quad (\text{Ec. 4.30})$$

Donde:

L : Longitud del material en contacto con el rodillo (38,97pulg).

X_{centros} : Distancia entre los centros de los rodillos (3pulg).

R_{rodillo} : Radio aproximado de diseño del rodillo (0,95pulg).

N_{rodillos} : Número de rodillos.

Sustituyendo en la ecuación 4.30 se tiene que

$N_{\text{rodillos}} = 13$ rodillos

Por lo tanto la fuerza que actúa sobre cada rodillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{P_{total\ bulto}}{N} \quad (Ec. 4.31)$$

Donde:

F : Fuerza que actúa sobre cada rodillo (N).

$P_{total\ bulto}$: Peso del bulto de cajas cartón = $24\text{Kg} \times 9,81\text{m/s}^2 = 235,44\text{ N}$

N : número de rodillos en contacto con el bulto de cajas= 13 rodillos

Sustituyendo los datos en la ecuación 4.31 se obtiene la fuerza sobre cada rodillo la cual es:

$F = 18,11\text{ N}$, se toma un factor de seguridad de 2.5. Por lo que la fuerza es igual a $45,275\text{ N}$.

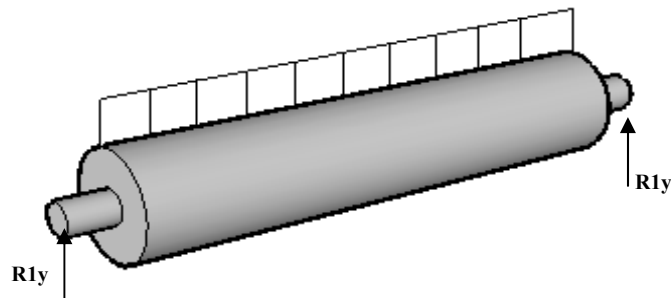


Figura 4.15. Reacciones aplicadas al rodillo. Fuente Propia.

Al realizar el diagrama de corte y momento (ver figura 4.16), sobre el rodillo resulta que:

V_{MAX} : Fuerza de corte máxima (N) = $22,6375\text{N}$

M_{MAX} : Momento flector máximo (Nm) = $12,9373\text{N}$

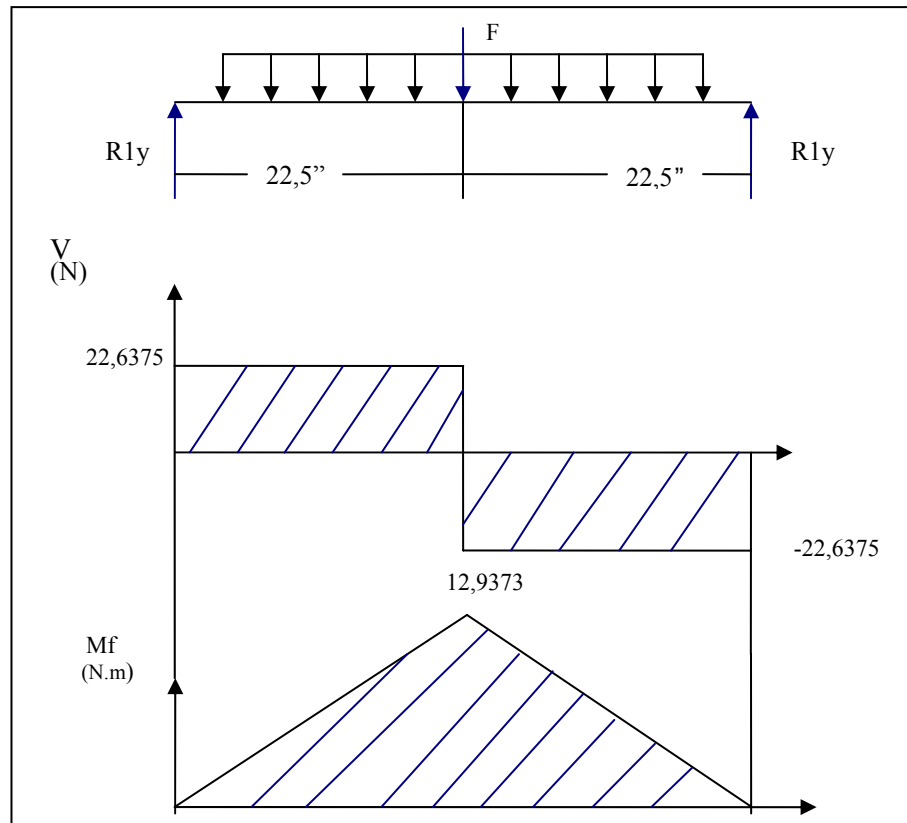


Figura 4.16. Diagrama de corte y momento flector del rodillo. Fuente Propia.

El material de diseño es acero 1020 por lo que el esfuerzo a la fluencia del material es $S_y = 469 \text{ MPa}$ (ver apéndice XVIII), tomando un factor de seguridad de 2,50 el esfuerzo admisible será:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{2,50} = \frac{469 \text{ MPa}}{2,50} = 187,60 \text{ MPa} \quad (\text{Ec. 4.32})$$

El eje se encuentra sometido a flexión, por lo que la ecuación a utilizar es la siguiente:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{MAX} \times C}{I} \quad (\text{Ec. 4.33})$$



Donde:

M_{MAX} : Momento flector máximo (Nm) = 12,9373Nm

C : Distancia del eje centroidal a la fibra más alejada (m) = $\frac{d}{2}$

I : Inercia de la sección transversal del eje Ec. 4.34

Por ser una sección circular la inercia se calcula como:

$$I = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (Ec. 4.34)$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.34 y despejando “d” se obtiene el diámetro del eje:

$$d = 8,8894 \times 10^{(-3)} m$$

Por lo que se selecciona un diámetro comercial de 7/16” con rodillos de 1,5” de diámetro.

Soportes laterales

Los ejes colocados en forma horizontal y paralelos entre sí, se apoyan sobre una estructura metálica de perfiles en C.

Debido a las cargas a que está sometida esta estructura (ver figura 4.17) se realiza un estudio a flexión y a corte.

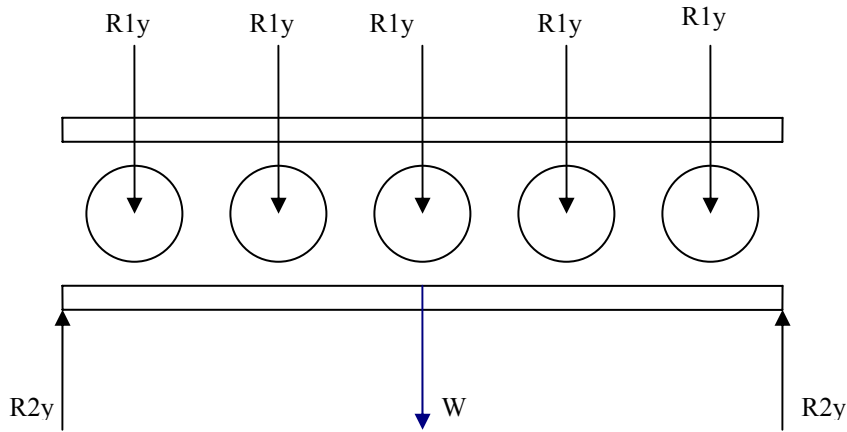


Figura 4.17 Reacciones aplicadas a la estructura. Fuente Propia.

Para el diseño del perfil se asume que toda la longitud del transportador esta soportando carga. Por lo tanto se hace necesario conocer el número de rodillos que posee el transportador para de esta manera saber el número de reacciones presentes en el perfil, ya que el número de rodillos va a ser igual al número de reacciones.

El número de rodillos que posee el transportador se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

$$L = (N_{\text{rodillos}} - 1) \times X_{\text{centros}} + 2 \times R_{\text{rodillo}} \quad (\text{Ec. 4.35})$$

Donde:

L : Longitud del transportador (118,11pulg).

X_{centros} = Distancia entre los centros de los rodillos (3pulg).

R_{rodillo} = Radio aproximado de diseño del rodillo (0,95pulg).

N_{rodillos} = Número de rodillos.

Sustituyendo en la ecuación 4.35 se tiene que:



$$N_{rodillos} = 40 \text{ rodillos}$$

$$\text{Son 40 reacciones } R_{y_{total}} = 905,5N$$

Del apéndice XIX, se selecciona una masa de la viga por unidad de longitud de 3,8Kg/m, por lo que el peso total del perfil viene dado por:

$$W = m_{lineal} \times L_{viga} \times g \quad (Ec. 4.36)$$

Donde:

W : Peso total de la viga (N).

m_{lineal} : Masa por unidad de longitud (Kg/m)=3,8Kg/m.

L : Longitud total de la viga (m) = 3m.

g : Gravedad (m/s^2) =9,81m/s²

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.36 se obtiene:

$$W = 111,834N$$

Al realizar el diagrama de corte y momento (ver figura 4.18), sobre la estructura resulta que:

V_{MAX} : Fuerza de corte máxima (N) = 508,667N

M_{MAX} : Momento flector máximo (Nm) = 763Nm

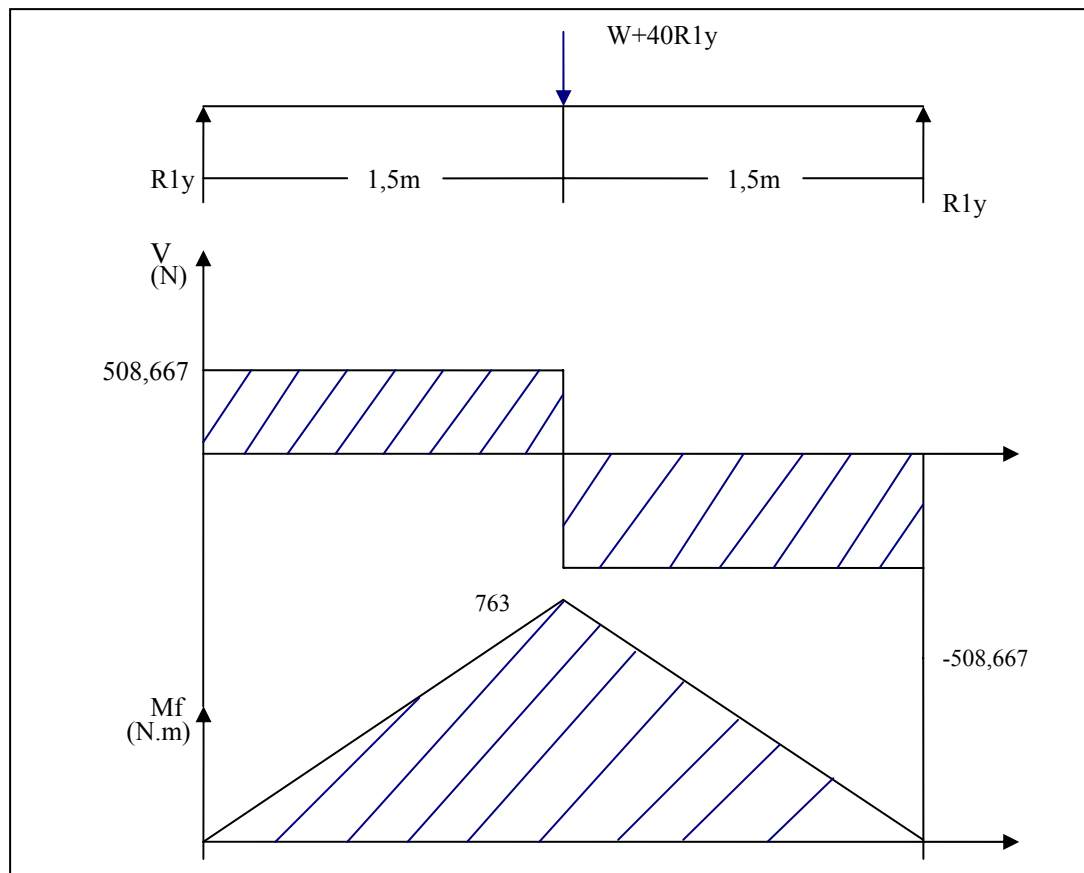


Figura 4.18. Diagrama de corte y momento flector de la estructura. Fuente Propia. Estudio a flexión

Para el estudio a flexión se realiza una comparación entre el módulo resistente tabulado S_x el cual depende de las propiedades del perfil (Ver apéndice XIX) y el módulo que depende del momento flector en la sección (S).

