



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA
ETIQUETADORA AUTOMÁTICA DE EMPAQUES PROMOCIONAL
PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ODIN 1(PLANTA FLUFF).”**

**AUTORES: GRANDA HEREDIA, CRISTIAN DAVID
MOREANO SINCHIGUANO, FAUSTO JAVIER**

DIRECTOR: ING. SÁNCHEZ OCAÑA, WILSON EDMUNDO

LATACUNGA

2019



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

i

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo titulado ***“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA AUTOMÁTICA DE EMPAQUES PROMOCIONAL PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ODIN 1(PLANTA FLUFF)”*** fue realizado por los señores ***Granda Heredia, Cristian David y Moreano Sinchiguano, Fausto Javier***, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 5 de febrero del 2019.

Ing. Wilson Sánchez Ocaña

Director



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Granda Heredia, Cristian David y Moreano Sinchiguano, Fausto Javier**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA AUTOMÁTICA DE EMPAQUES PROMOCIONAL PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ODIN 1(PLANTA FLUFF)**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 5 de febrero 2019

Cristian David Granda

C.C.:0503257297

Fausto Javier Moreano

C.C.: 0502794415



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Granda Heredia, Cristian David y Moreano Sinchiguano, Fausto Javier** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA AUTOMÁTICA DE EMPAQUES PROMOCIONAL PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ODIN 1(PLANTA FLUFF)”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad

Latacunga, 5 de febrero 2019

Cristian David Granda

C.C.:0503257297

Fausto Javier Moreano

C.C.: 0502794415

DEDICATORIA

A mis queridos padres Laura Heredia y Daniel Granda por haberme dado la oportunidad de existir se los dedico a ellos por cada momento vivido, por sus consejos, su apoyo, por ser el pilar fundamental de mi camino y la más grande motivación para cada meta alcanzada y por su amor que me ha permitido ser una persona de bien con valores intachables durante los primeros pasos de vida hasta el día de hoy.

CRISTIAN GRANDA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis Padres Fausto y María por su apoyo incondicional quienes supieron guiarme en el transcurso de mi vida, incentivándome siempre a salir adelante en el cumplimiento de metas y sueños.

FAUSTO MOREANO

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la parte espiritual quien con su amor supo guiarme por el camino del bien siendo esa fuerza en los momentos de debilidad y haber estado en todo el camino de mi carrera ayudándome a tomar buenas decisiones.

A mis padres Laura y Daniel gracias por darme la educación en cada etapa de mi vida, por sus palabras que me encaminaron hacer una persona luchadora, por siempre estar apoyando y nunca haberme abandonado, mil gracias por su amor incondicional, les adoro con mi vida.

A mis hermanos Sandra, Sarita, Daniel y Santiago gracias por su apoyo, su confianza y siempre haber estado ahí cuando los necesitaba, a mis sobrinos Joancito que eres como el hermanito menor siempre un niño bien portado, querido por todos y ahora todo un hombre ya profesional te admiro mucho mijo, Camilita, Sebastián, Juliancito, Santy David llegaste para darme un giro total en mi vida a realizar y ponerme en un papel importante como un padre para ti espero haber hecho bien las cosas y la más chiquitita de la casa Danielita, que uno a uno fueron llegando a mi vida llenando mi corazón de un inmenso amor, gracias a ellos que son el motivo para seguir luchando y nunca rendirme, a mis cuñados Carlos y Grecia, nuevamente gracias por mis sobrinos maravillosos que tengo y por ser un reflejo para mi vida profesional.

A toda la familia tíos, primos gracias por estar pendiente de este personaje, a mi prima Lore que fue la compañera desde mis primeros inicios de vida especialmente de clases, compartiendo millón de anécdotas que tuvimos en nuestra hermosa infancia, hasta el día de su curso matrimonial y Johanita gracias por tus palabras fueron y son de mucho aliento, se les lleva en el corazón gracias familia.

Y como no agradecer a cada uno de los ingenieros que formaron parte de la vida universitaria gracias por compartir sus conocimientos sin ellos no habría llegado a cumplir este sueño tan anhelado se los estima mucho.

CRISTIAN GRANDA

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por el acompañamiento brindado a lo largo de mi vida, por haber sido mi fortaleza en momentos de debilidad, por darme la fuerza necesaria para atravesar momentos difíciles y encaminarme a cumplir un sueño anhelado de ser Ingeniero Electromecánico.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Electromecánica, quienes se encargan de transferir sus conocimientos, de la manera más adecuada, incentivando siempre el seguir adelante.

FAUSTO MOREANO

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
<i>DEDICATORIA</i>	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN.....	xx

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

1.1.	Planteamiento Del Problema	1
1.2.	Antecedentes.....	1
1.3.	Justificación E Importancia	1
1.4.	Objetivos.....	2
1.4.1.	Objetivo General.....	2
1.4.2.	Objetivos Específicos	2

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Máquinas Etiquetadoras	4
2.1.1.	La etiquetadora Dúplex, de la Pneumatic Scale Corporation	4
2.1.2.	Máquina etiquetadora serie ES-M de Equitek	4

2.1.3.	Máquina etiquetadora vertical automática MPC-AS	6
2.1.4.	Máquina etiquetadora de doble cara de alta velocidad MPC-DS	7
2.1.5.	Máquina etiquetadora horizontal automática MPC-BS	7
2.1.6.	Máquina etiquetadora automática en línea recta de pegamento húmedo MPC-JB	8
2.1.7.	Máquina etiquetadora plana MPC-PS	9
2.2.	Tipos De Etiquetas.	9
2.2.1.	Etiquetas autoadheribles.	10
2.2.2.	Etiquetas cilíndricas.....	11
2.2.3.	Etiquetas de mangas.....	11
2.2.4.	Etiquetas termoencogibles.	11
2.3.	Bandas Transportadoras	12
2.3.1.	Clasificación De Las Bandas Transportadoras.....	13
2.3.2.	Bandas Transportadoras De Goma	13
a.	El Tipo De Superficie.....	15
b.	El Tipo De Recubrimiento:.....	17
2.3.3.	Bandas Transportadoras De PVC	18
2.3.4.	Bandas Transportadoras Modulares	19
2.3.5.	Bandas Transportadoras De Teflón Y Silicona.....	20
2.3.6.	Bandas Transportadoras De Valla Metálica	21
2.4.	Perfiles De Las Bandas Transportadoras.....	22
2.4.1.	Descripción del funcionamiento.....	23
2.4.2.	Funcionamiento de las bandas transportadoras.....	23
2.4.3.	Funcionamiento de rodillos transportadores.....	24

		x
2.5.	Fundamentos teóricos para el diseño, cálculo y construcción del sistema de transportación.....	25
2.5.1.	Funcionamiento del sistema de transportación	25
2.5.2.	Cálculos para la construcción del sistema de transportación	26
2.6.	Motores Utilizados Para El Accionamiento De Las Bandas Transportadoras	31
2.7.	Controlador Lógico Programable.....	32
2.7.1.	Descripción de las características técnicas del PLC	33
2.7.2.	Partes de un PLC	33
2.7.3.	Lenguajes de programación	33
2.7.4.	Modos de operación del PLC	34
2.7.5.	Funciones de un PLC	34
2.7.6.	Campos de aplicación	35
2.7.7.	Ventajas de los PLC's.....	35
2.7.8.	Desventajas de los PLC's.....	36
2.7.9.	Tipo de PLC.....	36
2.7.10.	Parte eléctrica.....	36
2.7.11.	Tipo de CPU	36
2.8.	Hipótesis.....	37
2.9.	Variables De La Investigación.	37

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.	Antecedentes investigativos	38
3.2.	Modalidad de la Investigación	39

		xi
3.3.	Tipos de investigación	40
3.3.1.	Investigación bibliográfica.....	40
3.3.2.	Investigación de método inductivo.....	40
3.3.3.	Investigación experimental	41
3.3.4.	Diseño de la investigación	41
3.4.	Niveles de la investigación	41
3.4.1	Exploratoria	41
3.4.2.	Descriptiva	41
3.4.3.	Investigación explicativa	42
3.5.	Técnicas de recolección de datos	42
3.5.1.	Inspección de la empresa.....	42
3.5.2.	Técnicas de comprobación de hipótesis.....	42

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.	Análisis de resultados.....	43
4.1.1.	Descripción del proyecto	43
4.1.2.	Sensores a utilizados	44
a.	Sensor de Proximidad.	44
b.	Sensores de etiquetas ópticos.....	45
4.1.3.	Variadores de Frecuencia.....	46
4.2.	Comprobación de hipótesis	47
4.2.1.	Viabilidad del proyecto	47

CAPÍTULO V

TEMA DE LA PROPUESTA

		xii
5.1.	Datos Informativos.....	48
5.2.	Objetivos.....	48
5.2.1.	Objetivo General.....	48
5.2.2.	Objetivos Específicos	48
5.3.	Justificación De Propuesta	49
5.4.	Fundamentación De La Propuesta	49
5.5.	Diseño de la Propuesta	50
5.5.1.	Introducción	50
5.5.2.	Parámetros De Diseño	50
5.5.3.	Diseño Conceptual De La Máquina Etiquetadora.....	51
5.5.4.	Diseño Del Sistema De Banda Transportadora.....	52
a.	Diseño del sistema de banda transportadora	53
b.	Diseño De Las Placas Verticales Con Acople De Tensión	56
c.	Selección Del Sistema De Transmisión De Potencia	57
d.	Selección Del Moto-Reductor Para Accionamiento De La Banda Transportadora	61
e.	Diseño Del Eje De Transmisión.....	62
f.	Diseño De La Estructura Soporte De La Banda Transportadora.....	64
5.5.5.	Diseño Del Sistema Para La Alimentación De Las Etiquetas	68
a.	Diseño Del Soporte Del Rollo De Etiquetas.....	69
b.	Diseño Del Soporte Del Rollo De Papel De Desperdicio	75
c.	Diseño De Los Rodillos De Dosificación	75
d.	Diseño De La Estructura Soporte Del Alimentador De Etiquetas	79
5.5.6.	Diseño Del Sistema Para Pegado De Las Etiquetas	82

a.	Diseño Del Mecanismo De Desprendimiento De Etiquetas.....	82
b.	Diseño Del Brazo Para Pegado De Las Etiquetas.....	86
c.	Diseño Del Resorte Del Sistema De Pegado De Etiquetas.....	87
d.	Diseño Del Brazo Soporte Del Mecanismo De Pegado De Etiquetas	90
5.5.7.	Modelo Completo 3d De La Máquina De Etiquetado.....	91
5.5.8.	Diseño Del Circuito De Control Y Potencia	92
5.6.	Metodología Para Ejecutar La Propuesta	95
5.6.1.	Construcción de la base de soporte	95
5.6.2.	Construcción de los soportes y paletas de sujeción del producto	96
5.6.3.	Montaje de las paletas a la cadena	97
5.6.4.	Construcción y montaje de guías	98
5.6.5.	Montaje de guías a la banda	98
5.6.6.	Montaje de la cadena	99
5.6.7.	Montaje de la caja reductora (banda transportadora).....	100
5.6.8.	Montaje de la caja reductora (debobinador)	100
5.6.9.	Montaje del aplicador de etiqueta.....	101
5.6.10.	Montaje del eje debobinador	101
5.7.	Implementación y montaje del sistema eléctrico	102
5.7.1.	Implementación de PLC en Armario de Control.	104
5.7.2.	Implementación del sistema de potencia.....	104
5.7.3.	Implementación del circuito de fuerza y control.....	105
5.8.	Pruebas del sistema mecánico.....	106
5.9.	Pruebas del sistema de protección y alimentación.....	107
5.10.	Pruebas de funcionamiento del PLC	108

	xiv
5.11.	Pruebas del sistema de etiquetado 109
5.12.	Pruebas y resultados de los empaques a ser etiquetados. 111
5.13.	Análisis Financiero 113
5.13.1.	Análisis De Costos 114
a.	Materiales mecánicos 114
b.	Materiales eléctricos 115
c.	Costos de Maquinado..... 116
d.	Costos de Operación 117
5.14.	Periodo de recuperación de inversión 121
5.14.1.	Flujo de caja 121
5.14.2.	Valor presente neto (VPN)..... 123
5.14.3.	Tasa interna de retorno (TIR) 124
5.14.4.	Análisis costo - beneficio 125
5.14.5.	Interpretación del análisis financiero 127
	CONCLUSIONES..... 128
	RECOMENDACIONES 129
	BIBLIOGRAFÍA..... 130
	ANEXOS 133
	ANEXO A SELECCIÓN DEL PLC
	ANEXO B SELECCIÓN DE LA FUENTE
	ANEXO C SELECCIÓN DEL SENSOR DE PROXIMIDAD
	ANEXO D SELECCIÓN DEL SENSOR FOTOELÉCTRICO
	ANEXO E SELECCIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD
	ANEXO F SELECCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD
	ANEXO G SELECCIÓN DE LA CADENA
	ANEXO H SELECCIÓN DEL MATERIAL PLACAS

ANEXO I ESFUERZOS DEL ESLABÓN SOLIDWORKS
ANEXO J SELECCIÓN DEL FACTOR DE SERVICIO
ANEXO K SELECCIÓN DE LA RUEDA DENTADA
ANEXO L SELECCIÓN DEL PASO DE LA CADENA
ANEXO M SELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE VELOCIDAD
ANEXO N SELECCIÓN DE LA ECUACIÓN DE DESPLAZAMIENTO
ANEXO O ESFUERZOS ESTRUCTURA MESA SOLIDWORKS
ANEXO P SELECCIÓN DEL MOTOR DEBOBINADOR
ANEXO Q ESFUERZOS ESTRUCTURA DE RODILLOS
ANEXO R ESFUERZOS SISTEMA DESPRENDIMIENTO
ANEXO S ESFUERZOS BRAZO MÓVIL
ANEXO T SELECCIÓN DE RESORTE
ANEXO U ESFUERZOS BRAZO FIJO
ANEXO V PLANOS MECÁNICOS
ANEXO W PLANOS ELÉCTRICOS
ANEXO X PROGRAMA PLC

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Catálogo Motor Siemens</i>	32
Tabla 2. <i>Datos etiquetado manual</i>	43
Tabla 3. <i>Resultados del tiempo de etiquetado</i>	112
Tabla 4. <i>Costo de materiales mecánicos</i>	114
Tabla 5. <i>Costo de elementos eléctricos</i>	115
Tabla 6. <i>Costo de proceso de maquinado</i>	116
Tabla 7. <i>Costo directo total</i>	116
Tabla 8. <i>Aportes derechos de ley</i>	118
Tabla 9. <i>Para trabajadores bajo relación de dependencia</i>	118
Tabla 10. <i>Sueldo básico unificado</i>	119
Tabla 11. <i>Décimo tercer sueldo</i>	120
Tabla 12. <i>Tasas de interés</i>	121
Tabla 13. <i>Amortización de préstamos</i>	122
Tabla 14. <i>Tasa de interés producto empresarial</i>	122
Tabla 15. <i>Valores TIR</i>	124
Tabla 16. <i>Relación Costo-Beneficio</i>	125
Tabla 17. <i>Valores límite para que el proyecto sea viable</i>	126
Tabla 18. <i>Valores límites obtenidos para el proyecto</i>	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Máquina etiquetadora serie ES-M de Equitek	4
Figura 2. Máquina etiquetadora serie ES-1, ES-2 y ES-3 de Equitek.....	5
Figura 3. Máquina etiquetadora vertical automática MPC-AS	6
Figura 4. Máquina etiquetadora de doble cara de alta velocidad MPC-DS	7
Figura 5. Máquina etiquetadora horizontal automática MPC-BS	7
Figura 6. Máquina etiquetadora automática pegamento húmedo MPC-JB	8
Figura 7. Máquina Etiquetadora Plana MPC-PS.....	9
Figura 8. Etiquetas Autoadheribles.....	10
Figura 9. Etiquetas Adhesivas	11
Figura 10. Banda Transportadora De Goma.....	14
Figura 11. Capas de la banda transportadora de goma	15
Figura 12. Banda con superficie lisa.....	16
Figura 13. Superficie Nervada	16
Figura 14. Superficie Nervada	17
Figura 15. Transportación de Sólidos a granel	19
Figura 16. Transporte de Frutas	19
Figura 17. Banda Modular Corrugada	20
Figura 18. Banda Modular trenzada.	20
Figura 19. Bandas Transportadoras De Teflón Y Silicona	21
Figura 20. Perfiles De Las Bandas Transportadoras	22
Figura 21. Perfil Transversal.....	23
Figura 22. Banda Transportadora.....	24
Figura 23. Tensión en una correa.....	25
Figura 24. Tensión en la correa de una banda transportadora	26
Figura 25. Diagrama de un sistema de transportación	27
Figura 26. Diagrama de tensiones.....	27
Figura 27. Motor Trifásico	32
Figura 28. Sensor de Proximidad	45

Figura 29. Sensor Óptico	46
Figura 30. Variador de frecuencia.....	47
Figura 31. Diseño conceptual de la etiquetadora.....	51
Figura 32. Sistema de banda transportadora.....	53
Figura 33. Nomenclatura utilizada para la banda transportadora	54
Figura 34. Cargas sobre las placas verticales con acople de tensión	57
Figura 35. Sistema de transmisión por cadena.....	59
Figura 36. Eje del sistema de transmisión	63
Figura 37. Cargas que actúan sobre la estructura soporte	64
Figura 38. Diagrama de fuerzas cortantes en la estructura soporte	67
Figura 39. Diagrama de momentos flectores en la estructura soporte	67
Figura 40. Sistema para alimentación de las etiquetas	68
Figura 41. Propiedades de masa del rollo de etiquetas.....	71
Figura 42. Fuerzas generadas por el rollo de etiquetas.....	73
Figura 43. Cargas que actúan sobre el eje del soporte del rollo de etiquetas	74
Figura 44. Cargas que actúan sobre los rodillos de dosificación	76
Figura 45. Diagrama de fuerzas axiales en la estructura soporte.....	79
Figura 46. Diagrama de fuerzas cortantes en la estructura soporte	80
Figura 47. Diagrama de torques en la estructura soporte.....	80
Figura 48. Diagrama de momentos en el plano x-y de la estructura soporte.....	81
Figura 49. Diagrama de momentos en el plano x-z de la estructura soporte.....	81
Figura 50. Sistema para pegado de las etiquetas.....	82
Figura 51. Cargas que actúan sobre el mecanismo de desprendimiento de etiquetas. 83	
Figura 52. Dimensiones del mecanismo para el desprendimiento de etiquetas	83
Figura 53. Cargas que actúan sobre la barra soporte	84
Figura 54. Diagrama de momento flector en el plano x-y de la barra soporte	85
Figura 55. Cargas sobre el brazo de etiquetas	86
Figura 56. Resorte de retorno de etiquetado	88
Figura 57. Cargas sobre el brazo soporte de etiquetas	90
Figura 58. Ensamblaje completo de la máquina etiquetadora	91
Figura 59. Diagrama de Circuito de Potencia	93

	xix
Figura 60. Diagrama de Control de las Entradas	94
Figura 61. Diagrama de Control de las Salidas	94
Figura 62. Construcción de la Base de soporte	95
Figura 63. Paletas de sujeción.....	96
Figura 64. Soportes de sujeción de las paletas	97
Figura 65. Montaje de las paletas a la cadena	97
Figura 66. Construcción y montaje de guías.....	98
Figura 67. Montaje de guías	99
Figura 68. Montaje de la cadena	99
Figura 69. Montaje de la caja reductora	100
Figura 70. Montaje de la caja reductora	100
Figura 71. Montaje del aplicador de etiqueta.....	101
Figura 72. Montaje del eje debobinador	102
Figura 73. Sistema eléctrico	102
Figura 74. Sensor de presencia.....	103
Figura 75. Sensor fotoeléctrico	103
Figura 76. Implementación de PLC	104
Figura 77. Sistema de Potencia.....	105
Figura 78. Mandos de Control	105
Figura 79. Sistema Mecánico	106
Figura 80. Sistemas de Protección.....	107
Figura 81. Paro de Emergencia.....	108
Figura 82. Funcionamiento del PLC	108
Figura 83. Selector de Mandos.....	109
Figura 84. Calibración De Banda Transportadora	110
Figura 85. Pruebas de sensor de presencia	110
Figura 86. Pruebas de la leva Etiquetadora.....	111
Figura 87. Empaques Etiquetados.....	111
Figura 88. Proceso a Etiquetar	112
Figura 89. Producto Final.....	113

RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad automatizar el proceso de etiquetado de los empaques promocionales, que consiste en un método de manera automática el cual es etiquetar mediante un sistema de levas que contiene dos rodillos de presión, con un sistema que despega la etiqueta del papel soporte y la transfiere sobre el producto. Este sistema es muy utilizado en líneas de producción de diferentes sectores, aumentando la productividad y minimizando costes y tiempo de operario. El Sistema de etiquetado de empaques constará de tres etapas el diseño mecánico, construcción y automatización mediante un PLC, de esta forma se busca mejorar el proceso, al implementar este proyecto se proporcionará una mejor producción para el incremento de maquilas. El proyecto será implementado con un sistema automático para el lazo de funcionamiento, permitiendo así que tanto el producto como el operador satisfagan las necesidades requeridas por el proceso. El proceso es necesario controlar y mantener constantes algunos parámetros tales como la presión, la conductividad, la velocidad por lo cual los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio trabajador podría realizar. El proyecto presentado no solo busca optimizar las etapas de producción, sino se enfoca también a la Seguridad y Salud Ocupacional del trabajador, ya que al evitar que los operarios estén en una posición totalmente vertical por varias horas se va a evitar daños corporales futuros en la persona, los mismos que son causados por la mala posición y el esfuerzo físico que se produce al estar parados etiquetando cada promoción.

Palabras clave

- **SENSORES DE PRESENCIA**
- **SENSORES FOTOELÉCTRICOS**
- **VARIADORES DE VELOCIDAD**
- **AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS**
- **SISTEMA DE LEVAS**

ABSTRACT

The purpose of this project is to automate the process of labeling promotional packaging, which consists of a method that is automatically labeled by means of a cam system that contains two pressure rollers, with a system that takes off the label of the supporting paper and he transfers it over the product. This system is widely used in production lines of different sectors, increasing productivity and minimizing costs and operator time. The packaging labeling system will consist of three stages of mechanical design, construction and automation through a PLC, in this way it seeks to improve the process, to implement this project will provide a better production for the increase of maquilas. The project will be implemented with an automatic system for the operation loop, thus allowing both the product and the operator to satisfy the needs required by the process. The process is necessary to control and maintain constant some parameters such as pressure, conductivity, speed whereby the instruments of measurement and control allow the maintenance and regulation of these constants in more suitable conditions than those that the worker could perform. The project presented not only seeks to optimize the production stages, but also focuses on Occupational Safety and Health of the worker, since by preventing the operators are in a fully vertical position for several hours will avoid future bodily harm in the person, the same ones that are caused by the bad position and the physical effort that occurs when standing around labeling each promotion.

Keywords

- **PRESENCE SENSORS**
- **PHOTOELECTRIC SENSORS**
- **SPEED DRIVES**
- **PROCESS AUTOMATION**
- **CAMS SYSTEM**

CAPÍTULO I

1. PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento Del Problema

La empresa GRUPO FAMILIA (PLANTA FLUFF) no dispone de un sistema para realizar el empaquetado promocional, por lo que actualmente se lo realiza a mano, generando retrasos en la producción además de pérdida de tiempo e incremento en la mano de obra.

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la producción con el fin de optimizar tiempo, mano de obra y recursos, para ello se realizará un proceso automatizado de etiquetado.

1.2. Antecedentes

Actualmente los procesos industriales han visto la necesidad de mejorar su producción tanto en calidad, como en la eficacia de sus procedimientos.

En el país existe una alta demanda para los productos de aseo personal, por lo que es imprescindible, fabricar productos de primera calidad al menor costo posible.

Cuidando el interés del cliente, la empresa opta por realizar diversas promociones y poder incursionar de mejor manera en el mercado nacional.

1.3. Justificación E Importancia

A partir de que se introduce en la sociedad el concepto de Producción en Masa, donde se mejoraba la manufacturación y se podía distinguir a una compañía o industria de otra en torno a la Calidad y Terminación del producto final.

Se potencializa el concepto de marketing para que el producto llegue a la mayor cantidad de consumidores posibles, no solo mediante la recomendación entre ellos sino que mediante la puesta en marcha de lo que es conocido como la promoción, siendo el conjunto de estrategias y aplicaciones que busca que un producto pueda llegar a la mayor cantidad de hogares posibles.

El proyecto planteado será parte del trabajo diario de la empresa Grupo Familia, para lo cual tendrá que cumplir las especificaciones técnicas acordes a la operación y seguridad industrial establecida en normas de trabajo y producción.

La Marca NOSOTRAS de Cuidado y protección femenina. Es La marca experta en protección y cuidado de la mujer, ofreciendo productos de alta tecnología como: Toallas higiénicas, protectores diarios, paños íntimos, tampones, productos post-parto y complementarios, la cual se mantiene en constantes promociones para mantenerse liderando el mercado Nacional y expandirse en el mercado internacional.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseño e implementación de una máquina etiquetadora automática de empaques promocional para la línea de producción Odín 1(planta fluff).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema eléctrico y mecánico de una máquina para el etiquetado de empaques.
- Construir el sistema eléctrico y mecánico que facilite el proceso de etiquetado de empaques en la Empresa Grupo Familia.
- Automatizar el sistema para el proceso de etiquetado de empaques, mediante la programación de un controlador lógico programable.

- Implementar un programa para controlar y establecer los rangos de operación en los procesos de etiquetado de empaques en la Empresa.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Máquinas Etiquetadoras

Existen diferentes tipos de etiquetadoras a continuación se presentará una serie de máquinas, las cuales mostrarán la diferencia entre ellas.

