DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECÁNICO

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA AUTOMÁTICA LINEAL DE YOGURT PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO

AUTORES:

EDWIN PATRICIO CHILIG GUANOCHANGA

DARWIN GERMANICO JIMÉNEZ JIMÉNEZ

DIRECTOR: ING. WASHINGTON FREIRE

CODIRECTOR: ING. FREDDY SALAZAR

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

CERTIFICADO

ING. WASHINGTON FREIRE (DIRECTOR)

ING. FREDDY SALAZAR (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA AUTOMÁTICA LINEAL DE YOGURT PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO**", realizado por los señores: EDWIN PATRICIO CHILIG GUANOCHANGA y DARWIN GERMANICO JIMÉNEZ JIMÉNEZ, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que ayudará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, se recomienda su publicación.

Latacunga, Julio del 2015

……	**……**
Ing. Washington Freire	Ing. Freddy Salazar
DIRECTOR	**CODIRECTOR**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD Y RESPONSABILIDAD

Nosotros

EDWIN PATRICIO CHILIG GUANOCHANGA
DARWIN GERMANICO JIMÉNEZ JIMÉNEZ

DECLARAMOS QUE: El proyecto de grado titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA AUTOMÁTICA LINEAL DE YOGURT PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO"**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Julio del 2015

……	……
Edwin Patricio Chilig Guanochanga	Darwin Germánico Jiménez Jiménez
C.C.: 1718443722	C.C.: 0503512055

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros

EDWIN PATRICIO CHILIG GUANOCHANGA
DARWIN GERMANICO JIMÉNEZ JIMÉNEZ

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca Virtual de la Institución del trabajo titulado: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA AUTOMÁTICA LINEAL DE YOGURT PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Julio del 2015

……	……
Edwin Patricio Chilig Guanochanga	Darwin Germánico Jiménez Jiménez
C.C.: 1718443722	C.C.: 0503512055

DEDICATORIA

A mi familia quienes por ellos soy lo q soy.

Para mis padres Jorge y María por haberme apoyado en todo momento, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y dar por finalizado esta etapa de mi vida, por sus consejos y por la confianza que depositaron en mí, pero más que nada por su amor incondicional.

A mis hermanos Edwin y Paola por el apoyo que siempre me brindaron día a día durante el transcurso de mi carrera universitaria.

A mis abuelitos quienes me brindaron sus enseñanzas necesarias para poder superar cualquier obstáculo que tuviera en la vida.

Edwin

A mis padres Jaime y Alicia por su apoyo incondicional moral y económico por ser las personas que de manera especial han permanecido en los buenos y malos momentos de esta etapa de mi vida y por esta razón llegar a conseguir un logro más en mi vida.

A mis hermanos Marisol, Mery, Danilo.
A mi hermanito Henry que descansa en paz, siempre permanecerás en mi corazón mi angelito, junto con todos mis seres queridos que están en el cielo.
A toda mi querida familia.

Darwin

AGRADECIMIENTO

Agradezco de una manera muy especial a toda mi familia en general quienes siempre confiaron en mí y supieron darme palabras de aliento para seguir siempre adelante.

A mis tutores de tesis Ing. Washington Freire e Ing. Freddy Salazar que me han orientado, apoyado y corregido para poder finalizar este proyecto

A mis compañeros y amigos con los que he compartido grandes momentos.

Edwin

A todas esas personas que me impartieron sus conocimientos durante mi formación como profesional.

A mis amigos y compañeros y todos quienes han sido testigos de mi vida politécnica.

