



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON
YOGURT PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DESPACHO
DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA-PRODUCTOS LÁCTEOS
PARAÍSO”**

AUTORES:

BYRON MARCELO BARROS PÉREZ

JOSÉ ELÍAS BAYAS FREIRE

DIRECTOR: ING. FREDDY SALAZAR

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON YOGURT PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DESPACHO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA - PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO***” realizado por el señor ***NOMBRE DEL AUTOR***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlos y autorizarlos a los señores ***BYRON MARCELO BARROS PÉREZ y JOSÉ ELÍAS BAYAS FREIRE*** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 06 de noviembre del 2015

FREDDY WILLIAM SALAZAR PAREDES
DIRECTOR



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **BYRON MARCELO BARROS PÉREZ**, con cédula de identidad N° 1712624236, y **JOSÉ ELÍAS BAYAS FREIRE**, con cédula de identidad N° 1803952660, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON YOGURT PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DESPACHO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA - PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 06 de noviembre del 2015

BYRON MARCELO BARROS PÉREZ

C.C.: 1712624236

JOSÉ ELÍAS BAYAS FREIRE

C.C.: 1803952660



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

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **BYRON MARCELO BARROS PÉREZ** y **JOSÉ ELÍAS BAYAS FREIRE**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON YOGURT PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DESPACHO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA - PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 06 de noviembre del 2015

BYRON MARCELO BARROS PÉREZ

C.C.: 1712624236

JOSÉ ELÍAS BAYAS FREIRE

C.C.: 1803952660

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios, a mi padre José Bayas, mi mami Georgina Freire y a mis hermanos Víctor, Mary y Toño; ya que siempre con sus consejos y fuerzas lograron formar en mí una persona sencilla y hoy un profesional de bien que lograre dar lo mejor de mis conocimientos y ser un ejemplo para que todos seamos profesionales y seguir teniendo la familia orgullosa. A mi abuela tía Inés, mi primo Edwin y especialmente a mis padrinos Raúl y Patty que desde el inicio de mis días confiaron plenamente en mí, también a mis primos Fer y Neyo que los quiero mucho gracias por siempre estar pendiente de nuestra familia. A mi novia Verito que con su apoyo logre culminar una etapa más en mi vida, y también a mi nueva familia que estuvieron también pendiente de nuestro éxito gracias y siempre estaré para ayudarles en lo que deseen.

JOSÉ BAYAS

Con todo mi cariño este trabajo lo dedico a mis queridos padres y mi hermana que siempre confiaron en mí a pesar de muchos tropiezos y caídas que tuve a lo largo de mi vida, porque ellos siempre me siguieron y me siguen apoyando incondicionalmente y que con su dedicación, esfuerzo y sacrificio juntos pudimos hacer realidad este sueño.

Te dedico a ti mi amada esposa que fuiste, eres y serás el motor y motivo principal de continuar cumpliendo mis metas por creer en mí, por darme todo su apoyo en todo momento y esperar que culmine mi estudios superiores con éxito.

Te dedico a ti también hija querida que con tu llegada a nuestras vidas ha sido un motivo más para seguir adelante, por todo el cariño que día a día nos das.

BYRON BARROS

AGRADECIMIENTO

A mi familia que supieron depositar toda la confianza y esfuerzo, para llegar a culminar una meta más en mi vida, a mi tía Inés, a mis primos, que estuvieron siempre cuando los necesite para ayudarme por todo ello gracias y este escalón es un paso más como profesional.

A la Empresa Productos Lácteos Paraíso en especial a la Ing. Jessy Toro, quién confió en nosotros y logramos de la misma manera entregar una ayuda más para su empresa con la construcción de la máquina tapadora de envases de yogurt.

A los ingenieros quienes con sus conocimientos y colaboraciones pudimos culminar con éxito nuestra tesis, al Ing. Freddy Salazar, Ing. Washington Freire, Ing. Oscar Arteaga, Ing. Fabricio Pérez, Ing. Marcelo Silva; gracias por soportarnos tanto tiempo y hacer de mi persona un profesional responsable.

JOSÉ BAYAS

Gracias a Dios por darme la vida para poder seguir alcanzando todas mis metas propuestas, a toda mi familia por su apoyo incondicional en todo momento y a todas las personas que de una u otra manera han estado en este tiempo de estudio, a todos los ingenieros que aportaron con sus conocimientos para culminar con este proyecto.

Un agradecimiento especial a la empresa "PRODUCTOS LACTEOS PARAISO" con su representante Ing. Jessy Toro que nos extendió su mano y nos dio todas las facilidades para que podamos cumplir con nuestro proyecto de manera satisfactoria aportando al crecimiento tecnológico de su empresa.

BYRON BARROS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	1
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	2
AUTORIZACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE TABLAS	15
RESUMEN	16
SUMMARY	17

CAPÍTULO I

GENERALIDADES	18
1.1. Antecedentes.....	18
1.2. Planteamiento del problema	19
1.3. Justificación e importancia	20
1.4. Objetivos.....	20
1.4.1. Objetivo general	20
1.4.2. Objetivo específico	20
1.5. Metas	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	22
2.1. Historia del arte	22
2.1.1. El yogurt	22
2.1.2. Manejo de productos lácteos	23
a. Calidad de la leche.....	23

2.1.3. Personal	24
2.1.4. Materia prima e insumos	24
2.1.5. Instalaciones	24
2.2. Tipos de tapadoras de líquidos	25
2.2.1. Tapadoras industriales rotativas	25
2.2.2. Tapadoras industriales lineales	26
2.3. Envase de plástico (Botella)	27
2.3.1. Tapón de rosca.....	28
2.4. Características generales de los envases de plástico	28
2.5. Ventajas de los envases de plástico	28
2.6. Llenado y tapado	28
2.6.1. Características de la línea de tapado.....	29
2.6.2. Encajonamiento, embalado y expedición	29
2.7. Control del sistema de tapado de envases de plástico	29
2.7.1. Control general de la máquina.....	30
2.7.2. Controlador lógico programable (P.L.C.).....	31
a. Definición IEC 61131	31
b. Antecedentes de los PLC'S	32
c. Instrucciones básicas para programar un PLC.....	33
d. Lenguaje de programación	34
e. Lenguaje ladder.....	35
2.8. Equipos eléctricos, electrónicos y neumáticos a utilizar	36
2.8.1. Equipos eléctricos.....	36
a. Interruptores.....	36
a.1. Interruptor de control.....	37
a.2. Interruptor de carga.....	37
a.4. Aplicaciones de los interruptores.....	38
a.5. Interruptores de dos posiciones o más	39
a.5.1. Interruptor de dos posiciones.....	39
a.5.3. Interruptor inversor de tres posiciones (Avance – OFF - Reversa)	39
b. Breaker	40
c. Fusibles	41

d.	Relé.....	41
e.	Cables eléctricos	42
f.	Canalizaciones eléctricas.....	43
g.	Gabinetes eléctricos.....	43
2.8.2.	Equipo electrónico.....	44
a.	Fuente de voltaje.....	44
a.2.	Símbolos para una pila.....	45
a.3.	Otras fuentes de voltaje.....	45
b.	Variador de frecuencia.....	47
b.1.	Definiciones básicas de un variador	47
b.1.1.	Red de suministro	47
b.1.2.	Entradas y salidas (E/S ó I/O).....	47
b.1.3.	Comunicaciones	48
b.1.4.	Salida	48
b.2.	Diagrama en bloques de un variador	48
2.8.3.	Equipo neumático	49
a.1.	Válvulas neumáticas	49
a.1.1.	Válvulas de distribución	49
a.2.	Válvulas de bloqueo.....	50
a.3.	Válvulas reguladoras	51
a.4.	Válvulas secuenciales	51
a.5.	Tuberías neumáticas	52
a.6.	Cilindros neumáticos	53
2.9.	Normatividad para productos lácteos	53

CAPÍTULO III

DISEÑO Y MODELACIÓN DE LAS ETAPAS QUE CONSTITUYEN LA TAPADORA	55	
3.1.	Introducción.....	55
3.2.	Parámetros de diseño	55
3.3.	Esquema previo de la máquina de tapado de envases	57
3.4.	Diseño del sistema de tapado.....	59
3.4.1.	Diseño de cabezal giratorio	60

3.4.2. Selección del motor - reductor del cabezal.....	62
3.4.3. Diseño del carro deslizante.....	63
3.4.4. Diseño del soporte del sistema de tapado.....	63
3.4.5. Selección del cilindro neumático de elevación.....	64
3.5. Diseño del sistema de sujeción de los envases	68
3.5.1. Diseño del brazo de detención de los envases.....	69
3.5.2. Diseño del eje de giro	71
3.5.3. Diseño del brazo de accionamiento	73
3.5.4. Selección del cilindro neumático de detención	73
3.5.5. Selección del gripper de sujeción de los envases	75
3.5.6. Selección de los cilindros neumáticos de sujeción	77
3.6. Diseño del sistema de avance de los envases	78
3.6.1. Selección de la banda transportadora	79
3.6.2. Diseño del eje de transmisión.....	81
3.6.3. Selección del motor - reductor para la banda transportadora	82
3.6.4. Diseño de las placas soporte de la banda transportadora.....	84
3.7. Análisis de esfuerzos en la estructura soporte	85
3.8. Modelo completo de la máquina tapadora.....	86
3.9. Selección del Fusible	86
3.10. Selección del conductor.....	86

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA TAPADORA AUTOMÁTICA LINEAL . 90

4.1. Parámetros de Construcción	90
4.1.1. Tipo de Envase	90
a. Tamaño	90
b. Forma.....	91
4.1.2. Control del Sistema de Tapado de Envases Plásticos	91
4.1.3. Sentido de Tapado	92
4.1.4. Cantidad de Producción Diaria.....	92
4.2.1. Tiempos de operación para el tapado	94

4.3.	Soldadura y ensamblaje de los tubos y platinas	95
4.4.	Selección de los componentes Mecánicos.....	97
4.4.1.	Sistema estructural.....	99
a.	Estructura base.....	99
a.1.	Construcción del perfil en U para la cinta transportadora	99
a.2.	Desempeño de la estructura soporte	99
a.3.	Dimensiones generales de la estructura	100
4.4.2.	Etapa de desplazamiento de los envases.....	101
a.	Cinta transportadora.....	101
a.1.	Detalles de la cinta transportadora.....	101
a.2.	Dimensiones y propiedades mecánicas de la cinta transportadora	101
b.	Ajuste de la cinta transportadora	103
c.	Colocación del piñón acetal y la roldana	104
d.	Colocación del eje conductor	105
e.	Acoplamiento de los rodamientos.....	106
4.5.	Construcción de la base y montaje del motor reductor	108
4.5.1.	Construcción de la base del motor reductor	108
4.5.2.	Montaje del motor reductor	109
4.6.	Construcción del sistema de tapado.....	109
4.6.1.	Estructura de soporte y mecanismo móvil.....	109
a.	Montaje de los cilindros lubricados para el mecanismo móvil.....	110
b.	Montaje del Motor Reductor para el tapado.....	111
c.	Colocación de la boquilla de tapado	111
4.7.	Montaje de las electroválvulas y de la unidad de mantenimiento	112
4.8.	Montaje del tablero eléctrico	112
	CAPÍTULO V	114
	ANÁLISIS FINANCIERO	114
5.1.	Análisis de costos	114
5.1.1.	Costos directos.....	114
a.	Costos de materiales	114
5.1.2.	Elementos mecánicos	115

5.1.3. Materiales neumáticos	115
5.1.4. Materiales eléctricos y electrónicos.....	116
b. Costo de alquiler de herramientas para maquinado.....	118
5.2. Costos Indirectos	119
a. Costos de materiales adicionales.	119
5.3. Inversión total.....	120
5.4. Análisis de producción previo al proyecto	120
5.4.1. Capacidad de producción	120
5.4.2. Flujo de caja antes del proyecto.	122
5.5. Análisis de producción posterior al proyecto	124
5.5.1. Capacidad de producción	124
5.5.2. Mantenimiento programado	124
5.6. Análisis de inversión de la máquina tapadora lineal	124
5.6.1. Flujo de caja posterior al proyecto	126
5.6.2. Calculo del VAN y el TIR.....	128
5.6.3. Periodo de recuperación de la inversión.....	132
CAPÍTULO VI.....	134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
6.1. Conclusiones.....	134
6.2. Recomendaciones	135
BIBLIOGRAFÍA	137
LINKOGRAFÍA	137
ANEXO.....	140
ANEXO A FACTORES DE DISEÑO	
ANEXO B DATA SHEET DEL CILINDRO COMPACTO	
ANEXO C DATA SHEET DEL CILINDRO STANDARD	
ANEXO D DATA SHEET DEL CILINDRO STANDARD	
ANEXO E FACTOR DE SERVICIO	

ANEXO F ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD DE TRACCIÓN

ANEXO G ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

ANEXO H ANÁLISIS ESTÁTICO DEL SOPORTE CABEZAL TAPADORA

ANEXO I ANÁLISIS ESTÁTICO DE LAS PLACAS SOPORTE DE LA BANDA TRANSPORTADORA

ANEXO J ANÁLISIS ESTÁTICO DEL CARRO CABEZAL

ANEXO K ANÁLISIS ESTÁTICO DE LOS GRIPPERS

ANEXO L PLANO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

ANEXO M PLANO MECÁNICO DE LAS PLACAS SOPORTE DE LA BANDA TRANSPORTADORA

ANEXO N PLANO MECÁNICO DEL SOPORTE DEL CABEZAL TAPADORA

ANEXO O PLANO MECÁNICO DEL CARRO CABEZAL

ANEXO P PLANO MECÁNICO DEL RIEL LATERAL PARA LOS ENVASES

ANEXO Q PLANO MECÁNICO DE LA MÁQUINA TAPADORA

ANEXO R MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA TAPADORA

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2. 1	Máquina tapadora rotativa	26
Figura 2. 2	Máquina tapadora lineal	26
Figura 2. 3	Envases plásticos para yogurt	27
Figura 2. 4	Esquema de un PLC	32
Figura 2. 5	PLC Logo 24 RC.....	34
Figura 2. 6	Lenguaje visual	35
Figura 2. 7	Lenguaje escrito	35
Figura 2. 8	Interruptor de control y carga.....	37
Figura 2. 9	Interruptores de posiciones	39
Figura 2. 10	Interruptor de tres posiciones	40
Figura 2. 11	Partes de un breaker	40
Figura 2. 12	Fusibles	41
Figura 2. 13	Estructura del relé	41
Figura 2. 14	Cables eléctricos.....	42
Figura 2. 15	Canaletas eléctricas	43
Figura 2. 16	Gabinetes eléctricos	43
Figura 2. 17	Tipos de pilas y baterías.....	44
Figura 2. 18	Símbolos de pilas	45
Figura 2. 19	Cargador de celular	46
Figura 2. 20	Simbología de una pila.....	46
Figura 2. 21	Diagrama de un variador.....	47
Figura 2. 22	Diagrama en bloques de un variador.....	48
Figura 2. 23	Válvula de distribución	49
Figura 2. 24	Válvula de bloqueo	50
Figura 2. 25	Válvula reguladora.....	51
Figura 2. 26	Válvula secuencial	52
Figura 2. 27	Diversos tipos de tuberías neumáticas	52
Figura 2. 28	Cilindro neumático.....	53

CAPÍTULO III

Figura 3. 1	Esquema preliminar de la máquina de pulido	58
Figura 3. 2	Sistema de tapado.....	59
Figura 3. 3	Cabezal giratorio	60
Figura 3. 4	Fuerzas que ejerce el cilindro neumático.....	65
Figura 3. 5	Sistema de sujeción de los envases	68
Figura 3. 6	Fuerzas sobre el brazo de detención.....	69
Figura 3. 7	Cargas que actúan sobre el brazo de detención.....	70
Figura 3. 8	Cargas sobre los componentes del sistema de detención	72
Figura 3. 9	Cargas sobre los componentes del sistema de sujeción	75
Figura 3. 10	Sistema de avance de los envases	78

Figura 3. 11 Cargas que actúan sobre la banda transportadora	80
Figura 3. 12 Cargas que actúan sobre el eje de transmisión.....	82
Figura 3. 13 Ensamblaje completo de la máquina tapadora	86

CAPÍTULO IV

Figura 4. 1 Tamaño y Forma de envases	91
Figura 4. 2 Tapado Lineal	92
Figura 4. 3 Descenso de la boquilla y tapado de los envases	94
Figura 4. 4 Equipo de soldadura utilizado.....	95
Figura 4. 5 Equipo de protección.....	96
Figura 4. 6 Soldadura y ensamblaje de la estructura	96
Figura 4. 7 Trazado y corte del tubo para la construcción	98
Figura 4. 8 Mecanizado para ubicar las chumaceras	99
Figura 4. 9 Estructura Base de la Máquina.....	100
Figura 4. 10 Forma de desplazamiento del producto	101
Figura 4. 11 Colocación de la cinta transportadora acetel.....	102
Figura 4. 12 Montaje de la cinta transportadora.....	103
Figura 4. 13 Cinta Transportadora Acetal	103
Figura 4. 14 Piñón Acetal y Roldana (Simulado).....	104
Figura 4. 15 Piñón Acetal y Roldana (Construcción).....	105
Figura 4. 16 Acoplamiento del piñón, motor reductor y eje conductor.....	105
Figura 4. 17 Fijación de las chumaceras F205	107
Figura 4. 18 Cortando metal para la base del motor reductor	108
Figura 4. 19 Base del motor reductor	108
Figura 4. 20 Acoplamiento del motor reductor	108
Figura 4. 21 Montaje del Motor reductor	109
Figura 4. 22 Construcción del Sistema de tapado	110
Figura 4. 23 Bocines colocados en el mecanismo móvil.....	110
Figura 4. 24 Motor redactor sin ventilación	111
Figura 4. 25 Colocación y verificación de la boquilla de tapado	111
Figura 4. 26 Localización de electroválvulas	112
Figura 4. 27 Tablero Eléctrico.....	112

CAPÍTULO V

Figura 5. 1 Cálculo del VAN en Excel.....	130
Figura 5. 2 Cálculo de la TIR en Excel	131

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1	Elementos básicos en LADDER	35
Tabla 2. 2	Características y beneficios de los interruptores	38

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1	Parámetros de diseño.....	56
Tabla 3. 2	Tiempos estimados para cada actividad	56
Tabla 3. 3	Propiedades Físicas del carro deslizante	63
Tabla 3. 4	Estimaciones de peso y cargas	64
Tabla 3. 5	Cargas aplicadas a las placas soporte	84
Tabla 3. 6	Cargas de esfuerzos en la estructura soporte.....	85

CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1	Producción de Botellas por Minuto (BPM) estimada.....	93
Tabla 4. 2	Producción de Botellas por Minuto (BPM).....	93
Tabla 4. 3	Tiempos requeridos para el proceso de tapado.....	94
Tabla 4. 4	Sistema y partes de la máquina tapadora.....	97
Tabla 4. 5	Cualidades de manejo del acero inoxidable AISI 304.....	97
Tabla 4. 6	Dimensiones generales de la estructura.....	100
Tabla 4. 7	Propiedades mecánicas del polipropileno	102
Tabla 4. 8	Dimensiones generales de la cinta transportadora.....	104
Tabla 4. 9	Duración recomendada para rodamientos	106
Tabla 4. 10	Características del rodamiento	107

CAPÍTULO V

Tabla 5. 1	Costo de materiales mecánicos.....	115
Tabla 5. 2	Costo de materiales neumáticos	116
Tabla 5. 3	Costo de materiales eléctricos y electrónicos.....	117
Tabla 5. 4	Costos de alquiler de herramientas para maquinado	118
Tabla 5. 5	Costos de materiales adicionales	119
Tabla 5. 6	Inversión total.....	120
Tabla 5. 7	Capacidad de producción previa al proyecto.	121
Tabla 5. 8	Flujo de caja antes del proyecto.	122
Tabla 5. 9	Producción de tapado posterior al proyecto	124
Tabla 5. 10	Resultados de los indicadores financieros.....	132

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON YOGURT PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DESPACHO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA-PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO”, propuesta que se implementó con la finalidad de reducir el tiempo de despacho de producción, disminuyendo la intervención del operario para evitar el contacto con el producto y conservando su calidad debidamente calificado por las normas de higiene y salud, para poder cubrir diariamente los pedidos de los clientes. En el sistema mecánico, el diseño de los elementos mecánicos se los realizó de forma analítica y tecnológica modelado con el software CAE, de esta manera se comprobó que sus componentes cumplan con un tolerable factor de seguridad y no se fatiguen en el proceso. En el sistema neumático, contiene análisis de presión, torque, momento para poder roscar los envases y tapar los envases con yogurt. En el sistema eléctrico, el diseño del circuito de control se lo realizó tomando a consideración los componentes como variador de frecuencia, sensores, motores, cilindros neumáticos. Para la programación del sistema automático se utiliza un PLC que se lo hizo mediante programación LADDER. El funcionamiento de manera general se basa a partir de: La llegada del producto (envase con yogurt) es realizada mediante una banda transportadora, luego de la cual, el producto es verificado por un sensor de producto lleno, posteriormente ingresa a la estación de trabajo (tapado del envase), después de cierto tiempo se sujeta el envase, desciende el sistema neumático hasta una distancia requerida hacia la boquilla del envase luego realiza el tapado del envase de yogurt y seguidamente serán impulsados por la banda transportadora para su despacho.