2.1.1. La etiquetadora Dúplex, de la Pneumatic Scale Corporation

Es un buen ejemplo de máquina automática. Aplica etiquetas a dos paquetes al mismo tiempo: en el frente solamente o en el frente y en la parte trasera simultáneamente. La máquina puede manejar envases de manos de 76 milímetros de ancho con etiquetas de una anchura no superior a 950 milímetros. Su capacidad o producción nominal es de 80 a 120 envases etiquetados por minuto. No necesita de un operario fijo y basta que una persona dedique parte de su tiempo a reponer la provisión de etiquetas y de pegamento. (Pharmachine, 1978)

2.1.2. Máquina etiquetadora serie ES-M de Equitek



Figura 1. Máquina etiquetadora serie ES-M de Equitek

Fuente: (Pharmachine, 1978)

Es una etiquetadora semiautomática para envases cilíndricos figura 1, que está montada en un trípode con ranuras, permitiendo acomodar el equipo en la posición adecuada. Por su diseño es sumamente útil para las pequeñas producciones pudiendo lograr una capacidad de producción de hasta 20 etiquetas por minuto. Sus especificaciones son las siguientes: (Pharmachine, 1978)

- Etiquetas: de 25 milímetros de altura mínima hasta 125 milímetros de altura máxima, y de 30 milímetros de ancho mínimo hasta 350 milímetros de ancho máximo.
- Envases de 25 a 160 milímetros de diámetro y de 70 a 320 milímetros de altura.
- Control: el equipo cuenta con un motor de pasos inteligente, el cual tiene un controlador digital para el accionamiento del ciclo, que al detectar el envase en posición adecuada aplica una etiqueta girando el envase al mismo tiempo (Pharmachine, 1978)



Figura 2. Máquina etiquetadora serie ES-1, ES-2 y ES-3 de Equitek

Fuente: (Pharmachine, 1978)

La serie ES-1, ES-2 y ES-3 de Equitek figura 2, consiste en un sistema de etiquetado para aplicar etiquetas auto adheribles con uno, dos o tres cabezales aplicadores, estos equipos están concebidos para trabajar en forma integral o

autónoma, ya que cuentan con su propio transportador, pudiendo acoplarse a líneas de envasado. El diseño modular de estos equipos permite que por medio de accesorios acoplados se puedan aplicar etiquetas a envases cilíndricos, de caras planas, ovaladas o en la parte superior, logrando velocidades de hasta 160 etiquetas por minuto. (Pharmachine, 1978)

2.1.3. Máquina etiquetadora vertical automática MPC-AS



Figura 3. Máquina etiquetadora vertical automática MPC-AS

Fuente: (Pharmachine, 1978)

La máquina etiquetadora vertical automática es usada principalmente para etiquetar contenedores cilíndricos, cuadrados o cónicos para productos medicinales, artículos de uso diario, alimentos, papelería, productos, etc. Puede medir automáticamente la longitud de las etiquetas y dar alarmas cuando no hay suficientes etiquetas, etiquetas rotas, no existe suficiente cinta cromada ver la figura 3. Adicionalmente, es una máquina de interfaz hombre-máquina con funciones de autodiagnóstico. (Pharmachine, 1978)

2.1.4. Máquina etiquetadora de doble cara de alta velocidad MPC-DS



Figura 4. Máquina etiquetadora de doble cara de alta velocidad MPC-DS

Fuente: (Pharmachine, 1978)

Esta etiquetadora de alta velocidad se encuentra diseñada para etiquetar superficies de objetos redondos, cuadrados o planos en industrias farmacéuticas, químicas, de alimentos, o de artículos de papelería entre otros figura 4. Se encuentra en la capacidad de pegar etiquetas simples o dobles al mismo tiempo. Con una velocidad de etiquetado entre 80 y 200 piezas por minuto, ésta etiquetadora de doble cara de alta velocidad, es el equipo ideal. (Pharmachine, 1978)

2.1.5. Máquina etiquetadora horizontal automática MPC-BS



Figura 5. Máquina etiquetadora horizontal automática MPC-BS

Fuente: (Pharmachine, 1978)

La máquina etiquetadora horizontal automática MPC-BS figura 5, es generalmente usada para etiquetar objetos con diámetro, es decir objetos principalmente con forma cilíndrica como botellas, ampollas, jeringas, bateas, jamones, salchichas, tubos de ensayo, esferos, etc. Es una máquina que tiene un campo de aplicación muy amplio en diferentes industrias como la farmacéutica, de alimentos, química, de papelería, electrónica, etc. (Pharmachine, 1978)

2.1.6. Máquina etiquetadora automática en línea recta de pegamento húmedo

MPC-JB



Figura 6. Máquina etiquetadora automática pegamento húmedo MPC-JB

Fuente: (Pharmachine, 1978)

La máquina etiquetadora automática en línea recta de pegamento húmedo puede trabajar de manera independiente, o conectada a una línea de producción figura 6. Se encuentra equipada con bombeador de pegamento neumático y dispositivo de alarma de falta de etiquetas. Éste equipo puede ser usado en diferentes tipos de industria como la química, farmacéutica, entre otras. (Pharmachine, 1978)

2.1.7. Máquina etiquetadora plana MPC-PS



Figura 7. Máquina Etiquetadora Plana MPC-PS

Fuente: (Pharmachine, 1978)

Esta etiquetadora es adecuada para el proceso de etiquetado de superficies de diferentes tipos de productos como cajas de papel, cartón, baterías, cosméticos, etc., figura 7. Las etiquetas incluyen código de barras, etiquetas anti-falsificación, etc. (Pharmachine, 1978)

2.2. Tipos De Etiquetas.

Las etiquetas se fabrican en una gran variedad de tamaños, formas, diseños, materiales y adhesivos. Las etiquetas pueden estar hechas de papel, plástico, papel metalizado o laminado. Pueden estar grabadas o impresas, se ubican en diversas posiciones en los envases o productos que pueden ser grandes o pequeños.

2.2.1. Etiquetas autoadheribles.



Figura 8. Etiquetas Autoadheribles

Fuente. (impresora, 1931)

Se pueden ubicar en cualquier superficie del envase. Pueden ser de papel o plástico ver la figura 8. Estas etiquetas pueden ser aplicadas manualmente o con máquina etiquetadora ya que su presentación es en rollo.

Un envase puede tener etiquetas localizadas en la parte frontal, trasera, el cuello y/o en la parte superior. De igual manera, estas etiquetas se pueden colocar casi en cualquier cara de una caja. Los sellos fiscales (marbetes) ubicados en la parte superior de los envases de las bebidas alcohólicas y paquetes de cigarrillos también son etiquetas auto adheribles. (impresora, 1931)

2.2.2. Etiquetas cilíndricas.



Figura 9. Etiquetas Adhesivas

Fuente: (DG_IMPRENDA, 1995)

Se enrollan completamente en el envase. Las etiquetas se sobrepone intencionalmente con adhesivo figura 9. Este se aplica en los bordes para fabricar el sello. Frecuentemente se utilizan en latas y botellas, pero también se pueden utilizar en cajas y otros envases. Algunos productos alimenticios embotellados las utilizan como sello para tapas. (DG_IMPRENDA, 1995)

2.2.3. Etiquetas de mangas.

Se pueden colocar en la botella y fijarlas en su lugar, estirando o contrayendo el material elástico con el que fueron hechas. Otra aplicación de estas etiquetas es el sello de seguridad que se utiliza en botellas de medicamentos y en algunos otros productos alimenticios.

2.2.4. Etiquetas termoencogibles.

Estas etiquetas pueden ser utilizadas en envases de plástico, vidrio, latas de aluminio, etc., dándole una excelente imagen al producto a través de un material

altamente brillante, que puede ser impreso con imágenes y textos en 360 grados; lo cual maximiza la imagen de marca, facilitando la segmentación del producto hacia un determinado público objetivo.

De esta forma, se logra una clara diferenciación sobre los productos de la competencia, y además, las etiquetas termo contraíbles tienen la capacidad de contraer hasta poco más de un 70%, logrando adaptarse a las curvas de cada envase.

2.3. Bandas Transportadoras

Es cada vez más frecuente encontrar empresas con un alto grado de automatización, que utilizan sistemas de bandas transportadoras en sus procesos de fabricación, sobre todo cuando estos procesos son flexibles. El uso de tales sistemas les permite obtener altos grados de eficiencia en la producción, estándares elevados de calidad y se facilita de esta manera, la fabricación en serie de un producto.

Estas bandas transportadoras son muy utilizadas en diferentes aplicaciones en la industria, pues pueden transportar económicamente grandes cantidades de materiales y objetos, como por ejemplo, en transportación de sólidos a granel, en plantas embotelladoras, procesos de embalaje, etc.

Las bandas transportadoras se fabrican en diferentes materiales y tamaños, las mismas pueden recorrer kilómetros a velocidades de hasta 5 [m/s] y manejar hasta 5000 [toneladas/ hora]. También pueden funcionar en distancias cortas a velocidades lo suficientemente lentas para recolección manual, con una capacidad de unos cuantos kilogramos por hora.

Existe un gran número de variables que nos permiten llegar a escoger con éxito una banda transportadora requerida para un proceso determinado. Entre las más importantes y comunes se tienen:

- Material a manejar: Características, temperatura, etc.
- Capacidad y peso.

- Distancia de transporte.
- Niveles de transporte.
- Interferencias, limitaciones, apoyos.
- Función requerida del medio transportador.
- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos financieros (presupuestos).

2.3.1. Clasificación De Las Bandas Transportadoras

De acuerdo al tipo de materiales que van a manejarse, existen dos grandes grupos de transportadores, ellos son:

- Banda para manejo de producto suelto o a granel.
- Banda para el manejo de productos empacados o cargas unitarias.

Cada banda transportadora posee sus propias características dependiendo del tipo de empresa, pues las actividades, medio ambiente, espacio, necesidades y manejo de materiales serán diferentes incluso para empresas que pertenecen a un mismo ramo de la producción, siendo esta la razón principal por la cual se debe seleccionar en forma adecuada la banda transportadora.

2.3.2. Bandas Transportadoras De Goma

Son muy utilizadas para el transporte tanto interior como exterior de todo tipo de productos a granel. Se fabrican con núcleo textil de poliéster y nylon que les confiere una gran resistencia a la rotura y al impacto del material, además permiten pasar fácilmente de transporte horizontal a vertical o viceversa.

En función del tipo, número de lonas y características de la cobertura, se adaptan a las condiciones más adversas de transporte (materiales abrasivos, cortantes, oleaginosos, fuertes impactos, altas temperaturas, ambientes potencialmente

explosivos, etc.). En la figura 10 se muestra un ejemplo de una banda transportadora de goma.



Figura 10. Banda Transportadora De Goma

Fuente: (PLASTI_GOMM, 1977)

Las bandas transportadoras de goma están compuestas interiormente de una carcasa formada por capas de tejido engomado constituido por hilos de poliéster en sentido longitudinal y por hilos de nylon en dirección transversal. Este núcleo se caracteriza por su alta resistencia a la rotura y al impacto, junto con una gran flexibilidad y ligereza, permitiendo en función del número de lonas y características de las mismas, adecuarse a las necesidades de la tensión de trabajo.

Exteriormente esta carcasa está protegida por el recubrimiento superior e inferior, cuyos distintos grados de calidad de goma, están desarrollados para ofrecer una óptima duración en función de la abrasión, granulometría y naturaleza del material a transportar, como se muestra en la figura 11.

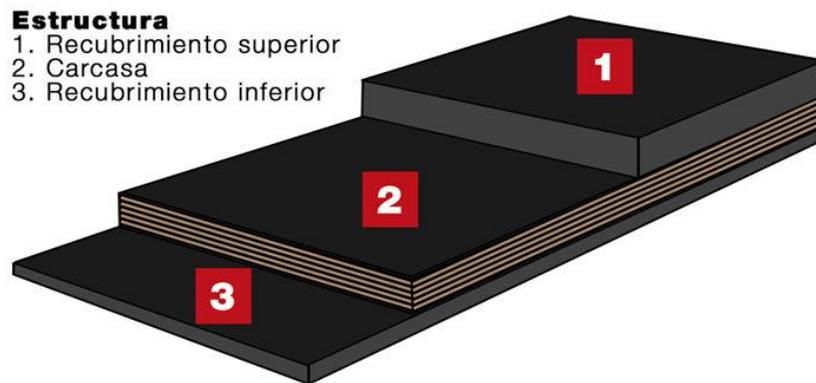


Figura 11. Capas de la banda transportadora de goma

Fuente: (germanBelt, 2001)

Entre las principales especificaciones que se deben tomar en cuenta para seleccionar una banda de goma se tienen:

LA LONGITUD: Longitud total de la banda dada en metros.

a. El Tipo De Superficie

Existen diferentes tipos de superficies utilizadas por las bandas de goma, las más comunes son:

a.1. Superficie Lisa.- Empleada para instalaciones horizontales y de pequeño grado de inclinación. Las calidades de recubrimiento, así como la carcasa exterior, pueden combinarse adecuadamente según las exigencias de funcionamiento.

La fabricación normalizada abarca anchos desde 400 a 1.200 mm, y para aplicaciones específicas se fabrican hasta un ancho de 2.000 mm, la figura 12 muestra la banda con superficie lisa.



Figura 12. Banda con superficie lisa

Fuente: (OMT BIELLA_S.R.L., 1963)

a.2. Superficie Nervada.- Se emplean en cambio para instalaciones que requieran un elevado ángulo de inclinación.

En la figura 13 se muestra la banda de fabricación nervada.



Figura 13. Superficie Nervada

Fuente: (Intecman, 2000)

a.3. Superficie Rugosa.- El acabado superficial rugoso sirve para incrementar el coeficiente de rozamiento de los materiales transportados, pudiendo funcionar tanto en plano horizontal como inclinado.

El piso rugoso presenta una superficie conseguida por impresión de tejido grueso y se recomienda en el transporte típico de aeropuertos, sacos de correo, fardos, etc. En la figura 14 se muestra un ejemplo de la banda con superficie rugosa. Se confeccionan con un ancho máximo de 1.200 mm.

El recubrimiento rugoso puede realizarse, según las necesidades, con cualquiera de las calidades descritas a continuación.



Figura 14. Superficie Nervada

Fuente: (Conveyor Solutions, 1985)

b. El Tipo De Recubrimiento:

Por último se debe tomar en cuenta el tipo de recubrimiento de goma que debe tener la banda, la selección del recubrimiento depende del material que se necesite transportar. Los recubrimientos que comúnmente se utilizan son:

b.1. Grado M.

Recomendado para el transporte de materiales cortantes y de granulometría elevada: granito, cuarzo, rocas duras, vidrios, etc. La temperatura máxima de utilización es de 60 °C.

b.2. Grado N.

Esta calidad de goma es adecuada para el transporte de materiales abrasivos y relativamente duros: antracita, arena, piedras calcáreas, etc. La temperatura máxima de operación es de 60°C.

b.3. Anti abrasivo.

Especialmente concebido para el transporte de materiales con un gran poder de desgaste (granulometría fina). La temperatura máxima de utilización es de 60°C.

b.4. Anti llama.

Está indicada para el empleo en el interior de minas con presencia de gas Grisú (gas explosivo formado por una mezcla de metano y aire), y en general para atmósferas potencialmente explosivas.

b.5. Anti aceite.

Fabricado a base de caucho, resiste con gran ventaja sobre otros cauchos de uso general el ataque de aceites, grasa y prácticamente de todo tipo de hidrocarburos. La temperatura máxima de utilización es de 120°C.

b.6. Neopreno.

Resistente a la acción de ácidos y álcalis y moderadamente a grasas y aceites. Además presenta buenas propiedades mecánicas y soporta temperaturas máximas de 130 °C.

2.3.3. Bandas Transportadoras De PVC

Se emplean para el transporte interior de productos manufacturados y/o a granel, en la mayoría de los sectores industriales: alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales, etc...

Fabricadas, también, con núcleo textil de poliéster pero con coberturas de PVC, poliuretano o silicona.

Según el tipo de producto a transportar se determinará la calidad de la cobertura:

- Blanca alimentaria (PVC o Poliuretano).
- Resistentes a grasas y aceites vegetales, animales o minerales.
- Resistente a la abrasión.
- Resistente a los cortes.
- Anti llama.
- Antiestáticas permanentes

En las figuras 15 y 16 se muestra algunas aplicaciones de las bandas transportadoras PVC.



Figura 15



Figura 16

Figura 15. Transportación de Sólidos a granel

Figura 16. Transporte de Frutas

Fuente: (Servindustria, 1923)

2.3.4. Bandas Transportadoras Modulares

Se fabrican con materiales FDA (polietileno, polipropileno y poli acetal), permiten un amplio rango de temperatura de utilización (-70 a 105°C) y presentan las ventajas de su fácil manipulación, limpieza y montaje a la vez que una gran longevidad.

Sus principales aplicaciones son:

- Congelación
- Alimentación
- Embotellado
- Conservas

En la figura 17 y 18, se muestra diferentes tipos de bandas modulares.

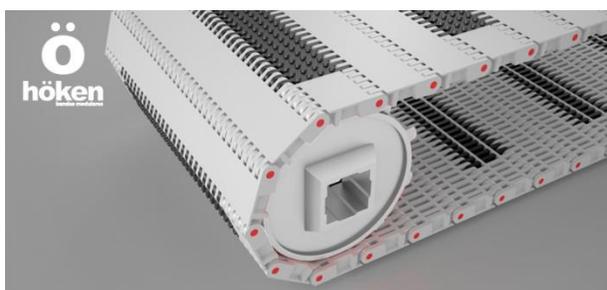


Figura 17

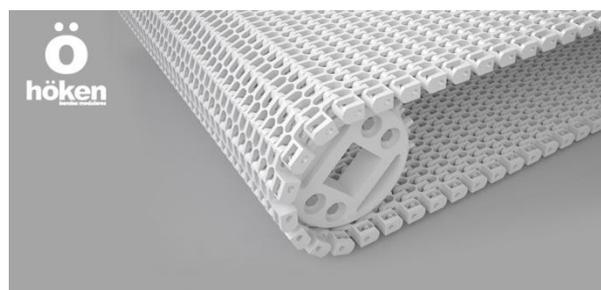


Figura 18

Figura 17. Banda Modular Corrugada

Figura 18. Banda Modular trenzada.

Fuente: (HÖKEN_S.A., 1954)

2.3.5. Bandas Transportadoras De Teflón Y Silicona

Su composición a base de tejidos de fibra de vidrio con impregnación de teflón o silicona les confiere gran anti adherencia, resistencia frente a agentes químicos como ácidos o disolventes y resistencia térmica (de -60°C a 260°C). Sus principales campos de aplicación son:

- Bandas para túneles de serigrafía, secaderos, selladuras, hornos de acción en continuo.
- Recubrimiento de tolvas y superficies para facilitar el deslizamiento.
- Aislante eléctrico.
- Manipulación de productos pegajosos y adhesivos

En la figura 19 se muestra las bandas de teflón y silicona.



Figura 19. Bandas Transportadoras De Teflón Y Silicona

Fuente: (CAUNOR_S.L., 1994)

2.3.6. Bandas Transportadoras De Valla Metálica

Fabricadas en distintos metales y aleaciones, generalmente están constituidas por espiras de alambre unidas entre sí por varillas onduladas o rectas. Permiten su utilización en aplicaciones extremas de temperatura (de -180°C a 1200°C) cuando hay corrosión química o están expuestas al medio ambiente.

Tanto por los materiales empleados como por los tipos de banda, las posibilidades de fabricación son infinitas y las aplicaciones más usadas son:

- Congelación – enfriamiento
- Hornos
- Sinterizado
- Filtrado
- Lavado.

2.4. Perfiles De Las Bandas Transportadoras

Para mejorar la capacidad de transporte o el guiado de la banda, es frecuente recurrir a la ayuda de perfiles. Estos se sueldan a la banda bien con aire caliente o por alta frecuencia.

Las posibilidades de colocación son muy variadas, por lo que es necesario estudiar cada caso concreto y elegir la disposición que garantice el mejor funcionamiento. Los más comunes son:

- Perfil transversal único
- Perfil transversal doble
- Perfil en forma de "V"
- Perfil guía interna
- Perfiles laterales de contención
- Perfil transversal único con laterales de contención

En la figura 20 se muestra los perfiles antes mencionados

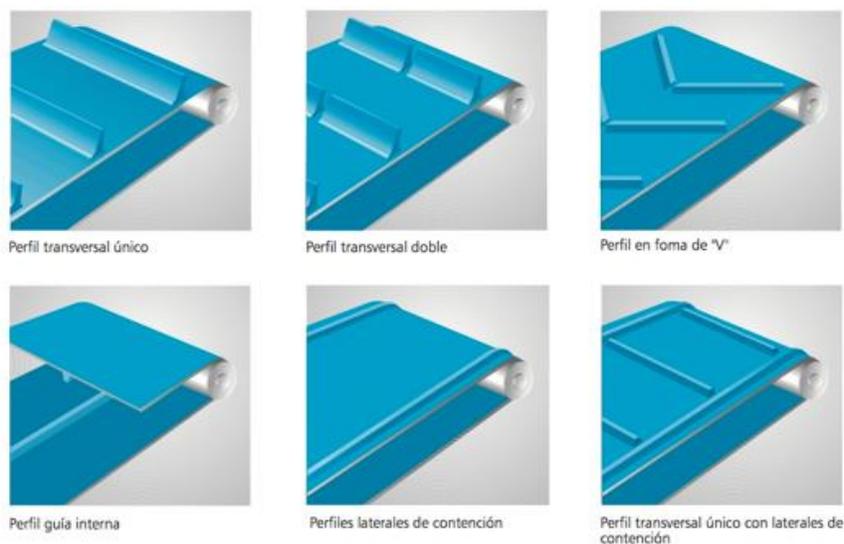


Figura 20. Perfiles De Las Bandas Transportadoras

Fuente: (Bandas Industriales_S.A, 1987)

Por ejemplo, cuando se requiere que la banda transportadora tenga un grado de inclinación, los perfiles que se emplean para este tipo de aplicación son los transversales y los bordes de contención. Como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Perfil Transversal

Fuente: (Kunstmann, 1974)

2.4.1. Descripción del funcionamiento

El funcionamiento depende de la forma como se haga el transporte de los elementos sobre la banda, es decir se los puede hacer mediante bandas transportadoras o rodillos transportadores.

2.4.2. Funcionamiento de las bandas transportadoras

Este tipo de transportadores continuos están constituidos básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en la parte superior. Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión. Ver figura 22.

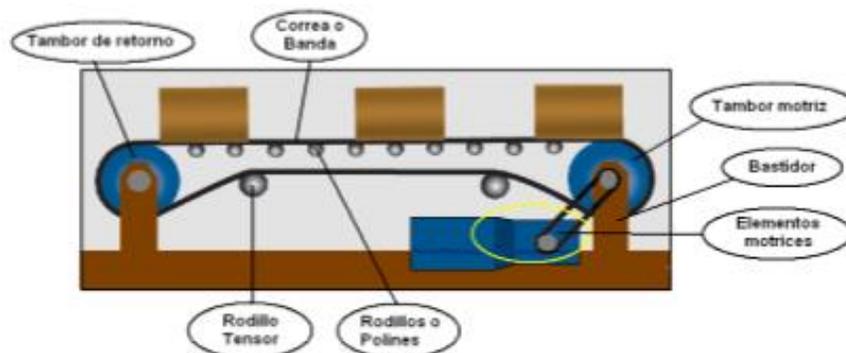


Figura 22. Banda Transportadora

Fuente: (Equipos el Prado S.A., 2009)

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

Energía.- Es la capacidad para realizar un trabajo

Potencia.- Es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía.

Tensión en una correa.- Es una fuerza que actúa a lo largo de la banda, tendiendo a que sufra elongación. La tensión de la correa es medida en Newton.

Torque.- Es el resultado de una fuerza que produce rotación alrededor de un eje.

Trabajo.- Es la energía utilizada para aplicar una fuerza a un cuerpo haciendo que este recorra una distancia.

2.4.3. Funcionamiento de rodillos transportadores

El sistema de rodillos funciona por medio de un motor de rotación, el cual a través de cadenas, bandas u otro elemento transfiere esta energía a los diferentes rodillos, lo cual hace que el sistema opere de una manera eficiente haciendo rodar todos los rodillos a una misma velocidad.

2.5. Fundamentos teóricos para el diseño, cálculo y construcción del sistema de transportación de transportación

2.5.1. Funcionamiento del sistema de transportación

Una banda transportadora es un medio utilizada para el desplazamiento de materiales desde un punto A, hasta un punto final B. para efectuar el trabajo de mover el material, la banda requiere potencia que es proporcionada por tambor motriz o una polea de conducción.

El torque del motor transforma en fuerza tangencial, llamada también tensión efectiva, a la superficie del tambor motriz. Este es el tirón o tensión requerida por la banda para mover el material de A hasta B (ver figura 23) y es la suma de las siguientes tensiones:

- La tensión para vencer la fricción de la banda y de los componentes en contacto con ella.
- La tensión para vencer la fricción de la carga.
- La tensión para aumentar o disminuir debido a los cambios de elevación.



Figura 23. Tensión en una correa

Fuente: (Vizuite Alcocer, 2010)

A continuación se presentan las figuras 24(a) y (b), que ilustran como la banda debe ser diseñada con una suficiente flexibilidad transversal en la zona de carga propiamente dicha. Para una banda transportadora vacía, la banda debe hacer suficiente contacto con el centro de los rodillos, caso contrario, no funcionara correctamente. En la figura 24(a), la correa está demasiado estirada para hacer

contacto con el centro de los rodillos, mientras que en la figura 24(b), el contacto es suficiente como para guiar la banda a lo largo de su recorrido.