Darwin

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO ii

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD Y RESPONSABILIDAD iii

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN iv

DEDICATORIA v

AGRADECIMIENTO vi

ÍNDICE DE CONTENIDO vii

ÍNDICE DE FIGURAS xv

RESUMEN xxi

SUMMARY xxii

CAPÍTULO I 1

1. CONTENIDOS GENERALES 1

1.1. Antecedentes 1

1.2. Planteamiento del problema 1

1.3 Justificación e importancia 2

1.4 Objetivos 2

1.4.1. Objetivo general 2

1.4.2. Objetivos específicos 3

CAPÍTULO II 4

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS 4

2.1. Introducción 4

2.1.1. Descripción general de la empresa 4

2.1.2. Ubicación 4

2.1.3. Productos de la empresa 5

2.2. Normatividad de productos lácteos 6

2.3. Diagrama de flujo para la elaboración del yogurt 6

2.3.1. Descripción del proceso de elaboración del yogurt 7

a. Almacenamiento de leche 7

b. Estandarización 8

c. Pasteurización 8

d. Homogenización 9

e. Enfriamiento 1 9

f. Inoculación 10

g. Incubación 10

h. Agitación 10

i. Enfriamiento 2 11

j. Envasado 11

k. Almacenamiento 12

l. Despacho y transporte 12

2.4. Envasado de líquidos 12

2.4.1. Envasadora lineal 12

a. Método de envasado lineal por nivel 12

b. Método de envasado lineal por volumen 13

2.4.2. Envasadora rotativa 14

a. Método de envasadora rotativa por nivel 14

b. Método de envasadora rotativa por volumen 15

2.5. Parámetros de selección de la envasadora 16

2.5.1. Estructura 16

2.5.2. Aplicación 16

2.5.3. Producto a envasar 17

CAPÍTULO III 18

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICO Y ELÉCTRICO 18

3.1. Parámetros de diseño 18

3.1.1. Tipo de producto 18

3.1.2. Tipo de envases 19

a. Tamaño 19

b. Forma 20

3.1.3. Sistema de llenado 20

a. Llenado por gravedad 20

3.1.4. Sentido de llenado 20

3.2. Diseño de la máquina 21

3.2.1. Cantidad de producción diaria 21

3.2.2. Transporte del envase sin producto 22

3.2.3. Posicionamiento del número de envases 22

3.2.4. Llenado y trasporte del envase con producto 23

3.2.6. Tiempos de operación para el envasado 24

3.3. Diseño y selección de los componentes mecánicos 25

3.3.1. Sistema estructural 26

a. Estructura base 26

a1. Función de la estructura base 26

a2. Dimensiones generales de la estructura 27

a3. Diseño de la estructura base 27

b. Mesa niveladora 32

b1. Función de la mesa niveladora 32

b1. Dimensiones generales de la mesa niveladora 32

b3. Diseño de la mesa niveladora 32

3.3.2. Sistema de transporte 36

a. Banda transportadora 36

a1. Función de la banda transportadora 36

a2. Dimensiones y propiedades mecánicas de la banda transportadora 36

a3. Diseño de la banda trasportadora 37

b. Accionamiento de la banda transportadora 41

b1. Diseño del engrane y rueda 42

b2. Diseño del eje conductor 43

b3. Diseño del eje conducido 46

c. Selección del rodamiento 49

3.3.3. Sistema de envasado 52

a. Tanque de almacenamiento 52

a1. Funcionamiento del tanque 52

a2. Dimensiones generales del tanque de almacenamiento 52

a3. Diseño del tanque de almacenamiento 53

b. Válvula de llenado de líquido 57

b1. Función de las válvulas de llenado 57

b2. Diseño de la válvula de llenado 58

b3. Cálculo del número de válvulas de llenado 59

c. Cálculo de la velocidad estimada de producción 60

3.3.4. Sistema neumático 61

a. Selección de cilindros neumáticos 61

b. Función del cilindro 1 y 2: separadores de envases 61

b1. Dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro 62

b2. Cálculo de la fuerza de los cilindros separadores de envases 62

b3. Cálculo del consumo de aire de los cilindros separadores 64

c. Función del cilindro 3 y 4: Cilindros de envasado 65

c1. Dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro de envasado 66

c2. Cálculo de la fuerza del cilindro separador 66

3.4. Diseño y selección de los componentes eléctricos 73

3.4.1. Selección del motor eléctrico 74

3.4.2. Selección del reductor de velocidad 76

3.4.3. Selección del variador de velocidad 78

3.4.4. Selección del PLC 79

3.4.5. Selección de la fuente de alimentación 81

3.4.4. Selección del fusible 82

3.4.5. Selección del conductor 84

3.4.6. Selección de accesorios eléctricos 85

a. Selector de 2 posiciones 85

b. Lámpara piloto 85

c. Paro de emergencia 86

3.4.7. Tablero de control 87

CAPÍTULO IV 89

4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA ENVASADORA 89

4.1. Construcción de la máquina envasadora 89

4.2. Construcción de la estructura base 89

4.2.1. Corte de los tubos cuadrados 89

4.2.2. Soladura y ensamblaje de los tubos 90

4.3. Construcción de perfil en U para la banda trasportadora 91

4.3.1. Trazado y mecanizado para generar el perfil en U 91

4.3.2. Ensamblaje de las chumaceras, rueda, engrane y ejes. 92

4.4. Ensamblaje y montaje de la banda transportadora 92

4.4.1. Trazado y mecanizado en el perfil en U para el ajuste de la cadena 92

4.4.2. Guías de deslizamiento para la banda transportadora 93

4.4.3. Ajuste de la cadena 93

4.5. Construcción de la base y montaje del motorreductor 94

4.5.1. Construcción de la base del motorreductor 94

4.5.2. Montaje del motorreductor 94

4.6. Construcción y montaje del tanque de almacenamiento 95

4.6.1. Construcción del tanque 95

4.6.2. Montaje del tanque 96

4.7. Construcción la mesa niveladora 96

4.7.1. Construcción de la base móvil de la mesa 96

4.7.2. Construcción de la estructura soporte para las válvulas de llenado 97

4.8. Construcción y montaje de las válvulas de llenado 97

4.8.1. Construcción de las válvulas de llenado 97

4.8.2. Montaje de las válvulas de llenado 98

4.9. Montaje de los cilindros 98

4.10. Montaje de las electroválvulas y de la unidad de mantenimiento..... 100

4.11. Montaje del tablero eléctrico 100

4.12. Diseño de programación en el PLC 101

4.12. Pruebas y ajustes realizados para un óptimo funcionamiento de la máquina. 105

CAPÍTULO V 106

5. ANÁLISIS FINANCIERO DE COSTOS 106

5.1. Análisis de costos 106

5.1.1. Costos Directos 106

a. Costos de materiales 106

b. Costo de maquinado 110

5.1.2. Costos indirectos 111

a. Costo de materiales 111

5.2. Inversión Total 111

5.3. Análisis de producción antes del proyecto 112

5.3.1. Capacidad de producción 112

5.3.2. Flujo de caja antes del proyecto 113

5.4. Análisis de producción después del proyecto 115

5.4.1. Capacidad de producción 115

5.4.2 Mantenimiento programado 115

5.5. Análisis de la inversión de la máquina envasadora lineal 115

5.5.1. Flujo de caja después del proyecto 116

5.5.2. Cálculo del VAN y del TIR 118

5.5.3. Período de recuperación de la inversión 122

5.5.4. Relación beneficio costo 122

CAPÍTULO VI 124

6. CONCLUSIONES 124

6.1. RECOMENDACIONES 125

NETGRAFÍA 126

ANEXOS 130

ANEXO A PLANOS MECÁNICOS

ANEXO B COMPONENTES DEL SISTEMA MECÁNICO, ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO

ANEXO C PLANOS ELÉCTRICOS DE FUERZA Y CONTROL

ANEXO D MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Ubicación de la empresa Lácteos Paraíso 5
Figura 2.2: Productos elaborados por la empresa Lácteos Paraíso 5
Figura 2.3: Proceso de elaboración del yogurt 7
Figura 2.4: Proceso de almacenamiento de la leche 7
Figura 2.5: Proceso de estandarización de la leche 8
Figura 2.6: Proceso de pasteurización de la leche 8
Figura 2.7: Proceso de homogenización de la leche 9
Figura 2.8: Proceso de enfriamiento de la leche 9
Figura 2.9: Proceso de inoculación de la leche 10
Figura 2.10: Proceso de incubación de la leche 10
Figura 2.11: Proceso de agitación del yogurt 11
Figura 2.12: Proceso de enfriamiento del yogurt 11
Figura 2.13: Proceso de envasado de yogurt 11
Figura 2.14: Envasadora lineal por nivel 13
Figura 2.15: Envasadora lineal por volumen 14
Figura 2.16: Modelo de envasadora rotativa por nivel 15
Figura 2.17: Modelo de envasadora rotativa por volumen 16

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Tamaño y forma de envases 19
Figura 3.2: Llenado por gravedad 20
Figura 3.3: Alimentación izquierda de los envases vacíos 21
Figura 3.4: Transporte de los envases vacíos 22
Figura 3.5: Posicionamiento de los envases vacíos 23
Figura 3.6: Descenso del grupo de válvulas y llenado de los envases 23
Figura 3.7: Ascenso del grupo de válvulas y salida de los envases 24
Figura 3.8: Geometría de la estructura base 28
Figura 3.9: Propiedades generales de la estructura base 28