PALABRAS CLAVE:

- **MÁQUINA SELLADORA**
- **YOGURT**
- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**
- **EMPRESA LÁCTEA.**

SUMMARY

This project consists of the "DESIGN AND CONSTRUCTION OF AUTOMATIC LINEAR COVERED WITH YOGURT PACKAGING FOR THE REDUCTION OF TIME OF OFFICE OF PRODUCTION IN THE DAIRY COMPANY-PARADISE" proposed that was implemented in order to reduce the production turnaround time, reducing operator intervention to avoid contact with the product and maintaining its quality properly qualified by the standards of hygiene and health, to cover customer orders daily. In the mechanical system, the design of the mechanical elements are made of the way technology analytical and modeling with CAE software, so it was found that its components meet tolerable safety factor and not grow weary in the process. In the pneumatic system, it contains analysis of pressure, torque, time to thread the containers and cover with yogurt containers. In the electrical system, the design of the control circuit was made taking account of the components such as the inverter, sensors, motors, pneumatic cylinders. For automatic programming a PLC it did with LADDER programming is used. The operation generally is based from: The arrival of the product (container with yogurt) is performed by a conveyor belt, after which the product is verified by a sensor full product then enters the workstation (capped container), after a certain time the container is clamped, the air system drops to a required distance toward the nozzle of the container then performs capping yogurt container and then be driven by the conveyor for release.

KEYWORDS:

- **SEALING MACHINE**
- **YOGURT**
- **INDUSTRIAL AUTOMATION**
- **DAIRY COMPANY**

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Actualmente la elaboración de productos lácteos se ha modificado, debido a diversos avances tecnológicos que benefician a la empresa y al consumidor para elaborar productos de mejor calidad, esto es implementando máquinas capaces de sustituir el esfuerzo físico del operario y ubicándolos en otra zona vulnerables. Todo ser humano puede estar en peligro inminente, ocasionado por fallas en un sistema eléctrico, descuidos humanos e incluso imprevistos de procedencia natural como lo son las maniobras al procesar, llenar y tapar los envases con yogurt.

Garantizar la seguridad total del recurso humano es casi imposible; pero se puede disminuir en gran parte el riesgo de accidentes laborales mediante algunos métodos, uno de ellos es la implementación de una MÁQUINA AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON YOGURT, que tiene como principal objetivo la reducción del tiempo de despacho de la producción y prevenir contacto con el producto terminado para su total esterilización de contagio de enfermedades.

En vista de la gran demanda de diferentes productos alimenticios como son yogurt, naranjadas, bolos, etc., la empresa se ha visto en la necesidad de implementar nueva tecnología para mejorar su presentación, proceso de producción y despacho, por tal motivo se desarrolla el DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN de dicha MÁQUINA TAPADORA, y situarse en el mercado con suficiente producción.

1.1. Antecedentes

En la actualidad los consumidores e instituciones gubernamentales se encuentran preocupados con respecto a la seguridad e higiene con que fueron elaborados los productos alimenticios que se consumen, debido a nuevas normas de Higiene y Salud estos temas son de mucha importancia dentro de las industrias alimenticias.

El término Industrias Alimenticias contiene un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios, la materia prima utilizada son de origen vegetal o animal, esto se produce por explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras.

En Industrias Lácteas, en un principio el trabajo se realizaba a mano, el cual necesitaba de la utilización intensiva de la mano de obra, hoy en día se han creado procesos industriales para facilitar la mano de obra y a la par optimizar el talento humano en las industrias, y de esta forma reubicándolos en procesos donde se necesita mayor talento humano.

Una solución a este problema es optimizar el proceso mediante sistemas automáticos para la elaboración y despacho de los productos alimenticios cumpliendo con las normativas legalmente establecidas para el correcto manejo y procesamiento del tapado de los envases, con esto se da paso a la construcción de una máquina automática lineal para tapado de envases de yogurt que ayudará a mejorar el tiempo de despacho de producción para su comercialización.

1.2. Planteamiento del problema

La Empresa Productos Lácteos “Paraíso”, dedicada a la fabricación de productos alimenticios, cuenta con maquinaria acorde a su exigencia, en la cual el proceso de tapado es un punto principal para el despacho del producto final. Por tal motivo la empresa Productos Lácteos “Paraíso”, tiene como propósito aumentar la calidad de producción y reducir el tiempo de despacho debido a la demanda que el mercado lo requiere.

Por tal razón se requiere automatizar dicho proceso para reducir la mano de obra, costos y mejorar la higiene y despacho de producción.

1.3. Justificación e importancia

Este proyecto tiene el propósito de automatizar el proceso de tapado de envases de yogurt, ayudando a los operarios a desarrollar su trabajo con mayor facilidad, de esta forma disminuir el tiempo de despacho de producción, mano de obra y la contaminación bacteriológica.

Por medio de controladores lógicos programables (PLC) se busca tener una automatización del proyecto y estimar una rentabilidad considerable para su construcción y satisfacción empresarial optimizando sus procesos.

El diseño de esta máquina es de vital importancia, para mejorar la calidad, higiene y salud establecidas por normativas vigentes en los alimentos, todo esto lleva una transición del proceso artesanal a un proceso automático.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- “Diseñar y construir una máquina tapadora de envases de yogurt para la Fábrica Productos Lácteos Paraíso que permita disminuir el tiempo de despacho de Producción”.

1.4.2. Objetivo específico

- Recopilar información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Diseñar y construir una máquina tapadora automática lineal de yogurt para reducir la fatiga provocada por el tiempo de trabajo utilizado en el proceso de tapado.

- Implementar la máquina para reducir el uso de recursos para la manipulación del proceso de despacho de producción.
- Diseñar el algoritmo de programación para automatizar el sistema de control por medio de PLC.
- Diseñar el sistema neumático de la máquina tapadora de envases de yogurt.
- Elaborar los planos mecánicos y eléctricos de la máquina para futuras modificaciones.

1.5. Metas

- Disminuir los tiempos de producción y despacho en el área de tapado y empaque de envases de yogurt.
- Mejorar el tapado de los envases de yogurt y evitar el contacto con el producto final.
- Disponer de los materiales eléctricos, mecánicos y neumáticos para el control total del sistema automatizado.
- Obtener un sistema automático lineal, el cual mejore la producción y aumente la eficiencia.
- Presentar e indicar el funcionamiento de la máquina con todos sus planos eléctricos, mecánicos y neumáticos, durante el intervalo de tiempo establecido.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Historia del arte

2.1.1. El yogurt

Desde hace mucho tiempo la elaboración de yogurt significó una mezcla de ciertos microorganismos (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*), estos se mezclaban en leche tibia y esperar algunas horas hasta que hubieran terminado su labor de convertir la lactosa (azúcar de la leche) en ácido láctico. [1]

El resultado de este proceso es un líquido de aroma, color y sabor lácteos, de consistencia algo espesa y acidez característica, que contiene una gran cantidad de microorganismos vivos, incluso miles de millones aun después de ser filtrados. [1]

La acidez generada durante la fermentación hace que las grasas y proteínas sufran una predigestión que las transforman en sustancias más sencillas (aminoácidos y ácidos grasos libres), esta predigestión contribuye junto con las bacterias benéficas, a que el yogurt sea más digerible que la leche. [1]

Dependiendo de la cantidad de grasa que uno quiera consumir el tipo de leche utilizado para su elaboración puede ser; entera, parcialmente descremada o descremada, pero debe ser leche, es decir, debe contener la cantidad y tipo de la proteína que uno encuentra en la leche. [1]

Este es el proceso y la manera por la cual cualquier persona o empresa puede tener la capacidad de elaborar el yogurt. [1]

El yogurt y los lácteos fermentados se ofrecen en los mercados en muy diversas formulaciones y presentaciones, dependiendo de su consistencia los hay para beber o batidos, otras diferencias radican en los tipos y contenidos de grasa, proteínas lácteas y los microorganismos vivos que contienen, también difieren en los ingredientes añadidos, pues mientras unos adicionan frutas, mermelada, cereales o azúcar, otros agregan edulcorantes artificiales no calóricos, y la mayoría usa aditivos como almidón, gretina y agar, entre otros, que cumplen diversas funciones, como darle mayor consistencia al producto. [1]

“Todo esto hace que la formulación y el aporte nutricional de las diversas marcas del yogurt y demás productos fermentados sean diferentes”. [1]

2.1.2. Manejo de productos lácteos

a. Calidad de la leche

La calidad de la leche implica todos los conceptos para su aceptación, en este caso una leche para ser aceptable, debe poseer buena capacidad de conservación, debe estar exenta de gérmenes patógenos y debe tener, además, buena presentación, alto valor nutritivo, estar limpia, libre de materias extrañas y sedimentos, estos requisitos se resumen en los siguientes factores:

- **Factores sanitarios:** este factor está relacionado con la definición de leche, la que establece que es el producto de la secreción de la glándula mamaria de una o varias vacas sanas y bien alimentadas, disminuyendo la presencia de gérmenes patógenos en la leche.
- **Factores de composición:** se refiere a los componentes de la leche desde el punto de vista nutritivo e industrial, para la fabricación de diversos productos.
- **Factores higiénicos:** cuando se habla de estos factores se refiere a que la leche debe contener un nivel mínimo de calidad higiénica, lo que significa que debe contener un

nivel mínimo de microorganismos lo cual se logra asegurando una mejor limpieza al momento del ordeño y la manipulación subsiguiente de la leche. Este término involucra aspectos como la contaminación por bacterias acidificantes, capacidad de conservación, sedimentos, sabor y olor de la leche.

2.1.3. Personal

Los encargados de la elaboración del yogurt deben ser personas saludables física y mentalmente; poseer carnet sanitario actualizado.

Utilizar el uniforme adecuado, guardapolvo limpio, de colores claros, gorra, mascarilla, guantes y botas.

Durante el proceso de elaboración deberán cumplir estrictamente las normas de higiene, seguridad industrial y de no contaminación al ambiente.

Los equipos y utensilios que tengan contacto con el alimento, deben estar totalmente esterilizados.

2.1.4. Materia prima e insumos

La materia prima deberá ser evaluada con rigurosidad, para tener un producto de calidad, es necesario considerar y respetar estrictamente los parámetros de procesamiento para mantener la calidad del producto, mientras que los insumos a utilizarse son necesario que estos sean de marcas de garantía y posean las autorizaciones sanitarias respectivas para su utilización.

2.1.5. Instalaciones

“Los lugares donde se realizarán las labores deberán mantenerse completamente limpios en todo momento, tanto piso, paredes, rincones y en especial las partes de la máquina por

donde circula el envase del producto, para esto es necesario utilizar gran cantidad de agua, elementos desinfectantes y vapor caliente si fuera posible”. [2]

2.2. Tipos de tapadoras de líquidos

En relación al avance científico que se requiere para impulsar e implementar maquinaria para reducir tiempos y personal operativo, se ha desarrollado mejoras tanto científicas y prácticas para productos lácteos de esta manera se han diseñado distintas máquinas tapadoras para sus necesidades que requieren la empresa alimenticia.

Las máquinas tapadoras que se encuentran vigentes en este proceso son:

- Tapadora Rotativa
- Tapadora Lineal

2.2.1. Tapadoras industriales rotativas

Existen diversas soluciones para el tapado industrial y entre ellas se pueden clasificar en dos grandes grupos: las tapadoras rotativas y las tapadoras lineales.

Las tapadoras rotativas constan de varios pistones los cuales cumplen la labor de poner la tapa en el sitio adecuado y posteriormente hacer la presión necesaria para asegurar un tapado confiable. La gran ventaja de las tapadoras rotativas son la alta repetitividad, la confiabilidad y la alta velocidad ya que por poseer múltiples pistones y un cabezal rotativo pueden realizarse todos los pasos del proceso de forma paralela. En la figura 2.1 se puede observar un ejemplo de tapadoras industriales de tipo rotativo.



Figura 2. 1 Máquina tapadora rotativa

Fuente: [3]

2.2.2. Tapadoras industriales lineales

Las máquinas tapadoras lineales al carecer de un cabezal rotativo realizan la tarea de tapado de forma lineal (uno a uno). Los pistones que aplican la fuerza están en línea con la banda transportadora que trae el empaque a tapar. De igual forma el dispensado de la tapa se realiza sobre la banda transportadora o los rodillos de transporte. A continuación, la figura 2.2 muestra una tapadora industrial de tipo lineal.



Figura 2. 2 Máquina tapadora lineal

Fuente: [3]

Generalmente las tapadoras industriales son construidas con estructuras en acero inoxidable para protegerla de derrames y demás factores ambientales. De igual forma se ve popularizado la implementación de sistemas neumáticos y la implementación de servomotores para realizar el dispensado y tapado de productos. Estos procesos son regidos por controladores lógicos programables o también llamados PLC.

También existen diversas variedades de mecanismos ya que algunas tapas son roscadas, de presión o con pestañas de sellado. Por esta gran variedad de soluciones es necesario conocer las especificaciones y requerimientos de cada problema para elegir la mejor solución.

2.3. Envase de plástico (Botella)

Una botella es un recipiente fabricado para la comercialización de líquidos en productos como lácteos, bebidas. (Véase en la figura 2.3) Sus ventajas con respecto al vidrio son básicamente su menor precio y su gran versatilidad de formas.

El plástico se moldea para que la botella adquiera la forma necesaria para la función a que se destina, algunas incorporan su aspecto ergonómico estrechándose en su parte frontal o con rebajes laterales para poder agarrarlas con comodidad.



Figura 2. 3 Envases plásticos para yogurt

Fuente: [4]

2.3.1. Tapón de rosca

También de plástico, es el cierre más habitual de las botellas de plástico. Su diseño puede incrementar sus funcionalidades actuando como difusor en spray, dispensador de líquido, medida de dosificación o asidero.

2.4. Características generales de los envases de plástico

Los envases plásticos de alimentos bebibles son elaborados mediante procesos químicos para verificar que el contacto con el producto, este no modifique la composición y elaboración del yogurt, con lo que se garantiza la salud e higiene de los consumidores y se incrementa sustancialmente la producción y aceptación del producto elaborado. [5]

2.5. Ventajas de los envases de plástico

Estas resinas sintéticas tienen grandes ventajas tales como ligereza, versatilidad de formas, facilidad de impresión, buena inercia química y resistencia mecánica adecuada. “Sin embargo, también tienen desventajas ya que son permeables al paso de algunos gases, aromas y puede existir migración de algunos componentes como monómeros o aditivos del plástico al alimento”. [5]

2.6. Llenado y tapado

El llenado es la etapa más crítica de todo el proceso ya que se realiza a alta velocidad y calculando mediante sensores para que no exista exceso de producto.

El tapado se realiza en la taponadora inmediatamente después del llenado, garantizando rápidamente la estanqueidad de las botellas. Así el yogurt conservaría sus cualidades e higiene en su despacho.

2.6.1. Características de la línea de tapado

- El Diseño moderno de suspensión del cuello de botella hace que el envase sea estable durante condiciones de movimientos de alta velocidad. Cambiando unas pocas partes, puede cumplir con las necesidades de producción de diferentes tipos de envases fácilmente.
- Par de torsión magnético usado para enroscado. La potencia del enroscado puede ser ajustada libremente. El tapado es confiable y no dañará las tapas.
- Tecnologías avanzadas, como pantalla táctil de interfaz hombre-máquina y control de programa PLC también son adaptados en esta máquina.
- “Todas las partes que toman contacto con el producto están fabricadas de acero inoxidable de alta calidad. Los componentes eléctricos principales pertenecen a empresas internacionales famosas como Mitsubishi, Omron, etc”. [6]

2.6.2. Encajonamiento, embalado y expedición

Los envases se encajan automáticamente y se trasladan, mediante cintas transportadoras, al almacén de producto terminado, donde se politizan de acuerdo al mosaico establecido en función del embalaje de las botellas.

2.7. Control del sistema de tapado de envases de plástico

El sistema de tapado de envases de plástico está controlado mediante un PLC que es el encargado de enviar señales para activar a los elementos como son:

- El Contactor
- Banda Transportadora

- Variador de Frecuencia
- El motor eléctrico (moto reductor “1/3 HP”)
- Cilindro Neumático
- Electroválvula
- Cilindros de Sujeción

Mediante el accionamiento de estos elementos se logra transmitir el movimiento hacia los piñones que son los encargados de hacer girar a las boquillas y a su vez estas son las que harán el tapado de la botella con la fuerza necesaria para que exista un buen sellado y que el líquido no se salga.

2.7.1. Control general de la máquina

La máquina está controlada mediante varios elementos como lo es un sensor de luz visible ya que este es el encargado de enviar una señal al PLC, para posicionar que las botellas y que la máquina entre en funcionamiento.

Además, será activada mediante un pulsador que será el encargado de poner en funcionamiento, para que el sistema baje con todo el conjunto de elementos como son:

- Motor Reductor 1/3 HP
- Cilindro Neumático
- Boquilla

- Bocines
- Cilindros de Sujeción

El PLC se activará mediante un pulsador el cual controlará el proceso y accionará la electroválvula de esta manera actuará un pistón neumático en conjunto hasta las botellas que van a ser selladas.

Cuando las boquillas estén posicionadas, el PLC excita al contactor para que encienda el motor eléctrico ya que este brinda movimiento hacia los piñones y estos durante segundos logrando sellar los envases de plástico.

Los tiempos son controlados por el PLC, mediante temporizadores, después del proceso, se desactiva el motor y activa nuevamente a la electroválvula para accionar al pistón para que regrese a su posición inicial, pero el retorno será lento ya que se utiliza una válvula reguladora de flujo.

2.7.2. Controlador lógico programable (P.L.C.)

a. Definición IEC 61131

“Un controlador lógico programable es una máquina electrónica programable diseñada para ser utilizada en un entorno industrial (hostil), que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuenciales, temporizaciones, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos” [7]

El PLC lee datos de los sensores de campo, resuelve su programa y envía comandos de salida a los dispositivos de control en campo. El proceso de leer entradas, resolver el

programa y controlar las salidas es repetido continuamente y se le conoce como “SCAN” (traducción en inglés de REVISAR). [8]

El controlador lógico programable fue originalmente construido como un sustituto de los paneles de control por relevadores, con la idea de tener una “secuencia lógica” almacenado en un programa en lugar de conexiones entre relevadores. Esto permite que los cambios a ser realizados en la secuencia se realizan en el programa, rápidamente y con un mínimo de modificaciones en el alambrado. [8]

“Los nuevos PLC’s proveen la mejor opción para adquirir datos e integrar información desde el nivel de planta de proceso a computadoras en redes de comunicación local o cualquier computadora, permitiendo obtener información estadística para la generación de reportes, ayudando a la mejor toma de decisiones”. [8]

b. Antecedentes de los PLC’S

“El Control Industrial se ha desarrollado enormemente en los últimos 40 años. La industrial de cualquier tipo. Como la de alimentos, petrolera, metalúrgica, o automotriz ha necesitado siempre algún tipo de control en el proceso de manufactura. Hace tan sólo 25 años el control industrial era ejecutado con dispositivos electromecánicos y algunas tarjetas electrónicas en algunos de los casos. El consumo de energía era muy elevado, las modificaciones eran casi imposibles además de costosas. El mantenimiento solía ser muy tardado, y el tiempo de localización y corrección de fallas muy grandes”. [8]

En la figura 2.4 se muestra un esquema general que representa un PLC.

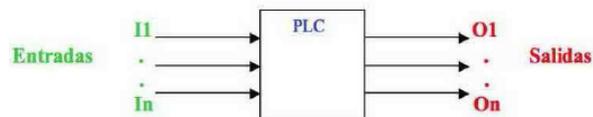


Figura 2. 4 Esquema de un PLC

Fuente: [9]

c. Instrucciones básicas para programar un PLC

- Enunciar claramente el problema, definiendo de manera completa y concisa la labor a realizar, estableciendo las entradas y salidas con las que se va a interaccionar, las restricciones existentes en cuanto a tiempo de ejecución, precisión, memoria disponible, etc.; e indicar los resultados esperados.
- Planear por escrito el algoritmo de solución que describa textualmente el orden y las operaciones a realizar.
- Dibujar un diagrama de flujo (opcional) que facilite visualizar las diversas operaciones y sus interdependencias, así como subdividir el problema en secciones que sea factible entender con mayor facilidad (bloques).
- Codificar a diagrama de escalera, traducir la secuencia de operaciones indicadas en el diagrama de flujo en un listado de instrucciones codificadas (objetivos de control) separadas en pequeños bloques que permita analizar el programa, esto se logra mediante el uso de un diagrama de escalera.
- Convertir y cargar el programa, el diagrama de escalera se convierte a una lista de instrucciones (lista de mnemónicos) caso de Micro-1, o bien mediante un diagrama de componentes (bloques), según el modelo y marca del PLC, que se introducen por la interface local del PLC teclado y pantalla o cargador (Ladder) también mediante computadora personal con el puerto serial de la PC al PLC, usando un cable especial para el caso del PLC con programación visual (diagrama de componentes) como el caso del LOGO de Siemens, es necesario convertir el diagrama de escalera en un diagrama de componentes discretos.
- Correr y verificar el programa, para verificar que opere correctamente y en caso de no ser así, detectar las fallas y corregirlas, de manera local o remota, si se programa mediante la PC, algunos programas el caso del LOGO Confort Vers.2, Vers.4 y

WindLDR Vers. 4.2, tiene un programador y simulador para verificar que el programa funcione bien antes de cargarlo al PLC.