S viene dado por:

$$S = \frac{M}{\sigma_{adm}} \quad (Ec. 4.37)$$

Siendo:



σ_{adm} : Esfuerzo máximo permisible por flexión expresado como:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{N} \quad (Ec. 4.38)$$

El material de diseño es hierro negro el cual es un material utilizado por los fabricantes para este tipo de aplicaciones, por lo que el esfuerzo a la fluencia es $S_y = 227MPa$ (ver apéndice XX), tomando un factor de seguridad de 2,50 el esfuerzo admisible será:

$$\sigma_{adm} = 90,8MPa$$

Luego utilizando la Ec 4.37 se tiene que:

$$S = 8,4 \times 10^{-6} m^3 = 8,4cm^3$$

Se selecciona **“Perfil de hierro negro código 6032”** cuyo módulo resistente tabulado S_x es igual a $11,40cm^3$ (ver apéndice XIX) y cumple además con el peso seleccionado. Como $S_x \geq S$ la viga seleccionada no falla a flexión.

Estudio a corte

En este caso debe verificarse que $\tau_c < \tau_{adm}$. Siendo “ τ_c ”, el esfuerzo equivalente debido a la fuerza cortante, expresado mediante la siguiente ecuación.

$$\tau_c = \frac{V_{max}}{A} \quad (Ec. 4.39)$$



Donde:

V_{MAX} : Fuerza de corte máxima (N) = 508,667N

A: Area de la sección transversal = 3,7 cm², valor obtenido del apendice XIX.

Sustituyendo en la ecuación 4.39.

$$\tau_c = 1,3747 MPa$$

Siendo τ_{adm} (Esfuerzo máximo permisible por corte) expresado como:

$$\tau_{adm} = \frac{0,5 \times S_y}{N} \quad (Ec. 4.40)$$

Sustituyendo valores en la ecuación tenemos que:

$$\tau_{adm} = 45,4 MPa$$

La viga no falla a corte, debido a que $\tau_c < \tau_{adm}$. La viga seleccionada cumple con los requerimientos del sistema.

4.3.4 Selección del transportador por gravedad

La selección de los transportadores por gravedad se basa en el estudio hecho en el diseño de los transportadores de rodillos, ya que con estos datos obtenidos se seleccionará del catalogo del fabricante el transportador que se ajuste de manera adecuada a los requerimientos del sistema.



Selección de Rodillos

Por medio del estudio hecho en el punto 4.2.3 se determinó que un diámetro de eje de $d = 9,4463 \times 10^{(-3)} m$ soporta la carga que se va a mover a través del transportador por lo que con este valor se seleccionó del catalogo del fabricante un diámetro comercial de 1,5" y así se obtienen las características de los rodillos y sus elementos (ver tabla N° 4.8).

Tabla 4.8 Características de los rodillos y sus elementos

CARACTERÍSTICAS DE LOS RODILLOS Y SUS ELEMENTOS						
RODILLO	TIPO DE TUBO -Nombre Común- material -diámetro exterior	GRUESO DE LA PARED DEL TUBO (mm)	Tipo de Ejes	Tipo de Rodamiento	Espacio Entre Perfiles	Carga por Rodillo
Servicio Liviano de 1,5"	industrial acero 1,5"	1,5 (0,059")	Acero galvanizado de 7/16 "	Abierto/19 balines de 3mm	6" - 26" 150- 660mm	45 Kg 100 Lb.
-El rodamiento sellado ofrece la característica adicional: libre de mantenimiento. -Se fabrican rodillos con tamaño o diseño diferentes bajo pedido especial.						

Fuente: Equipos el prado

Selección de perfiles:

Los perfiles corresponden a los soportes que dan la rigidez al transportador y determinan la posición de los rodillos. Al igual que los rodillos, los perfiles se eligen según los pesos de las cargas que deban transportar.

Del estudio hecho del diseño del transportador de rodillos se determinó que el tipo de perfil a utilizar para el manejo de dicha carga es un **“Perfil de hierro negro código 6032”** (ver apéndice XIX) ya que cumple con las características de carga,



dimensión y material de diseño que más se adaptan a los requerimientos del sistema, la tabla 4.9 muestra las características que posee el perfil seleccionado.

Tabla 4.9 Características del perfil seleccionado

TIPO DE PERFIL	MATERIAL DEL PERFIL	MEDIDAS PRINCIPALES			DISTANCIA ENTRE SOPORTES	CAPACIDAD DE CARGA
Servicio Pesado	Hierro negro doblado en U	3 1/2"	1 1/2"	1/8"	3m	550 kg. (1200 lb.)
		88,9 mm.	38,1 mm.	3,18 mm.	1,5m	1100 kg. (2400)

Fuente: Equipos el prado

4.3.5 Diseño del cordón de soldadura

La unión entre las vigas y la lámina se hará mediante cordones de soldadura, como se observa en la figura 4.19. La lámina es de acero 1020, de 1,30 m de longitud y un espesor de $1,27 \times 10^{-2} m$ o 1/2".

Para el diseño se selecciona un electrodo de tipo E-7018, el cual según el fabricante es el más adecuado, ya que une aceros estructurales, además de que puede soldarse bien en todas las posiciones.

Soldadura

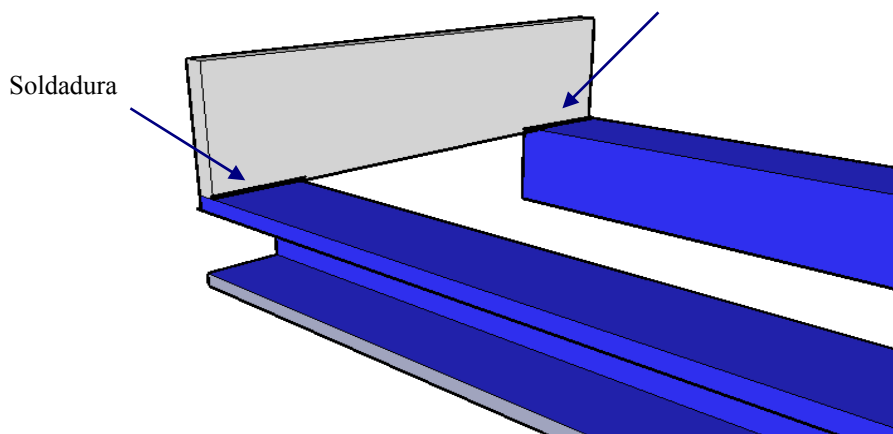


Fig. 4.19. Soldadura entre la lámina y el perfil. Fuente Propia.

Para realizar el cálculo del cordón de soldadura se utiliza la siguiente ecuación:

$$w = \frac{Fr}{\tau_{adm}} \quad (\text{Ec. 4.41})$$

Donde:

W : Espesor de la soldadura (m)

Fr : Fuerza resultante que actúa sobre el cordón de soldadura. (N/m)

τ_{adm} : Esfuerzo admisible de corte. (N/m²)

Para obtener el esfuerzo admisible de corte se toma en consideración el esfuerzo de resistencia a la tracción del electrodo el cual es $\sigma_{PC} = 510 \text{MPa}$, (ver apéndice XXI).



El esfuerzo admisible de corte es igual a:

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{PC}}{N} \quad (Ec. 4.42)$$

Donde:

σ_{pc} : Esfuerzo de resistencia a la tracción del electrodo.

N : Factor de seguridad de la soldadura. $N = 1,67$.

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.42 se tiene:

$$\tau_{adm} = 305,38 MPa$$

Para obtener el valor de la fuerza resultante aplicada en la soldadura se utiliza la siguiente ecuación:

$$Fr = \sqrt{(Fv)^2 + (Ff)^2} \quad (Ec. 4.43)$$

Donde:

Fr : Fuerza resultante aplicada en la soldadura N/m

Fv : Fuerza de corte en N/m

Ff : Fuerza a la flexión en N/m

La fuerza de corte viene dada por la siguiente ecuación:



$$F_v = \frac{P}{A_w} \quad (\text{Ec. 4.44})$$

Donde:

P : es la carga directa que actúa sobre el cordón. $P = 376,704 \text{ N}$.

A_w : Longitud del cordón de soldadura, cuyo valor es igual a dos veces la dimensión “a” del perfil (ver apéndice XIX), por lo tanto A_w es igual a:

$$A_w = 0,04 \times 2 = 0,08 \text{ m}$$

Sustituyendo dichos valores en la ec. 4.44, se obtiene el siguiente resultado:

$$F_v = 4708,8 \text{ N/m}$$

La fuerza de flexión viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_f = \frac{M}{z_w} \quad (\text{Ec. 4.45})$$

Donde:

M : Momento que actúa sobre la soldadura en $(\text{N} \times \text{m})$.

z_w : Momento de resistencia lineal a la flexión en m^2 , según el tipo de soldadura (ver apéndice XXII) será:

$$z_w = \frac{d^2}{6} = 2,1333 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Y el momento se calcula como:



$$M = 376,704N \times 0,15m = 56,5056Nm$$

Por lo que sustituyendo los valores necesarios en la ecuación 4.45 el esfuerzo por flexión será:

$$Ff = 26,4874 \times 10^3 \text{ N/m}$$

Sustituyendo los valores de los esfuerzos en la ecuación 4.43, el esfuerzo resultante será:

$$Fr = 26,9027 \times 10^3 \text{ N/m}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación 4.41, el valor mínimo del espesor de la soldadura arroja el siguiente resultado:

$$w = 8,8095 \times 10^{-5} m = 0,088095mm$$

Como el valor del espesor de soldadura es pequeño se toma como resultado 2,4 mm por ser este el valor del diámetro del electrodo más pequeño. Ver apéndice XXI.

4.3.6 Selección del sistema para el proceso de paletizado.

El sistema seleccionado para el paletizado del material terminado será instalado al final de la línea de producción, donde llegan los bultos de cajas, este sistema permitirá al operador manipular la carga sin ningún esfuerzo y de esta forma prevenir riesgo de lesiones, el manipulador está adaptado para aplicaciones con



sistema de toma de accionamiento mecánicos que no solicitan una conexión eléctrica directa con la unidad de control del sistema.

Es un manipulador electrónico de cargas adecuado para este caso, donde existen aplicaciones no complejas con ciclos de trabajos breves y frecuentes. Su lógica programable, una instalación y mantenimiento simple, la manipulación veloz, sin esfuerzo y precisa, posee un dispositivo que permite que el sistema se adapte automáticamente e instantáneamente al peso de la carga a manipular.

Además, posee una manecilla A, (ver figura 4.20), la cual permite una reacción inmediata del sistema por la fuerza ejercida por el operario tanto en subida como en bajada y un control de velocidad, reduciendo drásticamente la fuerza de inercia y actuando como una extensión del brazo del operario.

En este orden de ideas, el operador es el que guía el brazo del sistema, guiándolo a final de la línea, accionando el dispositivo de sujeción, toma el bulto de caja de cartón, acciona nuevamente para que se cierre el sujetador y de esta forma poder levantar la carga, luego con una mano guía la carga hasta el lugar donde colocará el bulto (sobre la paleta), nuevamente accionando el dispositivo de sujeción libera la carga, previo a ubicar y orientar en la posición deseada las cajas, además puede realizar estos movimientos directamente con sus manos sobre la carga; esto permite aprovecharse de la habilidad humana para coordinar el movimiento.