Figura 3.10: Esquema de ubicación de cargas y restricción en la estructura 29
Figura 3.11: Tensión de Von Mises en la estructura 30
Figura 3.12: Factor de seguridad en la estructura 30
Figura 3.13: Desplazamiento máximo en la estructura 31
Figura 3.14: Geometría de la mesa niveladora 33
Figura 3.15: Propiedades generales de la mesa niveladora 33
Figura 3.16: Esquema de ubicación de cargas y simulación en la mesa niveladora .. 34
Figura 3.17: Tensión de Von Mises en la mesa niveladora 34
Figura 3.18: Factor de seguridad en la mesa niveladora 35
Figura 3.19: Desplazamiento máximo en la mesa niveladora 35
Figura 3.20: Forma de trabajo de la banda transportadora 36
Figura 3.21: Modulo individuales y banda transportadora 38
Figura 3.22: Propiedades generales de la banda trasportadora 38
Figura 3.23: Esquema de ubicación de cargas y simulación en la banda trasportadora 39
Figura 3.24: Tensión de Von Mises en la banda trasportadora 39
Figura 3.25: Factor de seguridad en la mesa niveladora 40
Figura 3.26: Desplazamiento máximo en la mesa niveladora 41
Figura 3.27: Banda trasportadora 41
Figura 3.28: Engrane y rueda 42
Figura 3.29: Propiedades generales de engrane y la rueda 42
Figura 3.30: Geometría del eje conductor 43
Figura 3.31: Acoplamiento engrane, motorreductor y eje conductor 43
Figura 3.32: Propiedades generales del eje conductor 44
Figura 3.33: Esquema de ubicación de cargas y simulación en el eje conductor 44
Figura 3.34: Tensión de Von Mises en el eje conductor 45
Figura 3.35: Factor de seguridad en el eje conductor 45
Figura 3.36: Desplazamiento máximo en el eje conductor 46
Figura 3.37: Geometría del eje conducido 46
Figura 3.38: Propiedades generales del eje conducido 47
Figura 3.39: Esquema de ubicación de cargas y simulación en el eje conducido 47
Figura 3.40: Tensión de Von Mises en el eje conducido 48

Figura 3.41: Factor de seguridad en el eje conducido 48
Figura 3.42: Desplazamiento máximo en el eje conducido 49
Figura 3.43: Rodamiento rígido de bolas montado en caja de chumacera F205 52
Figura 3.44: Tanque de almacenamiento 53
Figura 3.45: Propiedades generales del tanque de almacenamiento 53
Figura 3.46:Esquema de ubicación de cargas y simulación en el tanque de almacenamiento 55
Figura 3.47: Tensión de Von Mises en el tanque de almacenamiento 56
Figura 3.48: Factor de seguridad en el tanque de almacenamiento 56
Figura 3.49: Desplazamiento máximo en el tanque de almacenamiento 57
Figura 3.50: Apertura y cierre de la válvula de Llenado 58
Figura 3.51: Propiedades generales de la válvula de llenado 58
Figura 3.52: Cilindro Neumático Mindman MCMI 61
Figura 3.53: Partes de un cilindro y fuerza de compresión 63
Figura 3.54: Partes de un cilindro y fuerza de tracción 64
Figura 3.55: Cilindro Neumático Mindman MCQI2 65
Figura 3.56: Electroválvula neumática 5/2 69
Figura 3.57: Circuito neumático de la maquina 70
Figura 3.58: Motor Eléctrico ABB 75
Figura 3.59: Reductor 77
Figura 3.60: Forma de acoplamiento del motor con el reductor 77
Figura 3.61: Variador de velocidad SV-iE5 79
Figura 3.62: LOGO Siemens 12/24RC 80
Figura 3.63: Panel LOGO TD 81
Figura 3.64: Fuente de alimentacion VAC/ VDC 81
Figura 3.65: Tabla para la selección de fusibles para motores trifasicos 220V 83
Figura 3.66: Fusible Cilíndrico 15 A 83
Figura 3.67: Conductores eléctricos 84
Figura 3.68: Selector de dos posiciones 85
Figura 3.69: Lámpara piloto 86
Figura 3.70: Paro de emergencia 86
Figura 3.71: Tablero de control 88

CAPÍTULO IV

Figura 4.1: Trazado y corte del tubo para la estructura..... 89
Figura 4.2: Equipos necesarios para la efectuar la soldadura 90
Figura 4.3: Soldadura y ensamblaje de la estructura..... 91
Figura 4.4: Mecanizado para ubicar las chumaceras 91
Figura 4.5: Ubicación de las chumaceras, ejes, engrane y rueda 92
Figura 4.6: Mecanizado para el ajuste de la cadena..... 92
Figura 4.7: Soldadura de las platinas 93
Figura 4.8: Montaje de la banda trasportadora..... 93
Figura 4.9: Base del motorreductor..... 94
Figura 4.10: Ubicación del motorreductor 95
Figura 4.11: Ubicación del motorreductor 95
Figura 4.12: Ubicación del tanque de almacenamiento 96
Figura 4.13: Base para las válvulas de llenado 97
Figura 4.14: Válvula de llenado 98
Figura 4.15: Montaje de las válvulas de llenado..... 98
Figura 4.16: Montaje de los cilindros separadores de envases 99
Figura 4.17: Montaje de los cilindros de envasado..... 99
Figura 4.18: Montaje de la unidad de mantenimiento..... 100
Figura 4.19: Montaje de las electroválvula 100
Figura 4.20: Elección del tipo de PLC 101
Figura 4.21: Programación del PLC 102
Figura 4.22: Simulación de la programación del PLC 103
Figura 4. 23: Cargar la programación en el PLC 104

CAPÍTULO V

Figura 5.1: Cálculo del VAN en Excel 120
Figura 5.2: Cálculo del TIR en Excel..... 121

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2.1: Parámetros básicos de selección de la envasadora 17