- Documentar el programa con texto al margen que indiquen cómo opera el programa y facilite entenderlo y usarlo, comentarios e instrucciones para el usuario, diagrama de bloques, diagrama de tiempos, mapa de memoria, manual de uso, guía de usuario, respaldo en disco del código, etc.



Figura 2. 5 PLC Logo 24 RC

Fuente: [10]

d. Lenguaje de programación

Los lenguajes de programación del PLC son dos, visuales y escritos. Los visuales admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques.

Los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar.

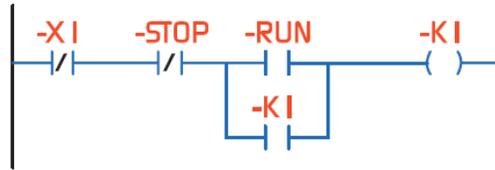


Figura 2. 6 Lenguaje visual

Fuente: [11]

```

AN  -X I
AN  -STOP
(
A   -RUN
O   -K I
)
=  -K I

```

Figura 2. 7 Lenguaje escrito

Fuente: [11]

e. Lenguaje ladder

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

Tabla 2. 1

Elementos básicos en LADDER

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un único lógico en el elemento

CONTINÚA 

		que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET.
	Bobina JUMP	Permite saltarse instrucciones del programa e ir directamente a la etiqueta que se desee.

Fuente: [12]

2.8. Equipos eléctricos, electrónicos y neumáticos a utilizar

2.8.1. Equipos eléctricos

a. Interruptores

Muchas de las aplicaciones a nivel industrial requieren interruptores de control y carga capaces de manejar niveles de energía inductora más altos de los que se encuentran en

interruptores selectores típicos y con capacidades de interrupción más bajas que los fusibles des-conectores. Muchos fabricantes a nivel mundial ofrecen una gama completa de interruptores de control y carga para control de motores que exigen una serie de requisitos de alto nivel. Los interruptores pueden dividirse según su aplicación, para control y carga. [13]

a.1. Interruptor de control

Es un dispositivo usado para manejo de voltaje y corriente bajos, pero tienen bajas capacidades nominales de HP y KW para uso en aplicaciones con carga inductora. [13]

a.2. Interruptor de carga

Es un dispositivo usado en aplicaciones de alta corriente/potencia para cambiar y aislar cargas de motores, a menudo con clasificaciones para soportar cortocircuitos altos de hasta 25000 A. [14]

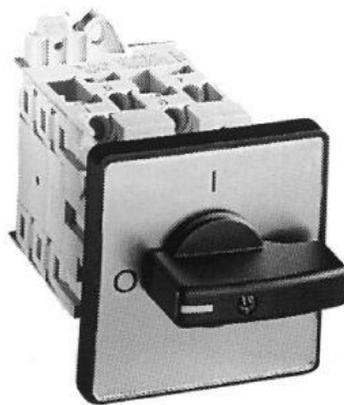


Figura 2. 8 Interruptor de control y carga

Fuente: [15]

a.3. Características y beneficios de los interruptores

Desde una reducción en el tiempo de instalación hasta un aumento en la seguridad del operador, los interruptores de control y carga ofrecen una amplia gama de características con

beneficios inmediatos, algunas brindadas por una serie de fabricantes, estas son las siguientes [13]:

Tabla 2. 2

Características y beneficios de los interruptores

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
1. Capacidades variadas extendidas de hasta 100 HP.	1. Brindan ahorro de espacio en el panel por su pequeño tamaño.
2. Pueden poseer polos de ajuste automático y auxiliar de hasta 100 Amp.	2. Brindan seguridad añadida por la ruptura de soldaduras de contacto siguiendo el alto fallo en corriente.
3. Montajes con manillas universales.	3. La mayoría de fabricantes ofrecen la facilidad de cableado por el ahorro de tiempo.
4. Algunos poseen Manillas con candados.	4. La mayoría de los fabricantes cumplen con las reglas OSHA e IEC de lock-out/tag-out.
5. Las manillas se pueden montar en aberturas de hasta 22,5 mm.	5. Previene el peligro de descarga eléctrica por el contacto personal con altos voltajes.
6. Algunos son utilizados para sensar, corrientes, procesos, etc.	
7. Control de procesos.	

Fuente: [13]

a.4. Aplicaciones de los interruptores

Los interruptores ofertan muchas soluciones mediante las investigaciones basadas en aplicación de cualquier tipo, incluyendo cargas inductoras como solenoide, actuadores, válvulas, arrancadores magnéticos, arrancadores manuales de motor, relés, censar procesos, controladores, etc. [14]

a.5. Interruptores de dos posiciones o más

a.5.1. Interruptor de dos posiciones

Conecta, desconecta y aísla cargas al motor de paradas de emergencia o funciones de mantenimiento. Aplicación típica: Arranque de motor directo en línea (DOL por sus siglas en inglés), cambio de alimentación, parada de emergencia y aplicaciones de aislamiento/desconexión del motor. [13]



Figura 2. 9 Interruptores de posiciones

Fuente: [16]

a.5.2. Interruptor de posiciones múltiples

Permite la selección y la conexión de una variedad de cargas a un circuito. Aplicación típica: Control de temperatura para un horno o caldera, interruptor selector para aplicaciones de control de 4, 5 ó 6 posiciones. [13]

a.5.3. Interruptor inversor de tres posiciones (Avance – OFF - Reversa)

Para el control de la rotación de motores. La activación segura del interruptor cambia la configuración del cableado para invertir la dirección del motor – sin causar daños al mismo. Aplicación típica: Manejo de cintas transportadoras y materiales. [14]

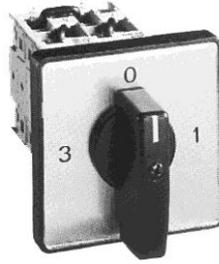


Figura 2. 10 Interruptor de tres posiciones

Fuente: [15]

b. Breaker

Los interruptores de circuito para la industria pueden ser de dos tipos: Unipolar (120 voltios) y de doble polo (220 voltios). Las clasificaciones de los aparatos comunes varían de 10 a 40 Amperios, aunque a veces se requieren los más altos amperajes. El cableado y la instalación adecuada son necesaria para ambos tipos para poder funcionar correctamente y con seguridad. Aunque los interruptores de polos dobles se utilizan para los aparatos, también tienen otros usos, tales como circuitos multicables y sub- paneles de poder. [17]

b.1. Partes de un breaker

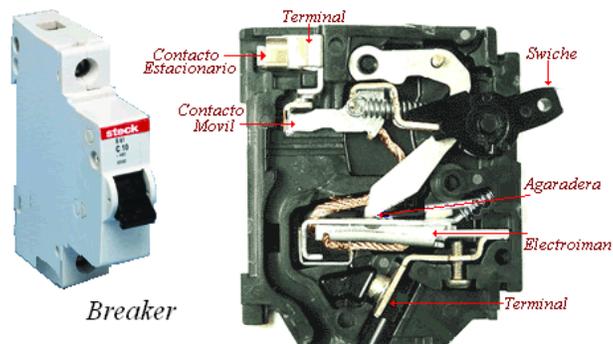


Figura 2. 11 Partes de un breaker

Fuente: [17]

c. Fusibles

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido.

Cuando aquello sucede entonces el fusible inmediatamente cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de quemarse o estropearse.



Figura 2. 12 Fusibles

Fuente: [18]

d. Relé

“El relé es un dispositivo mecánico capaz de comandar cargas pesadas a partir de una pequeña tensión aplicada a su bobina. Básicamente la bobina contenida en su interior genera un campo magnético que acciona el interruptor mecánico. Ese interruptor es el encargado de manejar la potencia en sí, quedando al circuito electrónico la labor de mover la bobina. Permite así aislar mecánicamente la sección de potencia a la de control”. [19]

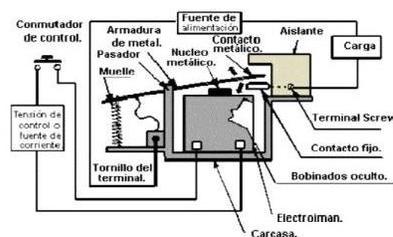


Figura 2. 13 Estructura del relé

Fuente: [20]

e. Cables eléctricos

Se llama cable a un conductor (generalmente cobre) o conjunto de ellos generalmente recubierto de un material aislante o protector, también se usa el nombre de cable para transmisores de luz (cable de fibra óptica) o esfuerzo mecánico (cable mecánico).

El cable cuyo propósito es conducir electricidad se fabrica generalmente de cobre, debido a la excelente conductividad de este material o de aluminio, aunque posee menor conductividad en más económico. Ver figura 2.14

Las partes generales de un cable eléctrico son:

- **Conductor:** Elemento que conduce la corriente eléctrica y puede ser de diversos materiales metálicos. Puede estar formado por uno o varios hilos.
- **Aislamiento:** recubrimiento que envuelve al conductor, para evitar la circulación de corriente eléctrica fuera del mismo.
- **Cubierta:** está hecha de materiales que protejan mecánicamente al cable.

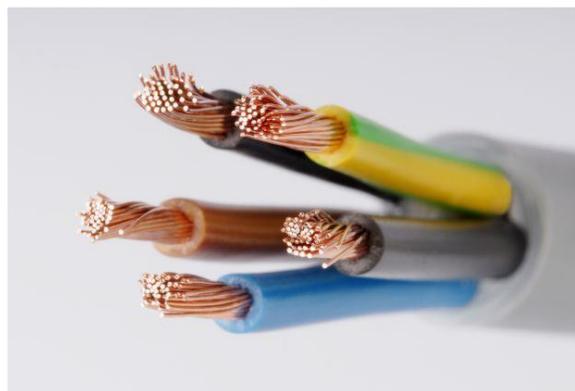


Figura 2. 14 Cables eléctricos

Fuente: [21]

f. Canalizaciones eléctricas

Se entiende por canalización eléctrica al dispositivo empleado en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que quedan protegidos contra deterioro mecánico y contaminación, además protegen a la instalación contra incendios producidos por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de cortocircuito.



Figura 2. 15 Canaletas eléctricas

Fuente: [22]

g. Gabinetes eléctricos

Representan el centro nervioso de las instalaciones eléctricas y contienen los dispositivos de protección contra sobre – corriente que protegen a los componentes de sobrecarga o cortocircuito.



Figura 2. 16 Gabinetes eléctricos

2.8.2. Equipo electrónico

a. Fuente de voltaje

Es un dispositivo electrónico capaz de generar una diferencia de potencial entre sus terminales (un voltaje) para generar una corriente eléctrica.

En otras palabras, son dispositivos que proveen el voltaje necesario para que los circuitos electrónicos funcionen, sin una fuente de voltaje, los circuitos simplemente no encienden.

a.1. Tipos de fuentes de voltaje

El lector ha interactuado muchísimo con fuentes de voltaje, por ejemplo, una fuente de voltaje muy usada es la pila eléctrica, la figura muestra varios tipos de pilas.



Figura 2. 17 Tipos de pilas y baterías

Fuente: [23]

Como se observa en la figura hay bastantes tipos de pilas, las pequeñas se encuentran en relojes, calculadoras, las que siguen a la derecha son pilas AAA y se encuentran en controles remotos o juguetes electrónicos, las otras pilas son más grandes y también se encuentran por lo regular en juguetes, todas estas pilas usan las reacciones químicas para generar el voltaje.

Los terminales de las pilas son dos, una de ellas es la terminal positiva y la otra es la terminal negativa, se identifican fácilmente porque en el cuerpo de la pila viene el + para el terminal positivo y el – para el negativo.

a.2. Símbolos para una pila

Tal y como los Leds y las resistencias tienen su símbolo. Las pilas no son la excepción y enseguida se muestran varios símbolos para representar una pila:

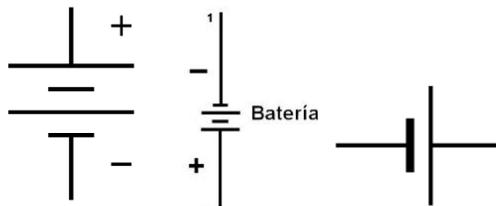


Figura 2. 18 Símbolos de pilas

Fuente: [12]

Cualquiera de estos símbolos representa una pila se pueden usar indistintamente, note en la figura cual es la terminal positiva y cuál es la negativa, a la terminal negativa de una pila o batería se le conoce también como tierra o como GND por la palabra tierra (Ground) en inglés.

a.3. Otras fuentes de voltaje

Aparte de las pilas existen otras fuentes de voltaje, una también muy común es la de un eliminador de voltaje, el lector los conoce a la perfección pues con estos se cargan los teléfonos celulares, la figura siguiente muestra algunos eliminadores.



Figura 2. 19 Cargador de celular

El primer eliminador me genera un voltaje en su conector de 6 Volts y el otro de 12 Volts, estos eliminadores se conectan a la red eléctrica del hogar, son fáciles de conseguir en cualquier tienda electrónica.

Se puede usar el símbolo que representa a una pila para el eliminador también, o se puede usar un símbolo como el de la figura siguiente para representarlo:

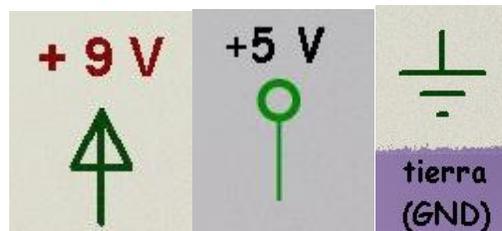


Figura 2. 20 Simbología de una pila

En la imagen, aparte de ver los símbolos para la fuente de alimentación, se puede observar el símbolo también para la terminal negativa de una batería o eliminador, recuerde la terminal negativa es llamada tierra o GND.

Existen otras fuentes de voltaje, que no fueron tocadas, por ejemplo, las fuentes de voltaje alterno. [24]

b. Variador de frecuencia

Se trata de un dispositivo electrónico, que permite el control completo de motores eléctricos de inducción; los hay de c.c (variación de la tensión), y de c.a (variación de la frecuencia); los más utilizados son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar (jaula de ardilla). También se le suele denominar inversores (inverter) o variadores de velocidad. [25]

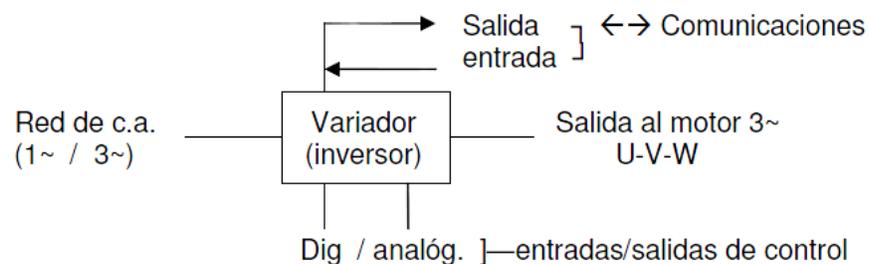


Figura 2. 21 Diagrama de un variador

Fuente: [25]

b.1. Definiciones básicas de un variador

b.1.1. Red de suministro

Acometida de c.a., monofásica en aparatos para motores pequeños de hasta 1,5 Kw (2 C.V. aprox), y trifásico, para motores de más potencia, hasta valores de 630 Kw o más. [25]

b.1.2. Entradas y salidas (E/S ó I/O)

Diferentes conexiones de entradas y salidas de control; pueden ser digitales tipo todo o nada (contactos, pulsadores, conmutadores, contactos de relé...) o analógicas mediante valores de tensión (0...10 V o similares) e intensidad (4...20 mA o similares). Además, puede incluir terminales de alarma, avería, etc. [25]

b.1.3. Comunicaciones

Estos dispositivos pueden integrarse en redes industriales, por lo que disponen de un puerto de comunicaciones, por ejemplo, RS-232, RS-485, red LAN, buses industriales (Profibus...) o conexiones tipo RJ-45 o USB para terminales externos y ordenadores. Cada fabricante facilita el software de control, directo o mediante bus de comunicaciones. Que permitirá el control, programación y monitorización del variador (o variadores) en el conjunto de aparatos de control empleados. [25]

b.1.4. Salida

Conexión al motor, generalmente de tres hilos (U – V - W) para conexión directa en triángulo o estrella según la tensión del motor. [25]

b.2. Diagrama en bloques de un variador

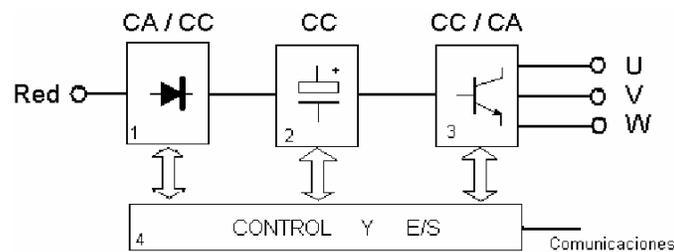


Figura 2. 22 Diagrama en bloques de un variador

Fuente: [25]

- **Rectificador:** Partiendo de la red de suministro de c.a., monofásico o trifásico, se obtiene c.c. mediante diodos rectificadores. [25]
- **Bus de Continua:** Condensadores de gran capacidad (y a veces también bobinas), almacenan y filtran el c.c. rectificado, para obtener un valor de tensión continua estable, y reserva de energía suficiente para proporcionar la intensidad requerida por el motor. [25]

- **Etapa de Salida:** Desde la tensión del bus de continua, un ondulator convierte esta energía en una salida trifásica, con valores de tensión, intensidad y frecuencia de salida variables. Como elementos de conmutación, se usan principalmente transistores bipolares (BJT), CMOS o similares, IGBT, tiristores (SCR), GTO... etc. Las señales de salida, se obtiene por diversos procedimientos como troceado, mediante ciclos de convertidores, o señales de aproximación senoidal mediante modulación por anchura de impulsos PWM. [25]
- **Control y E/S:** Circuitos de control de los diferentes bloques del variador, protección, regulación... y entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. Además se incluye el interfaz de comunicaciones con buses u otros dispositivos de control y usuario. [25]

2.8.3. Equipo neumático

a.1. Válvulas neumáticas

En esta sección se verá las diferentes clases de válvulas que existen.

a.1.1. Válvulas de distribución

Son válvulas encargadas de distribuir el aire comprimido en los diferentes actuadores neumáticos, por ejemplo, los cilindros.

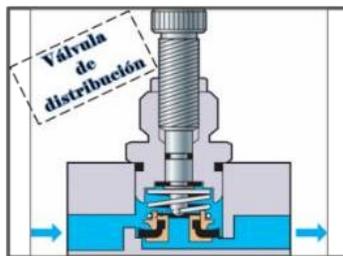


Figura 2. 23 Válvula de distribución

Fuente: [26]

Se pueden clasificar de varias maneras, por su construcción interna, por su accionamiento y por el número de vías y posiciones.

- Válvulas 2/2
- Válvulas 3/2
- Válvulas 4/2
- Válvulas 5/2

a.2. Válvulas de bloqueo

Son válvulas con capacidad de bloquear el paso del aire comprimido cuando se dan ciertas condiciones en el circuito.



Figura 2. 24 Válvula de bloqueo

Fuente: [27]

Pueden ser varios tipos:

- Válvula anti retorno
- Válvula anti retorno pilotada
- Válvula selectora

En este tipo de válvulas se encuentra, válvulas anti retorno, de simultaneidad, de selección de circuito y escape.

a.3. Válvulas reguladoras

Son válvulas que regulan el caudal y la presión.



Figura 2. 25 Válvula reguladora

Fuente: [28]

Estas válvulas son:

- Válvulas de estrangulación regulable.
- Válvulas de estrangulación regulable con anti retorno.
- Válvula reguladora de presión sin orificio de escape.
- Válvula reguladora de presión con orificio de escape.

a.4. Válvulas secuenciales

Su funcionamiento es muy similar a la válvula limitadora de presión, abre el paso cuando se alcanza una presión superior a la ajustada del muelle.

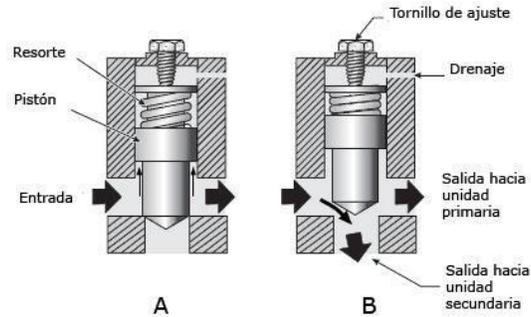


Figura 2. 26 Válvula secuencial

Fuente: [29]

a.5. Tuberías neumáticas

El aire se transporta por tuberías hasta los receptores neumáticos o equipos. Estas pueden ser rígidas o flexibles.

Las rígidas son más utilizadas en instalaciones definitivas, las flexibles se usan para realizar conexiones entre componentes e incluso entre unas tuberías y otras, en el mercado existen de distintos diámetros y colores para facilitar el diseño, son las más aptas para realizar montajes sencillos.



Figura 2. 27 Diversos tipos de tuberías neumáticas

Fuente: [30]

a.6. Cilindros neumáticos

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén mediante motores neumáticos en un movimiento de giro.