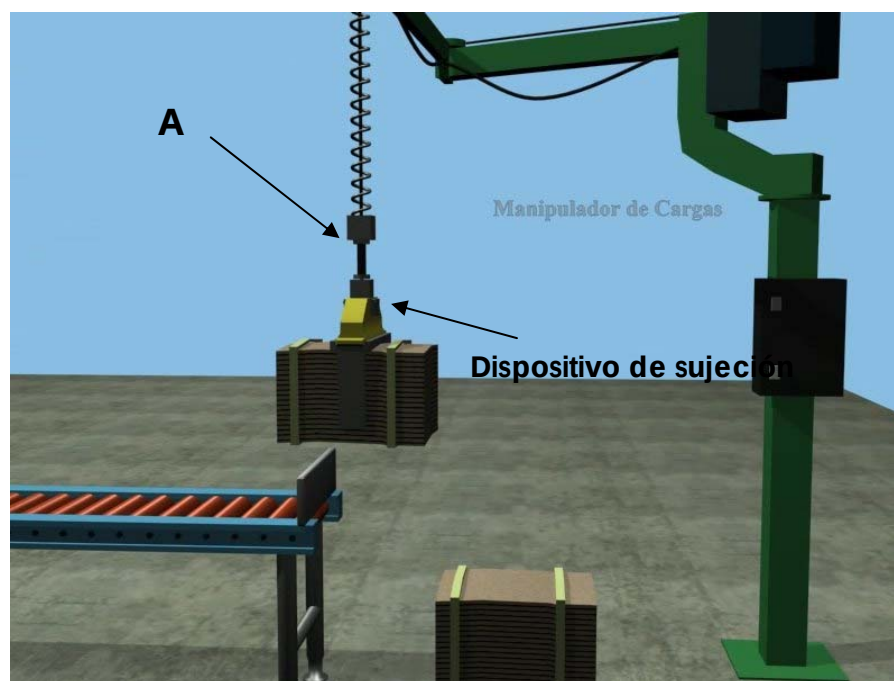


Figura 4.20. Manipulador de carga electrónico. Fuente Propia

A fin de garantizar la seguridad del operador y del ambiente de trabajo, se dispone de un sistema mecánico de parada en caso de falta de corriente y de un motor con freno en caso de excesiva velocidad de descenso.

En la selección del sistema para el paletizado, se consideraron los parámetros anteriormente descritos, principalmente considerando el espacio disponible para la instalación de un sistema de este tipo.

Además, las condiciones de trabajo que se consideraron para la selección fueron: la carga máxima a levantar y el recorrido vertical y horizontal de los bultos de cajas de cartón, desde el final de línea hasta el lugar donde se encuentra la paleta. La longitud horizontal se consideró desde la parte media del transportador de rodillos hasta la parte más alejada de la paleta, esto es 3 m. Ver figura N° 4.21.

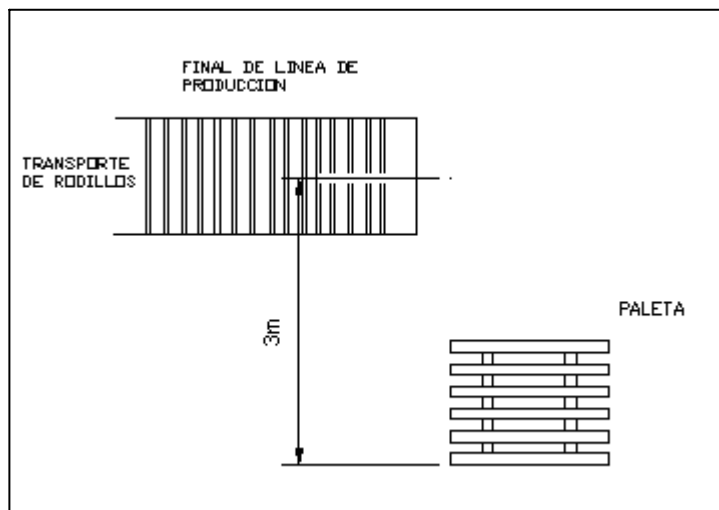


Figura 4.21. Longitudes del espacio para la implementacion del sistema. Fuente Propia.

La longitud vertical es de 1,90 m, se consideró la altura máxima permitida para la conformación de los bultos en la paleta. Ver figura N° 4.22

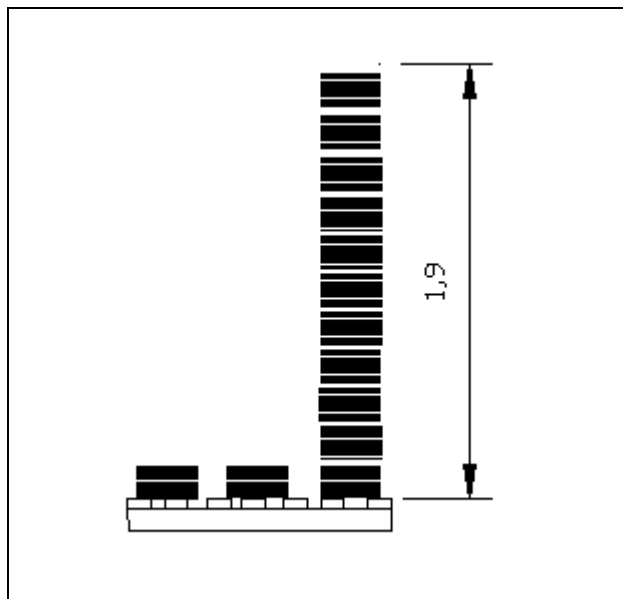


Figura N° 4.22. Longitud vertical para el sistema de manipulación de cargas. Fuente Propia.



Con esta información se realizó la selección del sistema, en el catálogo del fabricante (Ver apéndice XXII)

Características del sistema:

Liftronic Easy modelo **E80C**;

Capacidad 80Kg

Estructura LIGERA: Longitud del brazo 2,5 m

Radio muerto (R2) 460

W (dimensiones de la base) 375mm

E (desplazamiento vertical) 3000mm

Rotación entorno eje columna 375°

Velocidad máxima 36 m/min

4.4. Diseño del sistema de control

Memoria Descriptiva

En la figura 4.23, se observa la ubicación de los dispositivos que influyen en el diseño del sistema autómatas para el proceso de flejado de bultos de cajas de cartón, a continuación se describen los pasos del proceso:

- a. Al presionar un pulsador (S1), el sistema M1 de motor con freno y caja reductora se enciende, logrando de esta manera activar los rodillos de la plataforma de la máquina flejadora.



-
- b.** Al llegar el bulto a la máquina flejadora, comienza a desplazarse a través de ella hasta que su presencia sea detectada por un sensor B1 siendo éste quien envía una señal al sistema M1 el cual debe detenerse gracias al freno del motor. Este sensor también envía una señal a un relé para que active todo el sistema de flejado y a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado. Bajo estas condiciones se efectúa el primer fleje del bulto. Luego de esto se desactiva el freno del motor para así permitir que el bulto siga desplazándose a través de la máquina.
 - c.** El bulto sigue su recorrido hasta que su presencia sea detectada por un sensor B2 siendo éste quien envía una señal al sistema M1 el cual debe detenerse nuevamente gracias al freno del motor. Este sensor también envía una señal a un relé para que active todo el sistema de flejado y a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado. Bajo estas condiciones se efectúa el segundo fleje del bulto. Luego de esto se desactiva el freno del motor para así permitir que el bulto siga desplazándose a través de la máquina hasta salir de ella.

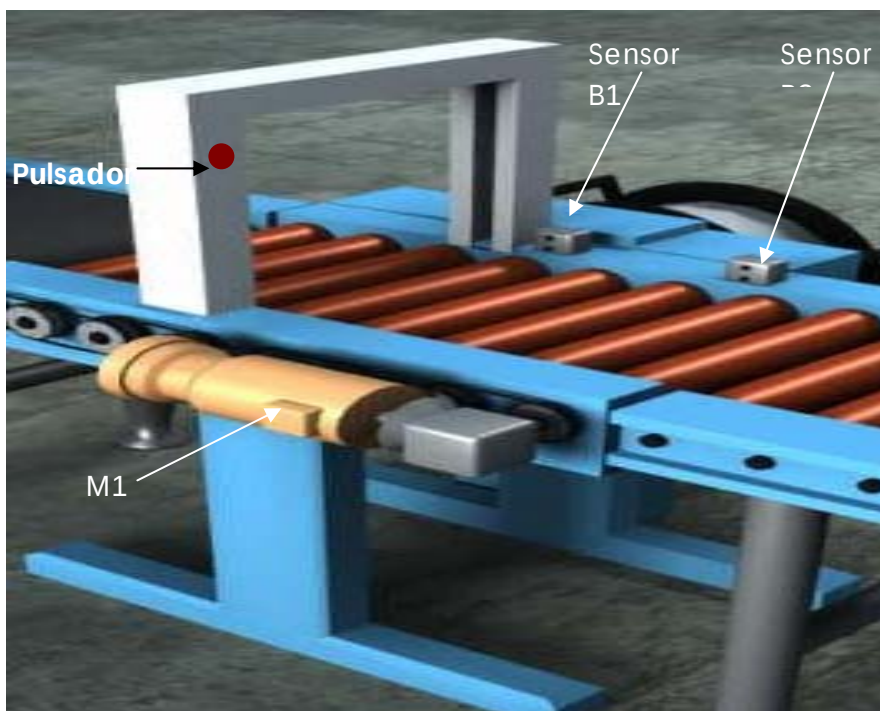


Figura N° 4.23 Ubicación de sensores. Fuente Propia.

4.4.1. Sistema automatizado

El sistema automatizado de la máquina, está compuesto por varios elementos, el elemento vital del conjunto es el PLC, debido a que ofrece muchas ventajas, entre ellas se tiene:

- ✓ El sistema tendrá menos componentes, por lo que se utiliza menos cableado dando una mayor confiabilidad.
- ✓ El número de conexiones se disminuye en gran medida, ya que el sistema solo dispondrá de sensores, interruptores, etc., encargados de monitorear las señales del PLC.
- ✓ Al utilizar un PLC para controlar el proceso de flejado se obtiene mayor flexibilidad al momento de algún cambio en dicho proceso.



- ✓ El mantenimiento del sistema se reduce y se vuelve menos complicado en comparación con un sistema sin PLC.
- ✓ Se reduce el tiempo de ocio de la máquina, ya que garantiza un periodo de trabajo continuo.

Al analizar las ventajas mencionadas que ofrece la selección de un PLC para el sistema automatizado, se infiere que el uso de dicho elemento traerá consigo, disminución de costos, confiabilidad, disminución del tiempo de ocio, flexibilidad, etc.

4.4.2. Selección de equipos

➤ Sensores

En el presente sistema automatizado se van a utilizar sensores de barrera los cuales son capaces de detectar la presencia de los bultos de cajas de cartón, la selección de los distintos sensores se realiza gracias al catálogo de Festo, a continuación se presentan los sensores elegidos:

El sensor de barrera de luz seleccionado es SOEG (ver apéndice XXIV) cumpliendo así las siguientes propiedades:

- ✓ Construcción Redonda.
- ✓ Alcance 20000mm.
- ✓ Tensión de funcionamiento de 10 a 30V.
- ✓ Lógica positiva.

➤ Pulsador con enclavamiento.



En este caso para la selección del pulsador S1, se toma en cuenta como criterio encontrar un pulsador con un contacto normalmente abierto, que se pueda colocar fácilmente en un panel de control accesible al operario y que no tenga mucho tamaño, además se toma en cuenta que este pulsador funcione con un voltaje de alimentación de 24 VDC. De los catálogos del fabricante de interruptores y pulsadores APEM, se seleccionó un pulsador cuyas características se observan en la tabla N° 4.10.

Tabla N° 4.10: Hoja de datos del pulsador seleccionado. Fuente: Fabricante de interruptores y pulsadores APEM

CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Tipo	MP1-FLV-HLR-T1-LB-C10E
Tensión de funcionamiento máxima	24VDC
Número de polos	1

➤ **Programador lógico programable PLC.**

El sistema de control de la flejadora se implementó con un P.L.C. Para hacer una selección aproximada en base a los datos con que se cuentan del mismo que son su número de entradas y salidas (3E/5S), se buscó un P.L.C. en los catálogos del fabricante © 2008 Festo C.A. (ver apéndice XXV); ya que estos son unos de los P.L.C. más comerciales. En la Tabla N° 4.10 se muestran algunas de sus características.



Tabla N° 4.11. Hoja de datos del PLC seleccionado. Fuente: Fabricante FESTO.

CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Tipo	CECX-D-8E8A
Número de entradas	8
Número de salidas	8
Alimentación	24VDC

4.4.3. Lista de direcciones

En la siguiente tabla se indica la funcionalidad y la dirección de cada elemento que compone el sistema automatizado.

Tabla N° 4.12. Lista de direcciones del autómatas programable. Fuente Propia.

Símbolo	Elemento	Dirección	Función
S1	Pulsador	I0	Da la orden para que se active el sistema de motor con caja reductora.
B1	Sensor	I1	Detecta la presencia de un bulto de cajas y activa el temporizador del PLC el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado.



Tabla N° 4.12. Lista de direcciones del autómata programable. Fuente Propia.