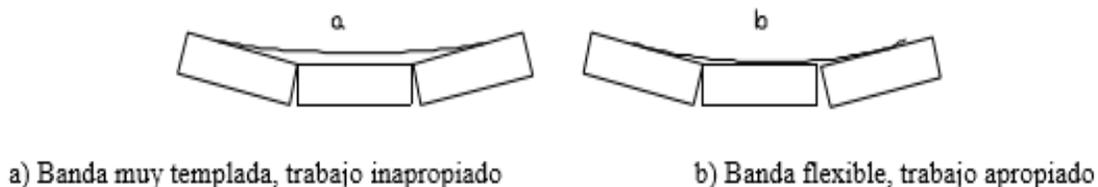


Figura 24. Tensión en la correa de una banda transportadora

Fuente: (Vizuet Alcocer, 2010)

2.5.2. Cálculos para la construcción del sistema de transportación

Cálculo de la holgura de la banda.- Según el autor TRÁN Taylor, en su tesis "Diseño e implementación de un sistema automatizado para un prototipo clasificador de huevos" 2009, pág. 24, menciona: La holgura "se halla en los costados de la banda, esta permite tener un margen de espacio utilizado para impedir que el material a transportar se detenga".

$$c = 0,055(B + 0,9) \quad (1)$$

Dónde:

c = Holgura de la banda (pulg).

B = Ancho de la banda (pulg).

Cálculo del ancho plano de la banda.

El ancho plano de la banda (A_p) es donde se ubicará el material a ser transportado.

$$A_p = 0,371B \quad (2)$$

Cálculo de la banda completamente cargada

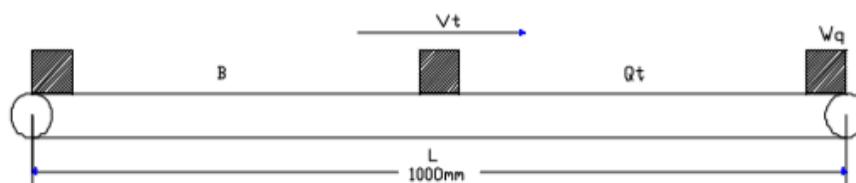
La capacidad de transportación (Q_t) y su velocidad (V_t), ver figura 25 se definen mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q_t = m_q * \text{número de los objetos transportados en una hora} \quad (3)$$

Dónde:

Q_t = Capacidad de transportación [Tn/h]

m_q = Masa de la carga [Kg]



V_t = Velocidad de transportación, Q_t = Capacidad de transportación, (L) = Distancia entre centros, W_q = Peso de la carga

Figura 25. Diagrama de un sistema de transportación

Fuente: (Vizuet Alcocer, 2010)

Cálculo de la velocidad de la banda transportadora

$$VT = \frac{L}{t} \quad (4)$$

Dónde:

VT = Velocidad de transportación [m/s]

L = Espacio entre centros de los rodillos [m]

t = Tiempo que tarda la carga "q" en recorrer la distancia L [s]

Cálculo de la tensión de la banda transportadora

La tensión efectiva (T_1). Se define como la fuerza transmitida por el motor cuando la banda gira alrededor del tambor de accionamiento, ver figura 26.

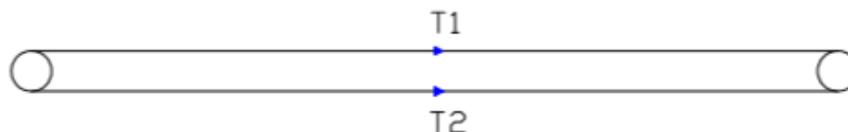


Figura 26. Diagrama de tensiones

Fuente: (Vizuet Alcocer, 2010)

La tensión efectiva (T_E).- Se define como la fuerza transmitida por el motor cuando la banda gira alrededor del tambor de accionamiento.

A continuación, se procederá a calcular las diferentes variables que influyen en el cálculo de la tensión efectiva.

$$T_E = T_X + T_Y + T_Z \quad (5)$$

Para el cálculo de la tensión efectiva, deben considerarse tres componentes:

$$T_X = \mu * L_C * W_m \quad (6)$$

$$T_Y = \mu * L_C * Q \quad (7)$$

$$T_Z = H * Q \quad (8)$$

Dónde:

T_E = Tensión efectiva [N]

T_X = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N]

T_Y = Tensión necesaria para mover la carga horizontalmente [N]

T_Z = Tensión necesaria para levantar o bajar la carga [N]

μ = Coeficiente de fricción entre la banda y tambor motriz (ver anexo7 Tabla I)

L_C = Valor ajustado de la distancia entre centros (L) del transportador [m]

W_m = Peso de las piezas en movimiento (rodillos, banda, etc.) [Kg/m]

Q = Razón de la carga [kg/m]

H = Altura de la banda [m]

Peso por unidad de largo que soporta la banda (W_m), utilizando el método de cálculo que presenta CEMA [2], se tiene que:

$$Q = \frac{33,3 * Q_t}{V_t} \quad (9)$$

Dónde:

Q_t = Capacidad de potencia [T_n/h]

V_t = Velocidad de transportación de la banda [m/s]

La componente (T_z) será positivo si se trata de elevar la carga, negativo si se trata de bajar la carga y cero si el transportador es horizontal como en nuestro caso.

La suma de las tres componentes indicadas es la tensión efectiva (TE) en [N] Tensión de la banda en el lado de retorno (T_2).- la tensión efectiva (TE) es la tensión necesaria para mover la banda vacía, para mover la carga en sentido horizontal y la tensión que resulta de levantar o bajar la carga. Sin embargo, esta no es la tensión total que se ejerce sobre la banda. En sistemas de transmisión por fricción hay que considerar una tensión adicional con el fin de evitar deslizamiento en el tambor de accionamiento. Esta tensión adicional es también la tensión de la banda en el lado de retorno las cuales están determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$T_2 = K * T_E \quad (10)$$

$$T_1 = e^{\mu \cdot \theta} * T_2 \quad (11)$$

Dónde:

T_2 = Tensión en el lado flojo

T_1 = Tensión en el lado tenso

$e^{\mu \cdot \theta}$ = Coeficiente entre el ángulo de contacto y coeficiente de fricción

K = Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y arco de contacto

T_E = Tensión efectiva

Cálculo del torque y la potencia de la banda transportadora

Para que todo sistema (banda transportadora, elevadores, etc.) pueda impulsarse con la carga el sistema necesita de un torque (T) así como también de una potencia (P) necesaria, la misma que se suministra desde un motor eléctrico estos parámetros se puede obtener mediante las siguientes ecuaciones:

$$T = (T_1 - T_2) * R_r \quad (12)$$

$$n = \frac{V_t * 60}{\pi * D_r} \quad (13)$$

$$P = (T_1 - T_2) * V_t \quad (14)$$

Dónde:

T = Torque [N.m]

P = Potencia [Watts]

T₁ = Tensión lado tenso [N]

T₂ = Tensión lado flojo [N]

R_r = Radio del rodillo [m]

n = Velocidad de rodillo [rpm]

V_t = Velocidad de transportación [m/s]

π = 3.1416

D_r = Diámetro del rodillo [m]

Cálculo del ángulo de contacto del rodillo y la banda

Los ángulos de contacto que existen entre el rodillo motriz y conducido con la banda se determinan aplicando correctamente las ecuaciones que se ilustran a continuación:

$$\theta d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} \quad (15)$$

$$\theta D = \pi + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} \quad (16)$$

Dónde:

θd = Ángulo de contacto en el rodillo arrastrado o conducido

θD = Ángulo de contacto en el rodillo motriz

d_r = Diámetro rodillo arrastrado o conducido

D_r = Diámetro del rodillo motriz

L = distancia entre centros de los rodillos

Cálculo de la longitud de la banda

Para calcular la longitud de la banda se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$L_b = 2L + 1,57 * (D_r + d_r) + \frac{(D_r - d_r)^2}{4L} \quad (17)$$

Dónde:

L_b = Longitud de la banda [m]

L = Distancia entre centros de los rodillos [m]

D_r = Diámetro del rodillo motriz [m]

d_r = Diámetro del rodillo arrastrado [m]

2.6. Motores Utilizados Para El Accionamiento De Las Bandas Transportadoras

Los motores de las bandas transportadoras son en general trifásicos, de 60 Hz en unidades de 220 voltios, 220/440V voltios, 550 y 208 voltios de cuatro conductores. Son también utilizados motores con alimentaciones de 240 y 480 voltios. Aunque existen muchas bandas transportadoras con transmisiones de velocidad ajustable que utilizan motores de inducción (corriente alterna) también existen transmisiones con motores de corriente continua especialmente en aplicaciones donde se requieren ajustes precisos de velocidad, por ejemplo en aplicaciones donde se requiere obtener una sincronización de bandas transportadoras.

Una de las ventajas de los accionamientos con motores de corriente continua radica en la facilidad de diseño del circuito de control y potencia; debido a la simplicidad de diseño los accionamientos de corriente continua son una excelente opción en el diseño y construcción de bandas transportadoras.

El Motor a utilizar para esta aplicación se lo remarca en la siguiente tabla.

Tabla 1

Catálogo Motor Siemens

Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia η %	Factor de potencia Cos ϕ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m ²	Peso kg
			HP	kW		220V A	440V A								
25000001108	1LA7 070-4YC60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
25000001109	1LA7 070-4YA60	71M	0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
25000001110	1LA7 071-4YA60	71M	0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
25000001111	1LA7 073-4YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
25000001113	1LA7 080-4YA60	80M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1
25000001114	1LA7 081-4YA60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	70	0,85	1675	5,10	2,2	3,7	0,0018	9,3
25000001115	1LA7 083-4YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,00	2,50	72	0,89	1650	6,48	1,8	3	0,0018	9,3
25000001117	1LA7 090-4YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,00	3,50	77	0,80	1700	8,38	2,2	4,4	0,0028	12,1
25000001118	1LA7 094-4YA60	90S/L	2,4	1,79	1,05	7,40	3,70	77	0,86	1690	10,12	2	4,5	0,0035	14,9
25000001119	1LA7 096-4YA60	90S/L	3	2,24	1,15	9,60	4,80	79	0,83	1708	12,51	1,8	3,6	0,0035	14,9
25000001120	1LA7 111-4YA60	112M	4	2,98	1,15	13,00	6,50	76,3	0,79	1750	16,28	2,2	5,6	0,0048	27,1
25000001121	1LA7 112-4YA60	112M	5	3,73	1,15	15,80	7,90	80,5	0,78	1740	20,47	2,3	6,5	0,0058	28,7
25000001122	1LA7 113-4YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,60	9,80	78	0,83	1740	27,02	2	6	0,011	31
25000001123	1LA7 114-4YA60	112M	7,5	5,60	1,15	23,20	11,60	80	0,79	1740	30,71	2,2	5,6	0,011	32,7
25000001124	1LA7 131-4YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,80	14,40	81	0,84	1750	40,71	2,3	6	0,018	46,5
25000001125	1LA7 133-4YA70	132S/M	12	8,95	1,05	34	17,00	81,2	0,83	1750	48,85	2,5	6,6	0,024	49

Fuente: (Siemens S.A, 2002)

Para el debobinado utilizamos el siguiente motor ver la figura 27.



Figura 27. Motor Trifásico

Fuente: (Siemens, 2005)

2.7. Controlador Lógico Programable

Un autómata programable industrial (API) o un Controlador Lógico Programable, es un equipo electrónico en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Como su nombre lo indica, se encarga de realizar tareas de control en un determinado proceso industrial basado

en una CPU que utiliza instrucciones de programación para tomar decisiones de encendido y apagado. Este sistema posee un microprocesador que puede ser programado desde un panel programador, a partir de un teclado mediante un cable de comunicación. (Autómatas, 2001)

El PLC está diseñado para recibir señales de entradas, procesarlas y de acuerdo al programa enviar señales de salidas en respuestas a la lógica de programa. El programa generalmente posee contactos, salida, temporizadores, funciones y matemáticas, etc. (Autómatas, 2001)

2.7.1. Descripción de las características técnicas del PLC

2.7.2. Partes de un PLC

Los controladores Lógicos Programables se hallan constituidos de las siguientes partes:

- Fuente de poder
- Unidad Central Procesos (CPU)
- Módulos de memoria
- Módulos de entrada y salida
- Sección de programación
- Módulos periféricos

(Santiago, 2017)

2.7.3. Lenguajes de programación

Los investigadores mencionan que: según la norma **IEC 1131-3** se especifica los siguientes lenguajes de programación para los PLC's:

KOP (esquema de contactos) en un lenguaje de programación gráfico. La sintaxis de las instrucciones es similar a la de un esquema de circuitos. KOP permite

observar la circulación de la corriente a través de contactos, elementos complejos y bobinas.

AWL (lista de instrucciones) es un lenguaje de programación textual orientado a la máquina. En un programa creado en AWL, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que la CPU ejecuta el programa. Para facilitar la programación, AWL se ha ampliado con estructuras de lenguaje de alto nivel, tales como accesos estructurales a datos y parámetros de bloques.

FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación gráfico que utiliza los cuadros del álgebra booleana para representar la lógica. Asimismo, permite representar funciones complejas (p.ej. funciones matemáticas) mediante cuadros lógicos.

2.7.4. Modos de operación del PLC

El PLC posee dos modos de operación los mismos que se dan a conocer a continuación:

- **Modo STOP.**- finaliza la ejecución del programa del S7-200.
- **Modo RUN.**- ejecuta el programa del S7-200.

2.7.5. Funciones de un PLC

Los modernos controladores lógicos programables poseen funciones básicas elementales así como también funciones complejas, las cuales se describen a continuación:

- Detección
- Mando
- Dialogo hombre-máquina (HMI)

- Programación
- Redes de comunicación
- Sistemas de supervisión
- Control de procesos continuos
- Entradas y salida distribuidas

2.7.6. Campos de aplicación

Los controladores lógicos programables por sus especiales características de diseño tienen un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software a nivel mundial, amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales por ejemplo:

- Maniobra de máquinas industriales en procesos variables.
- Maniobra de instalaciones de aire acondicionado, calefacción, neumática, hidráulica, etc.
- Señalización y control de estados de procesos
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

2.7.7. Ventajas de los PLC's

- Menor costo, mantenimiento y consumo de potencia.
- Aumenta la fiabilidad del sistema.
- Se puede conectar varios PLC's. (integración de redes).
- Reemplaza muchos elementos de mando electromecánicos (menor espacio).
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómatas.
- Posibilidad de realizar grandes modificaciones en el funcionamiento de un sistema automático con solo realizar un nuevo programa y mínimos cambios de cableado en tiempos mínimos.
- Almacena programas para su posterior y rápida utilización.

2.7.8. Desventajas de los PLC's

- Susceptibilidad a ambientes y corrosivos, etc.
- Existe un lenguaje de programación para cada tipo de PLC's.
- Necesita personal calificado para su programación e instalación,
- La vida útil de los PLC's con salidas a relés dependerá de la vida útil de los contactos.

2.7.9. Tipo de PLC

El tipo de PLC (ver anexo A columna 2) que se va a adquirir tiene que cumplir con todos los requerimientos que exige la construcción del módulo didáctico de control de posicionamiento de una banda transportadora, existe factores determinantes para escoger el tipo de PLC como:

2.7.10. Parte eléctrica

La CPU se alimenta con un rango de voltaje entre 120 a 240 Vca. El PLC se puede manejar con diferentes voltajes de E/S (ver anexo B tabla specification) y esto depende del voltaje que se tiene disponible en el laboratorio de control y el voltaje que se aplicará a las cargas (salidas del PLC).

Las salidas que van a manejar el PLC son: entradas digitales del driver 24 Vdc., indicadores de inicio ciclo y fallo del driver y para el encendido de la bobina de contactor 220 Vac.

2.7.11. Tipo de CPU

El CPU que se va a escoger para el PLC es de acuerdo a las E/S (entradas y salidas), la memoria, para más detalles se puede observar en el cuadro comparativo (ver anexo A columna 2), donde tenemos las características que se aproxima a nuestras necesidades.

2.8. Hipótesis

Con el diseño e implementación del sistema automático de etiquetado de empaques en la Empresa Grupo Familia, se reduce de esta manera sistemáticamente el tiempo y los costos de maquilado.

2.9. Variables De La Investigación.

Variable independiente: Diseño mecánico, construcción y automatización del sistema móvil para el etiquetado de empaques.

Variable dependiente: Controlar la velocidad de la banda al transportar los empaques y la adhesión de los adhesivos promocionales al mismo, obteniendo disminuir tiempos y costos.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Antecedentes investigativos

En la actualidad las Empresas se enfrentan a un mundo globalizado, donde compiten por mantenerse dentro del mercado cada vez más exigente. Estos nuevos retos se traducen en la necesidad de incrementar la producción, mejorar la calidad de los productos, disminuir costos de producción, controlar los inventarios de materia prima, optimizar el recurso humano, etc. El Área de Embotellado de Cervecería Nacional C.N. Planta Quito genera una gran cantidad de información que debe ser recolectada, analizada y almacenada; toda esta información está asociada dentro de cinco grandes grupos: Eficiencia y Velocidad, Operación y Mantenimiento, Producción, Down Times y Calidad-IQMs. (Santillan Gordon, 2008).

Diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico, con un sistema de posicionamiento de una banda transportadora controlado por medio de PLC y TD-200 para el laboratorio de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi. (Vizuet Alcocer, 2010)

El proyecto de Investigación de botellas cilíndricas para la Técnica de Ambato, se realizó debido a la importancia de implementar un sistema de etiquetado automático para mejorar la producción en el prototipo de embotelladora y a su vez de implementar con elementos prácticos el Laboratorio de Automatización. Inicialmente se recopiló información básica acerca del proceso de etiquetado, de los tipos de máquinas etiquetadoras existentes y la teoría que ayuda a entender el funcionamiento y comportamiento de los diferentes elementos constitutivos de la máquina. Para seleccionar la mejor opción que permita mejorar el etiquetado y a su vez la producción dentro del prototipo de embotelladora se conformaron 3 alternativas en los cuales se

realizó un análisis orientado a la funcionalidad, mantenimiento, operación y costo de fabricación. Luego de haber obtenido la mejor opción se procede a diseñar y seleccionar cada uno de los elementos que conforman la Máquina Etiquetadora. Después del diseño de cada uno de los elementos de la máquina se realiza un análisis económico para obtener el costo aproximado de la construcción de la Máquina Etiquetadora. Para todos los elementos que se van a fabricar se muestra hojas de procesos facilitando de esta manera la construcción de las partes constitutivas de la Máquina. Al final se presenta documentación que facilita el entendimiento. Procedimiento y selección de los componentes, accesorios; además incluye planos de cada una de las partes fabricadas. (Carrillo & Criollo, 2013)

El presente trabajo de investigación para el etiquetado de frascos, se llevó a cabo debido a la importancia del sistema dentro del proceso de producción para la fábrica; además con la finalidad de eliminar uno de los cuellos de botella que por años no se ha logrado superar. Primeramente se realizó la recopilación de la información básica acerca del proceso de etiquetado, del tipo de máquinas etiquetadoras existentes en el mercado; la información recopilada permitió comprender el funcionamiento de los diferentes sistemas la misma que nos permitió generar tres alternativas de solución las cuales fueron analizadas bajo criterios como: capacidad de producción, bajo costo de implementación, facilidad de mantenimiento, espacio, manejo y versatilidad. Una vez elegida la mejor alternativa se procedió al diseño y selección de los elementos que constituye la etiquetadora. Después se realizó un análisis económico para determinar el costo de construcción de la máquina. Para finalizar se presentó la solución adoptada que se implementó en la Fábrica de mermeladas LA CARLITA, con sus respectivos cálculos, planos y recomendaciones de funcionamiento con el fin de evitar fallas prematuras en el sistema. (Hidalgo & Patín, 2015)

3.2. Modalidad de la Investigación

Para definir el presente proyecto se realizó una relación entre el diagnóstico-problema – proyecto - solución respondiendo principalmente las siguientes dos

preguntas: ¿Cuál es el problema? y ¿Se solucionará el problema?, para lo cual se seguirá el siguiente procedimiento:

- Para iniciar el proyecto se toma una investigación bibliografía, esto se lo realiza para tener una visión general entre el diagnóstico y el problema.
- Utilizando el método inductivo a través del análisis del, problema para determinar los requerimientos del proceso y de esta manera comenzar con la implementación, obteniendo así la relación del problema y el proyecto.
- Para finalizar utilizaremos una investigación experimental, la cual mediante el análisis cuantitativo del tiempo del proceso nos ayudara a valorar la eficiencia del sistema.

3.3. Tipos de investigación

3.3.1. Investigación bibliográfica

El proyecto a desarrollarse inicia con la recopilación de información en materiales bibliográficos, uno de los principales pilares de la investigación fueron las tesis que presentan características similares a nuestro proyecto manejándose en el enfoque de realizar una etiquetadora para mejorar la producción y de igual manera con la ayuda de artículos científicos, catálogos, páginas web, libros de ingeniería y automatización, logrando obtener información importante para el diseño y desarrollo de la maquina etiquetadora automática.

3.3.2. Investigación de método inductivo

Al realizar la investigación con este método recopilaremos u obtendremos la información teórico-práctico del proyecto que será implementado en la empresa, con los resultados de la investigación y el acoplamiento de los equipos que fueron utilizados en proyectos homólogos, para esto se requiere tener una vasta información para lograr satisfacer los requerimientos de Grupo Familia.

3.3.3. Investigación experimental

Para la utilización de este tipo de investigación, iniciamos en analizar las posibles soluciones al problema, para esto se verificaron diferentes variables como espacio, tiempo y costo de producción, además se obtiene información del proceso manual, para establecer las condiciones que pueden ser mejoradas.

3.3.4. Diseño de la investigación

Se da comienzo a la investigación recopilando los datos de etiquetado manual, a partir de estos se analiza el requerimiento solicitado por la empresa, de esta manera se comienza el diseño de la máquina para la cual se requiere utilizar componentes de alto stock en el mercado, dicho objetivo se cumple cuando el problema planteado sea resuelto. El objetivo principal del proyecto es el diseño y la implementación de una máquina automática que tiene su fin de etiquetar adhesivos promocionales en cada empaque suministrado a la máquina.

3.4. Niveles de la investigación

3.4.1 Exploratoria

Como primer paso a seguir de la investigación se analiza como es el etiquetado de los empaques en la empresa, esto se da a notar que no disponen de un sistema que se lo realiza de manera manual, generando costos altos y retrasos en la producción. Después de este análisis hemos concluido que se debe implementar un proyecto de tal magnitud que esté acorde a las necesidades de la empresa.

3.4.2. Descriptiva

Este siguiente paso utilizaremos para el planteamiento de la hipótesis que surgió del análisis de la exploración a la empresa y su finalidad, con esta investigación se

definió los procesos y tiempos del proyecto los cuales es de etiquetar adhesivos a los empaques.

3.4.3. Investigación explicativa

En este último paso que detallaremos se tomara en cuenta la descripción del proyecto y se explicaran las causas que originan el estudio, se pide una explicación del objetivo del proyecto. ¿Qué problema tiene la empresa al etiquetar?, ¿Cómo solucionar el problema que existe al momento de adherir los adhesivos?

3.5. Técnicas de recolección de datos

3.5.1. Inspección de la empresa

Se analizan todos los recursos que recopilen información, para ello se empieza con una inspección visual de los métodos utilizados al realizar el etiquetado, se verifican y analizan las tareas realizadas para de esta forma justificar el proyecto de esta manera dar validez a la investigación, se obtienen además datos estadísticos los cuales nos ayudan a visualizar de mejor manera el enfoque productivo, se logra determinar la selección adecuada de elementos necesarios para el desarrollo del proyecto, como es el caso de verificar los tiempos en realizar el etiquetado.

3.5.2. Técnicas de comprobación de hipótesis

Mediante los datos obtenidos en las investigaciones, se puede realizar una comparación entre las actividades manuales y el aporte que tendrá para la empresa el tener una máquina para el desarrollo de esta actividad, comprobando de esta forma una reducción del tiempo empleado, haciendo de este proceso una aplicación más eficiente.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta los resultados que se obtuvieron luego de la investigación, permitiendo ser analizados y posteriormente ser utilizados para el desarrollo del proyecto, como es la selección de componentes para el desplazamiento de la banda transportadora, el uso de diferentes tipos de sensores y el sistema de etiquetado de los adhesivos en los diferentes empaques utilizando un entorno de programación de PLC.

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Descripción del proyecto

En la empresa Grupo Familia no se dispone de un sistema de etiquetado automático, esto se lo realiza forma manual, los datos se adjunta en la siguiente tabla

Tabla 2

Datos etiquetado manual

Cantidad	Detalle	1 Operario	2 Operarios
8	Etiquetado	1 minutos	30 seg.
480	Etiquetado	60 minutos	30 minutos
1500	Etiquetado	187.5 minutos	93.75 minutos

Es muy importante para realizar del proyecto, conocer los diferentes componentes y dicho funcionamiento de cada uno de los elementos a utilizar para el diseño y desarrollo de la máquina.

Para lograr el mejor diseño de nuestra máquina etiquetadora y que cumpla con todos los parámetros que necesita la empresa, se revisaron los siguientes proyectos tesis.