Figura 2. 28 Cilindro neumático

Fuente: [31]

2.9. Normatividad para productos lácteos

Las distinguidas normas INEN difundidas por el instituto nacional de normalización (INEN), son reglas y requisitos que deben ejecutar las entidades asignadas a la elaboración industrial de productos de diferentes tipos, donde destacan los de procesos alimenticios. [32]

Las empresas lácteas efectuarán sus procesos industriales de acuerdo con lo que estipulan “las normativas técnicas para el procesamiento y manejo de los productos, las cuales son establecidas por el NTE INEN 2395:2011”. [33]

“Esta norma decreta los requisitos que deben regir las leches alteradas, tales como: yogurt, leche acidificada, kéfir, kumis, leches alteradas con ingredientes, leches alteradas térmicamente, por lo que las mencionadas son puestas para consumo humano”. [33]

La materia prima para la elaboración de leches fermentadas debe cumplir con la norma NTE INEN 09, y posteriormente debe ser pasteurizada bajo la norma NTE INEN 10, mientras que para ser esterilizada debe cumplir con la norma NTE INEN 701 y este proceso industrial

es tratado con la supervisión que mediante sus indicadores emiten el ministerio de salud pública ecuatoriano. [33]

En el caso de leches fermentadas, yogurt, kumis, deben expendirse en envases bien purificados y herméticamente sellados para asegurar de esta manera una adecuada conservación y calidad de dicho producto.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y MODELACIÓN DE LAS ETAPAS QUE CONSTITUYEN LA TAPADORA

3.1. Introducción

En el presente capítulo se presenta el diseño, dimensionamiento y selección de los diferentes elementos mecánicos y neumáticos que componen la máquina automática lineal de tapado de envases con yogurt para la reducción del tiempo de despacho de la producción en la Empresa-Productos Lácteos Paraíso, con el objetivo que cumpla con los requerimientos funcionales y de seguridad exigidos para su adecuado funcionamiento.

El diseño preliminar de la máquina de tapado se basa en las características técnicas de máquinas semejantes disponibles en el mercado, y éste se fue modificando y optimizando durante el proceso de diseño, en función del esfuerzo máximo producido en cada elemento, su geometría y sus dimensiones, hasta lograr el diseño más adecuado para la máquina.

El proceso iterativo de diseño se agilitó con la ayuda de programas de Diseño Asistido por Computador (CAD) y de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), con el fin de realizar de forma rápida y precisa el análisis de movimiento y de esfuerzos de las diferentes alternativas de diseño hasta determinar las dimensiones y geometría óptima de los diferentes componentes de la máquina, garantizando de esta manera el funcionamiento adecuado y seguro de la misma bajo condiciones críticas de funcionamiento.

3.2. Parámetros de diseño

En base a los requerimientos funcionales de la máquina para tapado de envases, establecido por el proceso productivo de la Empresa Paraíso y de las características técnicas

de máquinas semejantes disponibles en el mercado nacional e internacional, se determinan los principales parámetros que intervienen en el diseño de la tapadora de envases:

Tabla 3. 1

Parámetros de diseño

PARÁMETROS	CANTIDADES
Capacidad de carga máxima (W_C):	30 envases llenos (75 [N])
Altura máxima de los envases (h_M):	125 [mm]
Altura mínima de los envases (h_m):	80 [mm]
Diámetro de la tapa de los envases (d_e):	38 [mm]
Mínima velocidad de tapado requerida (N_t):	20 envases/minuto
Fuerza vertical máxima de tapado (F_t):	100 [N]
Torque máximo de tapado requerido (T_t):	4,0 [Nm]
Material de fabricación requerido:	Acero inoxidable 304
Factor de seguridad mínimo requerido (FS):	2.5 (Anexo A)

A partir de estos parámetros se procede con el diseño y la selección de los diferentes componentes mecánicos de la máquina de pulido.

Debido a que la velocidad de tapado requerida, es de 20 envases por minuto, el tiempo disponible para tapar cada envase es de 3 segundos, por lo tanto, el tiempo estimado para cada actividad es:

Tabla 3. 2

Tiempos estimados para cada actividad

ACTIVIDAD	TIEMPOS [seg]
Avance del envase hasta el cabezal giratorio (t_1):	0,5 segundos
Descenso y ascenso del cabezal giratorio (t_2):	1,0 segundo
Enroscado de la tapa en el envase (t_3):	1,5 segundos

3.3. Esquema previo de la máquina de tapado de envases

A partir de los parámetros de diseño, los requerimientos funcionales exigidos y la geometría de otras máquinas tapadoras existentes, se determinan los principales componentes que conforman la máquina y se desarrolla un esquema preliminar de la misma (figura 3.1), en el que se destacan los siguientes sistemas mecánicos:

1. Sistema de tapado.
2. Sistema de sujeción de los envases.
3. Sistema de avance de los envases.
4. Estructura soporte.

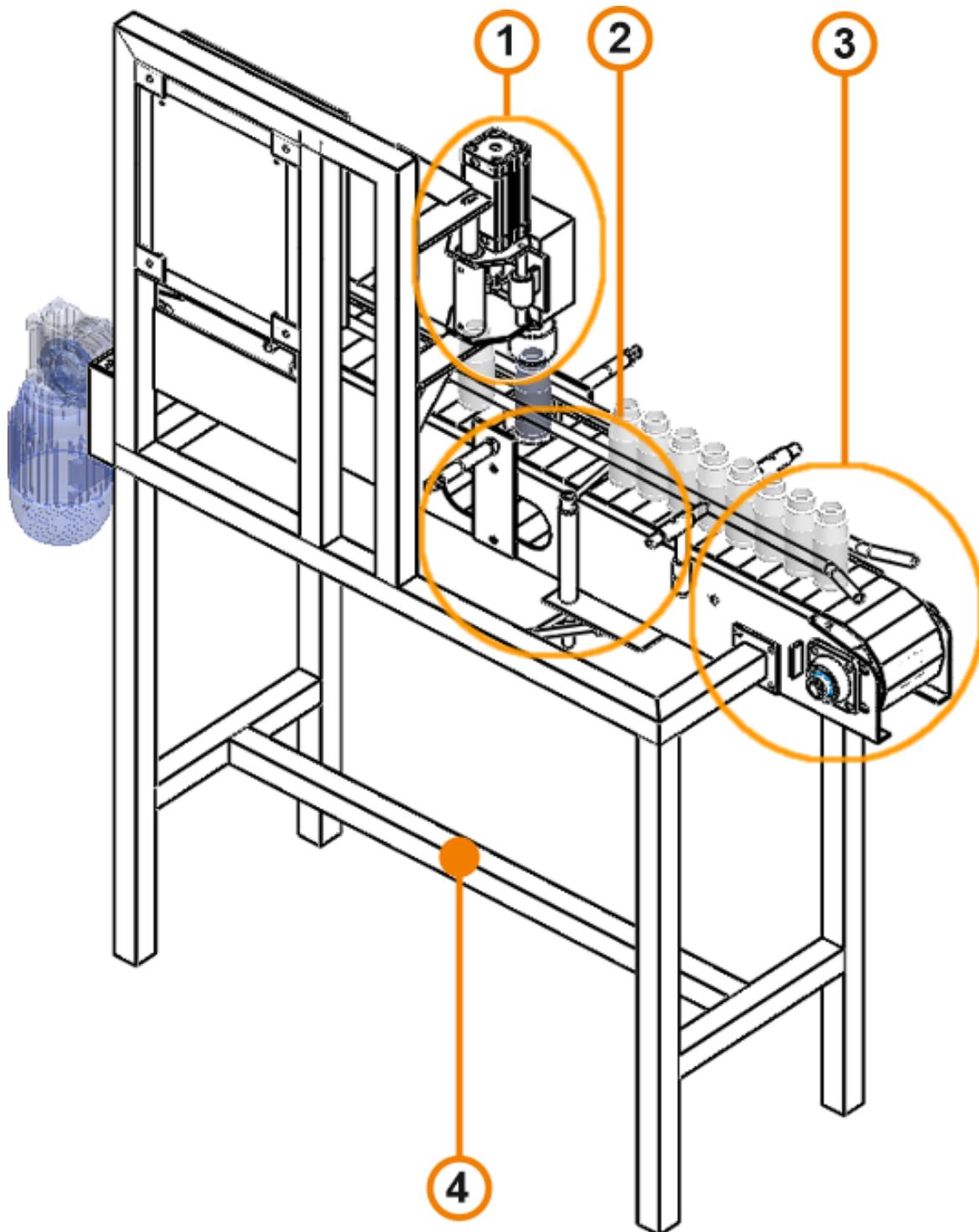


Figura 3. 1 Esquema preliminar de la máquina de pulido

- c. Carro deslizante
- d. Soporte del sistema de tapado
- e. Cilindro neumático de elevación

3.4.1. Diseño de cabezal giratorio

Para tapar los envases se utiliza un cabezal giratorio que sujeta la tapa y la enrosca en el envase aplicando un torque máximo de 4 Nm como se muestra en la figura 3.3.

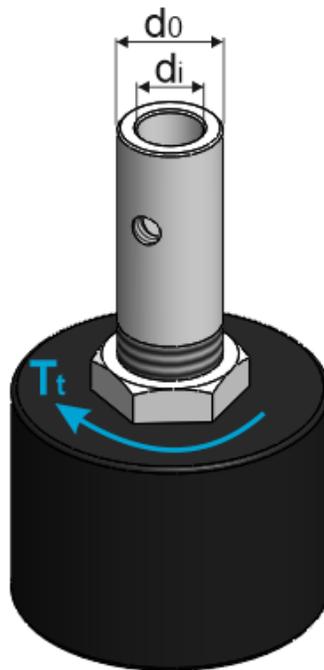


Figura 3. 3 Cabezal giratorio

Aplicando la teoría de la energía de distorsión para elementos sometidos a esfuerzos cortantes puros debido a la torsión, se tiene:

$$\sigma' = \frac{S_y}{FS} = \sqrt{3} \cdot \tau_{xy}$$

$$\tau_{xy} = \frac{S_y}{\sqrt{3} \cdot FS}$$

$$\tau_{xy} = \frac{206 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}{\sqrt{3} \cdot 2,5}$$

$$\tau_{xy} = 47,57 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia del acero AISI 304 = 206 MPa

σ' = Esfuerzo de Von Mises

Conociendo que el diámetro interno (d_i) del eje hueco del cabezal giratorio es igual al diámetro del eje de salida del moto-reductor, el diámetro externo (d_0), se obtiene de la ecuación:

$$\tau_{xy} = \frac{16 \cdot T_t \cdot d_0}{\pi \cdot (d_0^4 - d_i^4)}$$

$$47,57 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = \frac{16 \cdot 4 \text{ N m} \cdot d_0}{\pi \cdot (d_0^4 - 0,015^4 \text{ mm}^4)}$$

$$d_0 = 0,0155 \text{ m} = 15,5$$

Donde:

d_i = Diámetro interior del eje hueco del cabezal = 15 mm

d_0 = Diámetro exterior del eje hueco del cabezal

Por lo tanto, se selecciona un diámetro exterior estándar de 20 mm.

3.4.2. Selección del motor - reductor del cabezal

El movimiento de giro del cabezal para enroscar la tapa es transmitido mediante un motor-reductor.

Para enroscar completamente la tapa en el envase se requiere que el cabezal gire 2 vueltas y conociendo que el tiempo estimado para esta operación es de 2 segundos, la velocidad de giro requerida a la salida de moto-reductor es:

$$\omega_{mot1} = 2 \frac{rev}{s} \cdot \frac{60 s}{1 min}$$

$$\omega_{mot1} = 120 rpm = 12,57 rad/s$$

La potencia requerida en el moto-reductor para el cabezal giratorio, viene dado por:

$$Pot_{m1} = T_t \cdot \omega_{mot1}$$

$$Pot_{m1} = 4,0 Nm \cdot 12,57 rad/s$$

$$Pot_{m1} = 50,27 W$$

Considerando una eficiencia total del moto-reductor de 70% con el objeto de contemplar situaciones particulares adversas, así como los diferentes tipos de pérdidas en el reductor de velocidad, la potencia efectiva requerida es:

$$P_{Mot1} = \frac{Pot_{m1}}{\eta_T}$$

$$P_{Mot1} = \frac{50,27 \text{ W}}{0,7}$$

$$P_{Mot1} = 71,8 \text{ W}$$

Se selecciona un moto-reductor con una potencia de 75 W y una relación de reducción $i = 15$.

3.4.3. Diseño del carro deslizando

El carro deslizando permite al movimiento de ascenso y descenso del cabezal de tapado, por lo que soporta el peso del moto-reductor y del cabezal giratorio y el torque que genera el motor.

Tabla 3. 3

Propiedades Físicas del carro deslizando

Propiedades Físicas	Valores Determinados
Peso del moto-reductor del cabezal (W_{mot1}):	26 [N] (2,65 [kg])
Peso del cabezal giratorio (W_{cab}):	10 [N] (1,0 [kg])
Torque máximo para el tapado (T_t):	4 [Nm]

El análisis de esfuerzos del carro deslizando se ejecuta utilizando un software CAE, el análisis estático se adjunta en el Anexo J.

3.4.4. Diseño del soporte del sistema de tapado

Este elemento soporta todos los componentes del sistema de tapado, por lo tanto, debe resistir el peso de cada uno y las cargas que estos generan.

Tabla 3. 4**Estimaciones de peso y cargas**

Fuerzas	Cantidad
Peso del moto-reductor y el cabezal (W_t):	36 N (3,65 kg)
Peso del carro deslizante (W_{cd}):	11 N (1,1 kg)
Torque máximo para el tapado (T_t):	4 Nm
Peso del cilindro neumático (W_{cil}):	14 N (1,4 kg)

El análisis de esfuerzos del soporte del sistema de tapado se ejecuta utilizando un software CAE, el análisis estático se adjunta en el Anexo H.

3.4.5. Selección del cilindro neumático de elevación

El cilindro neumático de elevación transmite el movimiento de ascenso y descenso para el sistema de tapado de envases.

La fuerza máxima hacia abajo que debe ejercer el cilindro neumático sobre la tapa para enroscarla en el envase es:

$$F_t = 100 \text{ N}$$

El peso que debe levantar el cilindro neumático es:

$$W_T = W_t + W_{cd}$$

$$W_T = 36 \text{ N} + 11 \text{ N} = 47 \text{ N}$$

Considerando un factor de carga de 1,5, las fuerzas de ascenso (F_a) y descenso (F_d) que debe ejercer el cilindro neumático durante la operación de tapado, son respectivamente (figura 3.4):

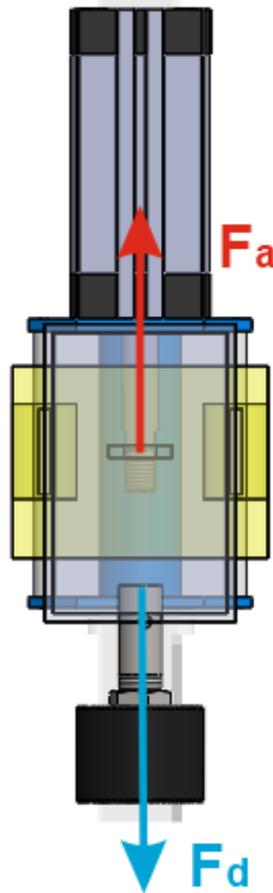


Figura 3. 4 Fuerzas que ejerce el cilindro neumático

$$F_a = 1,5 \cdot W_T = 70,5 \text{ N}$$

$$F_d = 1,5 \cdot F_t = 150 \text{ N}$$

El cilindro neumático es alimentado por el sistema de aire comprimido de la Empresa Paraíso, el mismo que entrega aire a una presión máxima de 5 bares (500 kPa).

El diámetro requerido en el pistón del cilindro neumático (ϕ_{pist}) viene dado por:

$$p = \frac{F_d}{A_{pist}} = \frac{4 \cdot F_d}{\pi \cdot \Phi_{pist}^2}$$

De donde:

$$\Phi_{pist} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_d}{\pi \cdot p}}$$

$$\Phi_{pist} = \sqrt{\frac{4 \cdot 150 \text{ N}}{\pi \cdot 500 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2}}$$

$$\Phi_{pist} = 0.0195 \text{ m} = 19,5 \text{ mm}$$

Se selecciona un diámetro del pistón de 20 mm.

De forma semejante, el diámetro máximo permisible en el vástago del cilindro neumático, se determina en base a la fuerza de ascenso:

$$\Phi_{v1} = \sqrt{\Phi_{pist}^2 - \frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot p}}$$

$$\Phi_{v1} = \sqrt{0,02^2 - \frac{4 \cdot 70,5 \text{ N}}{\pi \cdot 500 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2}}$$

$$\Phi_{v1} = 0.0148 \text{ m} = 14,8 \text{ mm}$$

La longitud de carrera mínima requerida en el cilindro viene dada por:

$$l_c = 1,5 \cdot (h_M - h_m)$$

$$l_c = 1,5 \cdot (125 - 80) \text{ mm}$$

$$l_c = 67,5 \text{ mm}$$

En función de los diámetros calculados y la longitud de carrera, del catálogo FESTO del anexo B, se selecciona el cilindro neumático de doble efecto ADN-20-80-A-P-A, que funciona en un rango de presiones de 0.6 a 12 bar, tiene un diámetro de émbolo de 20 mm, diámetro del vástago 12,5 mm y una carrera de 80 mm.

La velocidad promedio de salida y retroceso del vástago del cilindro neumático viene dado por:

$$V_{v1} = \frac{2 \cdot l_c}{t_2}$$

$$V_{v1} = \frac{2 \cdot 67,5 \text{ mm}}{1 \text{ s}}$$

$$V_{v1} = 135,0 \text{ mm/s}$$

El caudal de aire requerido para alcanzar una velocidad de avance del vástago es:

$$Q = V_{v1} \cdot A = V \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{pist}^2}{4}$$

$$Q = 135,0 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot \frac{\pi \cdot 20^2 \text{ mm}^2}{4}$$

$$Q = 42,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3/\text{s} = 0,0424 \text{ lt/s}$$

3.5. Diseño del sistema de sujeción de los envases

Los componentes del sistema de sujeción realizan dos funciones principales: Detener los envases para que no avancen por la banda transportadora; y sujetar el envase que está siendo tapado para que no giren durante el tiempo que toma el enroscado de los mismos. Los componentes del sistema de sujeción se muestran en la figura 3.5 y estos deben permitir sujetar diferentes diámetros de envases.

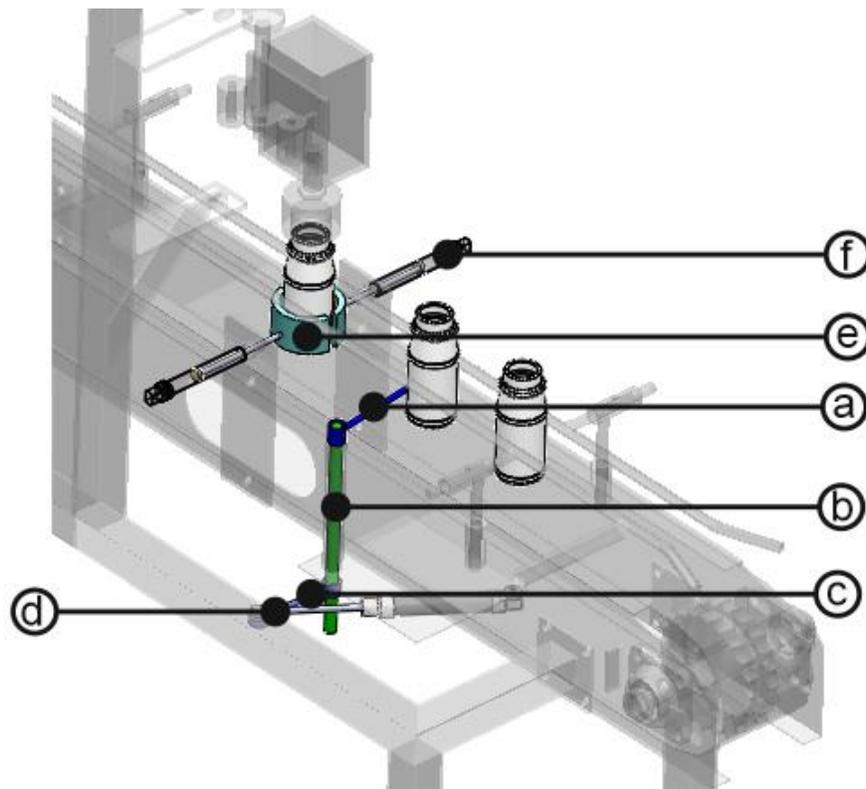


Figura 3. 5 Sistema de sujeción de los envases

Donde:

- a. Brazo de detención de los envases
- b. Eje de giro
- c. Brazo de accionamiento

- d. Cilindro neumático para detención del avance de los envases
- e. Gripper para sujeción de los envases
- f. Cilindro neumático para sujeción de los envases

3.5.1. Diseño del brazo de detención de los envases

Este brazo debe detener el avance de los envases durante el tiempo de tapado, por lo tanto, debe ser capaz de resistir la fuerza de fricción que producen un máximo de 10 envases que se pueden colocar detrás del brazo (figura 3.6).