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Tipo de líquidos aptos para envasar con la máquina 18
Tabla 3.2: Producción de botellas por minuto (BPH) estimada 22
Tabla 3.3: Tiempos requeridos para el proceso de envasado 24
Tabla 3.4: Sistema y partes de la máquina envasadora 25
Tabla 3.5: Propiedades mecánicas del acero inoxidable 26
Tabla 3.6: Dimensiones generales de la estructura 27
Tabla 3.7: Dimensiones generales de la mesa niveladora 32
Tabla 3.8: Propiedades mecánicas del polipropileno 36
Tabla 3.9: Dimensiones generales de la banda trasportadora 37
Tabla 3.10: Duración recomendada para rodamientos 50
Tabla 3.11: Características del rodamiento 51
Tabla 3.12: Dimensiones generales del tanque de almacenamiento 52
Tabla 3.13: Velocidad estimada de producción para cada tipo de envase 60
Tabla 3.14: Dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro 62
Tabla 3.15: Especificaciones del cilindro neumático 66
Tabla 3.16: Características de la electroválvula 5/2 70
Tabla 3.17: Parámetros para determinar la potencia del sistema 71
Tabla 3.18: Niveles de voltaje 73
Tabla 3.19: Parámetros para determinar el fs 74
Tabla 3.20: Características del motor 75
Tabla 3.21: Características del reductor 77
Tabla 3.22: Características del variador de velocidad 79
Tabla 3.23: Características del LOGO Siemens 12/24RC 80
Tabla 3.24: Características de la fuente de alimentación 82
Tabla 3.25: Características del fusible 83

Tabla 3.26: Características del conductor eléctrico 84
Tabla 3.27: Características del selector de dos posiciones 85
Tabla 3.28: Características de la lámpara piloto 86
Tabla 3.29: Características del paro de emergencia 87

CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1: Descripción de las entradas y salidas del PLC 105

CAPÍTULO V

Tabla 5.1: Costo de materiales 106
Tabla 5.2: Costos de maquinado 110
Tabla 5.3: Costo de materiales indirectos 111
Tabla 5.4: Inversión Total 112
Tabla 5.5: Producción de envasado antes del proyecto 112
Tabla 5.6: Flujo de caja antes del proyecto 113
Tabla 5.7: Producción de envasado después del proyecto 115
Tabla 5.8: Flujos de caja después del proyecto 116
Tabla 5. 9: Resultados de los indicadores financieros 123

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de una máquina envasadora líneal por nivel como solución al problema presentado en la línea de envasado y producción de yogurt de la empresa PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO. El objetivo principal de la máquina es envasar yogurt en diferentes tamaños de envases de diferente capacidad de volumen, reduciendo los tiempos y manteniendo la producción de envasado de yogurt en la empresa. La máquina está formado por diferentes partes como: tanque de almacenamiento, válvulas de llenado, banda trasportadora, estructura mecánica de soporte, entre otros. Para el diseño mecánico se sustenta principalmente en la capacidad de carga para transportar los envases de yogurt y asi evitar posibles fallas mecánicas. Las válvulas de llenado y la banda trasportadora son accionados mediante cilindros neumáticos, un variador de velocidad y un motoreductor, los mismos que son controlados de manera manual por el personal de turno desde el tablero de control. El proyecto está formado a base de estudios previos de teorías mecánicas y eléctricas, además es sustentado con cálculos matemáticos y software de diseño y simulación Autodesk Inventor Professional 2013. Para la construcción de la máquina se utilizó acero inoxidable 304 por su alta durabilidad que garantizan las condiciones higiénicas y facilidad de limpieza.

PALABRAS CLAVES:

- **EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO**
- **ENVASADO DE YOGURT**
- **PRODUCTOS LACTEOS**
- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

SUMMARY

This project consists of the design and implementation of a linear packing machine by level as a solution to the problem presented in the line of packaging and production of yogurt in the company PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO. The main purpose of the machine is packaged yogurt in different sizes of containers of different volume capacity, reducing time and maintaining the production of yogurt packaging at the company. The machine is formed by different parties as: tank storage, valves filling, conveyor belt, and mechanical structure of support, among others. For mechanical design is based mainly in the capacity to transport containers of yogurt and thus avoid possible mechanical failures. The conveyor belt and the fill valves are driven by pneumatic cylinders and a gear motor, a speed Variator, which are controlled manually by the staff on duty from the control panel. The project is formed based on previous studies of mechanical and electrical theories, is also supported by mathematical calculations and design and Autodesk Inventor Professional 2013 simulation software. The construction of the machine was 304 stainless steel high durability that guarantee hygienic conditions and ease of cleaning.

KEY WORDS:

- **EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO**
- **PACKING YOGURT**
- **DAIRY PRODUCTS**
- **INDUSTRIAL AUTOMATION**

CAPÍTULO I

1. CONTENIDOS GENERALES

1.1. Antecedentes

Actualmente la empresa productos lácteos Paraíso se dedica al tratamiento, elaboración, distribución y comercialización de productos lácteos tales como: leche, yogurt, queso, nata y suero, hoy en día los consumidores y las entidades de certificación para el expendio de productos lácteos son sumamente exigentes, debido a que estos tipos de productos son de consumo humano.

Otro factor muy importante es la existencia de competencia a nivel nacional, que obliga a la empresa a implementar procesos automatizados para de esta manera ser más eficientes y poder fácilmente mantenerse en el mercado ecuatoriano, la máquina envasadora que se propone para el envasado del yogurt estará a nivel de las exigencias de certificaciones de productos lácteos, debido que se utilizará materiales de acero inoxidable para la construcción de la máquina envasadora.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente el proceso para el envasado de yogurt es de forma artesanal que presenta considerables pérdidas, derrames de producto, el nivel de llenado en los envases no es constante y además el contacto directo del operador con el producto genera condiciones no adecuadas para manejo de alimentos, pone en riesgo la salud de los consumidores y obliga a las entidades de certificación a realizar un control más estricto en este tipo de productos.

Una solución a este problema es implementar procesos automatizados para el envasado de productos lácteos, con el fin de reducir los tiempos de envasado mejorando la producción para de esta manera controlar la higiene de los productos de la empresa Productos Lácteos Paraíso.

La empresa Productos Lácteos Paraíso tomó la decisión de mejorar el sistema de envasado de yogurt, incorporando procesos automatizados para poder reducir los tiempos de envasado manteniendo la producción y controlar la higiene para así cubrir con la demanda diaria que el mercado requiere, por dicha razón el presente proyecto está enfocado en una máquina envasadora lineal por nivel para yogurt de mediana producción.

1.3 Justificación e importancia

La justificación del presente proyecto es la de mantener la producción reduciendo los tiempos de operación de envasado, tambien a medida que la empresa requiera aumentar la cantidad de producción, simplemente puede implementar otra máquina similar sin tener la necesidad de cambiar toda una línea de producción.