Escuela Politécnica Nacional

“Diseño De Un Sistema De Gestión De Procesos Para El Área De Embotellado De Cervecería Nacional C.N- Planta Quito.” (Santillan Gordon, 2008)

En el proyecto descrito anteriormente se priorizan los procesos buscando tener más control de los mismos garantizando de esta manera su producto final

Universidad Técnica De Ambato

“Estudio De Una Etiquetadora De Botellas Cilíndricas Para Mejorar La Productividad En El Prototipo De Embotelladora En El Laboratorio De Automatización De La Facultad De Ingeniería Civil Y Mecánica De La Universidad Técnica De Ambato”. (Carrillo & Criollo, 2013)

El estudio mencionado nos ayudara a establecer relaciones entre los componentes requeridos en este tipo de aplicaciones, buscando la manera más eficiente de aprovechar los recursos.

4.1.2. Sensores a utilizados

a. Sensor de Proximidad.

Un sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor ver figura 28.

Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan (anexo C). Los más comunes son los interruptores de posición, los detectores capacitivos, los inductivos y los fotoeléctricos, como el de infrarrojos.

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de

disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF". (Intelligence, 2016)

El funcionamiento es similar al capacitivo; la bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado. (Intelligence, 2016)



Figura 28. Sensor de Proximidad

Fuente: (Intelligence, 2016)

b. Sensores de etiquetas ópticos.

Se caracterizan por tener una frecuencia de conmutación muy alta, (anexo D) un tiempo de respuesta corto y una alta resolución ver figura 29. Una amplia abertura entre las horquillas ofrece suficiente espacio para etiquetas de material más gruesas. Versiones con el flanco inferior muy plano permiten la detección de etiquetas directamente en el extremo del alimentador, garantizando el aumento la precisión de la transferencia de etiquetas en forma considerable. (Pepperl-Fuchs, 2011)



Figura 29. Sensor Óptico

Fuente: (Pepperl-Fuchs, 2011)

4.1.3. Variadores de Frecuencia.

SINAMICS V20 tiene un diseño compacto y puede adaptarse individualmente a la aplicación particular o a los requisitos del usuario utilizando varias opciones (por ejemplo, un BOP externo, cable de conexión, filtro, resistencias de frenado, blindaje) anexo E. Los dispositivos compactos son adecuados para aplicaciones industriales, como bombas, ventiladores, compresores y sistemas de transporte. Por otro lado, los convertidores compactos también se pueden usar en entornos residenciales y comerciales, para aplicaciones comerciales, tales como mostradores refrigerados, equipos de acondicionamiento físico, sistemas de ventilación y lavadores comerciales. (Siemens, 1996)



Figura 30. Variador de frecuencia
(Siemens, 1996)

4.2. Comprobación de hipótesis

En la tabla 2, se especifica los tiempos que se demoran uno y dos operadores en realizar el etiquetado manual, de esta manera verificamos que al implementar una máquina etiquetadora se logrará mejorar la eficiencia del proceso, es decir se determinara si el proyecto.

4.2.1. Viabilidad del proyecto

Realizado el análisis se tiene como resultado que el proyecto es factible, así permitiendo la elaboración del diseño con un software de ingeniería asistida por computador (Solid Works) y permitiendo su implementación física con sus diferentes normas establecidas ya en el campo de la empresa.

CAPÍTULO V

TEMA DE LA PROPUESTA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA AUTOMÁTICA DE EMPAQUES PROMOCIONAL PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ODIN 1(PLANTA FLUFF).

5.1. Datos Informativos

Nombre de la empresa: Grupo Familia

Dirección: Provincia De Cotopaxi, Cantón Latacunga, Planta Lasso Grupo Familia.

Tipo de empresa: Producción

Tamaño: Grande

5.2. Objetivos

5.2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar una máquina etiquetadora automática de empaques promocional para la línea de producción Odín 1(planta fluff)".

5.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema eléctrico y mecánico para el etiquetado de empaques.
- Construir el sistema eléctrico y mecánico que facilite el proceso de etiquetado de empaques en la Empresa Grupo Familia.
- Automatizar el sistema para el proceso de etiquetado de empaques, mediante la programación de un controlador lógico programable (PLC).

- Implementar un programador para controlar y establecer los rangos de operación en los procesos de etiquetado de empaques de la Empresa.

5.3. Justificación De Propuesta

Actualmente los procesos industriales han visto la necesidad de mejorar su producción tanto en calidad, como en la eficacia de sus procedimientos.

En el país existe una alta demanda para los productos de aseo personal, por lo que es imprescindible, dar a conocer productos de primera calidad al menor costo posible.

Por lo que es necesario para la empresa, realizar diversas promociones y poder incursionar de mejor manera en el mercado nacional.

5.4. Fundamentación De La Propuesta

En esta sección se menciona la metodología aplicada para realizar el dimensionamiento, diseño, y selección de los diferentes elementos mecánicos de la máquina etiquetadora, con el objetivo que cumpla con todos los requerimientos exigidos por la Empresa Grupo Familia, en las diferentes etapas del etiquetado, como son:

- Transportar los paquetes a ser etiquetados
- Alimentar la cinta con las etiquetas autoadhesivas
- Despegar la película protectora de las etiquetas
- Colocar de forma centrada la etiqueta en el paquete
- Pegar la etiqueta haciendo presión sobre el paquete

5.5. Diseño de la Propuesta

5.5.1. Introducción

En la etapa inicial del diseño se partió de un modelo 3D preliminar de la máquina etiquetadora, el mismo que se fue modificando y optimizando durante el proceso de diseño, con el propósito de alcanzar un estándar de seguridad que garantice que todos los elementos funcionen de forma confiable y resistan los esfuerzos que se crean bajo condiciones de operación extrema, hasta llegar al diseño final, utilizando programas de Diseño Asistido por Computador (CAD) y de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), garantizando así el funcionamiento adecuado y seguro de la máquina etiquetadora

5.5.2. Parámetros De Diseño

En base a los requerimientos funcionales establecidos para la máquina etiquetadora, la cantidad de paquetes que deben ser etiquetados, el peso y las dimensiones de las etiquetas y los paquetes de toallas sanitarias, así como también características que tienen máquinas homólogas en el mercado, se determinan los principales parámetros que influyen directamente en el diseño mecánico de la etiquetadora:

Tipo de máquina etiquetadora:

- Etiquetadora de rollo con banda transportadora

Velocidad máxima de etiquetado:

- 3000 paquetes por hora

Capacidad de transporte:

- 15 paquetes de toallas sanitarias simultáneamente
- Espaciamiento de 150 mm entre cada paquete

Características de los paquetes a transportar:

- Forma: paralelepípedo rectangular

- Dimensiones (en mm): 160 x 120 x 80 (alto x largo x ancho)
- Material exterior: plástico
- Peso máximo: 3,0 N (300 gr) cada paquete

Capacidad del sistema de alimentación de etiquetas adhesiva:

- Rollo de etiquetas de 600 mm diámetro por 50 mm de ancho
- Peso máximo del rollo de etiquetas 200 N
- Dimensiones de cada etiqueta (en mm): 120 x 50 (largo x ancho)

Factor de seguridad mínimo requerido (*FS*):

- 2.5 (Anexo F)

5.5.3. Diseño Conceptual De La Máquina Etiquetadora

Con el objetivo de satisfacer los parámetros de diseño, en la presente sección se selecciona y analiza el diseño conceptual de la mejor variante de las alternativas propuestas, para a continuación realizar los cálculos requeridos, seleccionar los componentes y comprobarlos con la simulación por el método por elementos finitos.

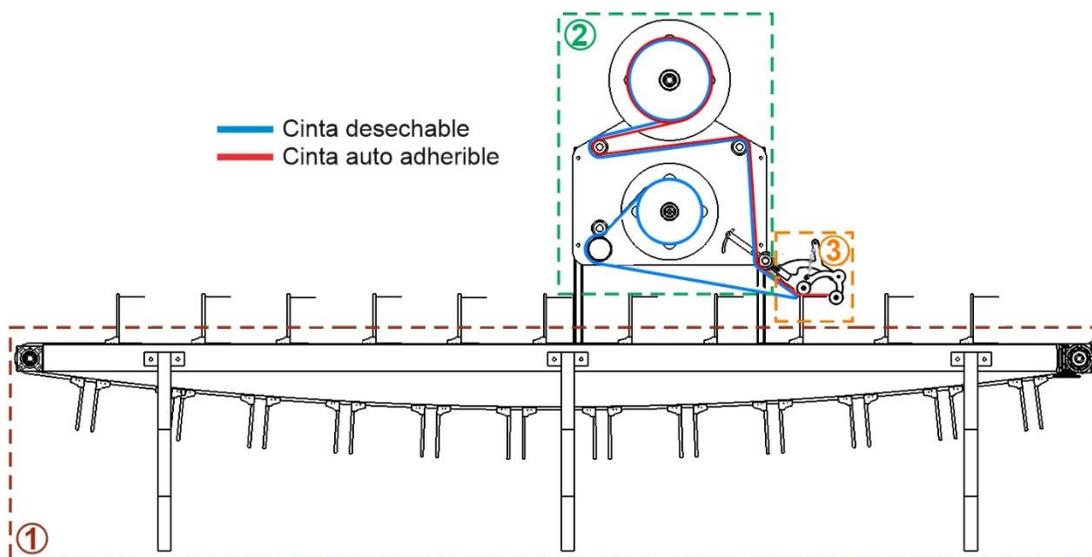


Figura 31. Diseño conceptual de la etiquetadora

De acuerdo con el diseño conceptual concebido para la máquina etiquetadora, mostrada en la figura 31, estará compuesta por los siguientes sistemas principales:

1. **Sistema de banda transportadora**, se encarga de conducir y soportar los paquetes de toallas sanitarias de forma continua y a una velocidad adecuada por las diferentes etapas del proceso de etiquetado.
2. **Sistema para la alimentación de las etiquetas**, dosifica las etiquetas y está compuesto por rodillos para el bobinado de la cinta de etiquetas, los rodillos encargados de tensar la cinta de etiquetas y rodillos para recoger el desperdicio.
3. **Sistema para pegado de las etiquetas**, se encarga de separar la etiqueta de su película protectora para luego mediante un mecanismo mecánico transmitir la presión requerida para pegar las etiquetas a los paquetes.

5.5.4. Diseño Del Sistema De Banda Transportadora

El sistema de banda transportadora tendrá las dimensiones adecuadas para lograr la capacidad de carga máxima de la etiquetadora de 15 paquetes de toallas sanitarias y será accionada mediante un motor eléctrico permitiendo que los paquetes de toallas se desplacen de forma continua a través de las diferentes etapas del proceso de etiquetado.

Los principales elementos del sistema de banda transportadora se muestran en la figura 32.

1. Banda transportadora
2. Sistema de transmisión de potencia
3. Moto-reductor para accionamiento de la banda transportadora
4. Estructura soporte de la banda transportadora

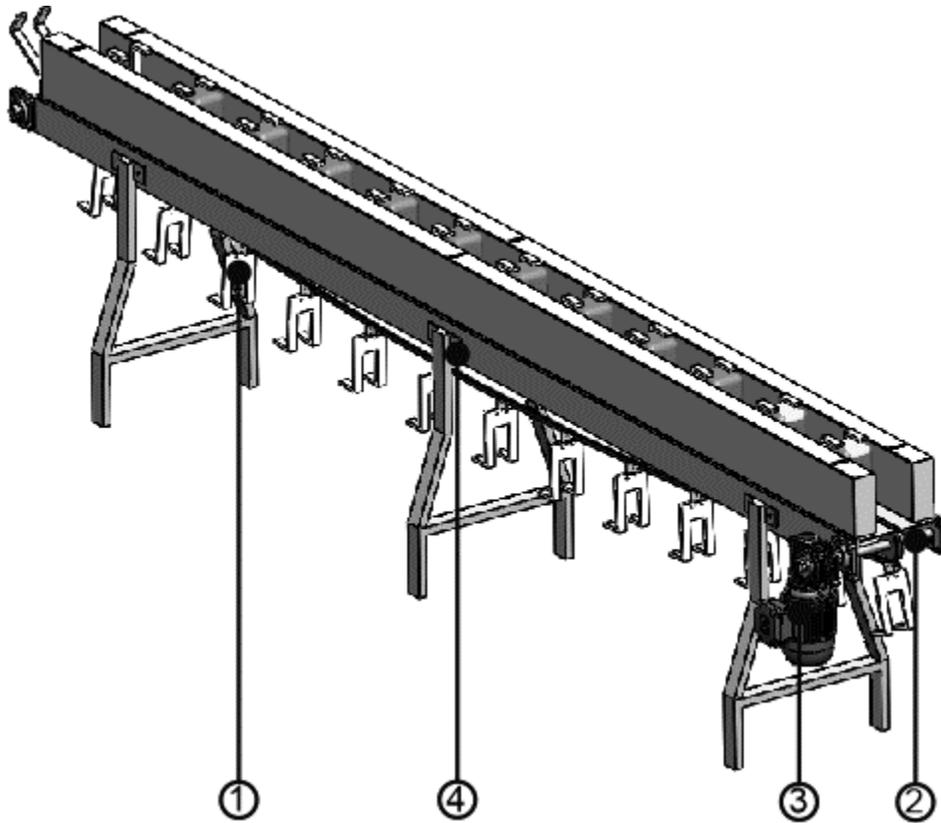


Figura 32. Sistema de banda transportadora

a. Diseño del sistema de banda transportadora

Considerando que en los parámetros de diseño se estableció que la banda debe transportar 15 paquetes de toallas simultáneamente con un espaciado de 150 mm entre cada paquete y estos tienen 120 mm de largo, como se muestra en la figura 33, la longitud entre ejes de la banda transportadora viene dada por:

$$L_{ban} = 15 \cdot L_{et} + 14 \cdot L_{esp} \quad (18)$$

$$L_{ban} = 15 \cdot 120 \text{ mm} + 14 \cdot 150 \text{ mm}$$

$$L_{ban} = 3900 \text{ mm} = 153,5 \text{ plg}$$

Dónde:

L_{et} = Longitud de cada paquete es igual al largo de la etiqueta = 120 mm

L_{esp} = Espaciamiento entre paquetes = 150 mm

L_{ban} = Longitud entre ejes de la banda

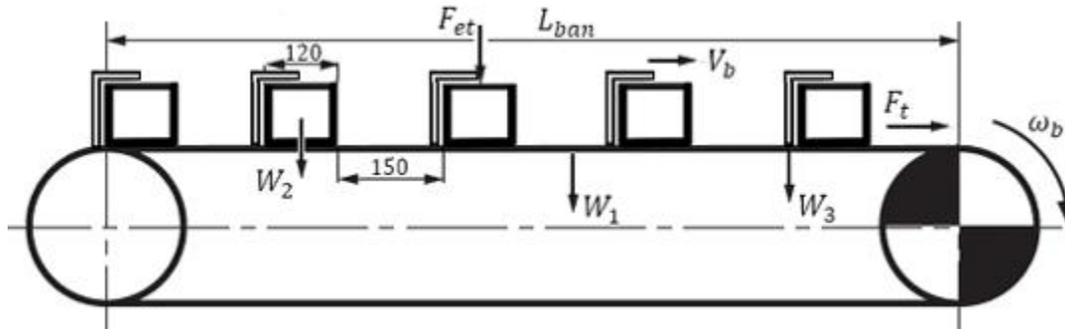


Figura 33. Nomenclatura utilizada para la banda transportadora

Para generar el movimiento de la banda transportadora se utiliza una cadena de rodillos # 40 que tiene una longitud total (L_{cad}) de 8255 mm (27,1 pies), cuyos cálculos se realizan en la siguiente sección. Por lo tanto, el peso total de la cadena (W_1) es:

$$W_1 = L_{cad} * w_1 \quad (19)$$

$$W_1 = 27,1 \text{ pie} * 0,57 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}}$$

$$W_1 = 15,45 \text{ lb} = 68,68 \text{ N}$$

Dónde:

w_1 = Peso de la cadena (anexo G) = 0,57 lb/pie

L_{cad} = Longitud de la cadena

$1 \text{ lb}_f = 4,445 \text{ N}$

El peso de los 15 paquetes de toallas (W_2) que se deben transportar simultáneamente, viene dado por:

$$W_2 = 15 * 3,0 \text{ N} \quad (20)$$

$$W_2 = 45,0 N$$

Debido a que, para mantener los paquetes de toallas en una posición fija durante la etapa de etiquetado, se utiliza una placa vertical superior por cada 270 mm de longitud de cadena (figura 33), entonces, el número total de placas verticales requeridas para la banda transportadora es:

$$\#_{pla} = \frac{L_{cad}}{L_{paq}} \quad (21)$$

$$\#_{pla} = \frac{8255 \text{ mm}}{270 \text{ mm}}$$

$$\#_{pla} = 30,57 \approx 31$$

Dónde:

L_{paq} = Longitud que utiliza cada paquete (figura 34) = (120 + 150) mm

$\#_{pla}$ = Número de placas

Se utilizarán 31 placas verticales superiores con acople de tensión. A continuación, se determina el peso total de todas las placas (W_3) a partir de la siguiente ecuación:

$$W_3 = \#_{pla} * w_3 \quad (22)$$

$$W_3 = 31 * 7,4 N$$

$$W_3 = 229,4 N \approx 230,0 N$$

Luego de varias pruebas realizadas con el sistema de pegado de las etiquetas, se determinó que la fuerza con la que se requiere presionar la etiqueta autoadhesiva

sobre la envoltura de cada paquete, para lograr una adecuada fuerza de adhesión, es aproximadamente 6 kg:

$$F_{et} = 6 \text{ kg} = 60 \text{ N}$$

Entonces, la fuerza de tensión máxima (F_t) que debe transmitir la cadena de rodillos durante la etapa de etiquetado, es:

$$F_t = 2,1 \cdot W_1 + W_2 + W_3 + F_{et} \quad (23)$$

$$F_t = 2,1 \cdot 68,68 \text{ N} + 45,0 \text{ N} + 230,0 \text{ N} + 60 \text{ N}$$

$$F_t = 479,23 \text{ N} = 107,75 \text{ lbs}$$

La velocidad de avance (V_b) requerida en la banda transportadora para lograr el etiquetado de 3000 paquetes por hora, viene dada por la siguiente ecuación:

$$V_b = 3000 \frac{\text{paquetes}}{\text{hora}} * L_{paq} \quad (24)$$

$$V_b = 3000 \frac{\text{paquete}}{\text{hora}} * (0,12 + 0,15) \frac{\text{m}}{\text{paquete}} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}}$$

$$V_b = 0,225 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 44,3 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$

$$1 \text{ m/s} = 196,85 \text{ pie/min}$$

b. Diseño De Las Placas Verticales Con Acople De Tensión

Considerando que el material de empaque de los paquetes a transportar es plástico, el cual es un material no abrasivo, se selecciona el material más adecuado para las placas verticales superiores de la banda transportadora.

A partir del anexo H tabla 2, se determina que el material recomendado para las placas verticales superiores es Poliacetil, del anexo H tabla 3, se establece que el material más adecuado para los acoples de tensión, es plástico PMW, el mismo que tiene color blanco, genera baja fricción y proporciona buena resistencia al desgaste.

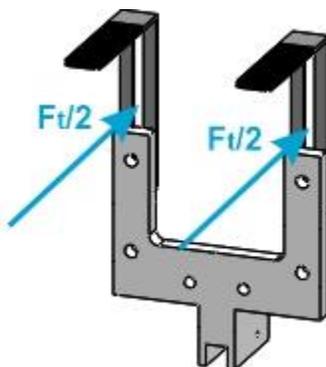


Figura 34. Cargas sobre las placas verticales con acople de tensión

Como se muestra en la figura 34, en la parte superior de las placas verticales se colocan dos brazos ranurados de acero inoxidable de 2,5 mm de espesor, provistos de una cubierta de caucho en su extremo superior con el objetivo de asegurar que empujen los paquetes de toallas sin ocasionar rasguños o daños en la cubierta del empaque.

Las placas verticales tienen un peso total individual (w_3) de 7,4 N y estas deben resistir los esfuerzos que produce la fuerza de tensión máxima F_t que transmite la cadena durante la etapa de etiquetado, el análisis de fuerzas se realiza mediante un software de ingeniería asistida (anexo I).

c. Selección Del Sistema De Transmisión De Potencia

A partir de los parámetros calculados en la sección anterior se determina la potencia requerida para generar el movimiento de avance de la banda transportadora, mediante la siguiente ecuación:

$$P_{req} = \frac{F_t * V_b}{\eta_m} \quad (25)$$

$$P_{req} = \frac{479,23 \text{ N} * 0,225 \text{ m/s}}{0,70}$$

$$P_{req} = 154,04 \text{ W} = 0,154 \text{ kW} = 0,207 \text{ hp}$$

Dónde:

η_m = Eficiencia del sistema de transmisión mecánica de la unidad de accionamiento de la banda transportadora = 70%

$$1 \text{ kw} = 1.34102 \text{ hp}$$

Considerando que el sistema de banda transportadora será accionado mediante un motor eléctrico y en éste sistema se producirán impactos leves debido al accionamiento del sistema mecánico para el pegado de las etiquetas, el factor de servicio se obtiene de la Tabla 1 del anexo J.

$$Fact \text{ Serv} = 1,3$$

La potencia de diseño (P_{dis}) del sistema de transmisión viene dada por:

$$P_{dis} = Fact \text{ Serv} * P_{req} \quad (26)$$

$$P_{dis} = 1,3 * 0,207 \text{ hp}$$

$$P_{dis} = 0,269 \text{ hp}$$

A partir de la potencia de diseño y la velocidad de giro del eje de transmisión de 58,6 rpm requerida para alcanzar la velocidad de avance (V_b) de la banda transportadora, en el anexo K se determina que la rueda dentada adecuada para el sistema de transmisión por cadena, es la # 40 de 18 dientes, la misma que debe ser instalada en los dos extremos del sistema de transmisión (figura 35). Por lo tanto:

$$N_1 = N_2 = 18 \text{ dientes}$$

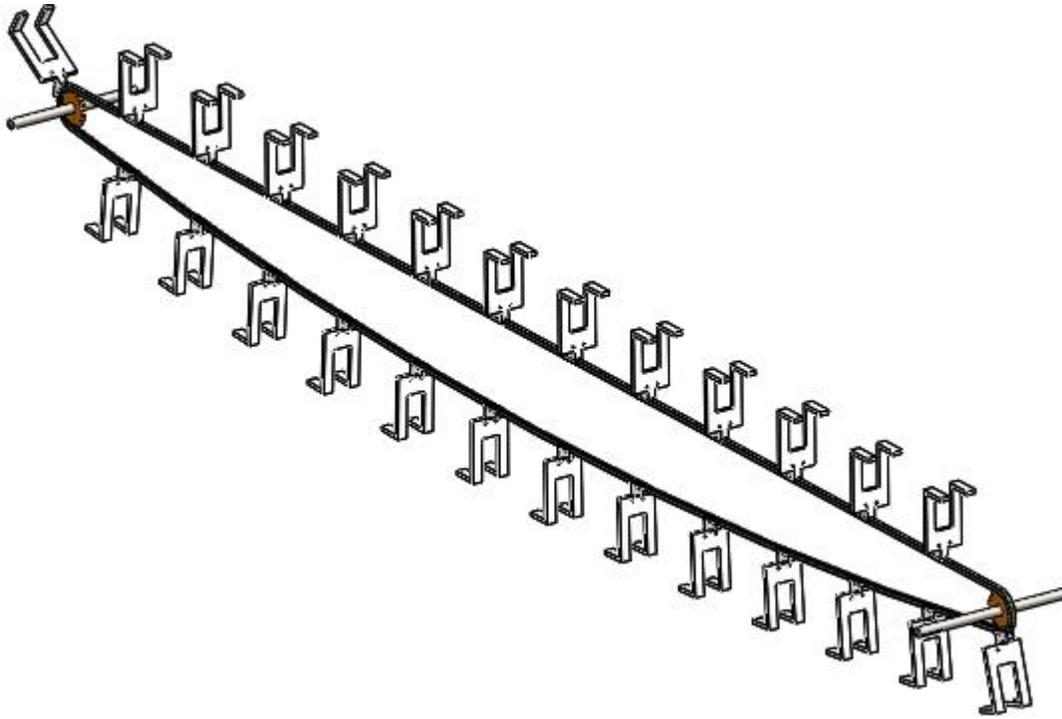


Figura 35. Sistema de transmisión por cadena

En la tabla del anexo L se observa que la cadena # 40 de 18 dientes tiene un paso de 0,5 pulg (12,7 mm) y un diámetro de paso (ϕ_p) de 2,879 plg (73,2 mm).

A continuación, se determina la velocidad de giro requerida (ω_{req}) para alcanzar la velocidad de avance de la banda transportadora:

$$V_b = \omega_{req} * \frac{\phi_p}{2} \quad (27)$$

Despejando la velocidad de giro se tiene:

$$\omega_{req} = \frac{2 * 0,225 \text{ m/s}}{0,0732 \text{ m}}$$

$$\omega_{req} = 6,14 \text{ rad/s} = 58,6 \text{ rpm}$$

Entonces, se comprueba que para la rueda dentada # 40 con 18 dientes se obtiene la velocidad de giro de 58,6 rpm requerida.

La longitud total de cadena (L_{cad}) utilizada en el sistema de transmisión (figura 35), se obtiene a partir de la ecuación:

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4 \cdot C} \quad (28)$$

$$L = 2 \cdot 153,5 \text{ plg} + \frac{18 + 18}{2} + \frac{(18 - 18)^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 153,5}$$

$$L = 325,0 \text{ plg} = 8255 \text{ mm}$$

Dónde:

C = Distancia entre centros de ruedas dentadas = $L_{ban} = 3900 \text{ mm} = 153,5 \text{ plg}$ (figura 33)

$$1 \text{ plg} = 25,4 \text{ mm}$$

Debido a que la velocidad lineal de avance de la cadena seleccionada ($V_b = 44,3 \text{ pie/min}$) es menor que 160 pie/min , se comprueba su selección para baja velocidad, mediante la siguiente desigualdad:

$$F_t * \text{Fact Serv} * C_s \leq \text{Máxima carga permisible} \quad (29)$$

$$107,75 \text{ lbs} * 1,3 * 1 \leq 810 \text{ lbs}$$

$$140,1 \text{ lbs} \leq 810 \text{ lbs}$$

Dónde:

C_s = Coeficiente de velocidad (anexo M) = 1,3

Por lo tanto, se comprueba que la cadena # 40 soporta sin problema la fuerza de tensión que se genera y se concluye que la cadena seleccionada es la adecuada.

d. Selección Del Moto-Reductor Para Accionamiento De La Banda Transportadora

Debido a que la potencia requerida (P_{req}) para generar el movimiento de avance de la banda transportadora es 0,154 kW (0,207 hp), se selecciona un motor de corriente alterna marca SIEMENS, que entrega 1/3 hp de potencia a 1750 rpm de velocidad nominal.