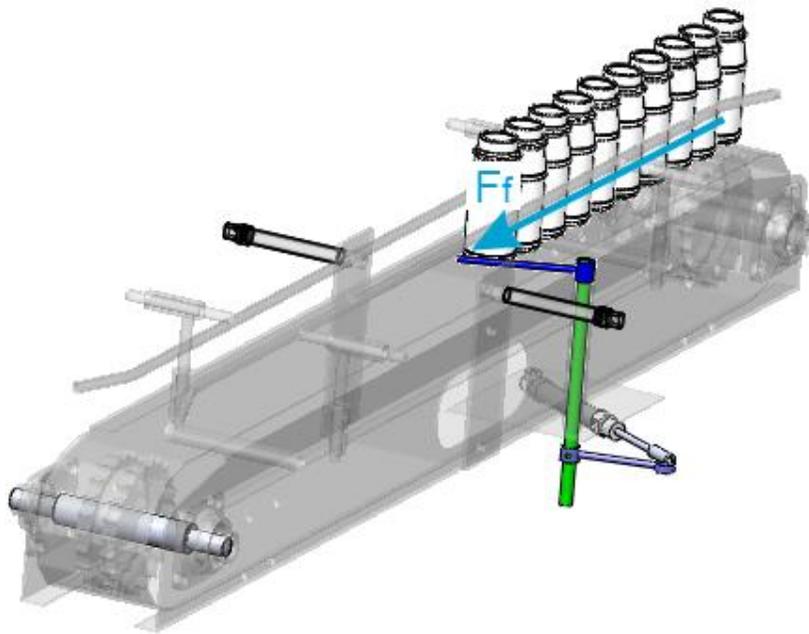


Figura 3. 6 Fuerzas sobre el brazo de detención

$$F_f = \mu_{p-p} \cdot W_{env}$$

$$F_f = 0,8 \cdot 25 N$$

$$F_f = 20 N$$

Donde:

μ_{p-p} = Coeficiente de fricción entre plástico - plástico = 0,8 MPa

W_{env} = Peso de 10 envases llenos = 25 N (2,5 N cada uno)

A partir de la figura 3.7, se determina el momento flector máximo que actúa sobre el brazo de detención:

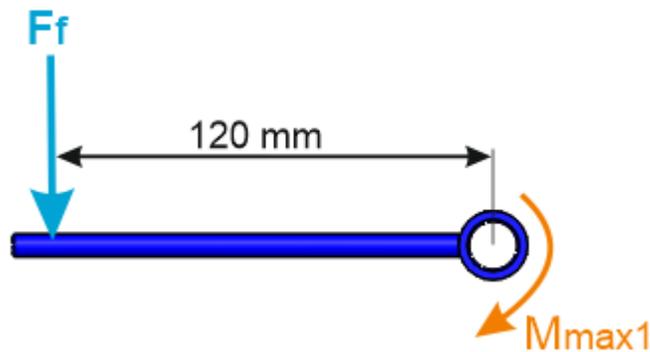


Figura 3. 7 Cargas que actúan sobre el brazo de detención

$$M_{max1} = F_f \cdot d_1$$

$$M_{max1} = 20 \text{ N} \cdot 0,12 \text{ m}$$

$$M_{max1} = 2,4 \text{ Nm}$$

Conociendo que el brazo de detención se fabricará de acero inoxidable AISI 304, su diámetro mínimo requerido se determina a partir del momento flector máximo, aplicando la ecuación para el diseño de flechas mediante la teoría de la energía de distorsión:

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

$$\phi_{bra} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 206 \cdot 10^6} \left(2,4^2 + \frac{3}{4} 0^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{bra} = 0,0067 \text{ m} = 6,7 \text{ mm}$$

Donde:

$$T_{max} = \text{Momento de torsión máximo que actúa sobre el brazo} = 0$$

Se selecciona para el brazo de detención un diámetro de 7,5 mm.

3.5.2. Diseño del eje de giro

El eje de giro debe transmitir al brazo de detención en momento máximo requerido para bloquear el avance de los envases con la banda transportadora. Por lo tanto, como se muestra en la figura 3.7, el momento flector máximo requerido en el brazo de detención actúa sobre el eje de giro como momento torsor.

$$M_{max1} = T_{max1} = 2,4 \text{ Nm}$$

El momento flector máximo que actúa sobre el eje de giro se obtiene a partir de la figura 3.7:

$$M_{max2} = F_f \cdot d_2$$

$$M_{max2} = 20 \text{ N} \cdot 0,24 \text{ m}$$

$$M_{max2} = 4,8 \text{ Nm}$$

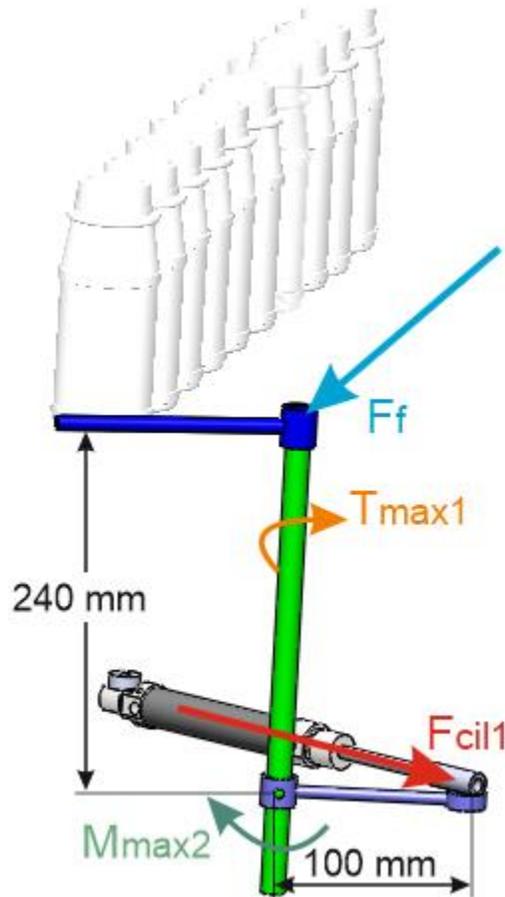


Figura 3. 8 Cargas sobre los componentes del sistema de detención

El diámetro mínimo requerido en el eje de giro se determina mediante la teoría de la energía de distorsión:

$$\phi_{ej} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left(M_{max2}^2 + \frac{3}{4} T_{max1}^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{ej} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 206 \cdot 10^6} \left(4,8^2 + \frac{3}{4} 2,4^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{ej} = 0,0087 \text{ m} = 8,7 \text{ mm}$$

Se selecciona para el eje de giro un diámetro de 10,0 mm.

3.5.3. Diseño del brazo de accionamiento

Debido a que el brazo de accionamiento se fabrica con el mismo material que el brazo de detención, y en la condición crítica, está sometido a las mismas cargas que dicho brazo, se selecciona el mismo diámetro, es decir 7,5 mm.

3.5.4. Selección del cilindro neumático de detención

El cilindro neumático de detención transmite el movimiento al brazo de accionamiento con el objetivo de generar el movimiento de giro del brazo de detención para bloquear el paso de los envases en la banda transportadora.

La fuerza máxima para generar el torque requerido para detener los envases viene dado por:

$$F_{cil1} = \frac{T_{max1}}{d_3}$$

$$F_{cil1} = \frac{2,4 Nm}{0,1 m}$$

$$F_{cil1} = 24,0 N$$

Debido a que el cilindro neumático es alimentado por el sistema de aire comprimido de la Empresa Paraíso, que trabaja con una presión de 5 bares (500 kPa), el diámetro requerido en el pistón del cilindro neumático (ϕ_{p1}) viene dado por:

$$p = \frac{F_{cil1}}{A_{p1}} = \frac{4 \cdot F_{cil1}}{\pi \cdot \phi_{p1}^2}$$

De donde:

$$\phi_{p1} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cil1}}{\pi \cdot p}}$$

$$\phi_{p1} = \sqrt{\frac{4 \cdot 24 \text{ N}}{\pi \cdot 500 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2}}$$

$$\phi_{p1} = 0.0078 \text{ m} = 7,8 \text{ mm}$$

Se selecciona un diámetro del pistón de 12 mm

Del catálogo FESTO del anexo C, se selecciona el cilindro neumático redondo de doble efecto DSNU-12-100-P-A, que funciona en un rango de presión de 1,5 a 10 bar, tiene un diámetro de émbolo de 12 mm y una carrera de 100 mm.

La velocidad promedio de salida y retroceso del vástago del cilindro neumático de detención viene dado por:

$$V_{v2} = \frac{2 \cdot l_{c2}}{t_2}$$

$$V_{v2} = \frac{2 \cdot 100 \text{ mm}}{1 \text{ s}}$$

$$V_{v2} = 200,0 \text{ mm/s}$$

El caudal de aire requerido para alcanzar una velocidad de avance del vástago es:

$$Q_2 = V_{v2} \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{p1}^2}{4}$$

$$Q_2 = 200,0 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot \frac{\pi \cdot 12^2 \text{ mm}^2}{4}$$

$$Q_2 = 22,62 \cdot 10^3 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}} = 0,0226 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

3.5.5. Selección del gripper de sujeción de los envases

Como se muestra en la figura 3.9, para sostener los envases durante el tapado de los mismos, se utilizarán dos gripper semicilíndricos que sujetarán el envase durante el enroscado de la tapa, es decir durante el tiempo de un segundo.

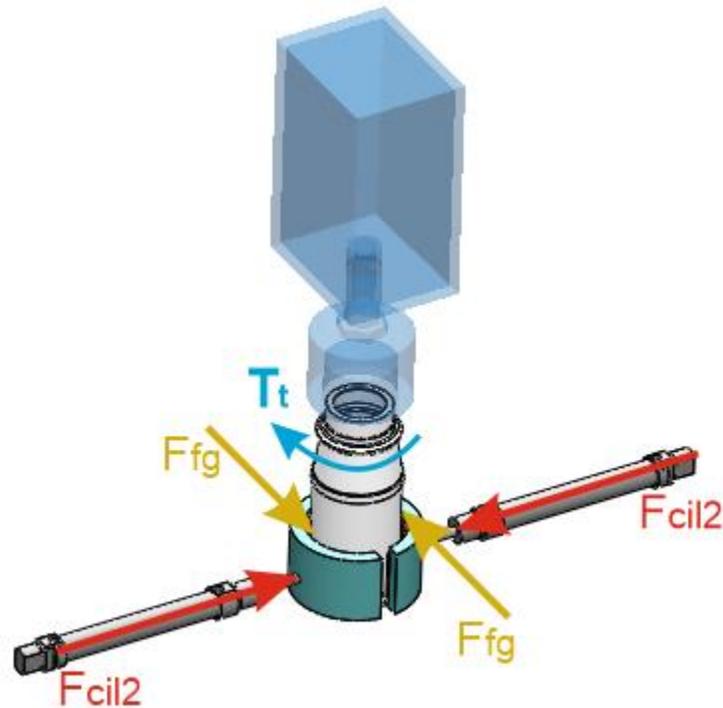


Figura 3. 9 Cargas sobre los componentes del sistema de sujeción

Para evitar que el envase gire el gripper debe ejercer una fuerza de sujeción que permita generar una fuerza de fricción entre las superficies de contacto (F_{fg}) igual o mayor que la fuerza tangencial (F_{tan}) generada por el torque máximo de tapado (T_t):

$$F_{tan} = \frac{T_t}{D_{env}/2}$$

$$F_{tan} = \frac{4,0 Nm}{0,055 m/2}$$

$$F_{tan} = 145,4 N$$

Donde:

$$D_{env} = \text{Diámetro máximo de los envases} = 55 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que existen dos superficies que ejercen fricción sobre los envases, la fuerza de fricción total requerida para que no giren los envases, tiene que ser igual a la fuerza tangencial:

$$2 \cdot F_{fg} = F_{tan}$$

$$F_{fg} = \frac{145,4 N}{2}$$

$$F_{fg} = 72,7 N$$

Por lo tanto, la fuerza de apriete que se debe transmitir el gripper, se obtiene a partir de la ecuación:

$$F_{fg} = \mu_{p-p} \cdot F_{suj}$$

Despejando se tiene:

$$F_{suj} = \frac{F_{fg}}{\mu_{p-p}}$$

$$F_{su}j = \frac{72,7 N}{0,8}$$

$$F_{su}j = 90,9 N$$

Los grippers se fabrican de acrílico y su análisis de esfuerzos se realizan utilizando un software CAE, el análisis estático se adjunta en el Anexo K.

3.5.6. Selección de los cilindros neumáticos de sujeción

Estos cilindros transmiten la fuerza de sujeción a los grippers para evitar que los envases giren durante la operación de tapado. Por lo tanto, la fuerza que debe transmitir el cilindro es igual a la fuerza de sujeción de los envases.

$$F_{cil2} = F_{su}j = 90,9 N$$

El diámetro requerido en el pistón del cilindro neumático (Φ_{p2}) viene dado por:

$$p = \frac{F_{cil2}}{A_{p2}} = \frac{4 \cdot F_{cil2}}{\pi \cdot \Phi_{p2}^2}$$

De donde:

$$\Phi_{p2} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cil2}}{\pi \cdot p}}$$

$$\Phi_{p2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 90,9 N}{\pi \cdot 500 \cdot 10^3 N/m^2}}$$

$$\phi_{p2} = 0.0152 \text{ m} = 15,2 \text{ mm}$$

Se selecciona un diámetro del pistón de 16 mm

Del catálogo FESTO del anexo D, se selecciona el cilindro neumático redondo de doble efecto DSNU-16-60-P-A, que tiene un diámetro del pistón de 16 mm y una carrera de 60 mm.

3.6. Diseño del sistema de avance de los envases

Para conducir los envases a lo largo del sistema de envases se utiliza un sistema de banda transportadora compuesto por los elementos mostrados en la figura 3.10.

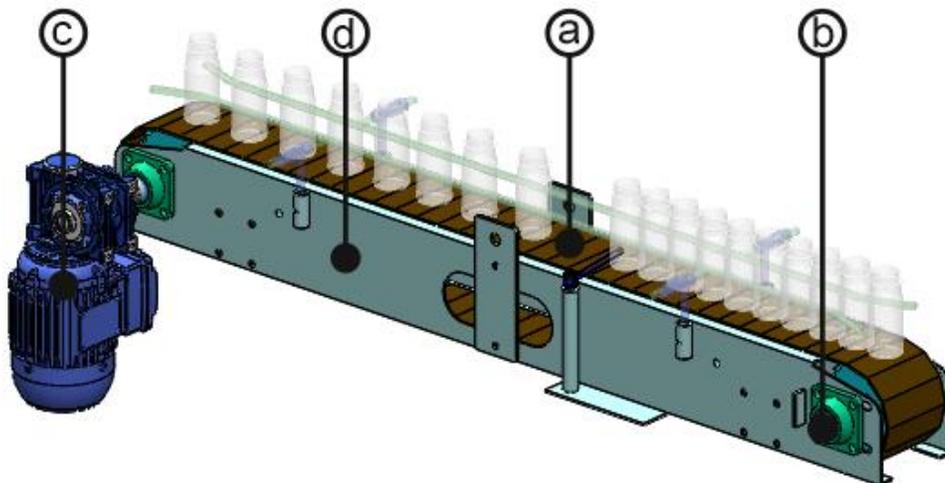


Figura 3. 10 Sistema de avance de los envases

Donde:

- a. Banda transportadora
- b. Eje de transmisión
- c. Moto-reductor de la banda transportadora

d. Placas soporte de la banda transportadora

3.6.1. Selección de la banda transportadora

La distancia que tiene que recorrer los envases en cada operación de tapado viene dado por:

$$l_{av} = l_{bd} - l_{ct}$$

$$l_{av} = 810 \text{ mm} - 630 \text{ mm}$$

$$l_{av} = 180 \text{ mm} = 0,18 \text{ m}$$

Donde:

l_{av} = Distancia de avance en cada operación de tapado

l_{bd} = Posición del brazo de detención = 810 mm

l_{ct} = Posición del cabezal giratorio para el tapado = 630 mm

Como se determinó en la sección 3.2, el tiempo disponible para el avance de cada envase hasta el cabezal giratorio (t_1) es de 1 segundo, la velocidad lineal a la que se debe mover la banda transportadora, se obtiene a partir de:

$$\vec{V}_a = \frac{l_{av}}{t_1}$$

$$\vec{V}_a = \frac{0,18 \text{ m}}{0,5 \text{ s}}$$

$$\vec{V}_a = 0,36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

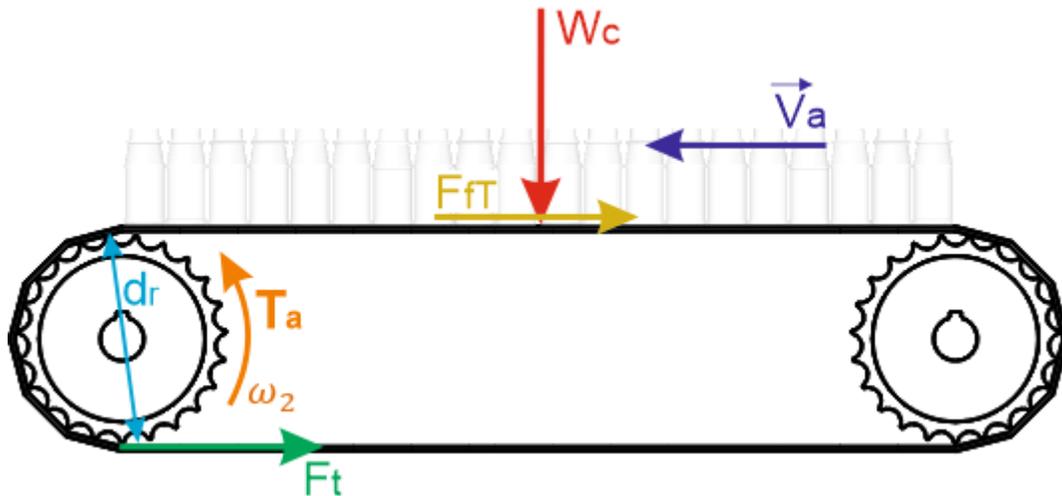


Figura 3. 11 Cargas que actúan sobre la banda transportadora

La fuerza de tensión que se genera en la banda transportadora durante el movimiento de avance, es igual a la fuerza de fricción (F_{fT}) que se produce entre los envases y la banda transportadora:

$$F_{fT} = \mu_{p-p} \cdot W_C$$

$$F_{fT} = 0,8 \cdot 75 \text{ N}$$

$$F_{fT} = 60 \text{ N}$$

El factor de servicio (sf), para el caso crítico que la banda transportadora opere a velocidad moderada con un máximo de 30 arranques por hora, se obtiene de la tabla del anexo E y su valor es de 1,4. Por lo tanto, la fuerza de tracción de trabajo (F_t) que se transmite a la banda transportadora es:

$$F_t = sf \cdot F_{fT}$$

$$F_t = 1,4 \cdot 60 \text{ N}$$

$$F_t = 84,0 \text{ N}$$

A partir de este valor se selecciona una banda transportadora formada por eslabones de plástico tipo X85H-CN-P (anexo F), que permite una fuerza máxima de tracción de 300 N, tiene un paso de 33,5 mm y la rueda motriz tiene 12 dientes con un diámetro de 150 mm.

3.6.2. Diseño del eje de transmisión

El torque máximo al que está sometido el eje de transmisión viene dado por:

$$T_a = F_t \cdot d_r$$

$$T_a = 84 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m}$$

$$T_a = 12,6 \text{ Nm}$$

El momento flector máximo al que se encuentra sometido el eje se obtiene a partir de la figura 3.12:

$$M_{max} = \frac{F_t \cdot d_4}{4}$$

$$M_{max} = \frac{84,0 \text{ N} \cdot 0,24 \text{ m}}{4}$$

$$M_{max} = 5,04 \text{ Nm}$$

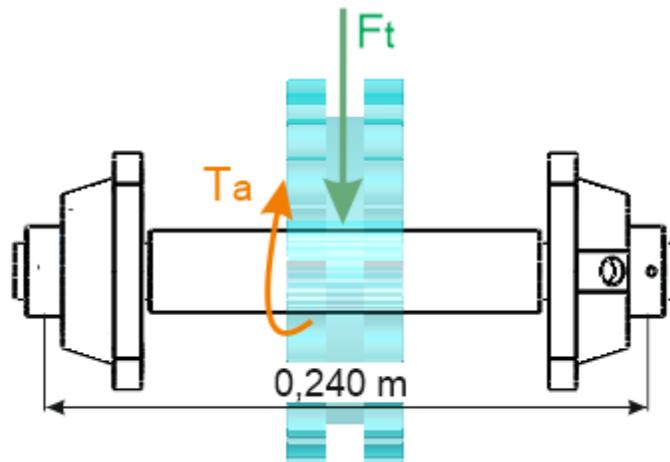


Figura 3. 12 Cargas que actúan sobre el eje de transmisión

El diámetro mínimo requerido en el eje se determina a partir del torque y el momento de flexión al que está sometido, para lo cual se utiliza la ecuación para el diseño de flechas mediante la teoría de la energía de distorsión:

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

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 206 \cdot 10^6} \left(5,04^2 + \frac{3}{4} 12,6^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = 0,0114\text{ m} = 11,4\text{ mm}$$

Se selecciona un eje con un diámetro estándar de 12,7 mm (1/2 plg).

3.6.3. Selección del motor - reductor para la banda transportadora

La banda transportadora será accionada mediante un moto-reductor acoplado al eje de transmisión.