La importancia del presente proyecto se debe a que la producción y la higiene se ven afectadas debido a que el envasado de yogurt es de forma artesanal, provocando pérdidas económicas.

Entre los beneficios más importantes se tiene: la reducción del tiempo de operación (tiempo de envasado) y un incremento en la producción por turno.

Permite el inicio de tener procesos totalmente automatizados dentro de la empresa, además genera beneficios como: mejor higiene, mejor calidad y mejor economía.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el diseño y la implementación de una máquina envasadora automática lineal de yogurt para la empresa Productos Lácteos Paraíso que permita solucionar los problemas de producción e higiene.

1.4.2. Objetivos específicos

- Recopilar información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Dimensionar la máquina envasadora lineal de yogurt aprovechando la disponibilidad de los componentes con los que se cuenta en la actualidad.
- Seleccionar los materiales y elementos adecuados para la construcción.
- Construir e implementar los sistemas mecánicos y eléctricos de la máquina.
- Realizar pruebas y ajustes de funcionamiento para un óptimo desempeño.
- Detallar un análisis financiero relacionando el sistema manual y el sistema automatico.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Introducción

2.1.1. Descripción general de la empresa

Productos Lácteos Paraíso es una empresa ecuatoriana líder en el mercado desde el 09 de diciembre del 2000, con la mejor experiencia en el tratamiento, elaboración, distribución de productos lácteos para el consumo humano, productos que se encuentran en las regiones costa, sierra y oriente.

Productos Lácteos Paraíso se caracteriza por ser una empresa regional comprometida a contribuir con el desarrollo y bienestar de la comunidad ofreciéndoles productos de alta calidad que proporcionen el mejoramiento en la vida de los clientes y conservando el medio ambiente [1].

El objetivo es mantener un precio bajo para obtener volúmenes de ventas importantes, identificar demandas insatisfechas y satisfacer la necesidad del mercado con los diversos productos.

Siendo una empresa con aproximadamente 14 años en el sector lácteo, ha desarrollado continuamente proyectos con el fin de implementar mejoras en la línea de producción para así mantenerse como una empresa competitiva a nivel nacional.

2.1.2. Ubicación

Productos Lácteos Paraíso, está ubicada en la región central del Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, avenida Jaime Mata Yerovi, salida Ambato (ver figura 2.1).

Figura 2.1: Ubicación de la empresa Lácteos Paraíso

Fuente: [2]

La empresa está ubicada estratégicamente por razones económicas y geográficas las cuales permiten conectarse con las principales provincias del país por vía terrestre.

2.1.3. Productos de la empresa

Los productos elaborados por la empresa Productos Lácteos Paraíso son principalmente leche, yogurt, queso, nata y suero, en la figura 2.2 se indica los productos que se elaboran, distribuyen y se comercializan en las principales provincias del país.

Figura 2.2: Productos elaborados por la empresa Lácteos Paraíso

2.2. Normatividad de productos lácteos

Las industrias lácteas deben cumplir con las normas técnicas para el procesamiento y manejo de los productos, las cuales son establecidas por el NTE INEN 2395:2011.

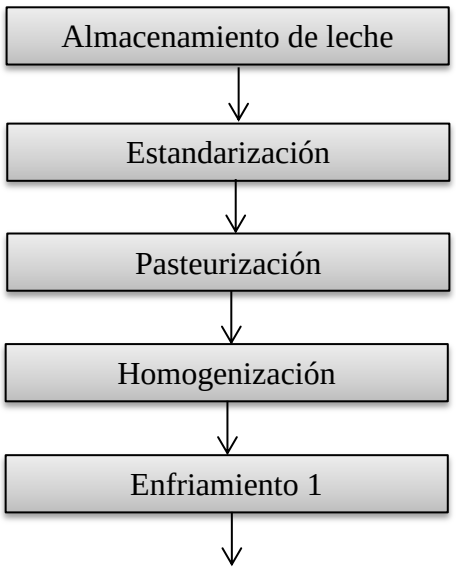
Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las leches fermentadas tales como: yogurt, leche acidificada, kéfir, kumis, leches fermentadas con ingredientes, leches fermentadas tratadas térmicamente, destinadas al consumo humano.

Las leches fermentadas deben expenderse en envases asépticos y herméticamente cerrados que aseguren la adecuada conservación y calidad del producto.

La leche que se utiliza para la elaboración de leches fermentadas debe cumplir con la NTE INEN 09 y posteriormente ser pasteurizada bajo la NTE INEN 10 o esterilizada bajo la NTE INEN 701 y debe manipularse en condiciones sanitarias según el reglamento de buenas prácticas de manufactura del ministerio de salud pública [3].

2.3. Diagrama de flujo para la elaboración del yogurt

En la figura 2.3 se describe el diagrama de flujo del proceso de elaboración del yogurt



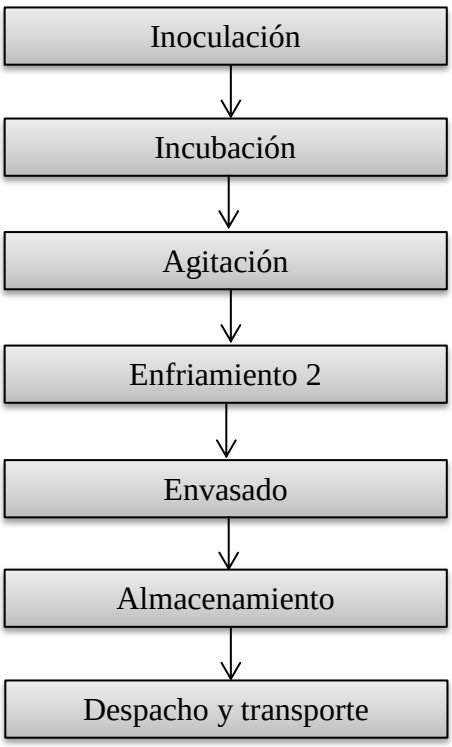


Figura 2.3: Proceso de elaboración del yogurt

2.3.1. Descripción del proceso de elaboración del yogurt

a. Almacenamiento de leche

La leche que diariamente llega a la empresa es almacenada en tanques de acero inoxidable donde es mantenida a una temperatura de 4-6 grados centígrados hasta su utilización por un tiempo no mayor a 24 horas (ver figura 2.4).