El torque máximo (T_m) que entrega el motor viene dada por la ecuación:

$$T_m = \frac{P_m}{\omega_m} \quad (30)$$

$$T_m = \frac{250 \text{ W}}{183,26 \text{ rad/s}}$$

$$T_m = 1,36 \text{ Nm}$$

Dónde:

P_m = Potencia nominal del motor eléctrico = 0,33 hp = 250 W

ω_m = Velocidad nominal de giro del motor = 1750 rpm = 183,26 rad/s

La relación de transmisión (i_{req}) requerida en el reductor de velocidad para lograr la velocidad de giro de 58,6 rpm, viene dado por:

$$i_{req} = \frac{\omega_m}{\omega_{req}} \quad (31)$$

$$i_{req} = \frac{1750 \text{ rpm}}{58,6 \text{ rpm}}$$

$$i_{req} = 29,9$$

Lo cual, se selecciona un moto-reductor para 1/3 hp de potencia con una relación de transmisión (i_{red}) 30:1.

e. Diseño Del Eje De Transmisión

El momento máximo que actúa sobre el eje del sistema de transmisión se determina a partir de la figura 36.

$$M_m = \frac{F_t * d}{4} \quad (32)$$

$$M_m = \frac{479,23 \text{ N} * 0,325 \text{ m}}{4}$$

$$M_m = 38,94 \text{ Nm}$$

El torque que transmite el reductor de velocidad al eje, viene dado por:

$$T_t = T_m * i_{red} \quad (33)$$

$$T_t = 1,36 \text{ Nm} * 30$$

$$T_t = 40,8 \text{ Nm}$$

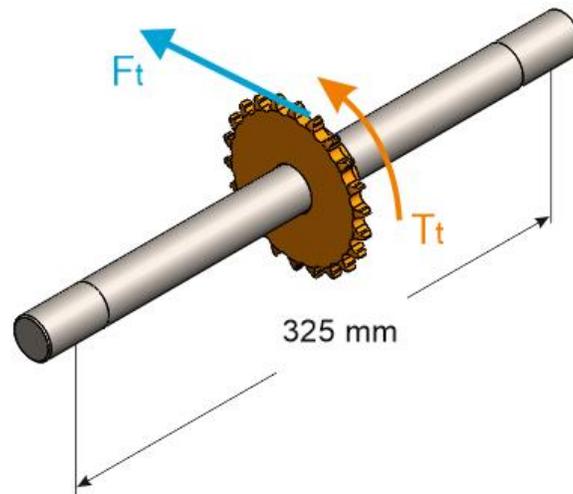


Figura 36. Eje del sistema de transmisión

Si el eje se fabrica con acero estructural ASTM A36, se determina su diámetro mínimo requerido mediante la ecuación para el diseño del eje por la teoría de la energía de distorsión:

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left(M_m^2 + \frac{3}{4} T_t^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (34)$$

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6} \left(38,94^2 + \frac{3}{4} 40,8^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = 0,0175 \text{ m} = 17,5 \text{ mm}$$

Dónde:

S_y = Resistencia a la fluencia del acero ASTM A36 = 250 MPa

Por lo que, se selecciona un eje de diámetro estándar de 20 mm.

f. Diseño De La Estructura Soporte De La Banda Transportadora

A partir de la figura 37, se analizan las cargas que actúan en la estructura soporte de la banda transportadora.

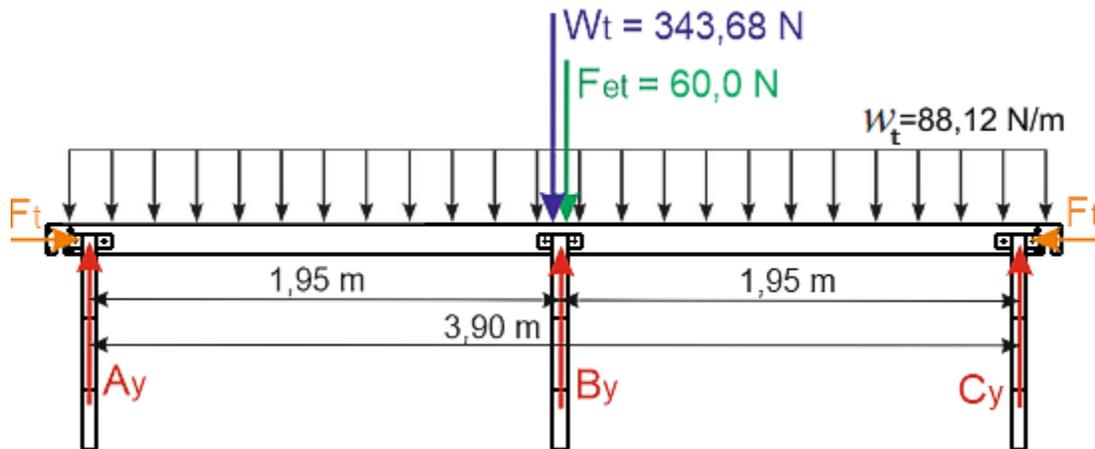


Figura 37. Cargas que actúan sobre la estructura soporte

El peso total de todos los componentes que actúan sobre la banda transportadora viene dado por:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 \quad (35)$$

$$W_t = 68,68 \text{ N} + 45,0 \text{ N} + 230,0 \text{ N}$$

$$W_t = 343,68 \text{ N}$$

El peso total W_t , actúa como una carga uniformemente distribuida w_t que actúa sobre toda la longitud de la banda transportadora y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$w_t = \frac{W_t}{L} \quad (36)$$

$$w_t = \frac{343,68 \text{ N}}{3,9 \text{ m}}$$

$$w_t = 88,12 \text{ N/m}$$

Como se ve en la figura 37, la estructura es estáticamente indeterminada de primer grado, por lo que se utiliza el método de superposición para determinar las reacciones en los apoyos y se elige al apoyo B como redundante. La ecuación de compatibilidad en B es:

$$v_B + v'_B = 0 \quad (37)$$

A partir del anexo N, se obtienen las ecuaciones de desplazamiento en el apoyo B , primero para las cargas externas:

$$v_B = \frac{-F_{et}L^3}{48EI} + \frac{-5w_tL^4}{384EI} \quad (38)$$

$$v_B = \frac{-(-60) * 3,9^3}{48EI} + \frac{-5 * (-88,12) * 3,9^4}{384EI}$$

$$v_B = \frac{339,59}{EI}$$

Luego para la reacción B_y :

$$v'_B = \frac{-B_yL^3}{48EI}$$

$$v'_B = \frac{-B_y * 3,9^3}{48EI}$$

$$v'_B = \frac{-1,236B_y}{EI}$$

Reemplazando en la ecuación de compatibilidad se tiene:

$$\frac{339,59}{EI} + \frac{-1,236B_y}{EI} = 0$$

$$B_y = 274,80 \text{ N}$$

Aplicando sumatoria de momentos en el apoyo *C*, se tiene:

$$\sum M_c = 0$$

$$-3,9A_y - 1,95B_y + 1,95 * 60 + 1,95 * 343,68 = 0$$

$$3,9A_y = 251,33$$

$$A_y = 64,44 \text{ N}$$

Por último, se realiza sumatoria de fuerzas en el eje *y*:

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + B_y + C_y - 60 - 343,68 = 0$$

$$C_y = 64,44 \text{ N}$$

A partir de las reacciones calculadas se dibujan los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores mostrados en las figuras 38 y 39 respectivamente:

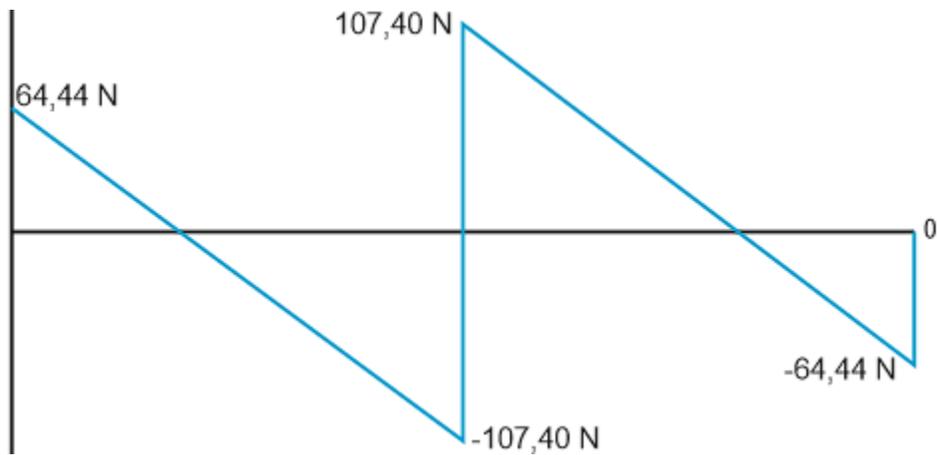


Figura 38. Diagrama de fuerzas cortantes en la estructura soporte

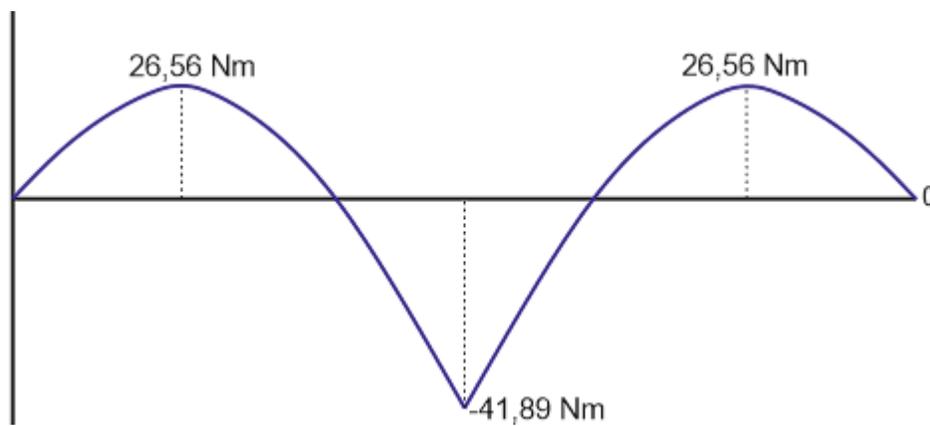


Figura 39. Diagrama de momentos flectores en la estructura soporte

La estructura soporte del sistema de banda transportadora se modela en tres dimensiones y por su compleja estructura que tiene, el análisis de fuerzas se realiza mediante un software de ingeniería asistida (anexo O).

5.5.5. Diseño Del Sistema Para La Alimentación De Las Etiquetas

Este sistema sostiene el rollo de etiquetas autoadhesivas y las dosifica a una velocidad adecuada, mediante un sistema de rodillos accionados por un motor eléctrico, para que se peguen sobre cada paquete de toallas.

Los principales elementos del sistema para la alimentación de las etiquetas se muestran en la figura 40.

1. Rollo de etiquetas auto adhesivas
2. Soporte del rollo de etiquetas auto adhesivas
3. Rollo de papel de desperdicio
4. Soporte del rollo de papel de desperdicio
5. Sistema de rodillos de dosificación
6. Estructura soporte del alimentador de etiquetas

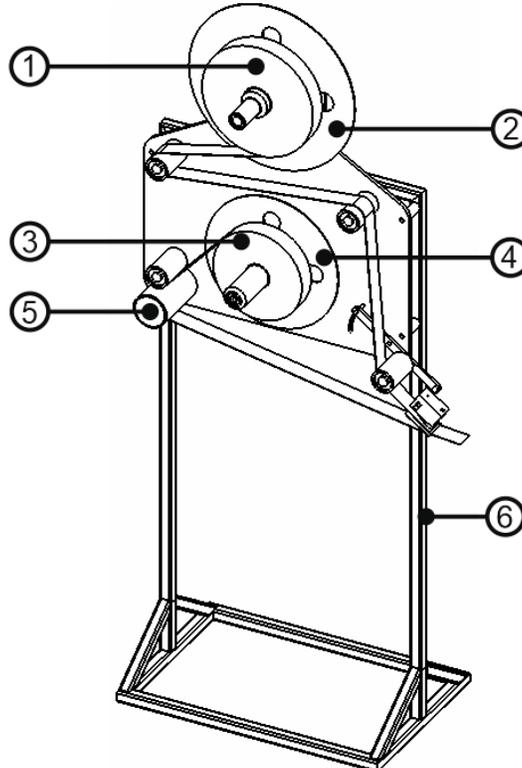


Figura 40. Sistema para alimentación de las etiquetas

a. Diseño Del Soporte Del Rollo De Etiquetas

Este elemento sostiene el rollo de etiquetas y debe permitir su giro para que se desenrolle a medida que las etiquetas se pegan sobre los paquetes de toallas. Por lo tanto, este elemento debe resistir el peso del rollo de etiquetas y la fuerza de arrastre que se requiere para vencer su inercia.

Para que cada una de las etiquetas se peguen de forma correcta, la velocidad de alimentación de las etiquetas debe ser igual a la velocidad constante de avance de los paquetes (V_b). Por lo tanto, el tiempo empleado en pegar cada etiqueta (t_{et}), viene dado por la ecuación:

$$t_{et} = \frac{L_{et}}{V_b} \quad (39)$$

$$t_{et} = \frac{0,12 \text{ m}}{0,225 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t_{et} = 0,533 \text{ s}$$

De forma semejante, el tiempo que se demora en recorrer el espaciamiento entre paquetes (t_{esp}), es:

$$t_{esp} = \frac{L_{esp}}{V_b}$$

$$t_{esp} = \frac{0,15 \text{ m}}{0,225 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t_{esp} = 0,667 \text{ s}$$

Es éste tiempo (0,667 s), la alimentación de las etiquetas, debe desacelerar desde la velocidad de avance (V_b), hasta cero y detenerse mientras recorre el espaciado entre paquetes L_{esp} (figura 36), para nuevamente acelerar hasta la velocidad de avance. Este proceso se repite para cada paquete de toallas.

Considerando, que el proceso de aceleración y desaceleración se deben realizar cada una en un tiempo (t) no mayor a 0,2 segundos, el valor de la aceleración viene dado por la ecuación:

$$a = \frac{V_b - V_0}{t} \quad (40)$$

$$a = \frac{0,225 \frac{m}{s} - 0}{0,2 s}$$

$$a = 1,125 \frac{m}{s^2}$$

Dónde:

V_0 = Velocidad inicial = 0 (porque parte del reposo)

La magnitud de la desaceleración es la misma, pero con signo negativo.

Debido a que el rodillo motriz tiene un diámetro de 80 mm, la aceleración angular (α_a), se obtiene a partir de la ecuación:

$$\alpha_a = \frac{a}{r_r} \quad (41)$$

$$\alpha_a = \frac{1,125 \frac{m}{s^2}}{0,04 m}$$

$$\alpha_a = 28,125 \frac{rad}{s^2}$$

Dónde:

r_r = Radio del rodillo motriz = $80/2 = 40$ mm

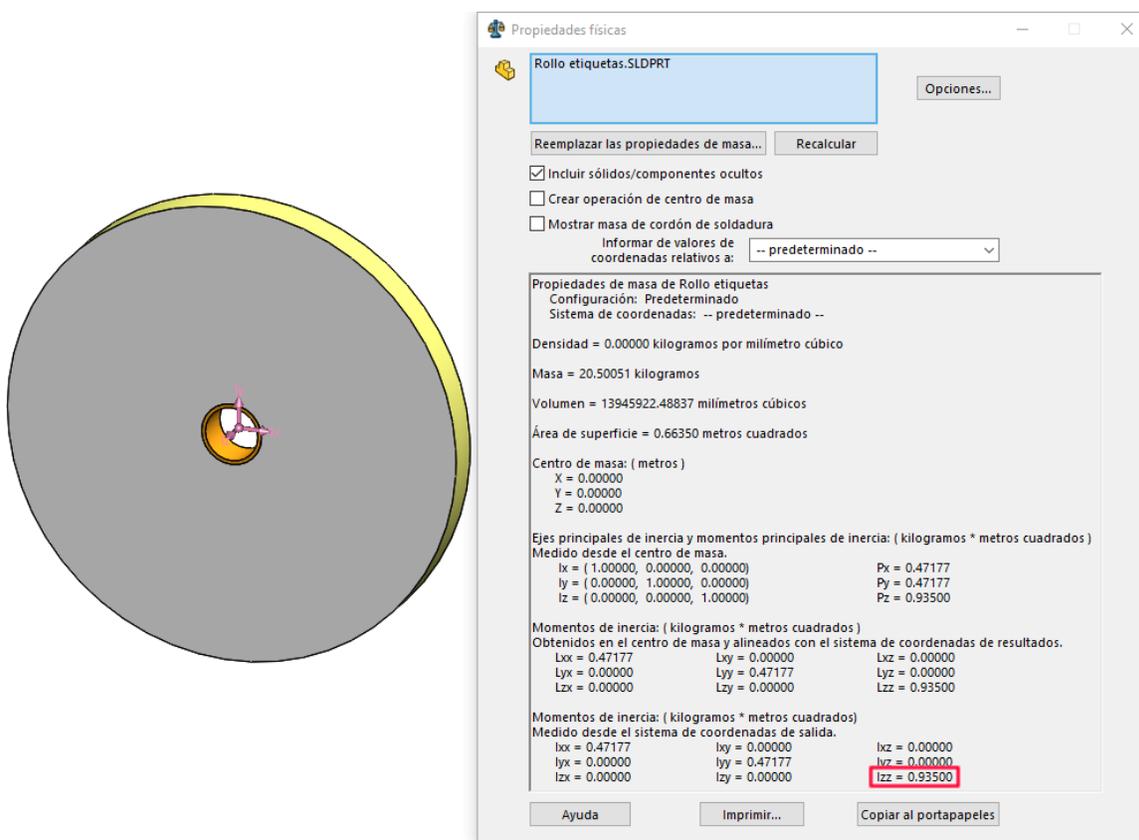


Figura 41. Propiedades de masa del rollo de etiquetas

En la figura 41 se observa que el momento de inercia del rollo de etiquetas alrededor de su eje de rotación (zz) es:

$$I_{zz} = 0,935 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (42)$$

Entonces, el torque máximo (T_{in}) requerido para vencer la inercia de un rollo nuevo de etiquetas, viene dado por la ecuación:

$$T_{in} = I_{zz} \cdot \alpha_a \quad (43)$$

$$T_{in} = 0,935 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 * 28,125 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T_{in} = 26,3 \text{ Nm}$$

Como el rollo nuevo de etiquetas tiene un diámetro de 600 mm, la fuerza de arrastre (F_{ar}) requerida para vencer su inercia, se obtienen de la figura 41:

$$F_{ar} = \frac{T_{in}}{r_{et}} \quad (44)$$

$$F_{ar} = \frac{26,3 \text{ Nm}}{0,30 \text{ m}}$$

$$F_{ar} = 87,66 \text{ N}$$

Dónde:

$$r_{et} = \text{Radio del rollo de etiquetas} = 600/2 = 300 \text{ mm}$$

La fuerza resultante que se produce por el peso del rollo de etiquetas (W_r) y la fuerza de arrastre (F_{ar}), se obtiene a partir de la figura 42:

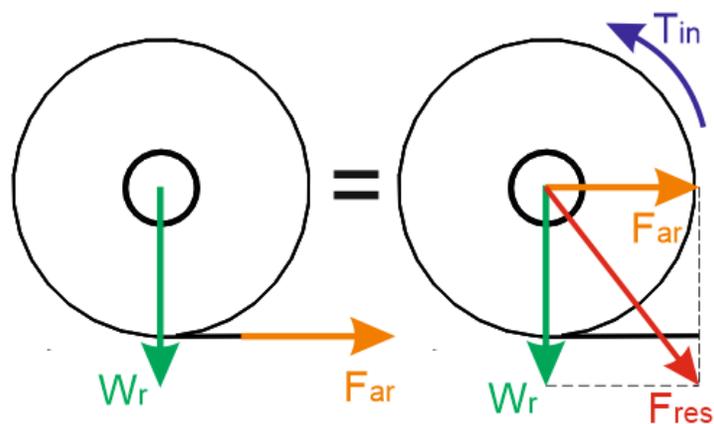


Figura 42. Fuerzas generadas por el rollo de etiquetas

$$F_{res} = \sqrt{F_{ar}^2 + W_r^2} \quad (45)$$

$$F_{res} = \sqrt{87,66^2 + 200^2}$$

$$F_{res} = 218,37 \text{ N}$$

El momento de flexión (M_{sop}) al que es sometido el eje del soporte del rollo de etiquetas se obtiene de la figura 43.

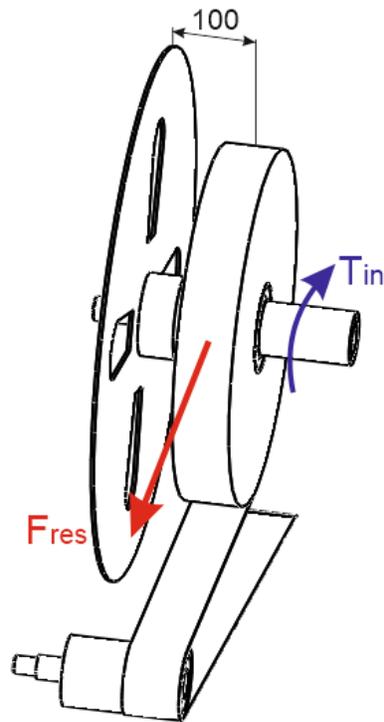


Figura 43. Cargas que actúan sobre el eje del soporte del rollo de etiquetas

$$M_{sop} = F_{res} * d_2 \quad (46)$$

$$M_{sop} = 218,37 \text{ N} * 0,1 \text{ m}$$

$$M_{sop} = 21,84 \text{ Nm}$$

Para un eje fabricado con acero estructural ASTM A36, se determina el diámetro mínimo requerido mediante la ecuación para el diseño del eje por la teoría de la energía de distorsión:

$$\phi_{sop} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left(M_{sop}^2 + \frac{3}{4} T_{in}^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{sop} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6} \left(21,84^2 + \frac{3}{4} 26,3^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{sop} = 0,0148 \text{ m} = 14,8 \text{ mm}$$

Por consiguiente, se opta un eje de diámetro de 15 mm.

b. Diseño Del Soporte Del Rollo De Papel De Desperdicio

Sobre éste soporte se enrolla el papel de desecho que sobra una vez que se ha desprendido las etiquetas, por lo tanto, las cargas a las que está sometido este soporte son semejantes a las que actúan sobre el soporte para el rollo de etiquetas (el peso del rollo es un poco menor), sin embargo, para facilitar la construcción de la máquina y disminuir su costo, se fabricará con la misma geometría y dimensiones que el soporte del rollo de etiquetas.

c. Diseño De Los Rodillos De Dosificación

Estos rodillos guían la tira de papel con etiquetas desde el soporte del rollo de etiquetas hasta el rollo de papel de desperdicio, de forma que se logre un etiquetado preciso y sin que se produzcan arrugas durante el pegado de las mismas. Por lo tanto, debido a que la tira de papel con etiquetas actúa como una banda continua, cada rodillo estará sometido a la fuerza de arrastre (F_{ar}).

El momento de flexión máximo (M_{rod}) que actúa sobre los rodillos de dosificación, se obtiene de la figura 44.

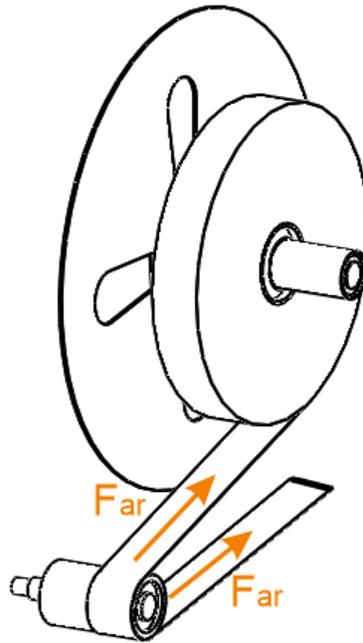


Figura 44. Cargas que actúan sobre los rodillos de dosificación

$$M_{rod} = (F_{ar} + F_{ar}) * d_2$$

$$M_{rod} = (87,66 \text{ N} + 87,66 \text{ N}) * 0,1 \text{ m}$$

$$M_{rod} = 17,53 \text{ Nm}$$

El diámetro mínimo requerido en el eje de los rodillos de dosificación viene dado por la ecuación:

$$\Phi_{rod} = \left[\frac{32 * FS}{\pi * S_y} \left(M_{rod}^2 + \frac{3}{4} T^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\Phi_{rod} = \left[\frac{32 * 2,5}{\pi * 250 \cdot 10^6} \left(17,53^2 + \frac{3}{4} 0^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\Phi_{rod} = 0,0121 \text{ m} = 12,1 \text{ mm}$$

Se selecciona un eje de diámetro estándar de 12,7 mm (0,5 pulg).