La velocidad de giro requerida en el eje de transmisión se obtiene de la ecuación:

$$\omega_{red} = \frac{\vec{V}_a}{d_{rm}}$$

$$\omega_{red} = \frac{0,36 \text{ m/s}}{0,15 \text{ m}}$$

$$\omega_{red} = 2,4 \text{ rad/s} = 22,92 \text{ rpm}$$

Donde:

ω_{red} = Velocidad de giro a la salida del reductor de velocidad

d_{rm} = Diámetro de la rueda motriz = 150 mm

La potencia requerida en el moto-reductor para accionar la banda transportadora, viene dado por:

$$Pot_{m2} = T_a \cdot \omega_{red}$$

$$Pot_{m2} = 12,6 \text{ Nm} \cdot 2,4 \text{ rad/s}$$

$$Pot_{m1} = 30,24 \text{ W}$$

Considerando una eficiencia total del moto-reductor y de la banda transportadora de 60% con el objeto de contemplar situaciones particulares adversas, así como los diferentes tipos de pérdidas en el reductor de velocidad, la potencia efectiva requerida es:

$$P_{Mot2} = \frac{Pot_{m2}}{\eta_T}$$

$$P_{Mot2} = \frac{30,24 \text{ W}}{0,6}$$

$$P_{Mot2} = 50,4 \text{ W}$$

Para un motor de corriente alterna que gira a 1700 rpm, la relación de transmisión requerida en el reductor de velocidad, se obtiene a partir de la ecuación:

$$i = \frac{\omega_{mot}}{\omega_{red}}$$

$$i = \frac{1700 \text{ rpm}}{22,92 \text{ rpm}}$$

$$i = 74,18$$

Por lo tanto, se selecciona un moto-reductor con una potencia de 75 W y una relación de reducción $i = 75$.

3.6.4. Diseño de las placas soporte de la banda transportadora

Estas placas sirven de soporte para los diferentes componentes del sistema de avance de los envases, por lo que, están sometidos a las siguientes cargas:

Tabla 3. 5

Cargas aplicadas a las placas soporte

Cargas Aplicadas	Cantidad
Capacidad de carga máxima (W_C):	75 [N]
Fuerza hacia abajo que ejercer el cilindro neumático (F_d):	100 [N]
Fuerza del cilindro neumático de detención: (F_{cil1}):	24,0 [N]
Fuerza del cilindro neumático de sujeción: (F_{cil2}):	90,9 [N]
Fuerza de tracción de trabajo de la banda (F_t):	84,0 [N]
Torque requerido en la banda transportadora (T_a):	12,6 [Nm]

El análisis de esfuerzos de las placas soporte de la banda transportadora se realiza utilizando un software CAE, el análisis estático se adjunta en el Anexo I.

3.7. Análisis de esfuerzos en la estructura soporte

Sobre la estructura soporte se instalan los componentes de los diferentes sistemas que forman parte de la máquina tapadora, por lo que está sometido a las siguientes cargas:

Tabla 3. 6

Cargas de esfuerzos en la estructura soporte

CARGAS	CANTIDAD
Peso del sistema de tapado (W_{tap}):	185 [N]
Peso del sistema de sujeción de los envases (W_{suj}):	75 [N]
Peso del sistema de avance de los envases (W_{ava}):	400 [N]
Peso del panel de control (W_{pan}):	220 [N]

El análisis de esfuerzos de la estructura soporte de la banda transportadora se realiza con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador, el análisis estático se adjunta en el Anexo G.

3.8. Modelo completo de la máquina tapadora

En la siguiente figura se muestra el ensamblaje completo de la máquina para el tapado de envases con yogurt.

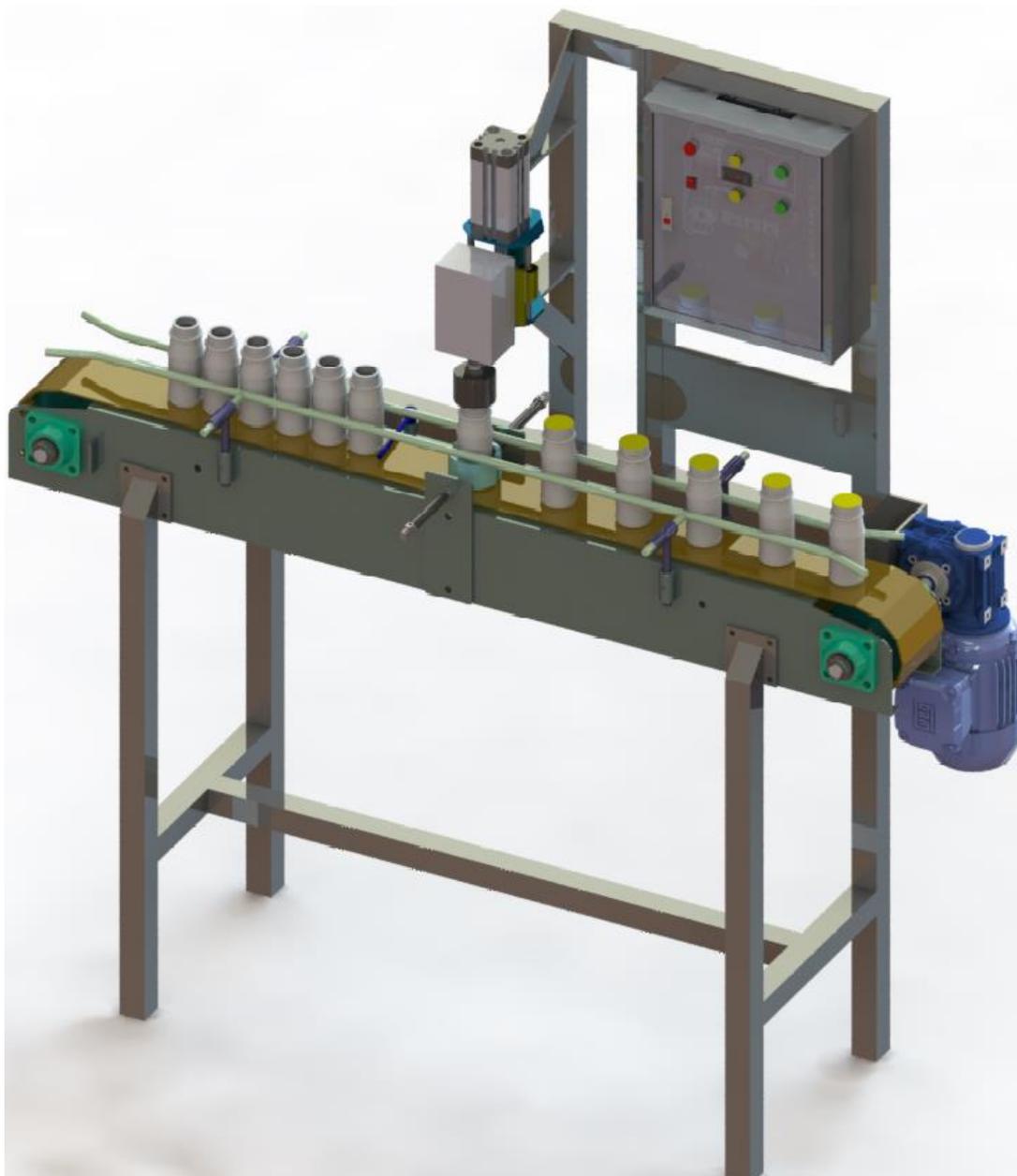


Figura 3. 13 Ensamblaje completo de la máquina tapadora

3.9. Selección del fusible

Los fusibles protegen al circuito eléctrico en el que está instalado cuando la corriente eléctrica que circula por el supera el valor máximo permitido, cuando esto sucede el fusible corta el pase de la corriente eléctrica para proteger los elementos eléctricos [35].

Para seleccionar correctamente el fusible se debe saber exactamente el valor de corriente del fusible, el mismo que se calcula con la ecuación 3.16.

$$I_{\text{FUSIBLE}} = k * I_N \quad \text{Ec.- 3.16}$$

Donde:

k = Constante de protección, rango de 1,8 a 2,1

I_N = Corriente nominal o a plena carga

$$I_{\text{FUSIBLE}} = (1,8) * (1,89)$$

$$I_{\text{FUSIBLE}} = 3,402 \approx 4,3$$

El valor de corriente máxima del fusible para un arranque directo rápido se indica en la figura 3.14.

Intensidad	Fusibles para arranque			
	DIRECTO		$\lambda - \Delta$	
	Rápido	Lento	Rápido	Lento
	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.
0,68	4	4	—	—
1	4	4	—	—
1,5	6	4	—	—
2,2	10	4	6	4
3,3	10	6	10	4
4,3	15	6	10	6

Figura 3. 14 Tabla para la selección de fusibles para motores trifásicos 220V

Fuente: [34]

De acuerdo al anexo se selecciona un fusible tipo AM que es especial para motores en la tabla 3.25 se describen las características del fusible.



Figura 3. 15 Fusible Cilíndrico 15 A

Fuente: [35]

Figura 3. 16

Características del fusible

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Marca	DF Electric
Serie	Fusible Cilíndrico AM
Corriente Nominal [A]	16
Voltaje de trabajo [V]	500
Corriente Máxima Permitida [A]	120000

3.10. Selección del conductor

Bajo la siguiente ecuación se determina la corriente de trabajo:

$$I_T = (I_n + 30\%) * (I_n)$$

Donde:

$I_T =$ Corriente de trabajo

$I_n =$ Corriente nominal del motor

$$I_T = (1,89 + 0,3) * (1,89)$$

$$I_T = 4,13 \text{ A}$$

Según el anexo de conductores eléctricos, se selecciona un conductor flexible de cobre de 12AWG (ver figura 3.14), las características del conductor se describen en la tabla 3.7.



Figura 3. 17 Conductores eléctricos

Fuente: [36]

Tabla 3. 7

Características del conductor eléctrico

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Material	Cobre
Calibre	12AWG
Temperatura de servicio [°C]	75
Corriente permisible [A]	25
Voltaje Máximo [V]	600

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA TAPADORA AUTOMÁTICA LINEAL

4.1. Parámetros de Construcción

El proyecto tiene como objetivo diseñar y construir una máquina automática lineal de tapado de envases con yogurt para reducir el tiempo de despacho de producción, de acuerdo a los parámetros de construcción existen diversas variables que están inmersas en la construcción de la máquina debido a que se necesita cálculos y dimensiones aproximadas que permitan optar por materiales y elementos coherentes en la máquina a construir.

En el nuevo sistema de tapado se debe seleccionar elementos eléctricos, neumáticos y mecánicos; los cuales cumplan con las normas IEC60529 para ambientes agresivos y que sean aptos para la correcta producción y despacho de alimentos.

4.1.1. Tipo de Envase

Los envases son elaborados de acuerdo a la necesidad que desee el cliente en la empresa, ya que existen diversos materiales para su elaboración, tomando en cuenta su peso, composición química, tipo de rosca, tamaño; por tal motivo se desglosaron sus condiciones de selección:

a. Tamaño

Una máquina tapadora estaría en la posibilidad de tapar o sellar distintos tamaños de envases ya que consta de un brazo regulable (ver figura 4.1), los parámetros que determinan la dimensión de la cinta transportadora y de los grippers.



Figura 4. 1 Tamaño y Forma de envases

b. Forma

En la figura 4.1 muestra como es el tipo de envase que se utilizara para relacionar la máquina, consta de una boquilla que se adapta al tamaño de la tapa y que tiene su sección de rosca sencilla para facilitar el tapado sea eficiente.

4.1.2. Control del Sistema de Tapado de Envases Plásticos

Este sistema de tapado de envases está controlado mediante un PLC que es encargado de enviar señales, las cuales activan los siguientes elementos:

- El contactor
- EL moto reductor 1/16 hp (sin refrigeración)
- Electroválvulas
- Cilindro redondo D20 C50 doble efecto

Mediante el accionamiento de estos elementos se logró transmitir el movimiento hacia la boquilla (D: 4,1 cm) del moto reductor y ésta será la encargada de tapar el envase con fuerza necesaria para que exista un buen sellado y que el líquido (yogurt) no se salga.

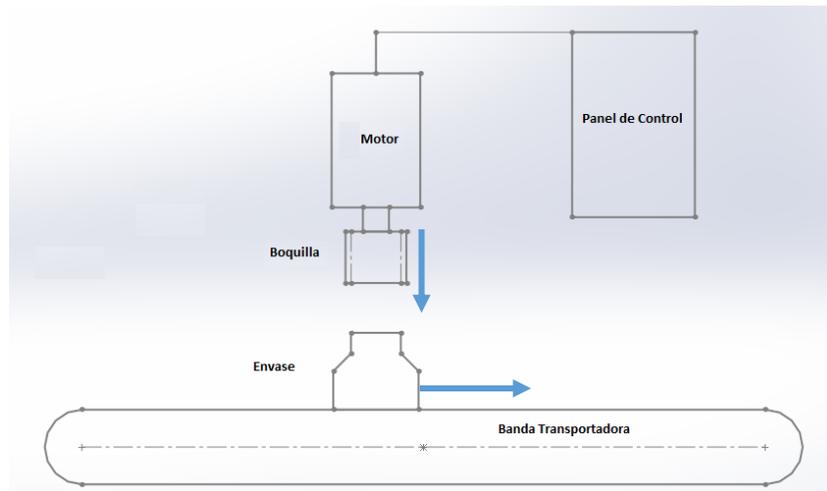


Figura 4. 2 Tapado Lineal

4.1.3. Sentido de Tapado

Con fundamento acerca de la máquina de llenado, se decide adaptar el proceso de tapado mediante el mismo sentido en la que existe de izquierda (Suministro de envases llenos de yogurt, en la zona de tapado el producto es verificado mediante un sensor de posición, luego se sujeta para su proceso de tapado) a derecha (Los envases llenos de producto).

Para este caso se utiliza la alimentación izquierda ya que los envases ingresan colocando las tapas y luego pasan a ser tapados y sujetos mediante los grippers y posterior se muestran tapados para su despacho. (Ver figura 4.2).

4.1.4. Cantidad de Producción Diaria

El objetivo principal de este proyecto es reducir el tiempo de despacho de producción de envases tapados para lo cual se debe procurar establecer los tiempos entre electroválvulas las cuales cumplan con el objetivo planteado, en la tabla 4.1 se describe los valores mínimos y máximos en los que se realiza el tapado de forma manual y en la tabla 4.2 se establecen los de forma automática.

Tabla 4. 1**Producción de Botellas por Minuto (BPM) estimada**

TAMAÑO DEL ENVASE	PRODUCCIÓN DIARIA MANUAL
[cc]	[BPM]
100	980
175	900
200	890

Tabla 4. 2**Producción de Botellas por Minuto (BPM)**

TAMAÑO DEL ENVASE	PRODUCCIÓN DIARIA AUTOMÁTICA
[cc]	[BPM]
100	1380
175	1380
200	1380

4.2. Transporte y tapado del envase con producto

Para este proceso se coloca unas guías regulables manualmente, las cuales estabilizan el envase lleno y las tapas son colocadas manualmente, luego pasan a ser verificados por un sensor de posición para accionar los cilindros neumáticos que sujetan al envase, una vez sujeto el envase desciende la boquilla que es accionada mediante un cilindro neumático y procede a tapar el envase. (Ver figura 4.3).

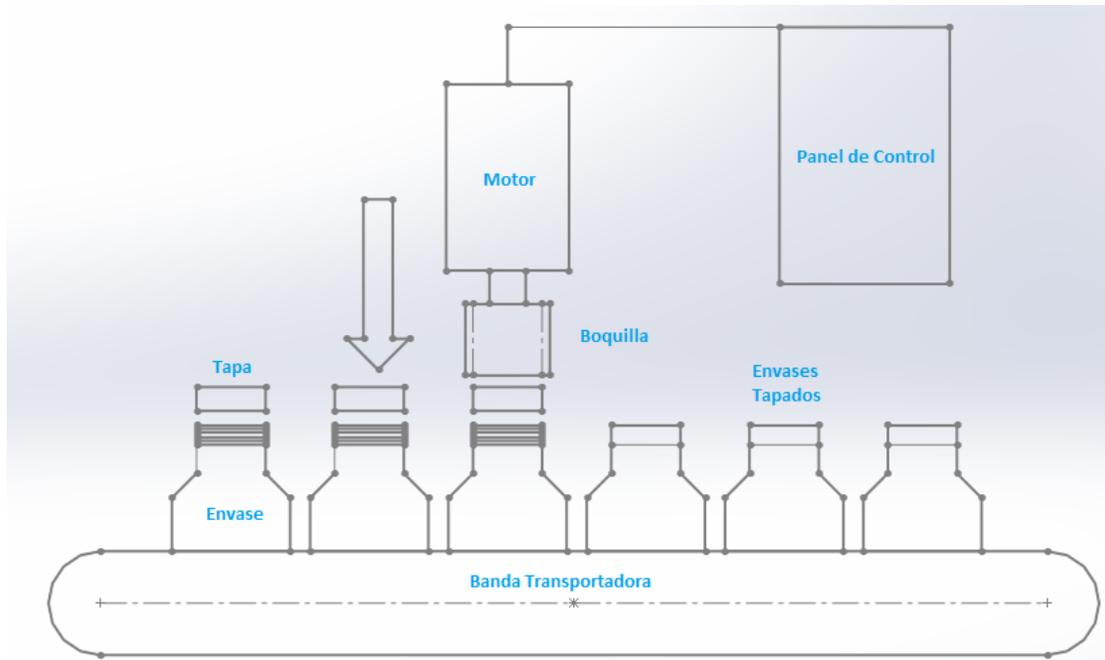


Figura 4. 3 Descenso de la boquilla y tapado de los envases

Transcurrido el tiempo de tapado de los envases se eleva la boquilla y continúa la banda transportadora accionada, para permitir que los envases recorran para ser recogidos y despachados (ver figura 4.3), y simultáneamente son colocados los envases llenos para que continúe el ciclo de tapado.

4.2.1. Tiempos de operación para el tapado

En la tabla 4.3 se establecen los tiempos de operación de cada proceso que realizara la máquina tapadora.

Tabla 4. 3

Tiempos requeridos para el proceso de tapado

TIEMPO [seg]	OPERACIÓN
3	Entrada del envase hasta la posición de tapado

CONTINÚA →

3	Posicionamiento de los sujetadores respecto al envase
0.55	Descenso y roscado de la boquilla
1	Tapado del envase de 100cc
1	Tapado del envase de 175cc
1	Tapado del envase de 200cc
0.55	Salida de la boquilla
1.55	Salida del envase tapado

Con los tiempos de operación que requiere cada etapa del tapado se logra una excelente producción de 33 envases por minuto, operando la máquina tapadora 8 horas diarias, estimando una producción mejorada de 15840 envases al día.

4.3. Soldadura y ensamblaje de los tubos y platinas

La unión de cada uno de los elementos se realiza mediante cordones de soldadura, una suelda especial para soldar acero inoxidable AISI 304. (Ver figura 4.2)



Figura 4. 4 Equipo de soldadura utilizado

Para operar este tipo de máquinas se debe tomar en cuenta el equipo de protección, los cuales son: casco para soldar, guantes de cuero, zapatos punta de acero, delantal de cuero. (Ver figura 4.5)

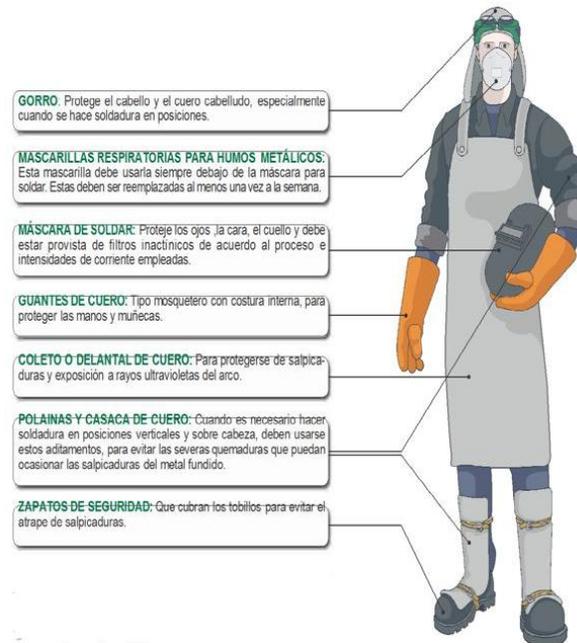


Figura 4. 5 Equipo de protección

Para el correcto funcionamiento de la soldadora se debe fijar correctamente el punto de masa de acuerdo a la zona a soldar, en la figura 4.6 se observa el proceso de soldadura y la estructura completamente soldada.

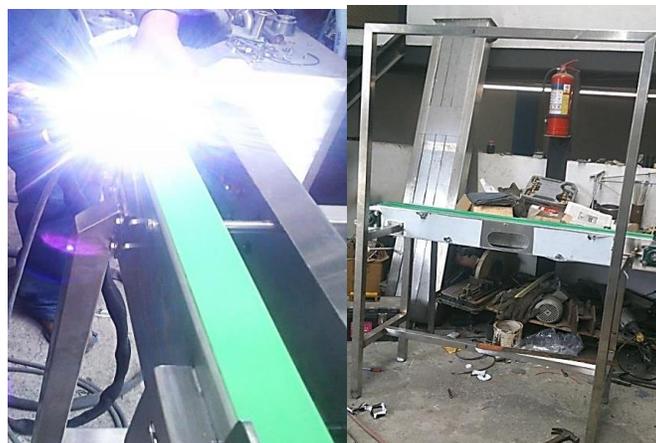


Figura 4. 6 Soldadura y ensamblaje de la estructura

4.4. Selección de los componentes Mecánicos

En base al diseño y análisis de las partes principales de la máquina, en la tabla 4.4 se identifica las etapas y elementos de la máquina.