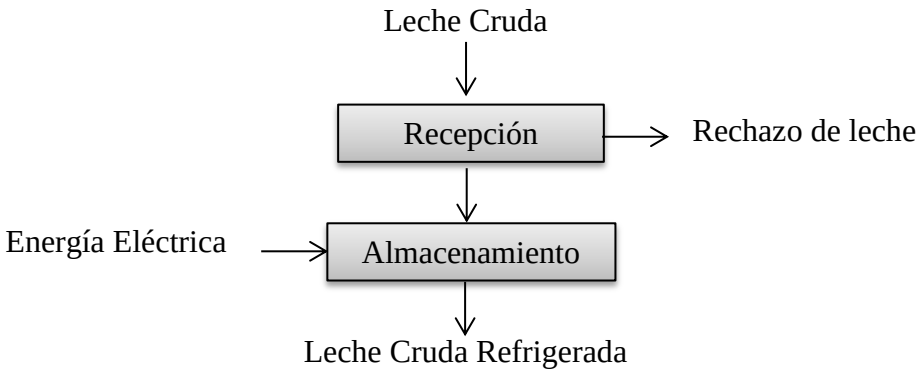


Figura 2.4: Proceso de almacenamiento de la leche

b. Estandarización

Esta operación se realiza en el tanque de mezcla donde la leche que procede del tanque de almacenamiento es calentada hasta alcanzar una temperatura de 40-50 grados centígrados para luego agregar azúcar de acuerdo al producto a elaborar, durante toda esta etapa se agita constantemente hasta conseguir la disolución (ver figura 2.5), en esta etapa se estandariza la composición de la leche para cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por las normas de elaboración de yogurt.

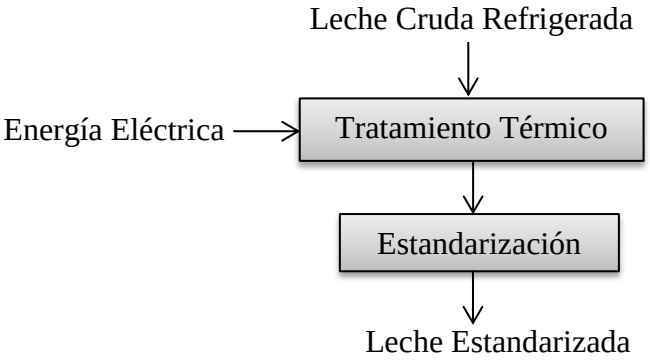


Figura 2.5: Proceso de estandarización de la leche

c. Pasteurización

La leche estandarizada se somete a un tratamiento térmico de pasteurización a una temperatura de 85-87 grados centígrados por un tiempo de 10 minutos, la pasteurización se realiza por el paso de la leche a través de un pasteurizador de placas de acero inoxidable (ver figura 2.6).

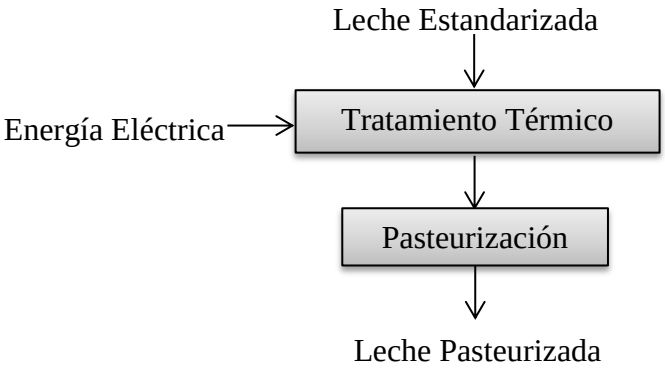


Figura 2.6: Proceso de pasteurización de la leche

d. Homogenización

En esta etapa la leche pasteurizada pasa por un homogenizador de acero inoxidable a una presión de 2000-2500 psia logrando asi la desintegración y división de los glóbulos grasas para aumentar la viscosidad del producto (ver figura 2.7), la leche se somete a un tratamiento térmico con la finalidad de destruir todos los agentes microbianos patógenos causantes de enfermedades que afectan al ser humano.

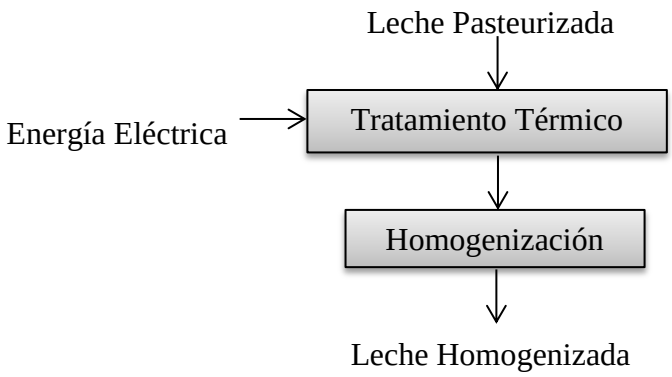


Figura 2.7: Proceso de homogenización de la leche

e. Enfriamiento 1

Una vez finalizada la homogenización la leche debe enfriarse en intercambiadores de calor hasta una temperatura de 42-45 grados centígrados, temperatura en la cual actúa el cultivo láctico (ver figura 2.8).

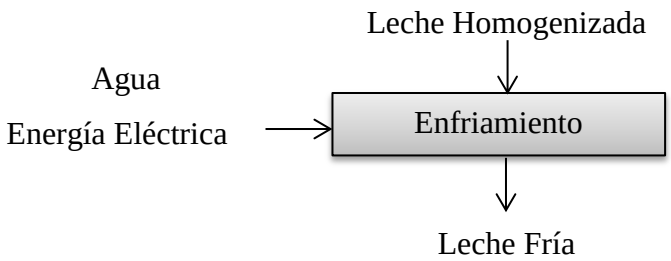


Figura 2.8: Proceso de enfriamiento de la leche

f. Inoculación

Una vez que la leche se encuentre en el tanque de incubación se adiciona el cultivo liofilizado (compuesto por lactobacillus bulgaricus) de forma directa y se agita a baja velocidad por 2 minutos aproximadamente con el agitador (ver figura 2.9).