Los rodillos de dosificación se fabricarán con una superficie exterior de 60 mm de diámetro cubierta con caucho vulcanizado.

El rodillo motriz es semejante a los rodillos de dosificación, pero como se mencionó en la sección a, tiene un diámetro exterior (ϕ_{mot}) de 80 mm, por lo tanto, para garantizar una velocidad de avance de la tira con etiquetas, igual a la velocidad de avance de los paquetes (V_b) se determina la velocidad de giro requerida en el rodillo motriz a partir de la siguiente ecuación:

$$\omega_{mot} = \frac{2 \cdot V_b}{\phi_{mot}} \quad (47)$$

$$\omega_{mot} = \frac{2 * 0,225 \text{ m/s}}{0,080 \text{ m}}$$

$$\omega_{mot} = 5,625 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 53,72 \text{ rpm}$$

La potencia requerida para vencer la inercia del rollo de etiquetas autoadhesivas y generar su movimiento de avance viene dado por:

$$P_{mot} = \frac{2 \cdot F_{ar} \cdot V_b}{\eta_m} \quad (48)$$

$$P_{mot} = \frac{2 * 87,66 \text{ N} * 0,225 \text{ m/s}}{0,70}$$

$$P_{mot} = 56,35 \text{ W} = 0,0564 \text{ kW} = 0,076 \text{ hp}$$

Dónde:

η_m = Eficiencia del sistema de transmisión de la unidad de accionamiento del rodillo motriz = 70%

Se selecciona un motor de corriente alterna marca SIEMENS (anexo P), que entrega 1/10 hp de potencia a 1650 rpm de velocidad nominal.

El torque máximo (T_{mot}) que entrega el motor viene dada por:

$$T_{mot} = \frac{P_{mot}}{\omega_{m2}}$$

$$T_{mot} = \frac{75 \text{ W}}{172,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$T_{mot} = 0,43 \text{ Nm}$$

Dónde:

P_{mot} = Potencia nominal del motor del rodillo motriz = 0,1 hp = 75 W

ω_{m2} = Velocidad nominal de giro del motor del rodillo motriz = 1650 rpm = 172,8 rad/s (anexo P).

La relación de transmisión (i_{mot}) requerida en el reductor de velocidad para el motor del rodillo motriz, viene dado por:

$$i_{mot} = \frac{\omega_m}{\omega_{mot}}$$

$$i_{mot} = \frac{1650 \text{ rpm}}{53,72 \text{ rpm}}$$

$$i_{mot} = 30,7$$

Se selecciona un moto-reductor para 1/10 hp de potencia con una relación de transmisión (i_{mot}) 30:1, y para alcanzar de forma exacta la velocidad de giro requerida se utilizará un variador de frecuencia.

d. Diseño De La Estructura Soporte Del Alimentador De Etiquetas

Debido a que la estructura soporte del sistema de alimentación de etiquetas tienen componentes en las tres dimensiones, los diagramas de fuerzas y momentos se obtienen mediante software CAE y se muestran en las figuras 45 a la 49:

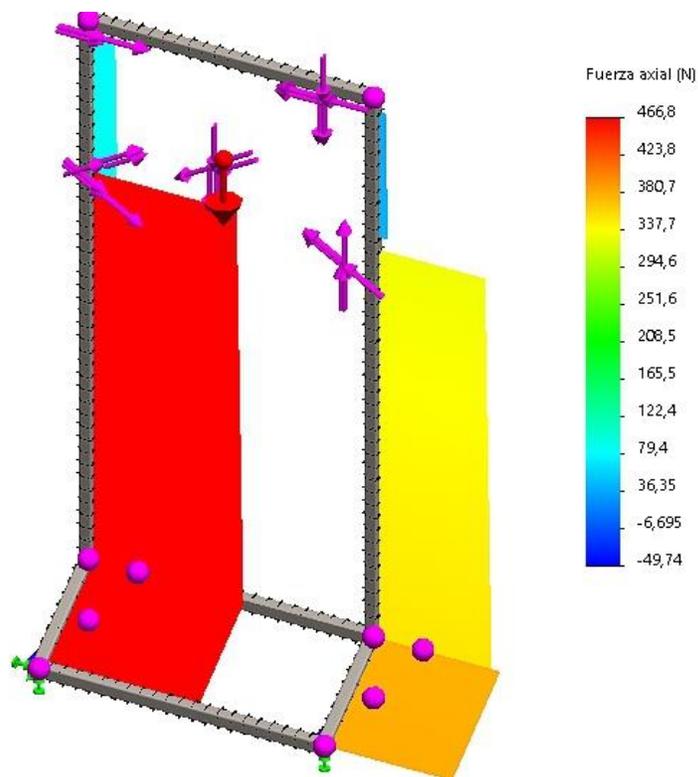


Figura 45. Diagrama de fuerzas axiales en la estructura soporte

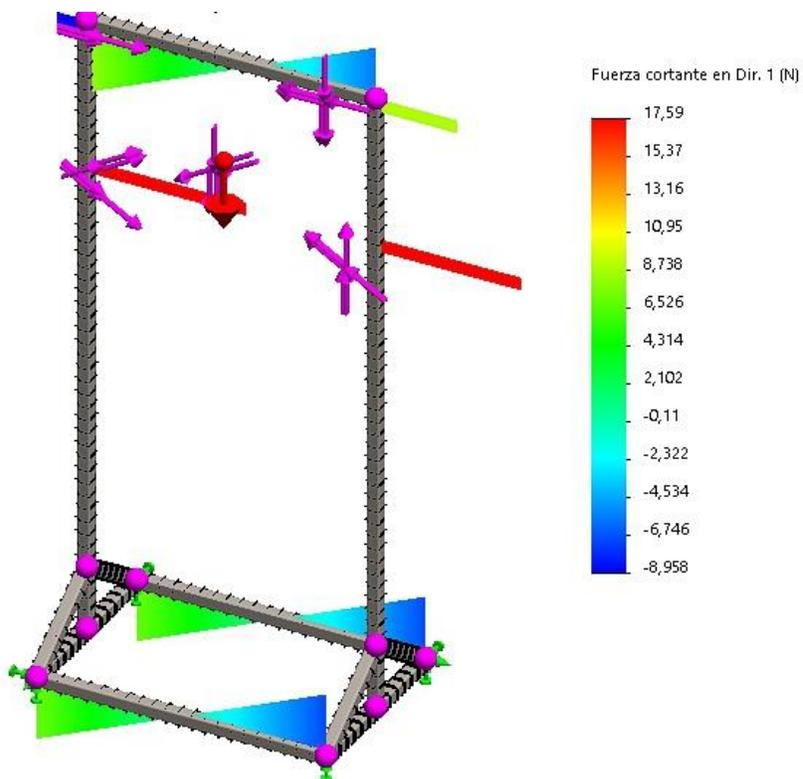


Figura 46. Diagrama de fuerzas cortantes en la estructura soporte

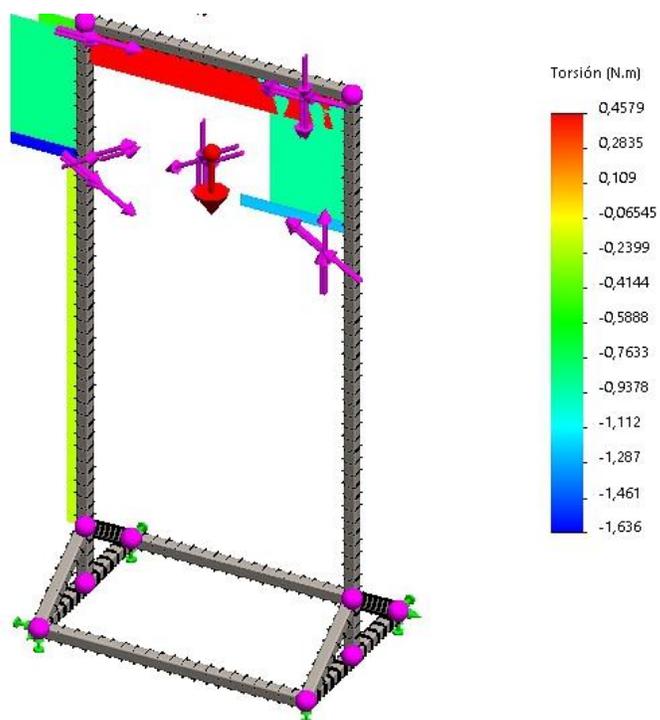


Figura 47. Diagrama de torques en la estructura soporte

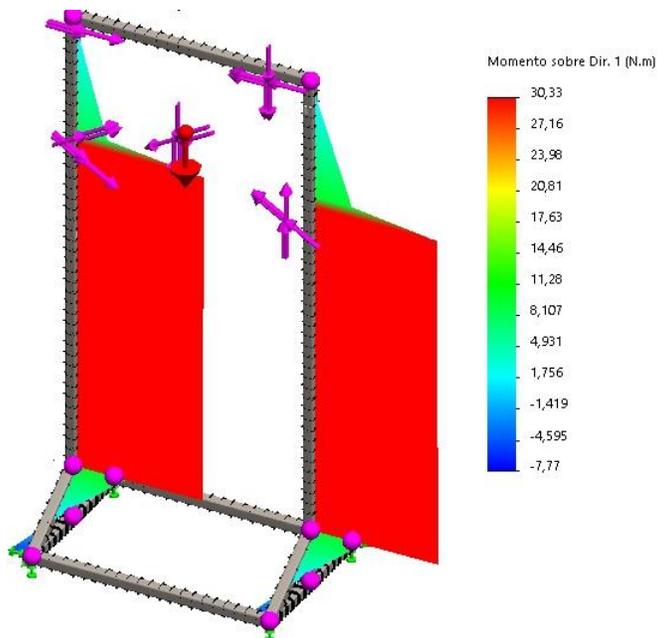


Figura 48. Diagrama de momentos en el plano x-y de la estructura soporte

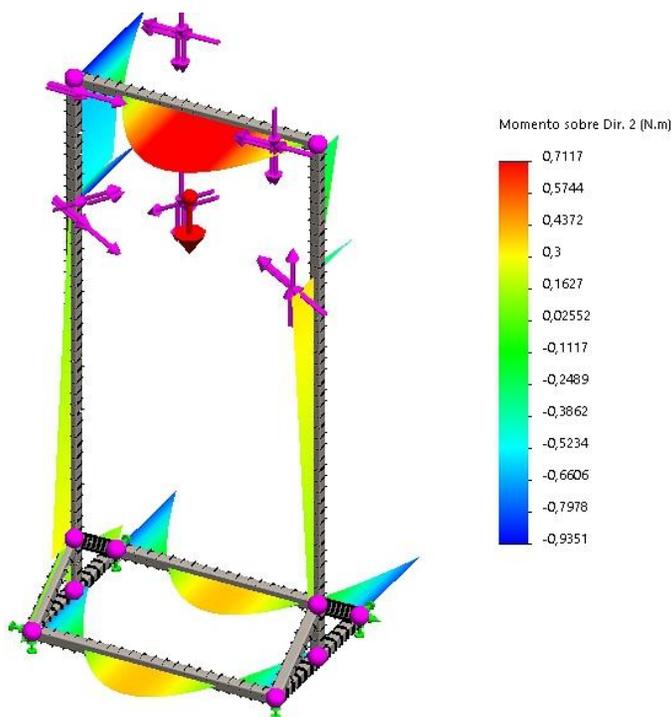


Figura 49. Diagrama de momentos en el plano x-z de la estructura soporte

La estructura del sistema de alimentación de etiquetas se modela en tres dimensiones y el análisis de fuerzas se realiza mediante un software de ingeniería asistida (anexo Q).

5.5.6. Diseño Del Sistema Para Pegado De Las Etiquetas

Este sistema realiza primero la separación de las etiquetas de su película protectora y luego las adhiere sobre cada paquete de toallas, ejerciendo una presión adecuada mediante el sistema mecánico.

Los principales elementos del sistema para pegado de las etiquetas se muestran en la figura 50.

1. Mecanismo para desprendimiento de las etiquetas.
2. Brazo para pegado de las etiquetas.
3. Resorte helicoidal para retorno del brazo de etiquetado.
4. Brazo soporte del mecanismo de pegado de etiquetas.

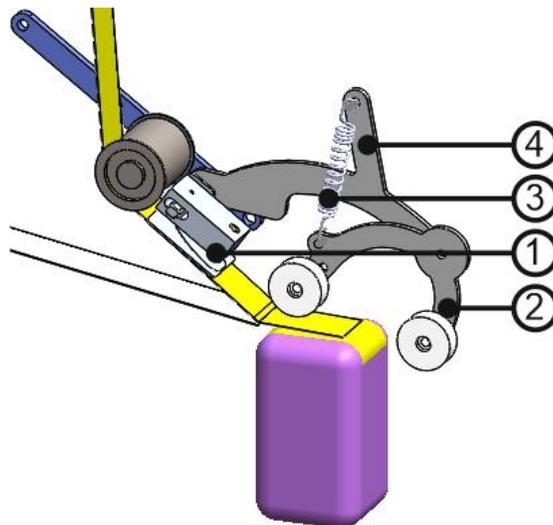


Figura 50. Sistema para pegado de las etiquetas

a. Diseño Del Mecanismo De Desprendimiento De Etiquetas

Este mecanismo separa cada etiqueta del papel de desecho y permite regular la posición de pegado de las mismas.

El mecanismo de desprendimiento de las etiquetas está sometido a las cargas mostradas en la figura 51.

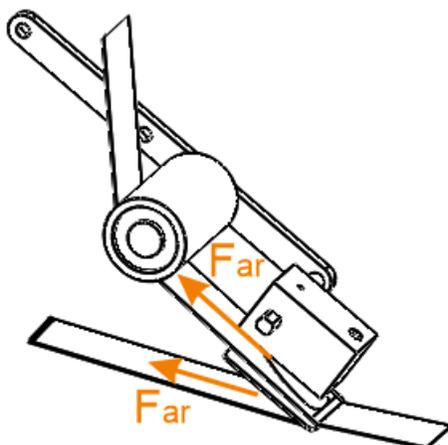


Figura 51. Cargas que actúan sobre el mecanismo de desprendimiento de etiquetas

Durante el funcionamiento de la etiquetadora la fuerza de arrastre F_{ar} , que permite el desprendimiento de las etiquetas, forma un ángulo de 30° con el eje x como se muestra en la figura 52. Entonces las componentes, horizontal F_{ar_x} y vertical F_{ar_y} de dicha fuerza son:

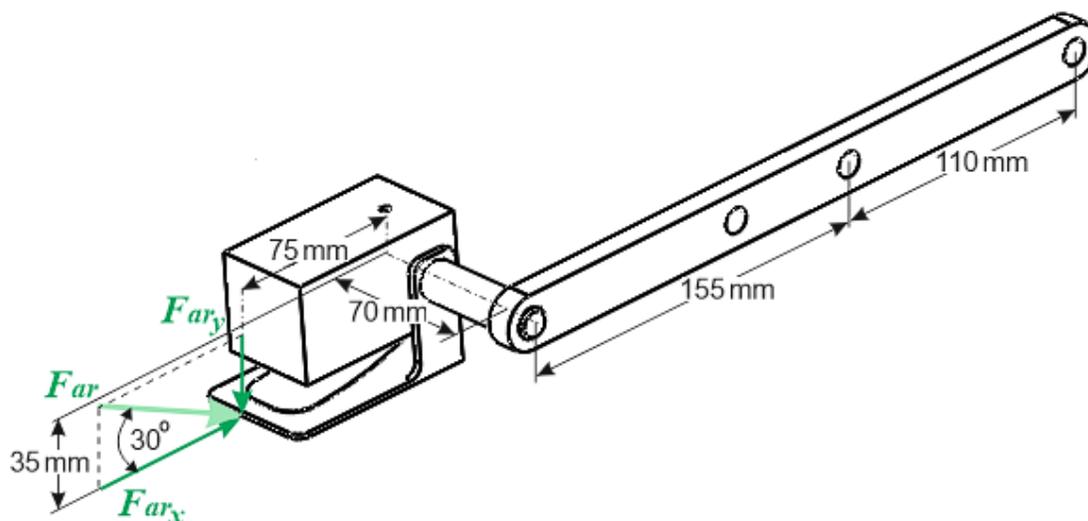


Figura 52. Dimensiones del mecanismo para el desprendimiento de etiquetas

$$F_{ar_x} = F_{ar} \cdot \cos 30^\circ \quad (49)$$

$$F_{ar_x} = 87,66 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{ar_x} = 75,92 \text{ N}$$

$$F_{ar_y} = F_{ar} \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{ar_y} = 87,66 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_{ar_y} = 43,83 \text{ N}$$

A partir de la figura 52 y las componentes de la fuerza de arrastre, se determinan los momentos de torsión y flectores, mostrados en la figura 53, que se generan sobre la barra soporte, la misma que es el elemento crítico del mecanismo de desprendimiento de etiquetas:

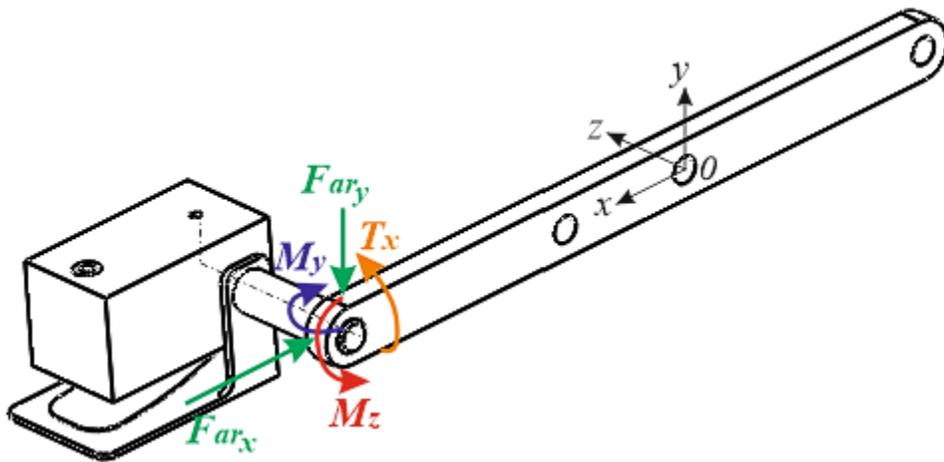


Figura 53. Cargas que actúan sobre la barra soporte

$$T_x = F_{ar_y} \cdot 0,070 \text{ m} \quad (50)$$

$$T_x = 3,07 \text{ Nm}$$

$$M_y = F_{ar_x} \cdot 0,070 \text{ m}$$

$$M_y = 5,31 \text{ Nm}$$

$$M_z = F_{ar_y} \cdot 0,075 \text{ m} + F_{ar_x} \cdot 0,035 \text{ m}$$

$$M_z = 5,94 \text{ Nm}$$

El momento resultante alrededor de eje z, en el punto O de la figura 53, viene dado por:

$$M_{z_0} = M_z + F_{ar_y} \cdot 0,155 \text{ m} \quad (51)$$

$$M_{z_0} = 5,94 \text{ Nm} + 43,83 \text{ N} \cdot 0,155 \text{ m}$$

$$M_{z_0} = 12,73 \text{ Nm}$$

A continuación, se dibuja el diagrama de momentos flectores en el plano x-y de la barra soporte, que se muestra en la figura 54:

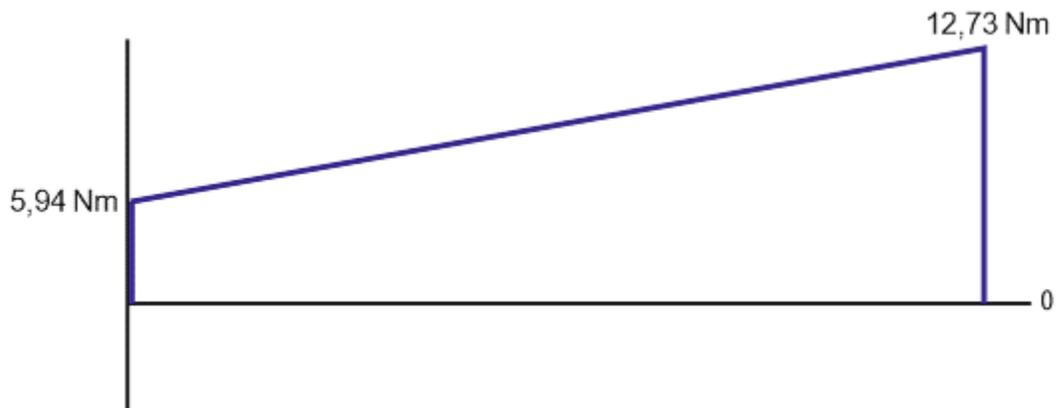


Figura 54. Diagrama de momento flector en el plano x-y de la barra soporte

A partir de estas cargas, el análisis de esfuerzos del mecanismo de desprendimiento de etiquetas se realiza en un software de ingeniería asistida por computador (anexo R).

b. Diseño Del Brazo Para Pegado De Las Etiquetas

Para que las etiquetas ejerzan la presión requerida sobre el paquete de toallas y se adhiera de forma adecuada, se utiliza un brazo de acero provisto de dos rodillos como se muestra en la figura 55. Por lo tanto, la fuerza máxima F_p que el rodillo puede ejercer sobre la etiqueta depende de la magnitud de la fuerza de tensión máxima F_t que transmite la cadena durante la etapa de etiquetado (figura 36).

Por lo tanto, F_p se obtiene mediante la sumatoria de momentos en el pivote O del brazo para pegado de las etiquetas (figura 55):

$$\sum M_O = 0$$

$$F_p \cdot 0,135 \text{ m} - F_t \cdot 0,75 \text{ m} = 0$$

$$F_p = 107,75 \text{ lbs} \cdot \frac{0,75 \text{ m}}{0,135 \text{ m}}$$

$$F_p = 59,86 \text{ lbs}$$

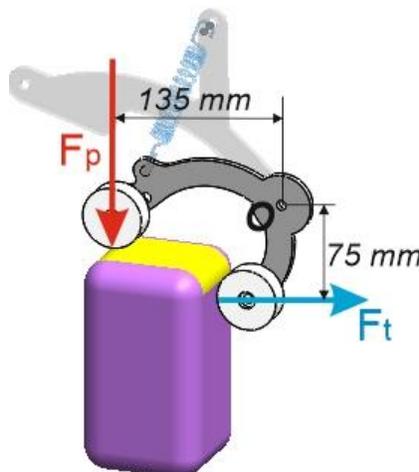


Figura 55. Cargas sobre el brazo de etiquetas

El brazo para el pegado de las etiquetas se fabrica de plancha de acero estructural ASTM A36 de 6 mm de espesor, tiene un peso de 3,0 N y debe soportar las cargas mostradas en la figura 44. El análisis de esfuerzos este brazo se realiza en un software de ingeniería asistida por computador (anexo S).

c. Diseño Del Resorte Del Sistema De Pegado De Etiquetas

Como se establecieron en la sección anterior, para que las etiquetas ejerzan la presión requerida sobre cada paquete de toallas y se adhieran de forma adecuada, se utiliza un brazo de acero provisto de dos rodillos (figura 55). Sin embargo, luego de que finaliza el ciclo de pegado de la etiqueta a cada paquete, se requiere que el brazo retorne a su posición inicial, por lo que es necesario utilizar un resorte helicoidal de extensión.

Como se muestra en la figura 56, el extremo superior del resorte se sujeta al brazo soporte del mecanismo de pegado de etiquetas y para lograr que el brazo para pegado retorne a su posición inicial debe ser capaz de vencer el peso total del brazo con los dos rodillos. El brazo ensamblado con los rodillos tiene un peso total $W_b = 4,2 N$ y considerando un factor de carga de 2,0 se determina la fuerza de diseño para el resorte es:

$$F_D = 2,0 \cdot 4,2 N$$

$$F_D = 8,4 N = 1,90 lb$$

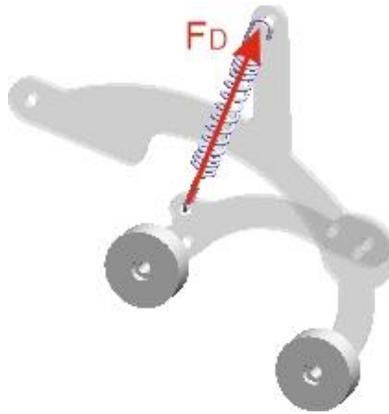


Figura 56. Resorte de retorno de etiquetado

Debido a su bajo costo y gran disponibilidad, el resorte es fabricado con alambre de acero ASTM A227 y para garantizar que su longitud permita que los rodillos del brazo realicen el recorrido completo para pegar la etiqueta, el resorte debe cumplir con las siguientes características dimensionales:

$$L_f = \text{longitud libre} = 140 \text{ mm} = 5,5 \text{ plg}$$

$$L_o = \text{longitud de operación} = 210 \text{ mm} = 8,2 \text{ plg}$$

$$D_m = \text{diámetro medido del resorte} = 9,5 \text{ mm} = 0,375 \text{ plg}$$

La constante del resorte viene dada por:

$$k = \frac{F_D}{L_o - L_f} \quad (52)$$

$$k = \frac{1,90 \text{ lb}}{8,2 - 5,5}$$

$$k = 0,703 \text{ lb/plg}$$

De la tabla 18-2 del anexo T se selecciona un resorte calibre # 19 que tiene un diámetro del alambre $D_w = 0.041 \text{ plg}$ (1,04 mm). Para garantizar el diseño del resorte y demostrar que el diámetro del alambre es adecuado, el índice del resorte C debe estar entre 5 y 12.

$$C = \frac{D_m}{D_w} \quad (53)$$

$$C = \frac{0,375 \text{ plg}}{0,041 \text{ plg}} = 9,15$$

El factor de Wahl se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0,615}{C} \quad (54)$$

$$K = \frac{4 \cdot 6,74 - 1}{4 \cdot 6,74 - 4} + \frac{0,615}{0,674}$$

$$K = 1,16$$

A medida que el resorte se estira, en el alambre se desarrollan esfuerzos de corte por torsión τ_o , que vienen dado por:

$$\tau_o = \frac{8KFD_m}{\pi D_w^3} \quad (55)$$

$$\tau_o = \frac{8 \cdot 1,16 \cdot 1,90 \text{ lb} \cdot 0,375 \text{ plg}}{\pi \cdot 0,041^3 \text{ plg}^3}$$

$$\tau_o = 30520 \text{ psi} = 30,52 \text{ kpsi}$$

En la figura del anexo T se determina que para un diámetro del alambre de 0.041 pulg, el esfuerzo de corte permisible para el acero ASTM A227 es de 110 kpsi. Por lo tanto, debido a que $\tau_{perm} > \tau_o$ (el esfuerzo permisible es mayor que el esfuerzo de operación), el resorte resistirá dicho esfuerzo sin fallar.