Símbolo	Elemento	Dirección	Función
B2	Sensor	I2	Detecta la presencia de un bulto de cajas y activa el temporizador del PLC el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado.
K1	Contactor	Q1	Envía una señal para que arranque el sistema de motor con caja reductora.
K2	Contactor	Q2	Envía una señal indicando que la caja fue detectada.
K3	Contactor	Q3	Envía una señal indicando que la caja fue detectada
K4	Contactor	Q4	Envía una señal para que se active el freno de zapata que dispone motor.
K5	Contactor	Q5	Envía la señal para que se active el sistema de flejado de la máquina.

4.4.4. Diagrama de conexiones del PLC

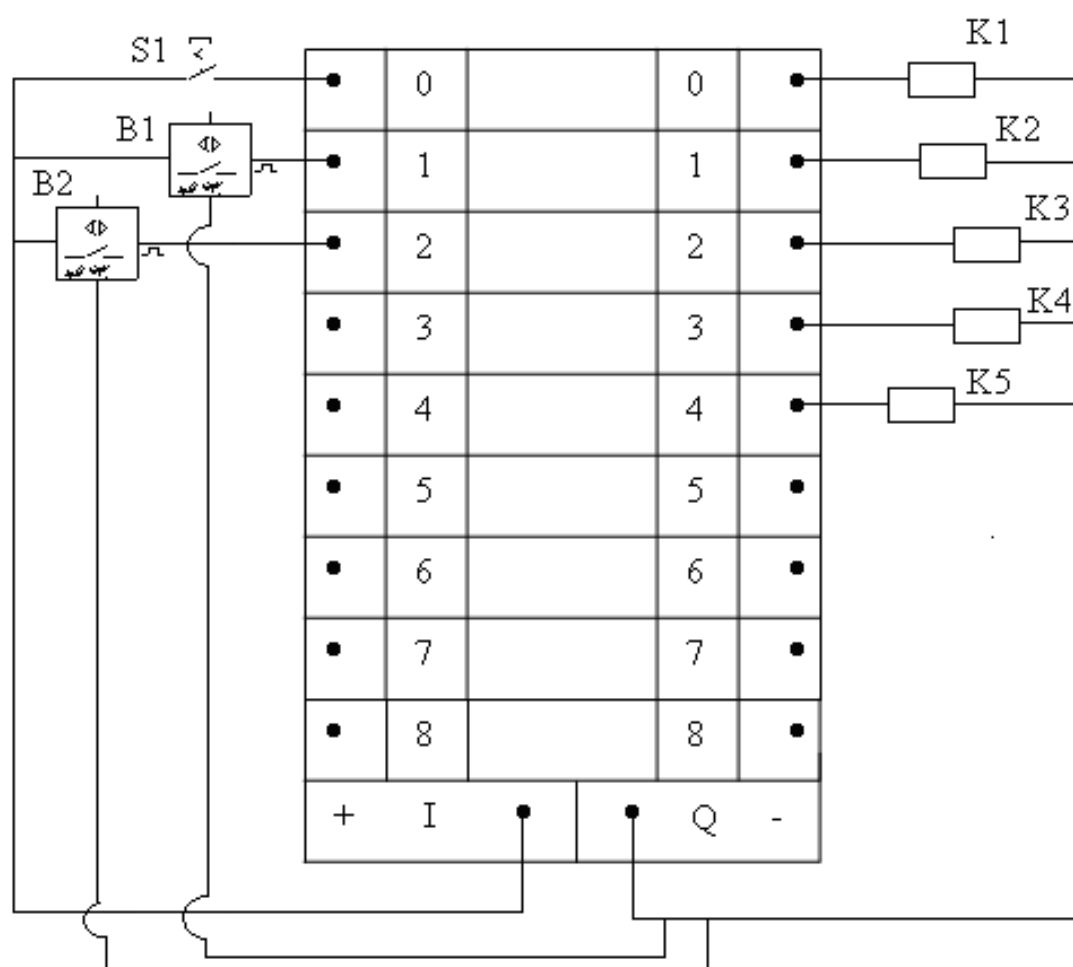


Fig. 4.24. Diagrama de conexiones del PLC. Fuente Propia.

4.4.5 Diagrama escalera del PLC

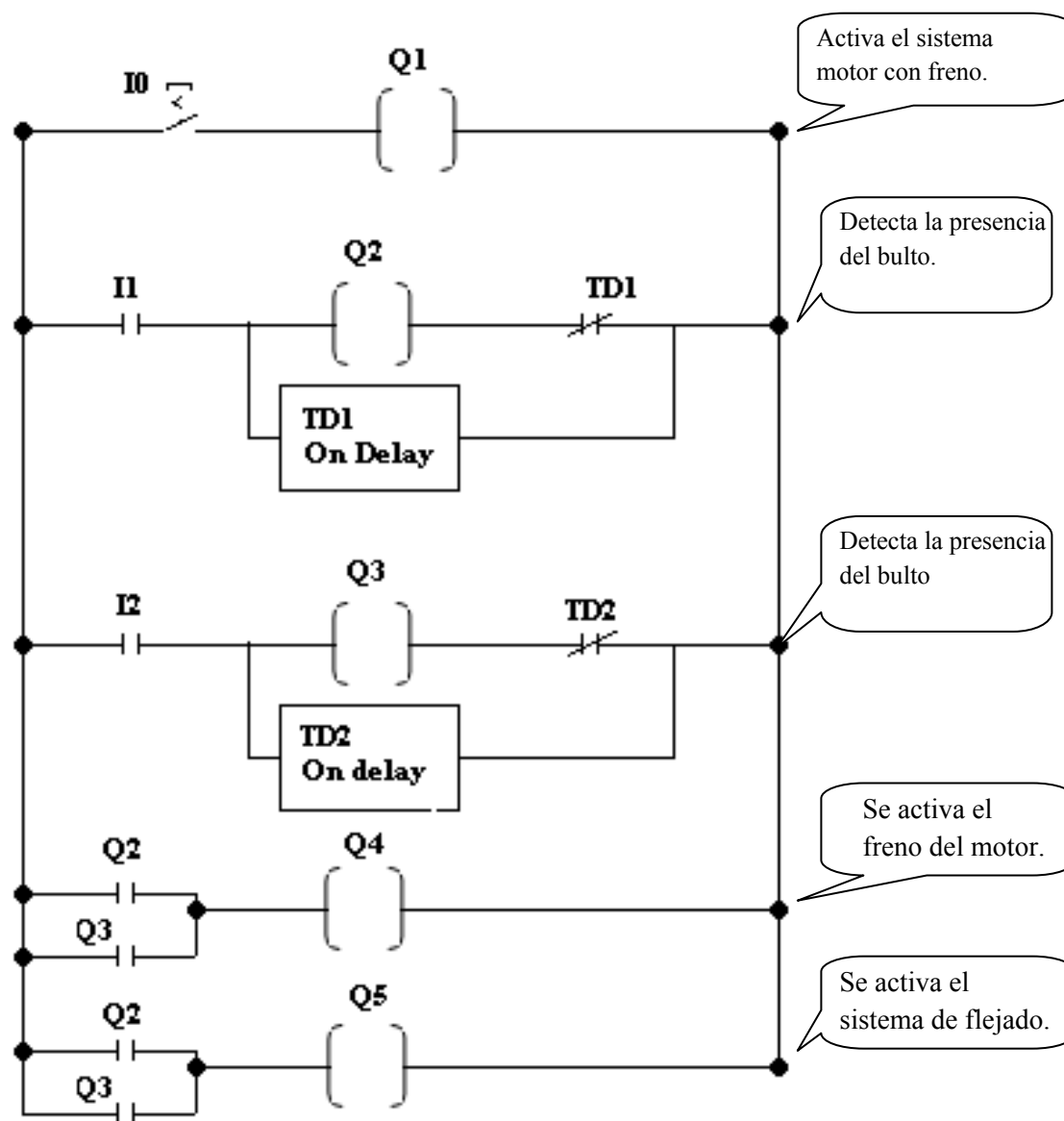


Fig. 4.25. Diagrama escalera del PLC. Fuente Propia.



4.5. Estudio económico

El presente estudio económico es uno de los puntos de interés por parte de la empresa, por lo que requieren de un proyecto de gran factibilidad económica.

El estudio económico se realizará manejando el costo de adquisición de los equipos nuevos y el flujo monetario anual de un operador, para poder determinar o estimar el punto de la cancelación de la inversión inicial del proyecto.

A continuación se presentan los detalles de los aspectos antes descritos:

- ✓ El costo de adquisición, se hizo por medio de la búsqueda de cotizaciones de los equipos y productos a utilizar en el proyecto.(ver anexo)
- ✓ La inversión inicial requerida(II), va a ser el costo total del proyecto por lo que se realizó la suma de todas las cotizaciones antes descritas.(ver tabla N° 4.14)
- ✓ El flujo monetario (F_t), es el sueldo actual de un operador, costos por fabricación y mantenimiento.
- ✓ El punto de cancelación, es el tiempo de pago requerido para que los flujos monetarios recuperen la inversión inicial a una tasa de rendimiento igual a cero, por lo que la empresa fijó un periodo de pago de 2 años. Como en la máquina flexográfica se realizan diferentes tipos de cajas, se tomo como referencia para el estudio económico la caja N° AR-0345.



Inversión inicial (II): para el cálculo de la inversión, se tomo en cuenta cada uno de los factores que representa una carga económica en el momento de la implementación del sistema diseñado, tales como elementos para la estructura, sistema de control, mano de obra e imprevistos (ver anexo)

Tabla N° 4.13. Inversión Inicial. Fuente Propia.

N°	Descripción	Unidad	Precio Unitario (BsF/U)	Precio total (BsF)
1	Motorreductor con freno 0,75 HP. Marca Siemens	1	2.860,00	2.860,00
2	Motor de 1,5 Hp marca Siemens	1	1.190,00	1.190,00
3	Piñón RC-40 sencillo de 17 T	1	22,90	22,90
4	Piñón RC-40 sencillo de 23 T	1	36,70	36,70
5	Piñón RC-40 sencillo de 21 T	22	32,11	706,42
6	Cadena RC-40 sencilla	12	47,17	566,04
7	Lamina de acero 10x320x1200 mm	1	301,40	301,40
8	Lamina de acero 10x50x6000mm	1	125,36	125,36
9	Electrodos E-7018 1/8" 5/32 AM B-10	5	12,30	61,50
10	PLC. FATEK	1	900,00	900,00
11	Sensor de barrera de luz SOEG marca Festo	2	160,00	320,00



Tabla N° 4.13. Inversión Inicial. Fuente Propia.

N°	Descripción	Unidad	Precio Unitario (BsF/U)	Precio total (BsF)
12	Pulsador de accionamiento eléctrico	1	28,00	28,00
13	Fuente de 24 V DC	1	240,00	240,00
14	Banda transportadora	1	1.350,00	1.350,00
15	Transportador de rodillos por gravedad	1	3.256,88	3.256,88
16	Manipulador de cargas. Balanceador electrónico modelo LIFTRONIC EASY	1	22.935,78	22.935,78
17	Imprevistos (aprox. 10% costo de equipos.)	1	3490,098	3490,098
Sub Total				38.391,078
IVA 12%				4.606,93
Total				42.998,008

Flujos monetarios: el estudio se realizará en base al incremento de las ganancias generadas debido al aumento de la producción y a la reducción de mano de obra en la maquina flexográfica al implantar el sistema para el manejo de producto terminado.



Los Ingresos Brutos (IB) debido al incremento de la producción serán el resultado de la ganancia obtenida por el número de cajas producidas en un período de un año. El número de cajas producidas en un año será igual a:

- Incremento de producción de la línea:

Antes de implementar el sistema.

-Tiempo de producción: 3 turnos de 8 horas cada uno.

- Tiempo efectivo de producción (restando 80 minutos de almuerzo (se toma en cuenta una merma en la producción por cada operador), 45 min de ajuste de la línea (se realizan aproximadamente 3 ajustes por turno). Luego el tiempo efectivo = 355 min/turno

- Tiempo de trabajo por año:

$$355 \frac{\text{min}}{\text{turno}} \times 3 \frac{\text{turnos}}{\text{dia}} \times 5 \frac{\text{dias}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} \times 11 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 234.300 \frac{\text{min}}{\text{año}}$$

- Producción de cajas de cartón por año:

$$18000 \frac{\text{cajas}}{\text{hora}} \times \frac{1h}{355\text{min}} \times \frac{234300}{\text{año}} = 11.880.000 \frac{\text{cajas}}{\text{año}}$$

- Ingresos por año:

$$11.880.000 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} \times 0,4 \frac{\text{BsF}}{\text{caja}} = 4.752.000 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$



Los Costos asociados a la fabricación de la caja N° AR-0345:

- Carga fabril:

$$0,25 \frac{\text{BsF}}{\text{ca/a}} \times 11.880.000 \frac{\text{ca/a}}{\text{año}} = 2.970.000 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

- Salario anual de los operadores:

$$15.840 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} \times 4 \text{ operadoras} = 63.360 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

- Mantenimiento mecánico: 900 BsF/año

$$\text{Costos total} = 2.970.000 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} + 63.360 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} + 900 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} = 3.034.260 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

Después de implementar el sistema:

Tiempo de producción: 3 turnos de 8 horas cada uno.