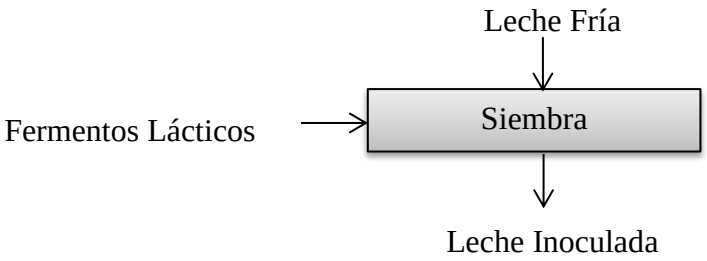


Figura 2.9: Proceso de inoculación de la leche

g. Incubación

Etapa en la que se proporciona temperatura y tiempo para que se desarrolle óptimamente el cultivo adicionado, responsable de la fermentación láctica y la formación de compuestos responsables del sabor del yogurt (ver figura 2.10).

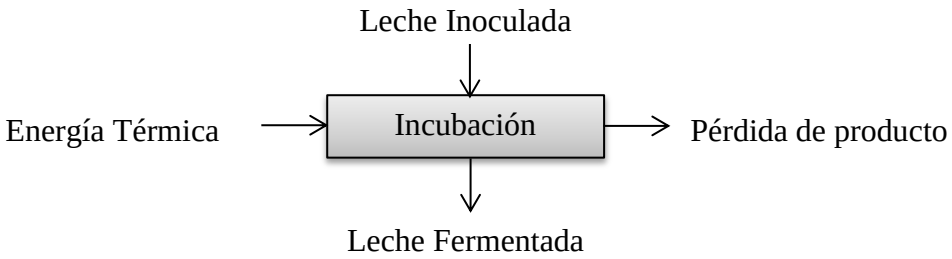


Figura 2.10: Proceso de incubación de la leche

h. Agitación

Una vez que el yogurt alcanza la acidez normalizada se enciende el agitador del tanque de incubación por un período de 6 a 8 minutos, en esta etapa se adiciona los aditivos como: colorante, saborizante y conservador (ver figura 2.11).

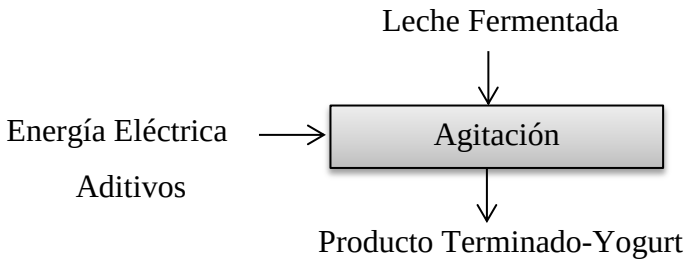


Figura 2.11: Proceso de agitación del yogurt

i. Enfriamiento 2

El producto terminado se bombea hacia el enfriador donde alcanzara una temperatura de 10 a 12 grados centígrados, posteriormente pasa al tanque de envasado de acero inoxidable (ver figura 2.12).

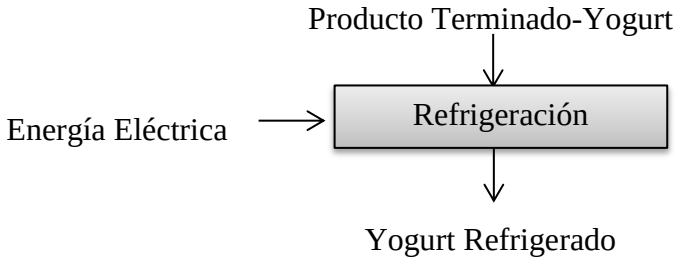


Figura 2.12: Proceso de enfriamiento del yogurt

j. Envasado

El yogurt es envasado de acuerdo al tamaño de las botellas e inmediatamente se procede al tapado de los envases el cual se realiza de forma manual (ver figura 2.13).

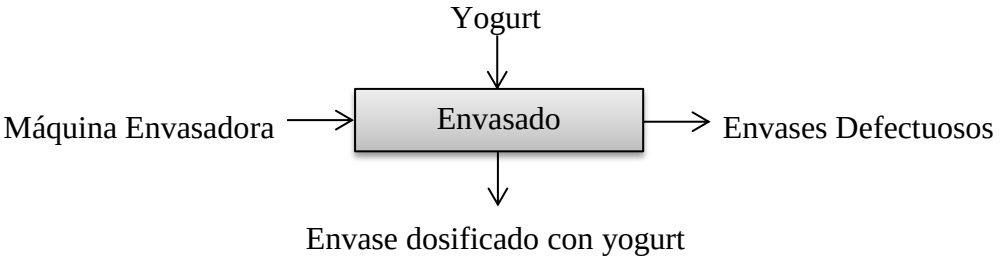


Figura 2.13: Proceso de envasado de yogurt

k. Almacenamiento

Los envases se colocan en cartones y son transportados al cuarto de almacenamiento el cual se mantiene a una temperatura de 4 a 6 grados centígrados.

l. Despacho y transporte

El despacho y transporte se realiza de acuerdo al cronograma de salida del producto [4].

2.4. Envasado de líquidos

Con el aumento de las necesidades de las empresas envasadoras de líquidos y con el propósito de incrementar la producción o reducir los tiempos de operación, se ha desarrollado máquinas de envasado, estas máquinas están diseñadas para optimizar el proceso que implica producir dicho producto, a continuación se describen los tipos de envasadoras más utilizadas.

2.4.1. Envasadora lineal

Estas máquinas envasadoras logran velocidades moderadas de producción, son sumamente prácticas, operan de forma automática brindando un proceso eficiente y confiable.

Son utilizadas en plantas de embotellamiento de medina producción, se clasifican de acuerdo al método que se utilizará para el envasado, a continuación se describe los métodos.

a. Método de envasado lineal por nivel

Este tipo de máquina es ideal para el envasado de productos líquidos de baja viscosidad tales como: yogurt, agua, jugos, jarabes, leche, aceites, detergentes.

El diseño de este tipo de envasadoras se basa en sistema de boquillas que penetran y sellan el envase, la espuma generada por el proceso de envasado y el producto en exceso se recircula al tanque secundario, logrando con esto un nivel de producto constante en los envases [5].

Este equipo tiene de una banda trasportadora por la cual los envases son transportados hasta una posición determinada bajo las boquillas de envasado (ver figura 2.14).

Figura 2.14: Envasadora lineal por nivel

Fuente: [6]

b. Método de envasado lineal por volumen

El diseño de este tipo de envasadoras se basa en un pistón volumétrico de carrera ajustable, el cual succiona del tanque principal una cantidad determinada de producto y la dosifica en el envase por medio de una boquilla, logrando con esto un nivel de producto constante en los envases [7].