El número de bobinas activas que se necesitan para generar las características de deflexión requeridas en el resorte, viene dado por la ecuación:

$$N_a = \frac{GD_w}{8 k C^3} \quad (56)$$

$$N_a = \frac{11,5 \cdot 10^6 \text{ lb/plg} \cdot 0,041 \text{ plg}}{8 \cdot 0,703 \text{ lb/plg} \cdot 9,15^3}$$

$$N_a = 106,6 \text{ espiras} \approx 107 \text{ espiras}$$

d. Diseño Del Brazo Soporte Del Mecanismo De Pegado De Etiquetas

Este brazo soporta y regula la posición del mecanismo de pegado de las etiquetas, por lo que debe resistir el peso y las cargas que se generan en el brazo para pegado de las etiquetas, así como la fuerza del resorte, tal como se muestra en la figura 57.

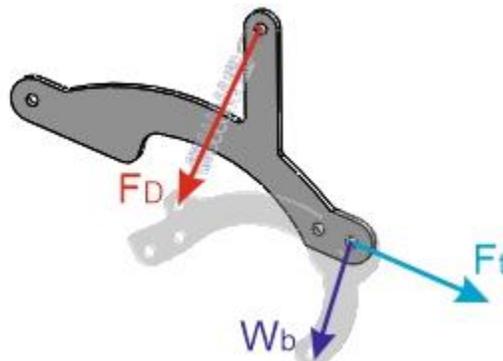


Figura 57. Cargas sobre el brazo soporte de etiquetas

El brazo base del mecanismo de pegado de etiquetas se fabrica de plancha de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor, tiene un peso de 4,8 N y debe soportar las cargas mostradas en la figura 57. El análisis de esfuerzos de este elemento se realiza mediante un software de ingeniería asistida (anexo U).

5.5.7. Modelo Completo 3d De La Máquina De Etiquetado

En la siguiente figura se visualiza el ensamblaje completo de la máquina etiquetadora.



Figura 58. Ensamblaje completo de la máquina etiquetadora

5.5.8. Diseño Del Circuito De Control Y Potencia

El sistema de etiquetado de paquetes para la realización de promociones está constituido por un motor el cual ejerce la potencia necesaria para activar la banda e iniciar el proceso. El motor del debobinador se activado automáticamente mediante la señal del sensor, el elemento que nos permitirá realizar los tiempos de etiquetado son los variadores, que tienen especificaciones de gran aporte lo que hace que sea la mejor opción para este tipo de aplicación.

Características principales de un variador:

- Eliminación de componentes de accionamiento mecánico.
- Aumento de vida del motor.
- Reducción en el nivel de alteraciones en las líneas de energía.
- Reducción de riesgo de daños del motor en encendido y apagado.

La simulación del circuito de potencia se realiza mediante el software CAdE_SIMU debido que abarca librerías como: las protecciones y elementos eléctricos necesarios para el funcionamiento del sistema.

En la figura 59, se visualiza el diagrama de conexión del arranque

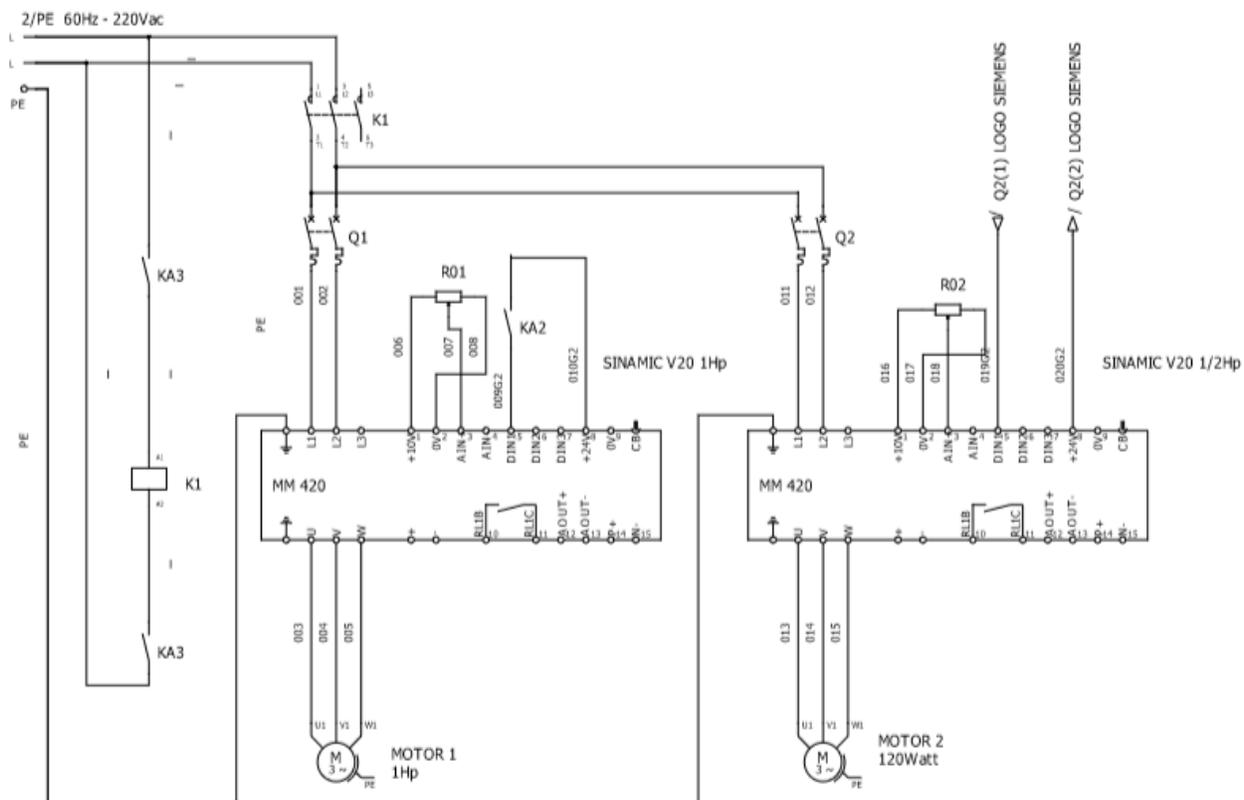


Figura 59. Diagrama de Circuito de Potencia

La figura 60 muestra el circuito de control de las entradas, y la figura 61 indica el circuito de control de las salidas con sus respectivos elementos eléctricos que serán activados durante el proceso de etiquetado.

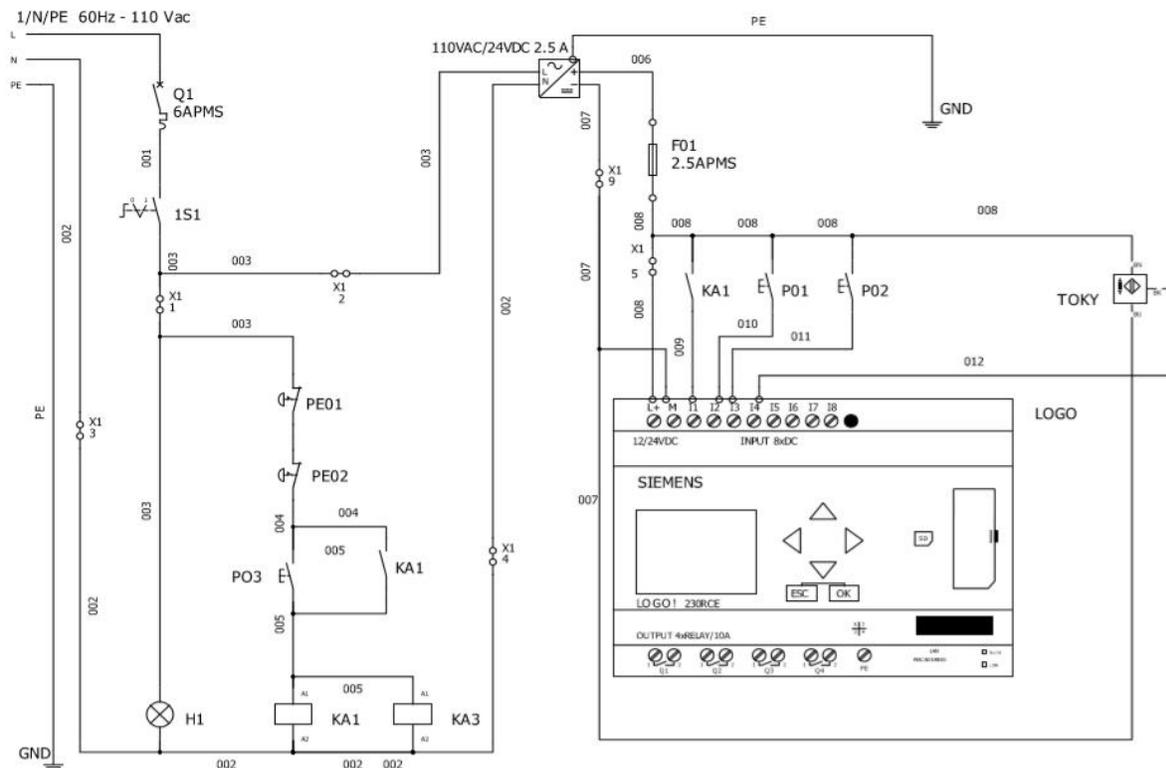


Figura 60. Diagrama de Control de las Entradas

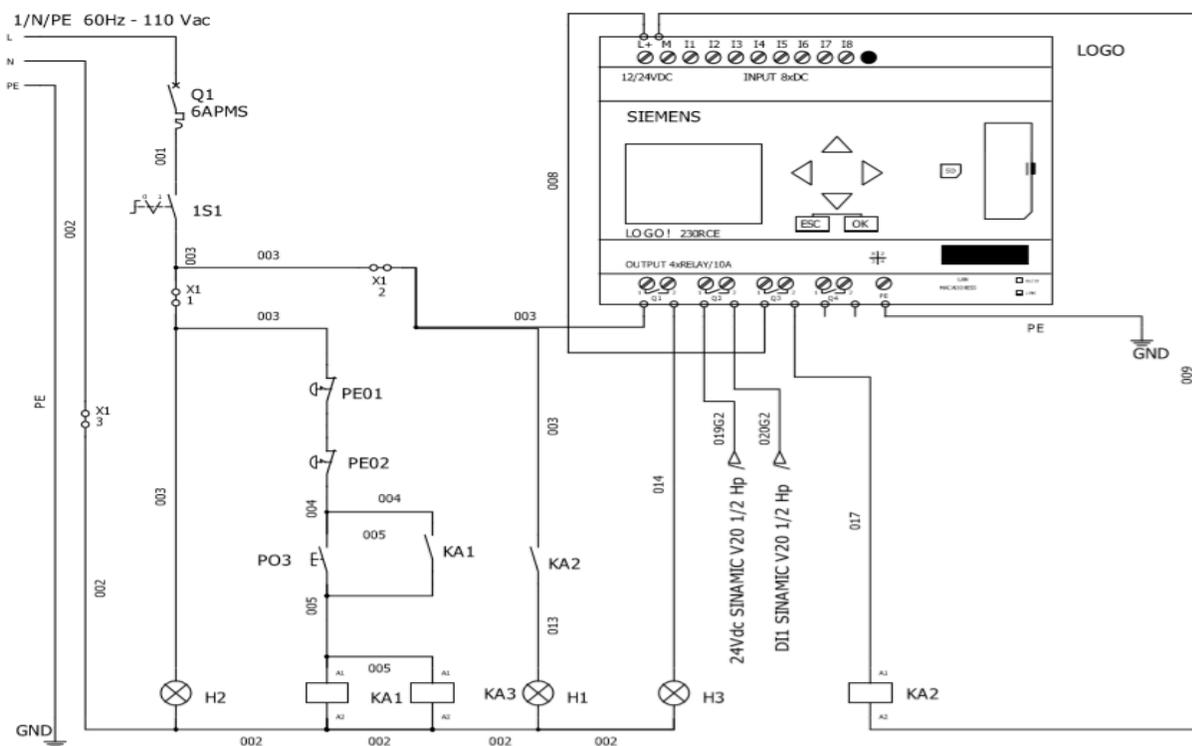


Figura 61. Diagrama de Control de las Salidas

5.6. Metodología Para Ejecutar La Propuesta

La construcción de la máquina de etiquetado se lo elabora con la ayuda del diseño que se detalló anteriormente, empleando las medidas reales y el tipo de material para la implementación, las mismas se mencionan en los planos mecánicos (anexo V).

Lo más importante que se analizó para el diseño de la estructura del sistema de etiquetado es el peso de las dos estructuras, de manera que sea capaz de soportar el peso de cada uno de sus elementos, con el objetivo de prevenir problemas posteriores en la implementación.

5.6.1. Construcción de la base de soporte

Este proceso para la construcción se inicia con la elaboración de la pieza base de 4 m de largo, 0,80 [m] ancho, construido con tubo cuadrado de 3/4" x 1.5 mm (tubo de 3m), el cual soportará todo el peso de la máquina, además se elabora la base para el sistema de etiquetado utilizando tubo cuadrado de 1-1.5" x 2 mm (tubo de 3m) como se indica en la (figura 62).



Figura 62. Construcción de la Base de soporte

Tanto la pieza base de la banda transportadora como la del sistema de etiquetado serán móviles utilizando sus respectivas ruedas que harán el libre y sencillo desplazamiento de la maquina a su sitio de trabajo donde la empresa lo requiera.

5.6.2. Construcción de los soportes y paletas de sujeción del producto

Utilizando plancha de duralón de $\frac{1}{2}$ se procede a realizar las piezas de sujeción de los empaques las mismas q tienen 16 cm de largo y 10 cm de ancho, las mismas q tendrán una forma de U con medidas de profundidad de 9 cm y 5 cm respectivamente (figura 63) las que serán acopladas con un soporte para la cadena, el mismo q es de duralón cuyas dimensiones son 5.8 cm de largo y 2.5 cm de ancho.

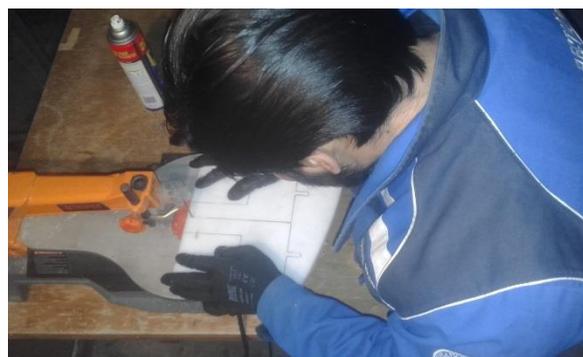


Figura 63. Paletas de sujeción

Realizadas las paletas que serán acopladas con un soporte para la cadena, el mismo q es de duralón cuyas dimensiones son 5.8 cm de largo y 2.5 cm de ancho (figura 64).



Figura 64. Soportes de sujeción de las paletas

5.6.3. Montaje de las paletas a la cadena

Para el montaje de las paletas de sujeción se utiliza una cadena de 1/2" por 8 m de largo, previamente la paleta va sujeta al soporte por medio de una platina de 5 cm de largo y 3 cm de ancho utilizando pernos M5 por 20 y tuercas M5 para el agarre, a continuación cada paleta se sujeta a la cadena con una distancia de 12 cm para la ubicación del empaque a etiquetar y con una distancia de 25 cm entre cada producto como se indica en la (figura 65).



Figura 65. Montaje de las paletas a la cadena

5.6.4. Construcción y montaje de guías

El siguiente paso es construir las guías utilizando planchas de acero inoxidable de 2 mm con medidas de 1.60 m de largo y 50 cm de ancho se procede a doblar (figura 66) para su respectivo montaje en la estructura empacadora.



Figura 66. Construcción y montaje de guías

5.6.5. Montaje de guías a la banda

La figura 67 es realizar las guías que nos permitirá el desplazamiento horizontal de las mismas guías que ayudara cuando la empresa requiera etiquetar sus promociones de empaques con diferentes medidas.



Figura 67. Montaje de guías

5.6.6. Montaje de la cadena

La figura 68 nos muestra el montaje de la Cadena a la banda con las paletas guías donde se colocaran los paquetes con el producto promocional.



Figura 68. Montaje de la cadena

5.6.7. Montaje de la caja reductora (banda transportadora)

En la figura 69 se visualiza la colocación de la caja reductora a la banda, la cual permite el movimiento horizontal de la cadena comandado por el variador.



Figura 69. Montaje de la caja reductora

5.6.8. Montaje de la caja reductora (debobinador)

En la siguiente figura 70 podemos apreciar el motor reductor que da transmisión al debobinador que entrega las etiquetas.



Figura 70. Montaje de la caja reductora

5.6.9. Montaje del aplicador de etiqueta

En la figura 71 que se presenta a continuación se presenta ya el sistema que realiza el desprendimiento de la etiqueta con la parte adhesiva y de esta forma realiza la colocación de la misma en el paquete.



Figura 71. Montaje del aplicador de etiqueta

5.6.10. Montaje del eje debobinador

En este sistema se presentan dos ejes, el primero realiza la entrega de la etiqueta, mientras que el segundo recibe la parte sobrante después de haberse desprendido la etiqueta ver figura 72.



Figura 72. Montaje del eje debobinador

5.7. Implementación y montaje del sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la máquina etiquetadora cuenta con diferentes elementos eléctricos de potencia y control, por lo que tendrá una alimentación de 220V.



Figura 73. Sistema eléctrico

5.7.1. Montaje de los sensores.

- Sensor de presencia de producto: el cual detecta el posicionamiento del paquete, según como avance la cadena.



Figura 74. Sensor de presencia

- Sensor de etiqueta: Este tipo de sensores fotoeléctricos ópticos nos permite dar la señal de arranque del debobinador de etiquetas.



Figura 75. Sensor fotoeléctrico

5.7.1. Implementación de PLC en Armario de Control.

Tomando en cuenta la versatilidad del costo y su gran eficiencia requerimos el PLC LOGO 12/24 RCE para el control de la máquina, en sus diferentes etapas.

Para este tipo de componentes debemos tener en cuenta su correcta alimentación, por lo que es de suma importancia su fuente, y que estos componentes tengan las protecciones adecuadas.



Figura 76. Implementación de PLC

5.7.2. Implementación del sistema de potencia.

Para esta aplicación hemos optado conveniente utilizar el variador de velocidad SINAMICS V20, el cual presenta aplicaciones confiables, logrando las secuencias de movimiento requeridas para la máquina.



Figura 77. Sistema de Potencia

5.7.3. Implementación del circuito de fuerza y control.

Para el sistema de Control y Potencia se utiliza Cable Flexible # 12 y 14 AWG tanto para la conexión de los componentes de protección como para los botones, pulsadores, sensores y demás dispositivos, los cuales fueron conectados con borneras adecuadas.



Figura 78. Mandos de Control

5.8. Pruebas del sistema mecánico

Finalizada la construcción de la máquina se comienza a realizar las pruebas de funcionamiento, se realizó como se muestra en la (figura 79), el movimiento de la banda transportadora por medio del motor reductor esta prueba se efectúa estando atentos a que los diferentes elementos no produzcan choques o sonidos que comprometan el estado de los componentes y además el movimiento del mecanismo de etiquetado que sea satisfactorio.



Figura 79. Sistema Mecánico

5.9. Pruebas del sistema de protección y alimentación.



Figura 80. Sistemas de Protección

Para salvaguardar los diferentes componentes, se realiza la colocación de las protecciones correspondientes de la máquina de etiquetado como: breaker, relés térmicos, fusibles, paro general como se indica en la (figura 80).

Los componentes de protección tienen la finalidad de desactivar y parar el funcionamiento de la máquina de etiquetado de adhesivos al producirse una sobrecarga o un cortocircuito en los motores que se encuentran en la banda transportadora y el mecanismo de etiquetado respectivamente, cada uno de estos elementos de protección fueron seleccionados adecuadamente, se realizaron las pruebas de funcionamiento a cada componente y como resultado funcionaron correctamente, sin embargo se debe tener muy en cuenta las horas de labor de la máquina para evitar daños posteriores.

El dispositivo de emergencia permite detener de manera rápida el funcionamiento de la máquina de etiquetado de adhesivos en cualquier instante por una falla o algún accidente de trabajo arriesgando la integridad física del operador, su localización es en la parte más accesible ver figura 81. Se efectuaron varias pruebas y su funcionamiento fue adecuado.



Figura 81. Paro de Emergencia

5.10. Pruebas de funcionamiento del PLC

Una vez instalado los elementos de seguridad se energiza por primera vez el tablero de control, de esta forma se comprueban que el PLC LOGO 12/24RCE de marca Siemens no presente daños ya sea estos por fábrica o mala instalación tal como se muestra en la (figura 82), después de garantizar los procesos anteriores se comienza a comprobar la comunicación entre el Logo y el servidor. A partir de este punto almacenaremos el programa garantizar su funcionamiento.



Figura 82. Funcionamiento del PLC

5.11. Pruebas del sistema de etiquetado

Para iniciar el proceso de etiquetado colocamos el selector en ON, como se indica en la figura 83.

Al presionar el pulsador de inicio, se activa el sistema.

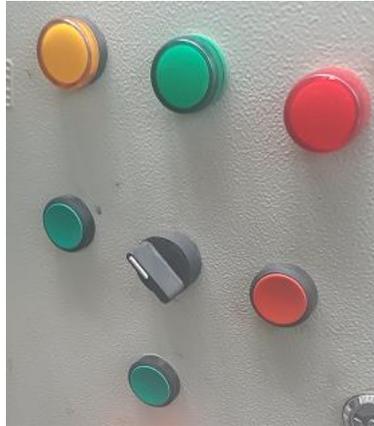


Figura 83. Selector de Mandos

Las principales pruebas son:

- a) Pruebas de la banda transportadora
- b) Pruebas de los sensores de presencia
- c) Pruebas del sistema mecánico de colocación de etiquetas

a. Se Arranca la banda transportadora, la cual mantiene un movimiento constante para el traslado de los paquetes, se verifica que haya un libre movimiento de las paletas, para que estas no presenten fricción en el sistema



Figura 84. Calibración De Banda Transportadora

b. Las pruebas realizadas al sensor de presencia fueron exitosas, en esta pudimos determinar la distancia del sensor al mecanismo de etiquetado, ya que este da el arranque del debobinador de etiquetas además se realiza una calibración de 5 mm de distancia entre el paquete y el sensor.



Figura 85. Pruebas de sensor de presencia

c. Otra prueba muy importante fue realizar la verificación de la leva que permite la fijación de la etiqueta. (Figura 86).



Figura 86. Pruebas de la leva Etiquetadora

5.12. Pruebas y resultados de los empaques a ser etiquetados.

Este Procedimiento de etiquetado de empaques promocionales se lo realizaba de forma manual en el área de empaques especiales,

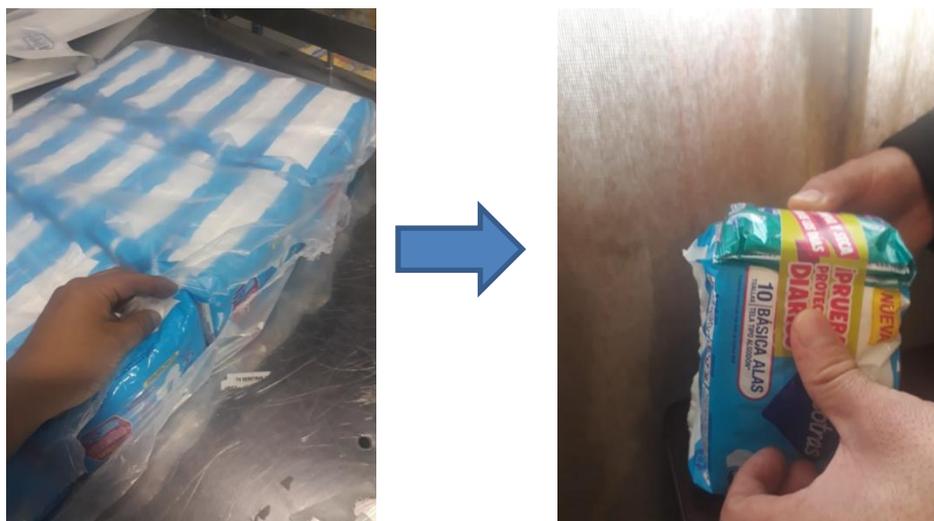


Figura 87. Empaques Etiquetados

El etiquetado de empaques mantiene todo un reproceso debido a que después de enviar los paquetes ya embalados, estos se vuelven a abrir las cajas de producto en el área de empaques especiales



Figura 88. Proceso a Etiquetar

El proceso de etiquetado de empaques con un operario tiene un estimado de ocho paquetes por minuto, esta cantidad se eleva según la cantidad de operarios que realicen la actividad.