- Tiempo efectivo de producción (restando 40 minutos de almuerzo (se toma en cuenta una merma en la producción por cada operador), 30 min de ajuste de la línea (se realizan aproximadamente 3 ajustes por turno). Luego el tiempo efectivo = 410 min/turno

- Tiempo de trabajo por año:

$$410 \frac{\text{min}}{\text{turno}} \times 3 \frac{\text{turnos}}{\text{día}} \times 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} \times 11 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 270.600 \frac{\text{min}}{\text{año}}$$



- Producción de cajas de cartón por año:

$$20788,73 \frac{\text{cajas}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ h}}{410 \text{ min}} \times \frac{270.600}{\text{año}} = 13.720.562 \frac{\text{cajas}}{\text{año}}$$

- Ingresos por año:

$$13.720.562 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} \times 0,4 \frac{\text{BsF}}{\text{caja}} = 5.488.224,80 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

Los Costos asociados a la fabricación de la caja N° AR-0345:

- Carga fabril:

$$0,25 \frac{\text{BsF}}{\text{caja}} \times 13.720.562 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} = 3.430.140,50 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

- Salario anual de los operadores:

$$15.840 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} \times 2 \text{ operadoras} = 31.680 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

- Mantenimiento mecánico: 900 BsF/año

$$\text{Costos total} = 3.430.140,5 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} + 31.680 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} + 900 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} = 3.462.720,50 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

Realizando las comparaciones antes y después del sistema tenemos:



Antes de implementar el sistema

$$\text{Ganancia neta: } 4.752.000 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} - 3.034.260 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} = 1.717.740 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

Después de implementar el sistema

$$\text{Ganancia neta: } 5.488.224,80 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} - 3.462.720,50 \frac{\text{BsF}}{\text{año}} = 2.025.504,30 \frac{\text{BsF}}{\text{año}}$$

Tiempo de Pago: mediante este modelo de evaluación se mide el tiempo, en años, requerido para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero.

Tabla N° 4.14 Tiempo de pago. Fuente Propia.

Año	Flujo neto (BsF)	-II+ $\sum F_t$ (BsF)
0	42.998,008	-42.998,008
I	2.025.504,00	1.982.505,992

De la tabla anterior se deduce que el tiempo de pago del sistema diseñado es menor a un año, ya que el flujo neto para el primer año es positivo, por lo tanto el proyecto es rentable.



CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto se logra solventar una situación problemática que la empresa Servicios de Corrugados Maracay, C.A. ha planteado. Esto contempló las siguientes mejoras:

- Para el proceso de manejo de materiales se diseñó un sistema basado en una banda transportadora y en camas de rodillos motorizados y no motorizados, capaces de trasladar el producto de manera eficiente y segura desde la salida de la maquina flexográfica hasta el final de la línea.
- Para el proceso de flejado se motorizaron los rodillos presentes en la plataforma de la máquina flejadora para así permitir el traslado del bulto a través ella, todo este proceso además del fleje del bulto es controlado por medio de un Controlador Lógico Programable (PLC).
- El empleo de un sistema para realizar el paletizado, garantiza seguridad en el ambiente de trabajo y además disminuye el tiempo empleado para este proceso.
- En el proceso de paletizado se implementó un sistema que fue seleccionado considerando las ventajas que ofrecía; un sistema que permitirá al operador manipular las cajas sin ningún esfuerzo.
- Mediante un estudio económico, se determinó que el proyecto del sistema automatizado para el manejo de producto terminado de una empresa fabricante de cajas de cartón corrugado es económicamente factible, además, el tiempo para recuperar la inversión inicial de **BsF 42.998,00** es menor a los dos (2) años que se establecieron como meta por parte de la empresa.



RECOMENDACIONES

Como cualquier otro equipo electrónico el controlador lógico programable (PLC) necesita de un mantenimiento preventivo, es decir, debe estar protegido contra la humedad y contra cualquier vibración cercana.

Debe realizarse mantenimiento preventivo cada mes a todos los motores eléctricos de los transportadores a implementar.

Con respecto a la lubricación, deben incluirse todos los sistemas nuevos a la ruta de lubricación de la empresa. Para realizar la misma a las cajas reductoras, a las cadenas y a los rodamientos.

El cambio de proceso manual a automático, es recomendable que sea realizado en una parada de planta, debido a que deben efectuarse pruebas al sistema automático antes del arranque de la producción.

Estudiar la posibilidad de implementar equipos para el manejo y/o paletizado de cajas de cartón en las demás líneas de producción, basándose en el diseño mostrado en este trabajo y de esta manera aumentar la operatividad general de la planta y mejorar las condiciones de medio ambiente de trabajo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Gómez, Ezequiel y Rachadell Félix. (2002). Manejo de Materiales (1^{ra} edición). Valencia, Venezuela. Editorial Universidad de Carabobo.
- ✓ Hernández Sampieri, Roberto. (1998). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill Editores. México.
- ✓ IMMER, Jhon R. (1971). Manejo de Materiales (2^{da} edición). Barcelona, España. Editorial Hispanoeuropea, S.A.
- ✓ Shigley, Joseph E. Mischke, Charles R. (1999). Diseño en Ingeniería Mecánica (5ta edición). Editorial Mc Graw Hill. México.
- ✓ Singer, Ferdinand L. Pytel, Andrew. (1987). Resistencia de Materiales (4ta edición). Editorial Harla. México.
- ✓ Vilchez, Nelson. (1996). Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico. Valencia, Venezuela. Editorial Universidad de Carabobo.

Páginas Web consultadas:

- ✓ Equipos el Prado S.A.
Disponible en: <http://www.elprado.co.cr>
- ✓ Fabricación del Cartón corrugado-Cajas de Cartón
Disponible en: <http://www.cajasdecartonmexico.com>



-
- ✓ HIERROS TORRENT
Disponible en: <http://www.hifeinsa.es>

 - ✓ FESTO DE VENEZUELA
Disponible en: <http://www.festo.com>

 - ✓ Baldor *Electric Company*
Disponible en: <http://www.baldor.com>

 - ✓ Scaglia_Indeva_SpA
Disponible en: <http://www.indevagroup.co.uk>



APENDICE



3.4		MÁXIMA VELOCIDAD RECOMENDADA PARA BANDAS TRANSPORTADORAS													
MATERIAL			Velocidad Máxima (pies/min)												
			Ancho de la banda en pulgadas												
CARACTERÍSTICAS		EJEMPLOS	14	16	18	20	24	30	36	42	48	54	60	72	
Tamaños muy grandes clasificado o no	Medianamente abrasivo	Carbón, tierra	300	300	400	400	450	500	550	600	600	650	650	650	
	Muy abrasivo no cortante	Grava de Banco	300	300	400	400	450	500	550	550	600	600	600	600	
	Muy abrasivo cortante	Piedra de mina	250	250	300	350	400	450	500	500	550	550	550	550	
Tamaño mediano clasificados o no	Medianamente abrasivo	Carbón, tierra	300	300	400	400	500	600	650	700	700	700	700	700	
	Muy abrasivo	Escorias, coque piedra	300	300	400	400	500	600	650	650	650	650	650	650	
Hojuelas		Virutas de madera corteza, pulpa	400	450	450	500	600	700	800	800	800	800	800	800	
Granular 1/8" a 1/2"		Granos, arena	400	450	450	500	600	700	800	800	800	800	800	800	
Finos	liviano, fofo seco, pulverulento	Carbón pulverizado	 220 - 250*												
	pesado	Cemento	 250 - 300												
Frágil		Coke, carbón	 200 - 250												
		Virutas de jabón	 150 - 200												

* El valor inferior del rango se debe tomar como límite de velocidad para bandas de anchos iguales o inferiores a 30". El valor superior para anchos superiores a 30".

Apéndice I. Máxima velocidad recomendada para bandas transportadoras
Fuente: Libro de Manejo de Materiales (Gómez, Ezequiel y Rachadell Félix. (2002))



3.7		DIAMETROS DE RODILLOS RECOMENDADOS (PULG)									
ANCHO (pulg)		Velocidad									
		Menor de 400 pies/min					Mayor de 400 pies/min				
14	2.5										
16	2.5 3.0										
18	2.5 3.0										
20	2.5 3.0 3.5										
24	3.0 3.5										
30	3.0 3.5 4.0						4.0				
36	3.5 4.0 5.0						4.0	5.0			
42	3.5 4.0 5.0						4.0	5.0			
48	3.5 4.0 5.0						4.0	5.0	6.0		
54	5.0							5.0	6.0		
60	5.0 6.0							5.0	6.0		
72	5.0 6.0							5.0	6.0		

Apéndice II. Diámetro de rodillos recomendados. Fuente



3.8	SEPARACION MAXIMA ENTRE RODILLOS (PIES)						
ANCHO (pulg)	Estaciones portantes						Estaciones de Retorno
	Peso promedio del material (lbs/pie ³)						
	25	50	75	100	125	150	
14	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	10
16							
18							
20							
24	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5	
30							
36							
42							
48	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	
54							
60							
72							

Apéndice III. Separación máxima entre rodillos.



3.9	FACTORES DE POTENCIA	
	ANCHO (Pulg)	FACTOR (K)
	14	0.125
	16	0.142
	18	0.174
	20	0.185
	24	0.229
	30	0.308
	36	0.400
	42	0.465
	48	0.545
	54	0.628
	60	0.700
	72	0.850

Apéndice IV: Factor de potencia



Potencia al eje (HP)	Factor de Seguridad (F)
1 ó menos	2.00
entre 1 y 2	1.50
entre 2 y 4	1.25
entre 4 y 5	1.10
mayor de 5	1.00

Tipo de Transmisión	Eficiencia (η)
Cada par de engranajes cortados a máquina:	0,90
Cada par de engranajes fundidos:	0,85
Cada par de ruedas dentadas y cadenas:	0,90
*Cada par de poleas y correas "V": *	0,93
Cada reductor simple "S":	0,95
Cada reductor doble "D":	0,93
Cada reductor triple "T":	0,91

Apéndice V: Factor de de seguridad y eficiencia



[SUPPORT](#) | [NEWS/EVENTS](#) | [ABOUT BALDOR](#) | [INVESTOR RELATIONS](#)

[AC Motors](#) | [Inverter Duty](#) |

Product Overview: IDCSDWM3554



[* Click for Larger Image](#)

Catalog Number: IDCSDWM3554

Description: 1.5HP,1750RPM,3PH,60HZ,56C,3528M,TEFC,F1

Ship Weight: 45 lbs.

List Price: \$1,642

Multiplier Symbol: E2

[View Specifications](#) | [View Operation Manual](#)

FEATURES

- Includes all the advantages of our standard "Paint Free" washdown duty motors
- Specifically designed and built for use on variable frequency drives
- Meets NEMA MG 1, Part 31

APPLICATIONS

Conveyors, Pumps and other equipment in food processing and other severe environments where motors are "washed" on a regular basis. For adjustable speed applications not requiring full torque at zero speed.

* The image shown is representative only. Actual product may differ in appearance from image shown.