Tabla 4. 4

Sistema y partes de la máquina tapadora

ETAPAS	ELEMENTOS
Estructural	Estructura Soporte
Trasporte	Cinta Transportadora
Neumático	Cilindros Neumáticos Electroválvulas
Tapado	Sujetadores Boquilla Tapadora

Una vez determinada las partes principales de la máquina, se continúa con la selección de materiales correspondientes que se necesitan para construir, la máquina tapadora de envases de yogurt se construye con material de acero inoxidable AISI 304, por el motivo que cumple con la IP67.

Un acero inoxidable AISI 304 tiene la capacidad de evitar la polución de la materia prima y es inerme al ósmosis de impurezas, en la tabla 4.5 se precisan las cualidades de manejo del acero inoxidable AISI 304.

Tabla 4. 5

Cualidades de manejo del acero inoxidable AISI 304

Cualidades	Acero Inoxidable AISI 304
Resistencia a la corrosión	Muy Buena

CONTINÚA 

Capacidad de Limpieza	Excelente
Resistencia al Impacto	Excelente
Soldabilidad	Alta
Resistencia a la Tracción [MPa]	460
Porcentaje de Elongación [%]	67
Resistencia a la Fluencia [MPa]	245 - 570

Fuente: [34]

Para la selección de los componentes mecánicos de la máquina se emplearon métodos de diseño matemático, teórico, ecuaciones y software CAE.

Para la verificación de esfuerzos, fatigas, fuerzas, torques que se generan durante el tiempo de operación de la máquina, este procedimiento se realiza con un software que simula estos fenómenos físicos que se producen en los elementos diseñados e inmersos en el desempeño de la máquina tapadora de envases.



Figura 4. 7 Trazado y corte del tubo para la construcción

La garantía que se dedicó hacia los elementos mecánicos, es brindar seguridad para los operadores, por este motivo se realizó el diseño con un factor de seguridad mayor a 1, debido

a que el factor de seguridad (η) es adecuado cuando este es superior a 1, mientras más alto sea este factor más seguro es el diseño. [35]

4.4.1. Sistema estructural

a. Estructura base

a.1. Construcción del perfil en U para la cinta transportadora

Para la construcción del perfil en U se utiliza una plancha de acero inoxidable de 0,002 m de espesor, se cortan perfiles de 1,5 m de longitud y 0,20 m de ancho donde se realiza un doblado de 0,02 m en toda su longitud para cada lado, luego se procede al mecanizado para la ubicación de las chumaceras de pared en los extremos del perfil.



Figura 4. 8 Mecanizado para ubicar las chumaceras

a.2. Desempeño de la estructura soporte

La función principal de la estructura es tolerar el grupo de cargas a la que está formulada como: las cargas de funcionalidad, peso neto y a la variación de temperatura por ruptura o deformación de la misma, por tener un excelente diseño de la misma, esta debe formalizar con tres limitaciones que son: estabilidad, equilibrio, resistencia y deformación limitada. [36]



Figura 4. 9 Estructura Base de la Máquina

a.3. Dimensiones generales de la estructura

En la tabla 4.6 se establecen las dimensiones generales de la estructura base y de la estructura para la banda transportadora.

Tabla 4. 6

Dimensiones generales de la estructura

DIMENSIONES	ESTRUCTURA BASE	ESTRUCTURA DE LA BANDA
Forma	Tubo Cuadrado	Perfil tipo U
Cantidad [unidades]	3	2
Longitud [m]	6	1,4
Ancho [m]	0.04	0.015
Espesor [m]	0.002	0.003

4.4.2. Etapa de desplazamiento de los envases

a. Cinta transportadora

a.1. Detalles de la cinta transportadora

La cinta transportadora cumple con trasladar los envases con (líquido y su tapa) desde el punto A hasta el punto B, donde es tapado mediante una boquilla de roscado, finalizando esta operación los envases son llevados hasta el punto C donde se despacha la producción. (Ver figura 4.5)

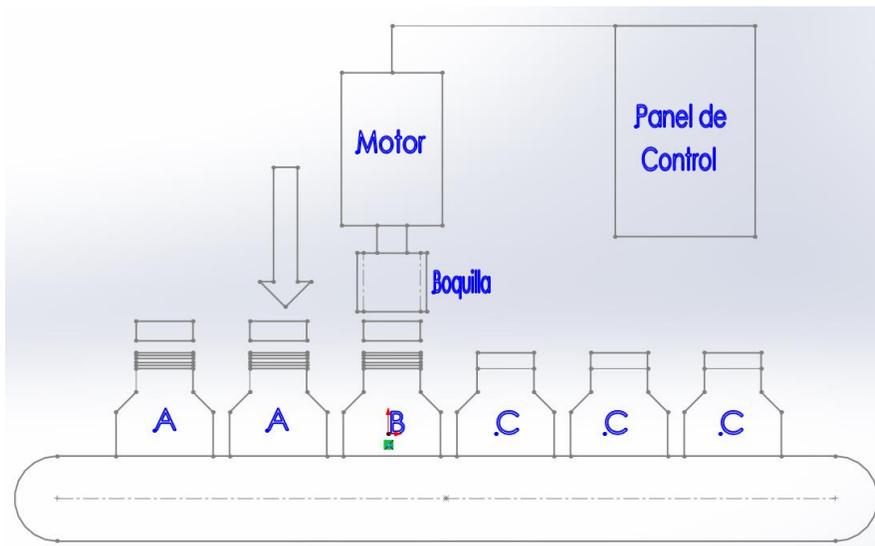


Figura 4. 10 Forma de desplazamiento del producto

a.2. Dimensiones y propiedades mecánicas de la cinta transportadora

En la tabla 4.7 se describe las propiedades mecánicas del polipropileno.

Tabla 4. 7**Propiedades mecánicas del polipropileno**

Propiedades de resistencia del PP	Detalles
Fricción	Aceptable
Mecánica	Buena
Química	Buena
Abrasión	Limitada
Fluencia [MPa]	25
Elasticidad	Buena
Rango de Temperatura[°C]	+5 a +103

Fuente: [37]

Esta banda seleccionada tiene componentes de materiales de alta resistencia, propiedades de deslizamiento, planitud y normalización. [38]

Las cintas son fabricadas en polipropileno, polietileno y resina acetálica, todos materiales plásticos a los que se agregan aditivos especiales para conferirles características adecuadas a cada aplicación. [37]

La simplicidad y rapidez de montaje que presenta el sistema TPM[®] permite realizar eventuales reparaciones en pocos minutos, sin necesidad de retirar la cinta transportadora del equipo donde se halle instalada. Además el sistema no requiere lubricación. [37]



Figura 4. 11 Colocación de la cinta transportadora acetal

b. Ajuste de la cinta transportadora

Se realizó el ajuste de la cinta transportadora, tomando en cuenta las dimensiones con las que fue construido el perfil en U, ya que se verifica que no exista atascamiento debido a la mala sincronización de los extremos y debido a esto no llegue la cinta a romperse.



Figura 4. 12 Montaje de la cinta transportadora



Figura 4. 13 Cinta Transportadora Acetal

En la tabla 4.8 se describe las dimensiones generales de los componentes de la cinta transportadora.

Tabla 4. 8**Dimensiones generales de la cinta transportadora**

DESCRIPCIÓN	CINTA	PIÑÓN ACETAL	ROLDANA
Longitud [m]	3	-	-
Ancho [m]	0,12	-	-
Espesor [m]	0,008	-	-
D. Exterior [m]	-	0,131	0,131
D. Interior [m]	-	0,025	0,025
Nº de dientes	-	21	-

c. Colocación del piñón acetal y la roldana

El piñón acetal y la roldana son elementos que componen el desplazamiento de la cinta transportadora, para el agarre y correcto encaje el piñón consta de 21 dientes, las dimensiones de estos elementos son idénticos para que tengan un correcto juego (que no se trunque el desplazamiento de la cinta transportadora). (Ver figura 4.8)

**Figura 4. 14 Piñón Acetal y Roldana (Simulado)**

Para ensamblar las chumaceras con el perfil en U se utiliza pernos de 0,6 cm x 2,5 cm para la fijación, en un extremo dos chumaceras de pared guían al eje conductor con el piñón acetal y en el otro extremo dos chumaceras de pared guían al eje conductor y a la roldana

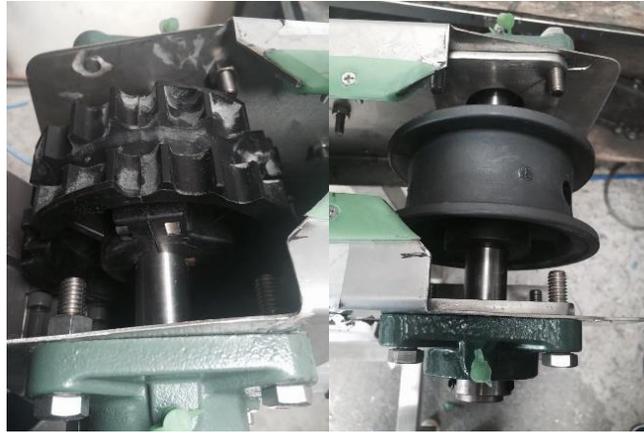


Figura 4. 15 Piñón Acetal y Roldana (Construcción)

d. Colocación del eje conductor

Se coloca el eje conductor que ensambla el piñón con el motor reductor (Ver figura 4.10) y es el encargado de provocar movimiento circular para desplazar la cinta transportadora, y para su estabilidad y equilibrio se colocó chumaceras a los extremos para facilitar el movimiento del piñón y la roldana.

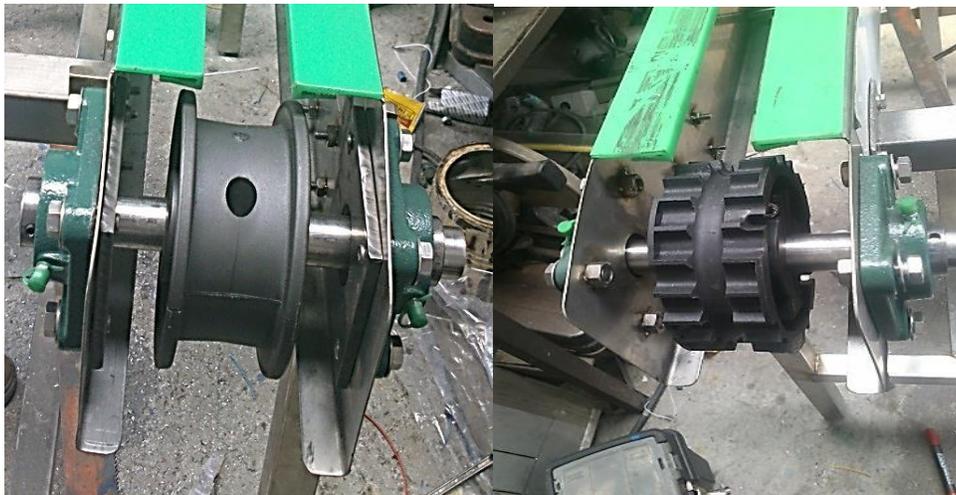


Figura 4. 16 Acoplamiento del piñón, motor reductor y eje conductor

e. Acoplamiento de los rodamientos

Elemento mecánico de forma cilíndrica hueca, su función es eliminar la fricción entre un eje y elementos acoplados a este, la selección del rodamiento se hace en función al diámetro de los ejes conductor y conducido, de la carga dinámica, al número de horas de uso y básicamente que sea de fácil adquisición en el mercado.

El rodamiento está en capacidad de soportar el peso de los ejes, para esta aplicación se seleccionó el peso del eje conductor.

$$W_{EjeConductor} = 12,71376 \text{ N}$$

Tabla 4. 9

Duración recomendada para rodamientos

APLICACIÓN	DURACIÓN EN HORAS [L]
Electrodomésticos, Máquinas agrícolas	300 – 3000
Máquinas usadas en cortos períodos: elevadores de talleres, maquinarias y equipos para la construcción	3000 – 8000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad en cortos períodos: ascensores, grúas	8000- 12000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no siempre utilizadas totalmente: motores eléctricos	10000 – 20000
Máquinas para 8 horas de trabajo siempre utilizadas totalmente; cintas transportadoras	20000 – 30000
Máquinas para 24 horas de trabajo continuo: compresores, bombas	40000 – 50000
Máquinas para la industria eólica	30000 – 100000
Máquinas para el abastecimiento de agua: maquinaria de propulsión	60000 - 100000

Fuente: [39]

Con la capacidad de carga dinámica y el diámetro del eje, se seleccionó el tipo de rodamiento según el catálogo de rodamientos SKF, el rodamiento seleccionado es UC-205 que soporta una carga dinámica de 14 KN, además se seleccionó el N° de caja F205 en donde se montara el rodamiento.

En la tabla 4.10 se indica las características del rodamiento y en el anexo se muestran las dimensiones generales del rodamiento y caja.

Tabla 4. 10

Características del rodamiento

GENERAL	RODAMIENTO RÍGIDO DE BOLAS
Serie del rodamiento	UC-205
Serie del N° de caja	F205
D. Interior del rodamiento [mm]	25
Carga Dinámica [KN]	14
Carga Estática [KN]	7,88

La chumacera de pared se montó de manera directa a la estructura de la máquina por medio de pernos hexagonales M10.



Figura 4. 17 Fijación de las chumaceras F205

4.5. Construcción de la base y montaje del motor reductor

4.5.1. Construcción de la base del motor reductor

Para construir la base que soporte al motor reductor, se debe tomar en cuenta sus dimensiones ya que así se logra un acople idéntico, este proceso se realiza mediante una cortadora de plasma.



Figura 4. 18 Cortando metal para la base del motor reductor

Luego del corte suelen quedar rebabas, se utiliza la amoladora en conjunto con el disco de lijar y de esta manera se logra tener la base para el motor reductor sin relieves.



Figura 4. 19 Base del motor reductor



Figura 4. 20 Acoplamiento del motor reductor

La base del motor reductor esta soldada en la parte lateral derecha de la estructura base a una altura de 0,8 m.

4.5.2. Montaje del motor reductor

Para ubicar el motor reductor en la base se debe acoplar perfectamente el reductor con el eje conductor, asegurándole el eje con chavetas y el reductor con pernos Allen M5. (Ver figura 4.20)



Figura 4. 21 Montaje del Motor reductor

4.6. Construcción del sistema de tapado

4.6.1. Estructura de soporte y mecanismo móvil

Para construir la estructura de soporte se necesita tubo cuadrado al cual se le forma en P y el mecanismo móvil del sistema de tapado que se desplazará de forma vertical por el eje que se encuentra soldado a la estructura de soporte.

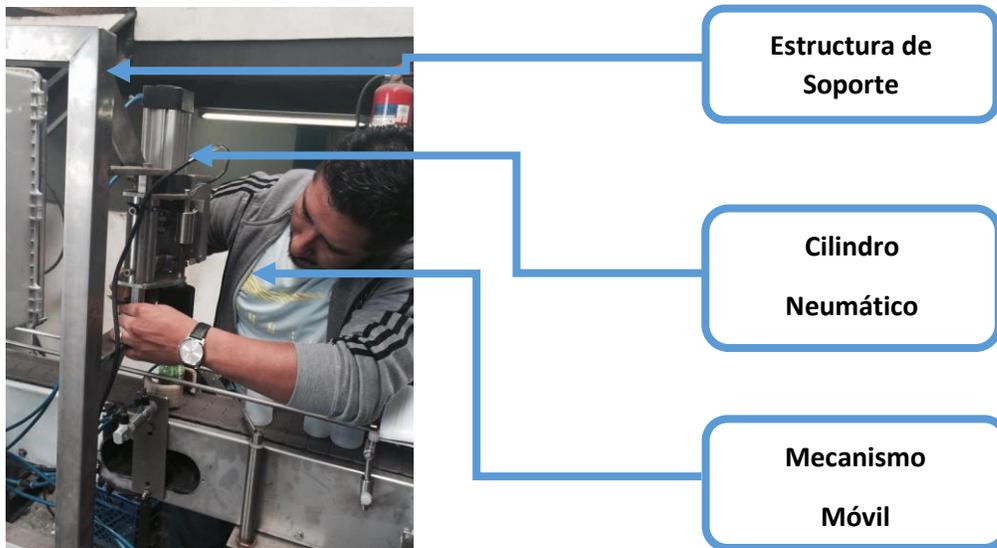


Figura 4. 22 Construcción del Sistema de tapado

a. Montaje de los cilindros lubricados para el mecanismo móvil

Los cilindros para el mecanismo móvil fueron montados para que tenga un final de carrera para cada tamaño de envase y de esta manera sea fácil ya su regulación cuando esta sea necesario.



Figura 4. 23 Bocines colocados en el mecanismo móvil

b. Montaje del Motor Reductor para el tapado

El motor reductor es colocado delante del cilindro neumático, para que mediante un relé se accione para que gire durante un tiempo determinado y logre tapar el envase con yogurt.

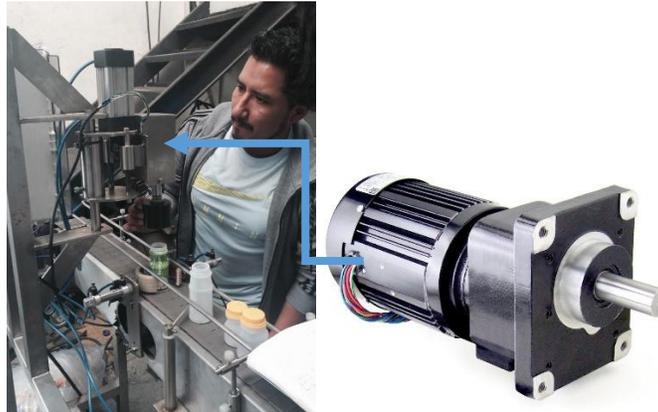


Figura 4. 24 Motor reductor sin ventilación

c. Colocación de la boquilla de tapado

Una vez colocado el motor reductor, se procede a la colocación de la boquilla para el tapado, tomando en cuenta el diámetro de las tapas estándar para todos los envases.



Figura 4. 25 Colocación y verificación de la boquilla de tapado

4.7. Montaje de las electroválvulas y de la unidad de mantenimiento

Estos elementos neumáticos se encuentran ubicados debajo del tablero de control y están totalmente aislados de cualquier tipo de líquidos que puedan interferir en su correcto funcionamiento.



Figura 4. 26 Localización de electroválvulas

4.8. Montaje del tablero eléctrico

El tablero eléctrico se encuentra localizado en la parte superior derecha de la máquina sujeta por pernos hexagonales M10.



Figura 4. 27 Tablero Eléctrico

Dentro del tablero eléctrico se tienen algunos elementos que constituyen el control de la máquina en general, los cuales son:

- Variador de frecuencia Yaskawa ½ hp
- Fuente de alimentación 220v/24vdc 2A
- PLC Logo 24 rc
- Relés auxiliares 24vdc
- Selector 2 posiciones
- Pulsador hongo retenido
- Breaker 2p 20a
- Luz piloto 220v
- Varios (cables eléctricos, regletas y marquillas)

CAPÍTULO V

ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero es de mucha importancia para el desarrollo del proyecto, ya que la mayor parte de la inversión realizada por la empresa debe ser totalmente recuperable a plazos fijados, o de ser el caso en el menor tiempo posible.

En esta sección se detalla los costos de cada uno de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos utilizados para la construcción de la máquina, todos estos considerados como inversión del proyecto.

5.1. Análisis de costos

La inversión total de dinero que realiza la empresa para efectuar la compra de todos los materiales para la construcción e implementación de la máquina tapadora lineal, todos estos costos realizados por la empresa se dividen en costos directos e indirectos.

5.1.1. Costos directos

Estos son aquellos costos en los que se invierte directamente para la construcción de la máquina tapadora lineal.

a. Costos de materiales

En este caso estos son los costos de todos los materiales que conforman los sistemas de la máquina tapadora lineal que a continuación van a ser detallados en las siguientes tablas.

5.1.2. Elementos mecánicos

Se trata de la inversión de todos los materiales mecánicos que se van a utilizar para la estructura y movimiento de la maquina tapadora lineal que se detallan en la tabla 5.1.

Tabla 5. 1

Costo de materiales mecánicos

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
1	Cadena recta acetal up 820K450	3 metros	240	240
2	Piñon acetal 820z21	1	56	56
3	Roldana 820	1	61	61
4	Perfil jclip 40mm	1	56	56
5	Chumacera de pared 1 pulgada	4	12	48
6	Material bruto AISI 304	1	400	400
7	Varios (pernos, polímeros etc)	1	80	80
			Total	941

5.1.3. Materiales neumáticos

Este es el costo total de la inversión de todos los materiales neumáticos que se van a utilizar para la maquina tapadora lineal que en la tabla 5.2 se indica.

Tabla 5. 2**Costo de materiales neumáticos**

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
1	Unidad de mantenimiento 1/8	1	95	95
2	Electroválvulas de 5/2 de 1/8 a 24V	3	115	345
3	Cilindro redondo D20 C50 doble efecto	2	98	196
4	Cilindro redondo D20 C80 doble efecto	1	120	120
5	Cilindro redondo D50 C80 doble efecto	1	160	160
6	Varios (racor, mangueras, etc.)	1	50	50
			Total	966

5.1.4. Materiales eléctricos y electrónicos

Es el costo de la inversión de los materiales eléctricos y electrónicos que se va a utilizar para el tablero de mando y el censado de posición de los envases de la maquina tapadora lineal detallados a continuación en la tabla 5.3.