Con la elaboración de la máquina se reduce los tiempos de etiquetado como se demuestra en la siguiente tabla 3.

Tabla 3

Resultados del tiempo de etiquetado

Cantidad	Detalle	1 Operario	2 Operarios	Máquina
8	Etiquetado	1 minutos	30 seg.	19.2 seg.
480	Etiquetado	60 minutos	30 minutos	19.2 minutos
1500	Etiquetado	187.5 minutos	93.75 minutos	60 minutos

Los beneficios que brinda la máquina de etiquetado de empaques son:

- Implementación de etiquetado continuo
- Aumento de productividad en el área
- Disminución del tiempo de etiquetado de empaques



Figura 89. Producto Final

5.13. Análisis Financiero

Para el análisis financiero se toma como objetivo determinar los recursos que dispone GRUPO FAMILIA para poner en funcionamiento el proyecto, el mismo que tendrá como finalidad conocer la rentabilidad económica y social que asegure una necesidad de manera eficiente, segura y rentable para la empresa.

5.13.1. Análisis De Costos

a. Materiales mecánicos

En la tabla 4 se expone todos los materiales, con los cuales se implementó la elaboración de la máquina.

Tabla 4

Costo de materiales mecánicos

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNIT.	V. TOTAL
1	Tubo Rectangular 80mmx40mmx2mm	6	5	30
2	Chumacera para rodamiento 6010	4	15	60
3	Correa	1	8	8
4	Pernos de 3/8 x 1-1/2"	50	0,16	8
5	Pernos de Anclaje 5/8"	4	2,75	11
6	Plancha de acero Inox.	1	50	50
7	Plancha laminada en caliente ASTM (6 mm)	1	125	125
8	Duralon tubular 4"	2	60	120
9	Plancha de Duralon.	2	120	240
10	Cadena de 1/2"	10	4	40
11	Ruedas	12	7	84
12	Motor reductor Transmisión Banda	1	1300	1300
13	Motor reductor Debobinador	1	850	850
14	½ Plancha Acero Negro 8mm	1	100	100
15	Rodillos debobinadores	2	50	100
16	Eje 17,5mm	1	45	45
17	Arandelas	100	0,05	5
18	Tubo cuadrado de 1-1.5" x 2 mm (tubo de 3m)	2	9,5	19
19	Tubo cuadrado de 3/4" x 1.5 mm (tubo de 3m)	2	5	10

Continua 

20	Resorte de helicoidal	1	5	5
21	Recubrimiento térmico	2	4	8
Total				3218

b. Materiales eléctricos

En la tabla 5 se expone todos los materiales eléctricos, con los cuales se implementó la elaboración de la máquina.

Tabla 5

Costo de elementos eléctricos

COSTO DE MATERIAL ELÉCTRICO				
N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNIT.	V. TOTAL
1	SENSOR DE PRESENCIA	1	90,00	90,00
2	SENSOR DE ETIQUETAS FOTOELECTRICO	1	280,00	280,00
3	CABLE SENSOR DE ETIQUETAS	1	25,00	25,00
4	CONTACTOR 220V	2	31,85	63,70
5	RELE 220 V	4	15,90	63,62
6	BASE RELE	4	5,26	21,04
7	LUZ PILOTO VERDE	1	28,67	28,67
8	PULSADOR ENCENDIDO APAGADO	2	28,40	56,80
9	PULSADOR PARO	1	28,20	28,20
10	CABLE FELXIBLE # 18	100	0,18	18,00
11	CABLE SUCRE 4X16	30	1,25	37,50
12	CABLE SUCRE 4X18	30	0,80	24,00
13	BORNERA CUBIERTA 12 P	2	2,45	4,90
14	INTERRUPTOR TRIFASICO 32 A	1	24,50	24,50
15	VARIADOR DE VELOCIDAD	2	310,84	621,67
16	BREAKER TRIFASICO 16 A	1	12,11	12,11
17	BREAKER BIFASICO 6 A	1	7,86	7,86
18	TERMICOS	2	50,47	100,93
19	CAJETIN 40X40X20	2	50,00	100,00
20	RIEL CAJETIN	2	2,53	5,06

Continua 

				116
21	TERMINALES	200	0,05	10,53
22	ROLLOS DE ETIQUETAR CABLES	1	40,00	40,00
23	CLAVE 3P 16A	1	20,97	20,97
24	TUBERIA BX 1/2"	10	1,74	17,36
25	TUBERIA BX 1"	5	3,47	17,36
26	CONECTOR BX 1/2"	10	0,95	9,52
27	CONECTOR BX 1"	10	2,24	22,40
28	LOGO	1	250,00	250,00
29	FUENTE DE PODER LOGO 24 V	1	95,20	95,20
	TOTAL			2096,89

c. Costos de Maquinado

En la tabla 6 se expone el costo de los procesos para la implementación de la máquina.

Tabla 6

Costo de proceso de maquinado

COSTOS DE MAQUINADO		
N°	MAQUINA	TOTAL
1	Soldadura	275
2	Torno	150
3	Amoladora	70
4	Dobladora	65
5	Taladro	60
6	Pintura	80
	TOTAL	700

En la tabla 7 se expone el costo directo total de la implementación de la máquina etiquetadora automática de empaques promocionales.

Tabla 7

Costo directo total

COSTO DIRECTO TOTAL	
Componentes Mecánicos	3218
Componentes Eléctricos	1870,71
Componentes de proceso de maquinado	700
Costos de Montaje	500,00
TOTAL	6288,708

La máquina de etiquetado de empaques tuvo una inversión inicial total \$10000 dólares americanos.

d. Costos de Operación

Para analizar los costos de operación se tiene consumo de energía eléctrica para la máquina, por lo que realizaremos el siguiente análisis.

$$E = \frac{P \times 746W}{\eta} \quad (57)$$

$$E = \frac{2 \times 746W}{0,8}$$

$$E = 1,87 [Kw]$$

El costo del [Kwh] tiene un promedio de 0,092ctv, el costo de cada hora será 0,172 \$/h, como la máquina tendrá una jornada de 8 horas diarias el costo del consumo eléctrico será:

$$\text{Costo Diario} = 0,172 \frac{\$}{h} \times 4 \frac{h}{\text{día}} = 0,68 \frac{\$}{\text{día}}$$

$$\text{Costo Mensual} = 0,68 \frac{\$}{\text{día}} \times 12 \frac{\text{día}}{\text{mes}} = 8,16 \frac{\$}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo Anual} = 8,16 \frac{\$}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 97,92 \frac{\$}{\text{año}}$$

Adicional a estos gastos se debe incluir el gasto del operador que percibe una remuneración básica de \$ 375 con el aporte al IESS con derechos de ley.

Tabla 8

Aportes derechos de ley

CONCEPTOS	PERSONAL	PATRONAL	TOTAL
SEGURO DE INVALIDEZ, VEJEZ Y MUERTE (12 pensiones mensuales, decimotercera, decimocuarta y auxilio de funerales).	6,64	3,10	9,74
LEY ORGÁNICA DE DISCAPACIDADES LOD	0,10	0,00	0,10
SEGURO DE SALUD (Enfermedad y maternidad del Seguro General, subsidio económico del seguro general, atenciones de salud por accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y prótesis)	0,00	5,71	5,71
SEGURO DE RIESGOS DEL TRABAJO (Subsidios, indemnizaciones, 12 pensiones mensuales, decimotercera, decimocuarta, promoción y prevención)	0,00	0,55	0,55
SEGURO DE CESANTÍA	2,00	1,00	3,00
SEGURO SOCIAL CAMPESINO	0,35	0,35	0,70
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	0,36	0,44	0,80
TOTAL	9,45	11,15	20,60

El aporte al IESS se obtiene un porcentaje del 9,45% del salario.

Tabla 9

Para trabajadores bajo relación de dependencia

	EMPLEADO 1	EMPLEADO 2	EMPLEADO 3	TOTAL COSTO EMPLEADOS
APORTE PERSONAL	35,44	35,44	35,44	106,31
APORTE PATRONAL	41,81	41,81	41,81	125,44
TOTAL	77,25	77,25	77,25	231,75

$$\text{Aporte al IESS} = \$ 375 \times 9,45\% = \$ 35,44$$

$$\text{Aporte total empleados} = \$ 231,75 \times 3 = \$ 695,25$$

Décimo cuarto sueldo

Es un bono escolar que se entrega a los trabajadores bajo relación de dependencia, indistintamente de su cargo o remuneración. Es el valor de un sueldo básico unificado vigente que este año es \$375,00.

Su cálculo se lo realiza del 01 de Agosto al 31 de julio del año en curso.

Tabla 10

Sueldo básico unificado

	EMPLEADO 1	EMPLEADO 2	EMPLEADO 3	TOTAL COSTO EMPLEADOS DÉCIMOS CUARTO
DECIMO CUARTO SUELDO	375,00	375,00	375,00	1.125,00
TOTAL	375,00	375,00	375,00	1.125,00

$$\text{Décimo Cuarto} = \frac{375}{12} \times 12(\text{meses trabajados}) = \$375$$

$$\text{Total Décimo Cuarto} = 1.125 \times 3(\text{jornadas}) = \$3.375,00$$

Décimo tercer sueldo

El décimo tercer sueldo, (décima tercera remuneración) o bono navideño, es un beneficio que reciben los trabajadores bajo relación de dependencia y corresponden a una remuneración equivalente a la doceava parte de las remuneraciones que hubieran percibido durante el año calendario.

Su cálculo se lo realiza desde el 01 de Diciembre del año anterior al 30 de Noviembre del año en curso.

Tabla 11

Décimo tercer sueldo

	EMPLEADO 1	EMPLEADO 2	EMPLEADO 3	TOTAL COSTO EMPLEADOS DÉCIMOS TERCEROS
DECIMO TERCER SUELDO	375,00	375,00	375,00	1.125,00
TOTAL	375,00	375,00	375,00	1.125,00

$$\text{Décimo Tercer} = \frac{375 \times 12}{12} = \$375$$

$$\text{Total Décimo tercer} = 1.125 \times 3(\text{jornadas}) = \$3.375,00$$

El sueldo anual de un operador será el siguiente.

$$\text{Sueldo Anual} = \$375 \times 12 + \$375 + \$375 + \$35,44 = \$5285,44$$

$$\text{Gasto de funcionamiento anual} = 97,92 + 5285,44 = 5383,36$$

5.14. Periodo de recuperación de inversión

5.14.1. Flujo de caja

Para el desarrollo del flujo de caja se debe tomar en cuenta una proyección durante 5 años, en el cual se muestra una estimación anticipada de los ingresos y egresos de la empresa GRUPO FAMILIA, se considera siguientes:

- Las ventas estimadas para el primer año en la empresa “GRUPO FAMILIA” según datos de la misma es de \$144.000,00.
- La tasa de interés del producto empresarial es del 10,21%.
- La empresa tiene previsto un aumento del 8% anual de producción.

Tabla 12

Tasas de interés

Tasas de Interés			
enero - 2019			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	9.06	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	9.49	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	8.79	Productivo PYMES	11.83
Comercial Ordinario	8.11	Comercial Ordinario	11.83
Comercial Prioritario Corporativo	7.99	Comercial Prioritario Corporativo	9.33
Comercial Prioritario Empresarial	9.63	Comercial Prioritario Empresarial	10.21
Comercial Prioritario PYMES	9.70	Comercial Prioritario PYMES	11.83
Consumo Ordinario	16.27	Consumo Ordinario	17.30
Consumo Prioritario	16.09	Consumo Prioritario	17.30
Educativo	9.49	Educativo	9.50
Inmobiliario	9.55	Inmobiliario	11.33
Vivienda de Interés Público	4.78	Vivienda de Interés Público	4.99
Microcrédito Minorista ¹ .	25.96	Microcrédito Minorista*	28.50
Microcrédito de Acumulación Simple ¹ .	22.64	Microcrédito de Acumulación Simple*	25.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada ¹ .	19.21	Microcrédito de Acumulación Ampliada*	23.50
Inversión Pública	8.46	Inversión Pública	9.33

Fuente: (Ecuador, 2019)

Se dispone en realizar un financiamiento de \$10000 dólares americanos para la implementación de la etiquetadora, con estos datos obtenidos se puede elaborar la amortización de préstamo anual ver tabla 13.

Tabla 13

Amortización de préstamos

CUADRO DE AMORTIZACIÓN	
Introducción de datos:	
IMPORTE	10.000
INTERES NOMINAL:	10,21%
AÑOS:	5
PERIODO DE PAGO:	1
Comisión de apertura:	0
Comisión de gestión:	0
Resultados:	
Comisión de apertura:	0
Comisión de gestión:	0
Capital efectivo:	10.000
T.A.E. real	10,210%

Periodos de pago	Cuota	Pago de intereses	Amortización del principal	Amortización acumulada del principal	Capital pendiente
0					10.000
1	2.652	1.021	1.631	1.631	8.369
2	2.652	854	1.798	3.429	6.571
3	2.652	671	1.981	5.410	4.590
4	2.652	469	2.184	7.594	2.406
5	2.652	246	2.406	10.000	

Con estos datos se puede elaborar el flujo de caja con la ayuda de una hoja de cálculo en Excel, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Tasa de interés producto empresarial

FLUJO DE CARGA						
VALORES	AÑOS 0	AÑOS 1	AÑOS 2	AÑOS 3	AÑOS 4	AÑOS 5
INGRESO INICIAL	10.000,00					
INGRESOS POR VENTA		48.000,00	51.840,00	55.987,20	60.466,18	65.303,47
EGRESOS:						
INTERESES PRÉSTAMO (10,21%)		1.021,00	854,46	670,92	468,63	245,70
AMORTIZACIÓN DEUDA		1.631,14	1.797,68	1.981,22	2.183,51	2.406,44
COSTO DE OPERACIÓN		38.400,00	38.400,00	38.400,00	38.400,00	38.400,00
FLUJO DE CARGA	10.000,00	6.947,86	10.787,86	14.935,06	19.414,03	24.251,33

5.14.2. Valor presente neto (VPN)

Es el valor presente neto del flujo de carga proyectada a los cinco años de la implementación de la máquina.

$$VPN = -k_o + \sum_{i=1}^n \frac{fCi}{(1+D)^i} \quad (58)$$

Dónde:

k_o = Inversión o Capital [\$]

fCi = Flujo de carga de año i [\$]

D = Tasa de descuento real utilizada [%]

i = Numero de periodos de vida del proyecto [años]

$$VPN = -10000 + \frac{6.947,86}{(1 + 0,1021)^1} + \frac{10.787,86}{(1 + 0,1021)^2} + \frac{14.935,06}{(1 + 0,1021)^3} + \frac{19.414,03}{(1 + 0,1021)^4} + \frac{24.251,33}{(1 + 0,1021)^5}$$

$$VPN = \$ 44.417,27$$

El valor del VPN determinado mediante los flujos de caja es de \$ 44.417,27

El valor de VPN tiene un valor positivo por lo cual el proyecto es factible de realizarlo.

La tasa de rendimiento requerida fue establecida mediante los indicadores que se detallan a continuación:

- Riesgo país.
- Tasa de inflación anual.
- Tasa de interés pasiva.

$$TMAR = \text{riesgo país \%} * \text{inflación anual\%} * \text{interés pasiva\%} \quad (59)$$

DATOS A FEBRERO 2017	RIESGO PAIS	INFLACION ANUAL %	TASA DE INTERÉS PASIVA
TMAR=	6,13	0,90%	5,07%
TMAR=			27,97%

$$TMAR = 6,13\% * 0,90\% * 5,07\%$$

$$TMAR = 27,97\%$$

5.14.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Es el descuento que deprecia a cero el valor neto (VAN). Y la TIR es el porcentaje de ganancia que percibe lograr en la maquila. En la tabla 15, se muestra los valores del TIR que hacen cero al VAN.

Tabla 15

Valores TIR

TIR	VPN
44.417,27	0,1021
9,01	1,0
-1.040,54	1,1

De la tabla 15, se realiza los cálculos del valor real de la TIR de la siguiente manera:

$$TIR = i_1 + (0 - VAN_1) \frac{(i_2 - i_1)}{(VAN_2 - VAN_1)} \quad (60)$$

$$TIR = 1 + (0 - 9.01) \frac{(1,1 - 1)}{(-1,040.54 - 9,01)}$$

$$TIR = 1,00 = 100\%$$

5.14.4. Análisis costo - beneficio

Es la rentabilidad que produce la implementación de la máquina, por cada dólar invertido, como se muestra la tabla 16 se logran los siguientes valores.

Tabla 16

Relación Costo-Beneficio

RELACIÓN COSTO BENEFICIO			
AÑOS	FCN	FCNA	FCNAA
1	6.947,86	43553,2166	43553,2166
2	10.787,86	42679,86	86233,08
3	14.935,06	41824,02	128057,09
4	19.414,03	40985,34	169042,43
5	24.251,33	40163,47	209205,90
		209205,90	

$$R \frac{C}{B} = \frac{\sum FCNA}{I} \quad (61)$$

$$R \frac{C}{B} = \frac{209205,90}{10000}$$

$$R \frac{C}{B} = 20,92$$

Dónde:

FCN = Flujo de Carga Neto [\$]

Por lo tanto por cada dólar invertido en la implementación de la máquina de etiquetado se recuperará \$ 20,92 de ingreso.

a. Recuperación de la inversión

El periodo de recuperación es el tiempo que se tarda en ser recuperada la inversión inicial del proyecto.

$$PR = \frac{I-FCAA}{FCAP} \times 12 \text{ meses} \quad (62)$$

$$PR = \frac{10000 - 86233,08}{41824,02} \times 12 \text{ meses}$$

$$PR = -21,87$$

$PR = \text{año, meses y dias.}$

La tabla 17 se realiza los valores de comparación que determinan que el proyecto es viable y seguro.

Tabla 17

Valores límite para que el proyecto sea viable

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN,\$	VPN>0
TIR,%	TIR%>TMAR%
PRI, Años	PRI<n
RBC	RBC>1

En la siguiente tabla 18 se podemos visualizar los valores determinados en este análisis financiero realizado para la máquina.

Tabla 18

Valores límites obtenidos para el proyecto

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN,\$	44.417,27>0
TIR,%	100%>27,97%
PRI, Años	1 año< 5años
RBC	20.92>1

5.14.5. Interpretación del análisis financiero

- Mediante el VAN obtenido de \$44.417,27 permite una decisión acertada, lo que ratifica que el proyecto es positivo para la implementación en la empresa “GRUPO FAMILIA” teniendo en cuenta el TIR de 100% el cual es mayor para la TMAR de 27,97% de la totalidad de inversión dando así que el proyecto es factible.
- La inversión realizada para el proyecto tiene una etapa de recuperación de menor al año por tal motivo es de gran satisfacción para la empresa “GRUPO FAMILIA”, lo cual se garantiza de forma segura para continuar con el desarrollo del proyecto.

CONCLUSIONES

- Se diseñó el sistema mecánico y eléctrico con las facilidades de los diferentes programas asistidos por computador e ingeniería que portan las librerías para el desarrollo adecuado.
- Se construyó tanto el sistema mecánico como eléctrico con las debidas normas y parámetros establecidos de cada componente seleccionado.
- Se automatizo el proceso de etiquetado con todos los parámetros que requiere el programa para realizar debidamente el proceso mediante un controlador lógico programable.
- La construcción de la máquina de etiquetado ha mejorado el proceso, ya que se tiene mayor eficiencia al realizar este procedimiento.
- Con la elaboración de la máquina etiquetadora se logró reducir los tiempos de etiquetado además de los costos de operación.
- Mediante el análisis financiero que se lo realizó durante la elaboración, construcción y aplicación del proyecto fue de \$ 10000 de inversión para lo cual se estima la recuperación del monto invertido en un periodo de menor al año, dándonos como resultado un proyecto factible y rentable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la correcta colocación de los paquetes y toallas promocionales para no generar inconvenientes al pasar por el sistema de etiquetado.
- Se debe tomar en cuenta el sentido de giro de la banda para evitar atranques en la transmisión de la banda.
- Recomendamos mantener los elementos rodantes lubricados para evitar su deterioro, mantener una rutina de verificación y de lubricación trimestral.
- Mantener un Stock de repuesto de las paletas de duralon, en caso de deteriorarse por atranques o desgaste.
- Se recomienda tener en cuenta la referencia a realizar, ya que de esto dependerá el número de etiquetas por rollo además de las medidas de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- Autómatas, P. (12 de 2001). Recuperado el 18 de 05 de 2017, de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>
- Automation24. (2011). Recuperado el 2017, de <https://www.interempresas.net/Robotica/FeriaVirtual/Producto-Variadores-de-frecuencia-Siemens-Sinamics-V20-160362.html>
- Bandas Industriales_S.A. (1987). Recuperado el 18 de 05 de 2017, de <https://www.bandasindustriales.com/PVC.html>
- Carrillo & Criollo, C. F. (2013). Recuperado el 18 de 05 de 2017, de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/4999>
- CAUNOR_S.L. (1994). Recuperado el 18 de 05 de 2017, de <http://www.caunor.es/productos/bandas-transportadoras/bandas-silicona-teflon>
- Conveyor Solutions, B. (1985). Recuperado el 19 de 05 de 2017, de <http://belteccs.com/producto/rugosas/>
- DG_IMPRENTA. (1995). Recuperado el 19 de 05 de 2017, de <http://www.dgimprentaonline.com/etiquetas-adhesivas-granada/>
- Ecuador, B. C. (2019). Recuperado el 25 de 01 de 2019, de <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Equipos el Prado S.A. (2009). Recuperado el 10 de 07 de 2017, de http://www.elprado.co.cr/english/sob_rod.html
- germanBelt. (2001). Recuperado el 10 de 06 de 2017, de <http://www.germanbelt.com/es/productos/bandas-transportadoras/bandas-transportadoras-textiles.html>
- Hidalgo & Patín, A. N. (04 de 2015). Recuperado el 15 de 06 de 2017, de El presente trabajo de investigación “ESTUDIO DE SISTEMAS DE ETIQUETADO DE FRASCOS DE VIDRIO PARA REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA

- FÁBRICA DE MERMELADA LA CARLITA DE LA PARROQUIA FACUNDO VELA, CANTÓN GUARANDA”, se llevó a cabo debido a la importancia d
- HÖKEN_S.A. (1954). Recuperado el 15 de 07 de 2017, de <https://hoken-bandas.com/>
- impresora, L. U. (1931). Recuperado el 15 de 07 de 2017, de www.universalimpresora.com.mx
- Intecman. (2000). Recuperado el 15 de 07 de 2017, de http://intecman.com/default-item/cintas_transportadoras/
- Intelligence, S. S. (07 de 09 de 2016). Recuperado el 15 de 07 de 2017, de https://cdn.sick.com/media/docs/5/55/055/Product_overview_PROXIMITY_SENSORS_PRODUCTS_AT_A_GLANCE_es_IM0073055.PDF
- Kunstmann. (1974). Recuperado el 15 de 07 de 2017, de http://kunstmannchile.cl/wordpress/?page_id=151
- OMT BIELLA_S.R.L. (1963). Recuperado el 15 de 07 de 2017, de http://www.abatech.it/nau_nastro_trasportatore.html
- Pepperl-Fuchs. (19 de 09 de 2011). Recuperado el 15 de 07 de 2017, de https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/edb/911541_spa.pdf?v=20181229000135
- Pharmachine. (1978). Recuperado el 10 de 05 de 2017, de www.pharmachine.es
- PLASTI_GOMM. (1977). Recuperado el 25 de 07 de 2017, de www.plastigomm.com.ar/cintas-transportadoras/
- Santiago. (2 de 07 de 2017). Recuperado el 25 de 07 de 2018, de <http://plcsantiago.blogspot.com/2017/07/partes-interna-y-externa-de-un-plc.html>
- Santillan Gordon, M. B. (03 de 2008). Recuperado el 20 de 08 de 2017, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/915>
- Servindustria, M. (1923). Recuperado el 05 de 08 de 2017, de <https://masanes.com/es/ct/bandas-transp-de-pvc-17>
- Siemens. (1996). Recuperado el 15 de 08 de 2017, de <https://w3.siemens.com/mcms/mc-drives/en/low-voltage-inverter/sinamics-v20/Pages/sinamics-v20-portlet.aspx>
- Siemens. (2005). Recuperado el 15 de 08 de 2017, de http://www.controlfr.com/marcas/siemens/motores_siemens.pdf

Siemens S.A, m. t. (17 de 07 de 2002). Recuperado el 15 de 08 de 2017, de [http://gecousb.com.ve/guias/GECO/Dise%C3%B1o%20de%20M%C3%A1quinas%201%20\(MC-4131\)/Material%20Te%C3%B3rico%20\(MC-4131\)/MC-4131%20Catalogos%20Motor%20Siemens.pdf](http://gecousb.com.ve/guias/GECO/Dise%C3%B1o%20de%20M%C3%A1quinas%201%20(MC-4131)/Material%20Te%C3%B3rico%20(MC-4131)/MC-4131%20Catalogos%20Motor%20Siemens.pdf)

Vizuite Alcocer, A. H. (05 de 2010). Recuperado el 15 de 08 de 2017, de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1809>

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el siguiente trabajo de investigación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA AUTOMÁTICA DE EMPAQUES PROMOCIONAL PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ODIN 1(PLANTA FLUFF)”** fue desarrollado por los señores **Granda Heredia, Cristian David y Moreano Sinchiguano, Fausto Javier**, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.

En la ciudad de Latacunga, a los 5 días del mes de febrero del 2019

Aprobado por:

Ing. Wilson Sánchez Ocaña,
Director del Proyecto

Ing. Katya Torres
Directora de Carrera

Dr. Rodrigo Vaca
Secretario Académico