Apéndice VI. Propiedades mecánicas del motor con freno seleccionado para Banda transportadora. Fuente: www.baldor.com



3.10	FACTOR DE AJUSTE DE TENSION (R)			
Arco de contacto (grados)	Tensor de tornillo <i>b < 23°</i>		Tensor de contrapeso <i>b > 50°</i>	
	Polea desnuda	Polea revestida	Polea desnuda	Polea revestida
150	1.20	1.00	0.84	0.67
180	0.97	0.80	0.64	0.50
190	0.91	0.75	0.59	0.46
200	0.85	0.71	0.54	0.42
210*	0.80	0.66	0.50	0.38
220	0.75	0.62	0.46	0.35
230	0.72	0.59	0.43	0.33
240	0.68	0.56	0.40	0.30
270	0.58	0.49	0.32	0.24
* Arco de contacto más común con impulsión sencilla				

Apéndice VII: Factor de ajuste de tensión (R).
Fuente “MANEJO DE MATERIALES” , Ezquiel V. Rachadel



3.11	TENSION ADMITIDA EN CORREAS DE LONA			
Peso de fábrica, $\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} =$	28 oz	32 oz	36 oz	42 oz
Tensión (Lbs/pulg de ancho)	25	30	32	40

Apéndice VIII: Tensión admitida en correas de lonas.
Fuente “MANEJO DE MATERIALES”, Ezquiel V. Rachadel



3.12	NUMERO DE LONAS RECOMENDADO EN BANDAS TRANSPORTADORAS																
	LONAS MINIMAS PARA SOPORTAR LA CARGA												MAXIMO NUMERO				
	Materiales fluidos y livianos (hasta 50 lbs/pie³). Granos, Carbón, Turba, Astillas, etc			De 50 a 75 lbs/pie³. Borax, Arcilla seca, Cal, Azufre, Azúcar, Alúmina.			De 75 a 100 lbs/pie³. Escoria, Bauxita, Pizarra, Cemento, Caliza, Arena, etc.			Más de 100 lbs/pie³. Minerales, Rocas, Arena húmeda, Talco, etc.			DE LONAS PARA EL CORRECTO ACANALADO				
	28 OZ	32 OZ		28 OZ	32 OZ	36 OZ	28 OZ	32 OZ	36 OZ	42 OZ	32 OZ	36 OZ	42 OZ	28 OZ	32 OZ	36 OZ	42 OZ
14	3	3		4	4		5	4						5	4		
16	3	3		4	4		5	4						5	4		
18	4	4		5	4	4	6	5			5			6	5	4	
20	4	4		5	4	4	6	5			5			6	5	5	
24	4	4		5	4	4	6	6	5	5	6	6		6	6	5	5
30	4	4		5	5	5	6	6	5	5	7	6	6	8	7	6	6
36	4	4		5	5	5	7	6	6	5	8	7	6	9	8	7	7
42	4	4		6	5	5	7	7	6	6	8	7	6	10	9	8	8
48	4	4		6	5	5	8	7	7	6	9	8	7	12	11	10	10
54				7	6	6	9	8	7	6	10	9	8	13	12	11	11
60				7	6	6	9	8	7	6	10	9	8	14	13	12	12

Apéndice IX: Número de lonas recomendado en bandas transportadoras
Fuente “MANEJO DE MATERIALES”, Ezquiel V. Rachadel



3.13	ESPESORES RECOMENDADOS PARA CUBIERTAS DE GOMA - CARA DE CARGA (PULG)			
Materiales no abrasivos o moderadamente abrasivos		Materiales abrasivos		Materiales abrasivos cortantes
Granos Astillas de madera Cal Fertilizantes		Roca fosfática Piedra caliza Carbón Arena		Granito Cuarzo Taconita Cobre
Todos los tamaños		Hasta 3"	Más de 3"	Hasta 3" Más de 3"
1/32"; 1/16"; 1/8"		1/8"; 3/16"	3/16"; 1/4"	3/16"; 1/4" 1/4"; 3/8"; 1/2"

Apéndice X: Espesores recomendados para cubiertas de goma-cara de carga (pulg).
Fuente "MANEJO DE MATERIALES" , Ezquiél V. Rachadel



3.14	ESPESORES DE CUBIERTA INFERIOR QUE SE CORRESPONDEN CON LOS ESPESORES DE LA CUBIERTA SUPERIOR (PULG)	
Espesor de la cubierta Superior		Espesor de la cubierta Inferior
1/32		1/32
1/16		1/32
1/8		1/32; 1/16
3/16		1/16
1/4		1/16
3/8		3/32
1/2		1/8

Apéndice XI: Espesores de cubierta inferior que corresponden con los espesores de la cubiertas superior (pulg)

Fuente "MANEJO DE MATERIALES", Ezquiel V. Rachadel



Tabla 3 - Factor de servicio

APLICACIONES	MOTORES ELÉCTRICOS										Motores a explosión		Con ligación directa o con eje intermedio	
	Corriente alterada								Corriente continua		Gas-Diesel			
	Jaula de ardilla			Rotor enroscado	Síncronos	Mono-fásico		Excitación en derivación	Excitación en compound	4 o más cilindros con más de 700 rotaciones		4 o más cilindros con menos de 700 rotaciones		
	Arranque normal	Arranque estrella o triángulo	De alta potencia de arranque (jaula cople)			La repulsión con fase auxiliar de arranque	La inducción con arranque a condensador							
AGITADORES														
Para líquidos	1,0	1,0	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Para semilíquidos	1,2	1,0	1,4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BOMBAS														
Centrífugas, de engranajes, rotativas	1,2	1,2	1,4	1,4	—	1,2	1,2	1,2	—	—	1,2	—	—	—
De pistón: de 3 o más cilindros	1,2	1,2	—	1,4	1,6	—	—	—	—	—	1,8	—	1,8	—
De pistón: de 1 ó 2 cilindros	1,4	1,4	—	1,6	1,8	—	—	—	—	—	2,0	—	2,0	—
De pistón: para dragar	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	—	—	—	2,0	—	2,0	—
COMPRESORES														
Centrífugos y rotativos	1,2	1,2	—	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	—	—	1,2	—	—	—
Alternativos con 3 o más cilindros	1,2	1,2	—	1,4	1,4	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
Alternativos con 1 ó 2 cilindros	1,4	1,4	—	1,5	1,5	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
EJES DE TRANSMISIÓN	1,4	1,4	—	1,4	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	—	1,6	1,6
ASPIRADORES Y VENTILADORES														
Centrífugos y succión indirecta	1,2	1,2	—	1,4	—	—	—	1,4	—	—	1,2	—	1,5	1,5
Helicoidales	1,4	1,4	2,0*	1,6	2,0	—	—	1,4	—	—	1,4	—	—	—
Sopladores	1,6	1,6	—	2,0	2,0	—	—	—	—	—	1,6	—	—	—
GRUPOS GENERADORES	1,4	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—	—	1,6	1,6
MÁQUINAS PARA INDUSTRIA DE CAUCHO														
Calandra, "Bambury", mezcladores	1,4	1,4	1,4	1,4	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MÁQUINAS PARA INDUSTRIA DE CERÁMICA Y DE ACEITE														
Cortadoras, granuladoras	—	1,2	1,4	1,4	—	—	—	1,4	—	—	—	—	—	2,0*
Amasadoras, picadoras	1,5	1,3	1,8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mezcladoras, prensas	—	1,2	1,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MÁQUINA PARA INDUSTRIA GRÁFICA														
Rotat., offset, dobladoras, cortadoras, Prensa plana, linotipo	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	—	—	—	—	—	—
MÁQUINA PARA INDUSTRIA DE PAPEL														
Máquinas Jordan - holandesas	1,5	1,3	1,8	1,5	1,8	—	—	1,5	1,5	—	—	—	—	1,8
Trituradoras	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	1,5	1,5	—	—	—	—	1,8
Calandras, secadores, enrolladoras	1,2	1,2	—	1,2	—*	—	—	1,2	1,2	—	—	—	—	1,8

Apéndice XII. Factores de servicio para selección de Motores.
Fuente: Catalogo MORSE.



[AC Motors](#) | [Brake Motors](#) |

Product Overview: VEBNM3542



* Click for Larger Image

Catalog Number: VEBNM3542
Description: .75HP,1750RPM,3PH,60HZ,56C,3517M,TENV,F1
Ship Weight: 42 lbs.
List Price: \$1173
Multiplier Symbol: K

[View Specifications](#) | [View Operation Manual](#)

FEATURES

- Standard NEMA BA dimension
- Spring set brake
- Power off operation manual release
- NEMA Premium® Efficiency and inverter-ready
- 230/460V brakes are connected in conduit box

APPLICATIONS

Machine tools, conveyors, door operators, speed reducers, any application requiring quick stops and positive hold.

Apéndice XIII. Propiedades mecánicas del motor con freno seleccionado.
Fuente: www.baldor.com



Product Overview: GF1013AH



* Click for Larger Image

Catalog Number: GF1013AH
Description: F-913-10-B5-H
Ship Weight: 20 lbs.
List Price: \$424
Multiplier Symbol: GB

[View Specifications](#) | [View Operation Manual](#)

FEATURES

- Heavy duty cast iron housings
- Chill cast bronze gears
- Precision ground hardened worm
- Ball bearing on input shaft
- Tapered roller bearing on output shaft
- Industry-standard mounting dimensions
- Pre-filled with food grade (H1) Klubersynth UH1-6-460 synthetic oil
- Sealed housing provides maintenance-free

APPLICATIONS

Wide variety of applications requiring slow speed and high torque, ideal for conveyor material handling, textile machines, packaging machinery, etc.

Apéndice XIV. Propiedades mecánicas de la caja reductora seleccionada.

Fuente: www.baldor.com

A service factor is applied to the horsepower ratings for other than normal duty drives taking into consideration source of power, nature of the load and load inertia strain or shock. Average hours per day of continuous service should also be considered. Normal duty drives are those with relatively little shock or load variation. When in doubt about the correct service factor consult Morse Chain Co.

service factors

Type of Load	Int. Comb. Eng. Hydraulic Drive	Elect. Motor or Turbine	Int. Comb. Eng. Mechanical Drive
Smooth	1.0	1.0	1.2
Moderate Shock	1.2	1.3	1.4
Heavy Shock	1.4	1.5	1.7

These operating characteristics may be divided into three classifications listed below:

Smooth: Running load is fairly uniform. Starting and peak loads may be somewhat greater than running load, but occur infrequently.

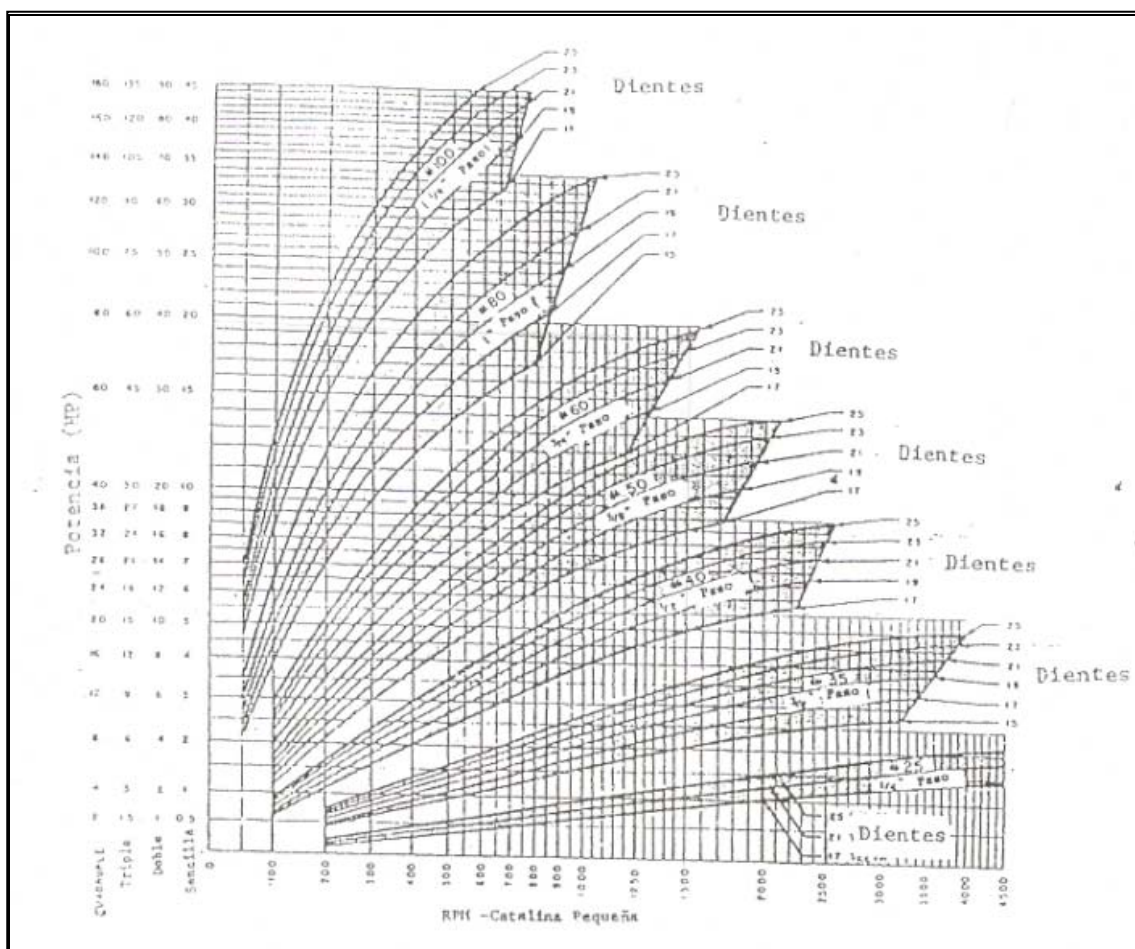
Moderate Shock: Running load is variable. Starting and peak loads are considerably greater than running load and occur frequently.