Tabla 5. 3**Costo de materiales eléctricos y electrónicos**

N°	ELEMNTO	CANTIDAD	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
1	Tablero de polímero de 30*40	1	84	84
2	Variador de frecuencia Yaskawua ½ hp	1	265	265
3	Fuente de alimentación 220V/24vdc 2A	1	95	95
4	Logo 24 rc	1	248	248
5	Relés auxiliares de 24 vdc	3	15	45
6	Selector de 2 posiciones	2	4.5	9
7	Pulsador hongo retenido	1	11	11
8	Motoreductor ortogonal de 1/2hp caja 40 i =10	1	650	650
9	Motoreductor 1/16 hp i = 10	1	210	210
10	Breaker 2p 20 ^a	1	12	12
11	Luz piloto 220V	1	12	12

CONTINÚA 

12	Varios	1	60	60
			Total	1693

b. Costo de alquiler de herramientas para maquinado

En este caso se tiene los costos globalizados de cada una de las herramientas o máquinas que se utilizó para la elaboración de la máquina tapadora lineal, en la tabla 5.4 se detallan los costos de los mismos.

Tabla 5. 4

Costos de alquiler de herramientas para maquinado

N°	Herramienta	Costo p/u [USD]	Costo Total [USD]
1	Soldadura tic	200	200
2	Taladro	100	100
3	Amoladora	100	100
4	Torno	150	150
5	Dobladora	50	50
		Total	600

5.2. Costos Indirectos

Son los costos totales de materiales los cuales no intervienen directamente en la construcción de la maquina tapadora automática lineal.

a. Costos de materiales adicionales.

Son materiales los cuales no estaban incluidos en la construcción de la máquina estos son materiales complementarios los cuales en la tabla 5.5 se describen.

Tabla 5. 5

Costos de materiales adicionales

N°	Elemento	Costo p/u [USD]	Costo Total [USD]
1	Grasa	20	20
2	Guaipe	15	15
3	Piedras de corte	75	75
4	Elementos de protección	200	200
5	Acido para limpieza	30	30
		Total	340

5.3. Inversión total

Esta es una suma de todos los gastos de costos directos e indirectos que se han hecho a lo largo de la construcción de la maquina tapadora lineal la cual esta detallada en la tabla 5.6.

Tabla 5. 6

Inversión total

Detalle de costo	Detalle de producto	Costo en [USD]
Costos directos	Elementos mecánicos	941
	Elementos eléctricos y electrónicos	1693
	Elementos neumáticos	966
	Alquiler de herramientas	600
Costos indirectos	Materiales adicionales	340
Total		4540

5.4. Análisis de producción previo al proyecto

5.4.1. Capacidad de producción

Según resultados obtenidos a partir de consultar directamente con el personal de la empresa encargado directamente de la contabilidad la producción que se obtuvo en el año 2014 que a continuación en la Tabla 5.7 detallan la capacidad total de producción.

Tabla 5. 7**Capacidad de producción previa al proyecto.**

Tamaños de envases	Capacidad instalada [U]	Productividad [envases/hora]	Producción mensual [U]	Producción anual [U]
100 – 250cc	1600	1200	36000	432000

En este caso la producción va ligada directamente con el número de colaboradores con los que cuente la empresa para realizar el trabajo de tapado de los envases de yogurt, aproximadamente cada colaborador tiene una capacidad de tapado de 120 unidades por hora.

5.4.2. Flujo de caja antes del proyecto.

Tabla 5. 8

Flujo de caja antes del proyecto.

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	0									
Materia prima		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
Mano de obra		-1770	-1770	-1770	-1770	-1770	-1700	-1770	-1770	-1700
Servicios básicos		-21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
Costos administrativos		-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
Ventas		22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000
Utilidades antes de imp		2708,7	2708,7	2708,7	2708,7	2708,7	2708,7	2708,7	2708,7	2708,7
Imp. Part. Trab [40%]		1083,48	1083,48	1083,48	1083,48	1083,48	1083,48	1083,48	1083,48	1083,48
Utilidades después de Imp [fn1]		1625,22	1625,22	1625,22	1625,22	1625,22	1625,22	1625,22	1625,22	1625,22

CONTINÚA 

5.5. Análisis de producción posterior al proyecto

5.5.1. Capacidad de producción

Para los requerimientos de producción de la empresa, la capacidad de producción no es la que cambia sigue con la anterior, lo que se consigue con la máquina tapadora es el tiempo de operación, a continuación, en la Tabla 5.9 se detalla la capacidad de producción.

Tabla 5. 9

Producción de tapado posterior al proyecto

Tamaños de envases	Capacidad instalada [U]	Productividad [envases/hora]	Producción mensual [U]	Producción anual [U]
100 – 250cc	1600	1200	36000	432000

La máquina tapadora llegaría a reducir los tiempos de operación en el tapado de envases de yogurt, de esta manera se incrementa la eficiencia en el proceso de tapado, generando ganancias para la empresa.

5.5.2. Mantenimiento programado

Para esta máquina el mantenimiento es muy sencillo, únicamente de lo que se debe encargar el personal de mantenimiento es de engrasar y lubricar las partes que sean necesarias para un correcto funcionamiento de la máquina, y este mantenimiento se lo realizaría semanalmente.

5.6. Análisis de inversión de la máquina tapadora lineal

Para un correcto resultado del análisis se tiene factores financieros, los cuales son: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (PRI).

5.6.1. Flujo de caja posterior al proyecto

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	-4545									
Materia prima		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
Mano de obra		-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900
Servicios básicos		-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95
Costos administrativos		-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000
Ventas		22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000
Depreciación		-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66
Mantenimiento		-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
Utilidades antes de imp		3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39
Imp. Part. Trab [40%]		1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556
Utilidades después de Imp [fn1]		1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494
Fn2 – Fn1	-4545	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274

CONTINÚA 

5.6.2. Calculo del VAN y el TIR

Se utiliza estos índices financieros para poder determinar la rentabilidad del proyecto de inversión.

El valor actual neto (VAN), es un método por el cual se valora inversiones, se define como la diferencia entre el valor actual de cobros y de los gastos generados debido a la inversión. Así proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto realizado en un valor absoluto, es decir da un valor de la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas, a continuación, se muestra la fórmula que se utiliza para el cálculo del VAN.

$$VAN = -I_o + \sum_{n=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Dónde:

VAN = Valor actual neto

I_o = Inversión total del proyecto

FNE = Flujo neto de cada año

i = Tasa de actualización

n = Numero de meses de la inversión

En la tasa interna de retorno, que vendría a ser el tipo de interés en el que el VAN se hace cero. Si el TIR es alto, es un indicativo de la rentabilidad del proyecto para la empresa, que producirá un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado.

$$0 = -I_o + \sum_{i=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Para realizar correctamente el cálculo del VAN y el TIR se lo realiza con la ayuda del programa matemático Excel como se muestra en las figuras 5.1 y 5.2 a continuación mostradas.

$$TREMA = 15\%$$

$$VAN = 131423,97$$

$$VAN = 41\%$$

$$TIR > TREMA$$

En relación a los cálculos, el resultado del VAN es mayor a cero, de acuerdo a este valor se verifica la recuperación la inversión inicial, quedando para la empresa una utilidad de \$131423,97.

De la misma manera se estima que la TIR es mayor al TREMA de acuerdo a esto se muestra que el proyecto es viable, es decir que la empresa recibiría una rentabilidad del 41% utilizando una inversión de \$4540.

E16		fx =VNA(E15;C13:AL13)-B13												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
2	Inversión	-4540												
3	Materia Prima		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	
4	Mano de obra		-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	
5	Servicios Básico		-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	
6	Costos Adm.		-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	
7	Ventas		22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	
8	Depreciación		-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	
9	Mantenimiento		-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	
10	Utilidad antes de impuestos		3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	
11	Imp. Part. Trabaj [40%]		1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	
12	UDI [60%]+ D Fn2		1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	
13	Fn2-Fn1	-4540	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	
14					MENSUAL	ANUAL								
15	Fn1=	1625,22			TREMA=	1,250%	15%							
16	Imp. Part. Trabaj	0,4			VAN=	10951,998	131423,97							
17	Util. desp. Imp	0,6			TIR=	3%	41%							

Figura 5. 1 Cálculo del VAN en Excel

E17		=TIR(B13:AL13)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2	Inversión	-4540											
3	Materia Prima		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
4	Mano de obra		-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900
5	Servicios Básico		-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95
6	Costos Adm.		-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000
7	Ventas		22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000
8	Depreciación		-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66
9	Mantenimiento		-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
10	Utilidad antes de impuestos		3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39
11	Imp. Part. Trabj [40%]		1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556
12	UDI [60%]+ D Fn2		1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494
13	Fn2-Fn1	-4540	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274	222,274
14					MENSUAL	ANUAL							
15	Fn1=	1625,22			TREMA=	1,250%	15%						
16	Imp. Part. Trabaj	0,4			VAN=	10951,998	131423,97						
17	Util. desp. Imp	0,6			TIR=	3%	41%						

Figura 5. 2 Cálculo de la TIR en Excel

5.6.3. Periodo de recuperación de la inversión

En este proyecto, el periodo de recuperación de la inversión (PRI) es un tiempo en el cual la empresa debe recuperar su capital invertido en este proyecto.

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d}$$

Dónde:

PRI = Periodo de recuperación de la inversión

a = Mes anterior al que se recupera la inversión

b = Inversión inicial

c = flujo efectivo acumulado del mes inmediato anterior al que se recupera la inversión

d = flujo efectivo del mes en que se recupera la inversión

$$PRI = 21 + \frac{(4540 - 4445,48)}{4667,754}$$

$$PRI = 21$$

Después de analizar los índices obtenidos para recuperar el total de la inversión se da un tiempo estimado de 21 meses, que permiten asegurar que el proyecto es factible ya que cumple con un tiempo de recuperación del capital que para este caso es menor a 5 años.

A continuación, se procede a detallar los indicadores financieros que fueron los resultados del proyecto en la tabla 5.10.

Tabla 5. 10

Resultados de los indicadores financieros

INDICADOR	RESULTADO	OBSERVACION
VAN[USD]	131493,27	Aceptable
TIR > TREMA [%]	41 > 15	Aceptable
PRI < 5 AÑOS	1,10 < 5	Aceptable

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se diseñó, construyó una máquina tapadora de envases de yogurt para la Fábrica Productos Lácteos Paraíso que permitió disminuir el tiempo de despacho de Producción.
- Se incrementó la velocidad de tapado de envases y se mejoró la higiene de los mismos debido a la optimización del proceso que se utiliza en la producción.
- Se realizó la selección y dimensionamiento de los elementos que intervienen en la máquina, cuidadosa y correctamente, poniendo en óptimo funcionamiento la máquina.
- Los elementos del sistema mecánico fueron diseñados mediante el método de elementos finitos y analizados por el software CAE, tomando siempre a consideración los parámetros fundamentales los cuales son: Dimensión, Movimiento, Tipo de Sujeción, Esfuerzos, Factor de Seguridad, Factor de Resistencia Física y Química.
- Se comparó los datos obtenidos entre el cálculo analítico y el cálculo del software CAE, concluyendo que en los valores obtenidos existe una diferencia comprendida entre el 2% a 4%, los cuales son valores tolerables comprendidos en el diseño y construcción de la máquina.
- Los elementos del sistema neumático fueron seleccionados y dimensionados de tal manera que exista la menor cantidad de pérdidas. Se tomaron en cuenta todas las

caídas de presión que se daban en las mangueras y accesorios lo que permitió seleccionar adecuadamente los elementos neumáticos del sistema.

- Se diseñó, seleccionó, programó e implementó el sistema eléctrico del control y potencia cumpliendo con todos los parámetros necesarios para el funcionamiento automático de la tapadora de yogurt.
- Se realizó la programación del PLC con el lenguaje por bloque de funciones para la automatización, con lo que se logró sincronizar de manera equitativa las electroválvulas y de esta manera tener una correcta presión en cada etapa del proceso.
- Con la automatización del proceso de tapado de envases se logró incrementar la producción y disminuir la fatiga provocada por la manipulación de los envases.
- Se obtuvo un incremento de producción ya que la máquina despacha 33 envases por minuto teniendo una producción diaria de 15840 envases por minuto, y los tiempos de despacho disminuyeron cuantitativamente y se cumplió con el objetivo planteado.
- Se elaboró los planos mecánicos, neumáticos y eléctricos de la tapadora, los cuales servirán para brindar mantenimiento de la máquina cuando esta lo requiera.
- La máquina fue construida por un monto de 4540,46 dólares que se recuperara toda la inversión en dos años aproximadamente.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar ropa de trabajo adecuada ya que existen letreros de seguridad en los que puede provocar atascamientos y se produzcan percances durante el proceso.
- Se recomienda antes de iniciar el proceso, revisar los sistemas ajustables, para los cuales utilizar herramientas adecuadas ya que algún momento la máquina requiere de calibración, pero solo estas recomendaciones son aptas para el sistema mecánico el cual es vulnerable a modificaciones por tener tres tipos de envases a tapar.
- Se recomienda al talento humano de operación de la máquina realizar las calibraciones siempre y cuando la máquina no esté en funcionamiento ya que podría ocasionar daños materiales y personales.
- Se recomienda el engrase del cabezal móvil y de las chumaceras cada 6 meses para el desplazamiento correcto de la boquilla de tapado.
- Se recomienda para cada tipo de envase si es necesario calibrar los tiempos mediante el PLC LOGO, ya que siempre por el volumen que contienen es sujeto a rozamiento y fricción; con lo que la cinta transportadora sufre esfuerzo y disminuye su circulación correcta del producto hasta el área de tapado.

Bibliografía

- [7] IEC, «Controlador Lógico Programable,» *IEC 61131*, pp. 67-80, 2013.
- [8] F. J. García Gonzáles, «Controlador Lógico Programable,» *Manual de PLC*, pp. 14-18, 2004.
- [9] Introducción al PLC, Descripción de los PLCs, Bruselas: McGraw Hill, 1990.
- [10] Siemens, «Manual LOGO,» *Logo! Manual*, p. 322, 2001-2003.
- [12] Electrotecnia, Instrumentación y Comunicaciones Industriales, La Plata: La Patagonia, 2012.
- [14] D. Gutiérrez, A. Basulto, J. Piña y P. R. Martínez, «Interruptores, Breakers y Fusibles,» *Control de Motores*, pp. 3-4, 2010.
- [25] F. Sevillano Calvo, «Variadores de Frecuencia,» *Sistemas de Regulación y Control Automáticos*, pp. 1-10, 2011.
- [34] F. Letona, R. De Benedetto y D. De Benedetto, «Estudios y Ensayos de Materiales: Aceros Inoxidables,» Facultad Católica de Química, Argentina, 2008.
- [35] A. González, «Factor de Ingeniería o de Seguridad,» Sociedad Colombiana de Geotecnia, Bogotá, 2009.
- [36] M. Pérez Rodríguez, «Diseño y Cálculo de la Estructura Metálica,» de *Diseño y Cálculo de la Estructura Metálica*, Madrid, Universidad Carlos III de Madrid, 2009, p. 321.
- [37] INCOTEC S.A., «Manual Técnico de Transportadores Plásticos Modulares,» de *Transportadores Plásticos Modulares*, Mendoza, INCOTEC S.A., 2014, pp. 37-44.
- [38] REXNORD, «Catálogo de Productos,» de *Cadenas, Tabletop y Mattop*, Mexico, Flattop Europe, 2009, pp. 26-31.
- [39] Universidad Tecnológica Nacional, «Enfoque sistemático sobre selección de rodamientos,» Mendoza, Facultad Regional Mendoza, 2014, pp. 8-14.

Linkografía

- [1] L. Profeco, «Yogurt y otros lacteos fermentados,» 08 julio 2006. [En línea]. Available: http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_06/yogur_jul06.pdf. [Último acceso: 12 Febrero 2015].
- [2] N. BARACLDO, «Blogger INDUSTRIA DEL YOGURT,» 15 MARZO 2009. [En línea]. Available: <http://hefferxonblogger.blogspot.com/>. [Último acceso: 05 Abril 2015].
- [3] BSC Argentina, «allbiz,» 25 Abril 2011. [En línea]. Available: <http://buenos-aires.all.biz/tapadora-lineal-tn-g36532#.VeULBpfw-Hg>. [Último acceso: 18 Marzo 2015].
- [4] Insumos & Soluciones SAC, «Productos para la Industria Alimentaria,» 17 Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://www.insumosoluciones.pe/utensilios-industriales.html>. [Último acceso: 05 Febrero 2015].
- [5] C. Castillo L., «Alimentos & Salud,» 23 Junio 2003. [En línea]. Available: http://www.alimentosysalud.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=177:envases-plasticos-y-alimentos&catid=2&Itemid=68. [Último acceso: 21 Febrero 2015].
- [6] S. W. Equipment, «J&D Water,» 25 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.beveragemachine.es/2-beverage-production-line-a1.html>. [Último acceso: 18 Marzo 2015].
- [11] Online Programm, 17 Junio 2012. [En línea]. Available: http://4.bp.blogspot.com/-19heYKAc3a0/T0gYu26BN6I/AAAAAAAAABY/LBcKwj_9NgU/s1600/PLC6.png. [Último acceso: 21 Marzo 2015].
- [13] Allen Bradley, «Soluciones flexibles de interruptores de control y carga,» 21 Febrero 2001. [En línea]. Available: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/194-br008_-es-p.pdf. [Último acceso: 07 Marzo 2015].
- [15] Rockwell Automation, 06 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://epub1.rockwellautomation.com/images/web-proof-large/GL/1244831.jpg>. [Último acceso: 2 Abril 2015].

- [16] HP Industrial Perú, 20 Febrero 2015. [En línea]. Available: [http://hpindustrialperu.com/productos/catalogo/Selector%20posicion%20Han young%20hp%20industrial%20\(3\).jpg](http://hpindustrialperu.com/productos/catalogo/Selector%20posicion%20Han%20young%20hp%20industrial%20(3).jpg). [Último acceso: 2 Abril 2015].
- [17] L. Alvarez, «Electricidad Blog,» 17 Mayo 2013. [En línea]. Available: <http://tsistemasena500988.blogspot.com/2013/05/partes-de-un-breaker-y-como-se-instala.html>. [Último acceso: 3 Abril 2015].
- [18] Cooper, «Bricos,» 24 Octubre 2012. [En línea]. Available: <http://bricos.com/marcas/cooper-bussmann-fusibles/>. [Último acceso: 2 Abril 2015].
- [19] P. Canello, «Pablin Portal de tecnología de habla hispana,» Electron Software Desing, 05 Noviembre 2009. [En línea]. Available: <http://pablin.com.ar/electron/circuito/computer/8relelpt/index.htm>. [Último acceso: 12 Mayo 2015].
- [20] J. L. Marín, «Teoría Electrónica,» 28 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.uv.es/marinjl/electro/relas.html>. [Último acceso: 18 Abril 2015].
- [21] H. Sarnaguó, «Programa Casa Segura,» 22 Agosto 2013. [En línea]. Available: <http://programacasasegura.org/pe/wp-content/uploads/sites/6/2015/01/conductores.jpg>. [Último acceso: 8 Abril 2015].
- [22] DecoEstilo, 12 Mayo 2010. [En línea]. Available: <http://www.decoestilo.com/articulo/instalaciones-electricas-sin-obras/>. [Último acceso: 10 Abril 2015].
- [23] Dilium, «Pilas y Baterías,» 23 Junio 2014. [En línea]. Available: <https://pilasybaterias.wordpress.com/>. [Último acceso: 12 Abril 2015].
- [24] E. Renteria, «Mikrog School,» 21 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://mikrog.com/conceptos-basicos/parte-i/13-ique-es-una-fuente-de-voltaje.html>. [Último acceso: 2 Abril 2015].
- [26] C. Gisell, «Neumática,» 24 Septiembre 2011. [En línea]. Available: http://gisell-g.blogspot.com/2011_09_01_archive.html. [Último acceso: 3 Abril 2015].
- [27] T. Pneumatik, «Válvulas de Bloqueo,» 03 Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/L1-Sperrventile-Stromventile/11-stromventile-2.html>. [Último acceso: 4 Abril 2015].

- [28] Instrumentación RG, «Válvula Reguladora Reval,» 02 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.instrumentacionrg.com/shop/valvula-reguladora-reval-modelo-400/>. [Último acceso: 4 Abril 2015].
- [29] Sapiensman, «Conceptos Básicos de Neumática e hidráulica,» 17 Septiembre 2013. [En línea]. Available: http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica30.htm. [Último acceso: 5 Abril 2015].
- [30] T. T. Navarro, «Procesos Neumáticos,» 12 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.ttnavarro.com/procesos.php>. [Último acceso: 12 Junio 2015].
- [31] Saturos13, «Cilindro Neumático,» 11 Mayo 2010. [En línea]. Available: <http://saturos13.blogspot.es/>. [Último acceso: 16 Julio 2015].
- [32] FAO, «Producción y Productos Lácteos,» 28 Abril 2011. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/codex-alimentarius/es/#.VWfnGEYsCQU>. [Último acceso: 16 Mayo 2015].
- [33] INEN, «Instituto Ecuatoriano de Normalización,» 17 Agosto 2014. [En línea]. Available: <ftp://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2395.2011.pdf>. [Último acceso: 13 Agosto 2015].
- [40] Grupo Agint S.A, «AGINT,» 13 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://www.grupoagint.com/wp-content/uploads/2014/02/Chumacera-de-Pared-PNG-225x300.png>. [Último acceso: 25 Julio 2015].

ANEXO