Heavy Shock: Starting loads are extremely heavy. Peak loads and overloads occur continuously and are of maximum fluctuation.

The following list generally classifies the usual driven mechanisms into their various duty ratings. These ratings are given as a guide to assist in the final determination of the actual operating characteristics.

Agitators, Paddles or Propeller	Smooth	Flour, Feed or Cereal Mill Machinery:	
Bakery Machinery	Moderate Shock	Boilers, Purifiers, Reels,	
Brick and Clay Machinery	Heavy Shock	Separators, Sifters	Moderate Shock
Centrifuges	Heavy Shock	Roller Mills, Grinders	Heavy Shock
Compressors:		Generators and Exciters	Moderate Shock
Centrifugal and Rotary	Moderate Shock	Laundry Machinery	Moderate Shock
Conveyors:		Mills	Heavy Shock
Apron, Bucket, Elevator, Pan	Heavy Shock	Paper Machinery:	
Belt	Smooth	Agitators, Calenders, Dryers, Jordan	
Flight, Screw	Heavy Shock	Engines, Paper Machines	Moderate Shock
Cotton Oil Plants	Heavy Shock	Beaters, Chippers, Nash Pumps, Washers,	
Cranes	Moderate to Heavy Shock	Winder Drums, Yankee Dryers	Heavy Shock
Crushing Machinery	Heavy Shock	Printing Machinery	Moderate Shock
Fans and Blowers:		Pumps:	
Centrifugal, Exhausters	Moderate Shock	Centrifugal, Gear, Rotary	Moderate Shock
Induced Draft	Moderate Shock	Dredge, Duplex, Triplex	Heavy Shock
Mine Fans, Positive Blowers	Heavy Shock	Rubber Plant Machinery	Heavy Shock
Propeller	Heavy Shock	Textile Machinery	Smooth

Apéndice XV. Factores de servicio para selección de cadenas.
Fuente: Catalogo MORSE.



Apéndice XVI. Tabla de capacidad de potencia para selección de la cadena 1.
Fuente: Catalogo MORSE.



HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 40 — ½" PITCH																				
No. of Feet Small Sprocket	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																			
	50	200	400	600	900	1200	1800	2400	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	9000
	Type I Lubrication					Type II Lubrication					Type III Lubrication					Type IV Lubrication				
11	0.21	0.87	1.50	2.16	3.11	4.03	4.66	3.03	2.17	1.72	1.41	1.18	1.01	0.87	0.77	0.68	0.61	0.55	0.50	0
12	0.25	0.83	1.65	2.37	3.42	4.43	5.31	3.45	2.47	1.96	1.60	1.34	1.15	1.00	0.87	0.77	0.69	0.62	0.57	0
13	0.28	0.96	1.80	2.59	3.73	4.93	5.99	3.89	2.79	2.21	1.81	1.52	1.29	1.12	0.98	0.87	0.78	0.70	0.64	0
14	0.30	1.04	1.95	2.80	4.04	5.23	6.70	4.35	3.11	2.47	2.02	1.69	1.45	1.25	1.10	0.98	0.87	0.79	0.71	0
15	0.32	1.12	2.10	3.02	4.35	5.64	7.43	4.82	3.45	2.74	2.24	1.88	1.60	1.39	1.22	1.09	0.97	0.87	0	0
16	0.35	1.20	2.25	3.24	4.56	6.04	8.18	5.31	3.80	3.02	2.47	2.07	1.77	1.53	1.34	1.19	1.07	0.96	0	0
17	0.37	1.29	2.40	3.45	4.98	6.45	8.96	5.82	4.17	3.31	2.71	2.27	1.94	1.68	1.47	1.31	1.17	1.05	0	0
18	0.39	1.37	2.55	3.68	5.30	6.85	9.76	6.34	4.54	3.60	2.95	2.47	2.11	1.83	1.60	1.42	1.27	1.15	0	0
19	0.42	1.45	2.71	3.90	5.62	7.27	10.5	6.88	4.92	3.91	3.20	2.68	2.29	1.98	1.74	1.54	1.38	1.25	0	0
20	0.44	1.53	2.86	4.12	5.94	7.69	11.1	7.43	5.31	4.22	3.45	2.89	2.47	2.14	1.88	1.67	1.49	1.34	0	0
21	0.46	1.62	3.02	4.34	6.26	8.11	11.7	7.99	5.72	4.54	3.71	3.11	2.66	2.30	2.02	1.79	1.60	1.45	0	0
22	0.49	1.70	3.17	4.57	6.58	8.52	12.3	8.57	6.13	4.87	3.98	3.34	2.85	2.47	2.17	1.92	1.72	0	0	0
23	0.51	1.78	3.33	4.79	6.90	8.94	12.9	9.16	6.55	5.20	4.26	3.57	3.05	2.64	2.32	2.06	1.84	0	0	0
24	0.54	1.87	3.48	5.02	7.23	9.36	13.5	9.76	6.99	5.54	4.54	3.80	3.25	2.81	2.47	2.19	1.96	0	0	0
25	0.56	1.95	3.64	5.24	7.55	9.78	14.1	10.4	7.43	5.89	4.82	4.04	3.45	2.99	2.63	2.33	0	0	0	0
28	0.63	2.20	4.11	5.93	8.54	11.1	15.9	12.3	8.80	6.99	5.72	4.79	4.09	3.55	3.11	2.76	0	0	0	0
30	0.68	2.33	4.43	6.38	9.20	11.9	17.2	13.6	9.76	7.75	6.34	5.31	4.54	3.93	3.45	0	0	0	0	0
32	0.73	2.55	4.75	6.85	9.86	12.8	18.4	15.0	10.8	8.54	6.99	5.86	5.00	4.33	3.80	0	0	0	0	0
35	0.81	2.80	5.24	7.54	10.9	14.1	20.3	17.2	12.3	9.76	7.99	6.70	5.72	4.96	0	0	0	0	0	0
40	0.93	3.24	6.05	8.71	12.5	16.3	23.4	21.0	15.0	11.9	9.76	8.18	6.99	0	0	0	0	0	0	0
45	1.06	3.68	6.87	9.89	14.2	18.5	26.6	25.1	17.9	14.2	11.7	9.76	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1.18	4.12	7.70	11.1	16.0	20.7	29.8	28.4	21.0	16.7	13.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1.31	4.57	8.53	12.2	17.7	22.9	33.0	31.9	24.2	19.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	1.44	5.02	9.37	13.5	19.4	25.2	36.3	38.6	27.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

DEF 1. Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (300 fpm max. chain speed)
 DEF 2. Drop Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drop lubricator. (1300 fpm max.)
 DEF 3. Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (2300 fpm max.)
 DEF 4. Oil Stream. Oil supplied by circulating pump into chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

Apéndice XVII. Valor estándar de potencia para un ramal.
Fuente: Catalogo MORSE.



TABLA C-9 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono

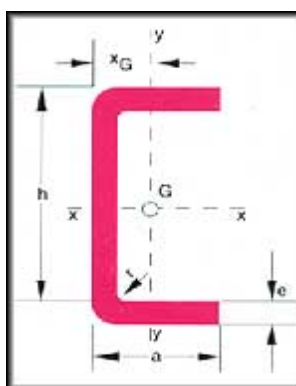
Datos de varias fuentes. * Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa

Número SAE/AISI	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in	Dureza Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	-HB
1010	laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1030	laminado en caliente	38	259	68	469	20	137
	normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	32	149
	laminado en caliente	64	441	76	524	12	149
	templado y revenido @ 1 000°F	75	517	97	669	28	255
	templado y revenido @ 800°F	84	579	106	731	23	302
	templado y revenido @ 400°F	94	648	123	848	17	495
1035	laminado en caliente	40	276	72	496	18	143
	laminado en frío	67	462	80	552	12	163
1040	laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	templado y revenido @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	templado y revenido @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	templado y revenido @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	laminado en frío	77	531	91	627	12	179
1050	laminado en caliente	50	345	90	621	15	179
	normalizado @ 1 650°F	62	427	108	745	20	217
	laminado en frío	84	579	100	689	10	197
	templado y revenido @ 1 200°F	78	538	104	717	28	235
	templado y revenido @ 800°F	115	793	158	1 089	13	444
	templado y revenido @ 400°F	117	807	163	1 124	9	514
1060	laminado en caliente	54	372	98	676	12	200
	normalizado @ 1 650°F	61	421	112	772	18	229
	templado y revenido @ 1 200°F	76	524	116	800	23	229
	templado y revenido @ 1 000°F	97	669	140	965	17	277
	templado y revenido @ 800°F	111	765	156	1 076	14	311
1095	laminado en caliente	66	455	120	827	10	248
	normalizado @ 1 650°F	72	496	147	1 014	9	13
	templado y revenido @ 1 200°F	80	552	130	896	21	269
	templado y revenido @ 800°F	112	772	176	1 213	12	363
	templado y revenido @ 600°F	118	814	183	1 262	10	375

* SAE Handbook, Society of Automotive Engineers, Warrendale Pa.; Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

Apéndice XVIII. Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono.
Fuente: Metals Handbook

Perfil C (Hierro Negro)



Código	Dimensiones			Sección	Peso	Valores estáticos relativos a los ejes XX-YY						
Lampro	h mm	a mm	e=r mm	F Cm2	g Kg/m	Jx cm4	Wx cm3	Ix cm	Xg cm	Jy cm4	Wy cm3	Iy cm
6018	40	20	2,5	1,70	1,40	4,00	2,00	1,50	0,70	0,60	0,40	0,60
6019			3,2	2,20	1,80	4,90	2,40	1,50	0,70	0,80	0,60	0,60
6020	50	25	2,5	2,20	1,80	8,20	3,30	1,90	0,80	1,30	0,80	0,70
6021			3,2	2,90	2,30	10,00	4,00	1,90	0,80	1,70	1,00	0,70
6022	60	30	2,0	2,27	1,78	12,56	4,19	2,35	0,74	2,00	0,92	0,94
6023			2,5	2,79	2,19	15,15	5,05	2,33	0,74	2,42	1,13	0,93
6024			3,2	3,50	2,75	18,43	6,14	2,29	0,74	2,97	1,41	0,92



6025	80	40	2,5	3,70	2,90	37,00	9,00	3,10	1,20	6,00	2,10	1,30
6032			3,2	4,80	3,80	45,90	11,40	3,10	1,10	7,40	2,60	1,30

Apéndice XIX. Propiedades del perfil C de hierro negro.

Fuente: www.hifeinsa.es

6125	100	50	2,5	4,59	3,60	70,32	14,06	3,91	1,21	9,22	2,43	1,42
6132			3,2	6,10	4,80	92,60	18,60	3,90	1,50	14,80	4,20	1,60
6224	120	50	2,5	5,09	3,99	107,92	17,98	4,61	1,10	9,75	2,50	1,38
6332			3,2	6,70	5,30	142,90	23,80	4,60	0,90	16,70	4,10	1,60
6232		70	3,2	7,40	5,80	164,30	27,40	4,80	1,90	26,50	6,40	1,90
6432	140	50	3,2	7,01	5,50	190,92	27,25	5,22	1,00	11,65	2,92	1,29
6532		70	3,2	8,70	6,80	253,50	36,20	5,50	2,00	42,20	8,40	2,20
6538	160	60	3,2	8,29	6,50	303,35	37,90	6,05	1,25	21,66	4,56	1,62
6539		80	3,2	9,57	7,51	382,03	47,80	6,32	1,94	52,18	8,62	2,34
6534	180	60	3,2	8,93	7,01	402,44	44,70	6,71	1,17	22,36	4,63	1,58
6535		80	3,2	10,21	8,01	502,45	55,80	7,02	1,83	54,09	8,77	2,30
6536	200	60	3,2	9,57	7,51	519,35	51,94	7,37	1,10	22,96	4,69	1,55
6537		80	3,2	10,85	8,51	643,29	64,33	7,70	1,73	55,78	8,90	2,27

Apéndice XIX. Propiedades del perfil C de hierro negro.

Fuente: www.hifeinsa.es

Perfil Estructural Tipo "C" Hierro Negro

Ventajas

- Producto funcional, fácil de instalar.
- Flexibilidad y versatilidad en el diseño.
- Menos mano de obra para instalación.
- Estructura de soporte más liviana.
- Compatibles con cualquier material o sistema constructivo.
- Secciones económicas con alta resistencia y bajo peso.

Comportamiento del Producto

Perfil	COMPRESIÓN [MPa]	FLEXIÓN [MPa]
RT0-18	244*	255*
RT0-17	246*	258*
RT0-16	248*	261
RT1-18	242*	255*
RT1-17	244*	257*
RT1-16	245*	261
RT1-13	254	277
RT1-11	261	291
RT3-16	242*	261*
RT3-13	249*	277
RT4-16	239*	261*
RT4-13	245*	277
RT4-11	250*	291

* NOTA: No debe usarse debido a que el factor de reducción es menor a uno. Usar $F_y = 227$ Mpa

Usos y Aplicaciones

- Vigas
- Cerchas.
- Columnas.
- Viguetas de Entrepiso
- Otros usos.

Propiedades:

- Límite de fluencia mínimo del Acero Virgen: $F_y = 227$ MPa
- Esfuerzo último mínimo del Acero Virgen: $F_u = 340$ MPa
- Módulo de Elasticidad: $E = 200$ GPa
- Módulo de Rigidez: $G = 77$ GPa

Apéndice XX. Propiedades del perfil C de hierro negro
Fuente: www.metalco.net

E-7018
E 7018-1 H8

UTP 613 Kb*
UTP 7018-1**

DIN 1913 E 51 55 B 10

Electrodo con bajo contenido de hidrógeno para soldar uniones de alta resistencia mecánica.

Campo de aplicación

UTP 613 Kb, UTP 613 Kb-A y UTP 7018-1 se recomiendan para trabajos de soldadura en aceros estructurales, de construcción, aceros para calderas y tuberías, aceros de grano fino, así como para aceros con un contenido de carbono hasta 0.30.

Se recomiendan principalmente para los siguientes materiales base:

	DIN
Aceros estructurales	St 34 - St 60
Aceros de grano fino	St-W-TT St E 26-36
Aceros para calderas	HI-HIV; 17 Mn4
Aceros para tubos	St 35-St 55; St 34.7 - St 53.7; St 35.8 - St 45.8
Aceros para la construcción naval	Calidad A-E
Aceros fundidos	GS 38 - GS 52

Características de la soldadura

UTP 613 Kb, UTP 613 Kb-A y UTP 7018-1 pueden soldarse bien en todas las posiciones. Tienen un arco estable. El depósito es a prueba de grietas, resistente al envejecimiento y no se ve afectado por las impurezas de los aceros. Puede utilizarse corriente alterna, siempre y cuando la tensión en vacío de la fuente de poder sea lo suficientemente alta. Rendimiento 120%.

Propiedades mecánicas del depósito

Electrodo	Resistencia a la tracción MPa	Límite de Elasticidad MPa	Alargamiento (1 = 5d) %	Tenacidad Charpy V Joule	Dureza Brinell
613 Kb *	510	470	25	80J - 26°C	170
7018-1 **	510	430	25	60J - 46°C	170

Instrucciones para soldar

Utilizar sólo electrodos secos; si éstos estuvieran húmedos, deberán secarse de 2-3 horas a temperaturas de 250-300°C.



Posición de soldaduras

Tipo de corriente:

CC PD(-)

Electrodos	Ø x L(mm)	2.4 x 350	3.2 x 350	4.0 x 450	5.0 x 450	6.0 x 450
Amperaje	A	80-100	110-150	140-200	200-260	210-350



Apéndice XXI. Propiedades mecánicas del electrodo E-7018.

JUNTA SOLDADA	DOBLADO EJE x - x	TORSION
	$S_w = \frac{d^2}{6} \text{ pulg}^2$	$J_w = \frac{d^3}{12} \text{ pulg}^3$
	$S_w = \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$S_w = bd$	$J_w = \frac{b^3 + 3bd^2}{6}$
	$S_w = \frac{4bd + d^2}{6} = \frac{d^2(4b + d)}{6(2b + d)}$ TOPE	$J_w = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
	$S_w = bd + \frac{d^2}{6}$	$J_w = \frac{(2b+d)^3}{12} - \frac{b^2(b+d)^2}{(2b+d)}$
	$S_w = \frac{2bd + d^2}{3} = \frac{d^2(2b + d)}{3(b + d)}$ TOPE	$J_w = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b + 2d)}$
	$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{(b + d)^3}{6}$
	$S_w = \frac{2bd + d^2}{3} = \frac{d^2(2b + d)}{3(b + d)}$ TOPE	$J_w = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b + 2d)}$
	$S_w = \frac{4bd + d^2}{3} = \frac{4bd^2 + d^3}{6b + 3d}$ TOPE	$J_w = \frac{d^3(4b + d)}{6(b + d)} + \frac{b^3}{6}$
	$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{b^3 + 3bd^2 + d^3}{6}$
	$S_w = 2bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{2b^3 + 6bd^2 + d^3}{6}$
	$S_w = \frac{\pi d^2}{4}$	$J_w = \frac{\pi d^3}{4}$
	$I_w = \frac{\pi d}{8} (D^2 + \frac{d^2}{8})$ $S_w = \frac{I_w}{c}$ $c = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{2}$	$b = \text{ancho}$ $d = \text{profundidad.}$

Apéndice XXII. Momento de resistencia lineal a la flexión y torsión de un cordón de soldadura.



Apéndice XXIII.

Catalogo de manipulador de cargas







FESTO

Cuadro general de productos					
Ejecución	Tipo	Tensión de funcionamiento	Salida digital	Salida analógica	Forma
Sensor de reflexión directa	SOEG-RT	10 ... 36 V DC	PNP	—	Redonda
	Tipo básico	10 ... 30 V DC	NPN	—	Montaje en bloque
	SOEG-RTZ		PNP	—	Redonda
	Con haz de luz cilíndrico		NPN	—	
Sensor con supresión de fondo	SOEG-RTH		PNP	—	Redonda
			NPN	—	Montaje en bloque
Sensores de retro reflexión	SOEG-RSP	10 ... 36 V DC	PNP	—	Redonda
	Tipo básico	10 ... 30 V DC	NPN	—	Montaje en bloque
	SOEG-RSG		PNP	—	Montaje en bloque
	Para objetos transparentes		NPN	—	
Barrera de luz	SOEG-S	10 ... 36 V DC	—	—	Redonda
	Emisor	10 ... 30 V DC	—	—	Montaje en bloque
	SOEG-E	10 ... 36 V DC	PNP	—	Redonda
	Receptor	10 ... 30 V DC	NPN	—	Montaje en bloque
Sensor de fibra óptica	SOEG-L	10 ... 30 V DC	PNP	—	Montaje en bloque
	Tipo básico		NPN	—	
Sensor de distancia	SOEG-RTD	15 ... 30 V DC	PNP	0 ... 10 V	Montaje en bloque
Sensor de reflexión directa láser	SOEL-RT	10 ... 30 V DC	PNP	—	Montaje en bloque
	Sensor de contraste		NPN	—	
Sensor láser con supresión de fondo	SOEL-RTH		PNP	—	Montaje en bloque
			NPN	—	
Sensores de retro reflexión láser	SOEL-RSP	10 ... 30 V DC	PNP	—	Montaje en bloque
			NPN	—	
Sensor de distancia láser	SOEL-RTD	16 ... 30 V DC	2x PNP	4 ... 20 mA	Montaje en bloque
		18 ... 28 V DC	—	0 ... 10 V	
Sensor de colores	SOEC-RT	10 ... 30 V DC	3x PNP	—	Montaje en bloque

Barreras de luz SOEG-S/E

Hoja de datos

FESTO

Referencias								
Tamaño	Alcance [mm]	Función	Funcionamiento de salida	Salida digital	Conexión eléctrica			
					Cable		Conector tipo clavija	
					Nº art.	Tipo	Nº art.	Tipo
M18, salida recta del haz de luz								
	20 000	Emisor	—	—	537 691	SOEG-S-M18-K-L	537 703	SOEG-S-M18-S-L
		Receptor	Antivalente	PNP	537 692	SOEG-E-M18-PA-K-2L	537 704	SOEG-E-M18-PA-S-2L
				NPN	537 709	SOEG-E-M18-NA-K-2L	537 711	SOEG-E-M18-NA-S-2L

Apéndice XXIV. Características del sensor de barrera de luz. Fuente: www.festo.com

Unidades modulares de control CECX

Hoja de datos

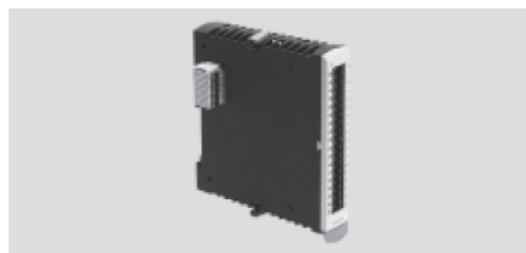
FESTO

Módulo de entradas /
salidas digitales
CECX-D-8E8A

Para el procesamiento de las señales
digitales se dispone de 8 salidas
digitales y 8 entradas digitales.

Funciones disponibles:

- Ajuste de la dirección
- Control de cortocircuitos
en las salidas
- Eliminación de rebotes
en las entradas
- Función de interrupción D10 y D11



Datos técnicos generales		
Tensión de funcionamiento	[VDC]	19,2 ... 30
Conexiones eléctricas para E/S		Regleta de bornes, patrón de 5,08 mm
Consumo de corriente 5 V	[W]	0,4
Consumo de corriente 24 V	[W]	1,9
Prueba de sensibilidad para comprobar la resistencia a los choques		EN 60068-2-27 EA 15 g, 11 ms (semisinusoidal)
Prueba de sensibilidad para comprobar la resistencia a las vibraciones		EN 60068-2-6-FC 5 ... 9 Hz 3,5 mm 9 ... 150 Hz 1g
Clase de protección		IP20
Clase de protección		III
Peso del producto	[g]	135
Materiales		
Características del material		Contiene sustancias agresivas para la laca Conformidad con RoHS

Datos técnicos: interfaces		
Entradas digitales		
Cantidad		8
Entradas rápidas de contador		2, con interrupción, tiempo de respuesta de 50 µs
Tensión de entrada / corriente de entrada	[VDC]	24
Valor nominal para FALSE	[VDC]	≤ 5
Valor nominal para TRUE	[VDC]	≥ 15
Retardo de la señal de entrada	[ms]	20, 100, ajustable
	[kHz]	12 en entrada con interrupción
Separación de potencial		Sí, mediante optoacoplador
Indicación de estado	[VDC]	LED verde
Lógica de conmutación		Lógica positiva (PNP)

Apéndice XXV. Características del P.L.C seleccionado. Fuente: www.festo.com

Info Técnica Pulsador Modular MP1	
Medida de Montaje	diámetro 22mm
Normas de Aplicación	IEC 60947-5-1 60947-1
Sistema de Contactos	Contactos de plata con doble ruptura y 4 puntos de interrupción del arco de carga.
Cantidad Máxima de Módulos	Hasta 3 módulos acoplables
Corriente térmica Ith Máx. en servicio continuo	10A
Temperatura ambiente de trabajo	-25 +70°C
Grado de protección según IEC 60529	Con capuchón de protección IP67
Fuerza de accionamiento mínima para conmutación	1 Módulo de contacto: 850gr. 8,5N 2 Módulos de contacto: 900gr. 9N 3 Módulos de contacto: 1000gr. 10N
Tensión asignada de aislamiento Ui	500Vac
Resistencia de contacto	<= 50 miliohm
Resistencia de aislación con 500Vcc	> 200 Gohm



Apéndice XXVI. Características del Pulsador con retención.
Fuente: Fabricante de interruptores y pulsadores APEM