Este equipo tiene de una banda trasportadora por la cual los envases son transportados hasta una posición determinada bajo la boquilla de envasado (ver figura 2.15).

Figura 2.15: Envasadora lineal por volumen

Fuente: [8]

2.4.2. Envasadora rotativa

Poseen un sistema de sujeción del cuello de botella para mantenerlas estables, durante el proceso de llenado y de los movimientos de alta velocidad.

Estas envasadoras logran grandes lotes de producción y pueden alcanzar altas velocidades de operación, esto depende del número de boquillas de envasado que posee la máquina, la envasadora rotativa recibe el envase vacío por un extremo y cuando termina de dar una vuelta, el envase sale totalmente lleno por el otro extremo.

Se clasifican de acuerdo al método que se utilizará para el envasado, a continuación se describe los métodos.

a. Método de envasadora rotativa por nivel

El sistema continuo de llenado que posee este tipo de máquina hace que no exista tiempos muertos en el proceso de envasado, este sistema funciona dentro de un

gabinete cerrado para obtener un mayor grado de seguridad para las personas involucradas en la operación de estas máquinas (ver figura 2.16).

Figura 2.16: Modelo de envasadora rotativa por nivel

Fuente: [10]

La principal desventaja que se presenta en este tipo de máquina es el costo de mantenimiento debido a que si el eje central llega a dañarse, la máquina pierde todo su potencial y el cambio de este elemento implica remover completamente las piezas conectadas a este elemento [9].

b. Método de envasadora rotativa por volumen

Equipo de alta precisión en el dosificado de envases, ya será por volumen o peso, pudiendo manejar una amplia gama de productos y viscosidades y que por sus características de diseño puede ser utilizado en aplicaciones con altos requerimientos de control, como la industria farmacéutica (ver figura 2.17).

El sistema de dosificación volumétrico que posee esta máquina se logra con la utilización de flujómetros que pueden ser de tipo electrónicos, electromagnéticos o magnéticos, debido al uso de estos flujómetros se tiene la facilidad de ajustar el nivel

de dosificación en cada ciclo logrando una excelente presión en el proceso de envasado [11].

Figura 2.17: Modelo de envasadora rotativa por volumen

Fuente: [12]

2.5. Parámetros de selección de la envasadora

2.5.1. Estructura

La estructura de la máquina tiene que está seleccionada bajo los siguientes parámetros que son:

- Sistema de llenado de los envases
- Tamaño y capacidad de los envases
- Dimensión del tanque de almacenamiento
- Dimensión de la banda transportadora

2.5.2. Aplicación

Se puede tener diferentes tipos de aplicaciones como: envasar productos lacteos, quimicos, farmacéuticos, cosméticos, entre otros [13].

Para este caso la aplicación de la llenadora es envasar yogurt en diferentes tamaños de envases, motivo por el cual se necesita realizar ajustes de las guías para modificar la altura y anchura de acuerdo al tamaño del envase a utilizar.

2.5.3. Producto a envasar

Para este caso el producto a envasar es el yogurt cuya viscosidad es moderada, en la tabla 2.1 se describen algunas características que permiten determinar que la envasadora lineal por nivel es la más adecuada para el proceso de envasado de yogurt.

Tabla 2.1:
Parámetros básicos de selección de la envasadora

TIPO DE ENVASADORA	CARACTERÍSTICAS
• Envasado lineal por nivel	• Ideal para el envasado de líquidos de baja viscosidad
✓ Envasadora lineal por nivel	✓ Ajustes en anchura y altura son flexibles. ✓ Ideal para el envasado de líquidos de baja, mediana y alta viscosidad. ✓ Alta precisión en el dosificado
• Envasadora rotativa por nivel	• Sistema continúo de llenado. • No existe tiempos muertos en el proceso de envasado. • Alto costo de mantenimiento
• Envasadora rotativa por volumen	• Alta precisión en el dosificado. • Alto costo de mantenimiento. • Exclusivo para la industria farmacéutica.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICO Y ELÉCTRICO

3.1. Parámetros de diseño

El proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar una máquina envasadora lineal para reducir los tiempos de operación en el envasado de yogurt, entre los parámetros de diseño, existen diferentes variables que influyen en los cálculos matemáticos que permitirán dimensionar la máquina.

Para la implementación del nuevo sistema de envasado hay que seleccionar elementos eléctricos y materiales mecánicos que estén en condiciones de soportar ambientes severos como: polvo, humedad y temperatura y que sean ideales para la elaboración y producción de alimentos.

3.1.1. Tipo de producto

Es importante definir el tipo de producto que se va a envasar porque es una variable que establece el tipo de envase y el tiempo de llenado, en la tabla 3.1 se describen detalladamente todos los tipos de productos con sus respectivos tipos de líquidos que se puede envasar con la máquina.

Tabla 3.1:
Tipo de líquidos aptos para envasar con la máquina

TIPO DE PRODUCTO	TIPO DE LÍQUIDO
Bebidas	Jugo de frutas, Agua
Cosméticos	Shampoo, Perfumes, Aceites
Farmacéuticos	Agua destilada, Alcohol Metílico
Quimicos	Pintura, Aceite Automotriz
Otros	Lácteos, Desinfectantes

Para el uso de estos tipos de productos se debe tomar en cuenta su viscosidad ya que estan limitados por el mismo y el cual varía con la temperatura, el tipo de líquido que se va a utilizar es el yogurt el cual debe estar en un rango de 1,03 a 1,33 gr/ml de viscosidad [14].

3.1.2. Tipo de envases

Es importante la correcta selección de los envases debido a que estos contendrán y mantendrán el producto a envasar, para lo cual se debe definir los siguientes parámetros:

a. Tamaño

Una máquina envasadora debe estar en la capacidad de envasar en diferentes tamaños de envases (ver figura 3.1), las diferentes dimensiones que posee cada envase son parámetros que determinan la dimensión de la banda transportadora y de las guías de ajuste de anchura y altura para cada tipo de envase.

Figura 3.1: Tamaño y forma de envases

Fuente: [15]

b. Forma

En la figura 3.1 se observa la forma del envase que es de tipo genérica de diámetro estándar que se adapta a una sección redonda, debido a que está relacionada con el diámetro de las válvulas de llenado.

3.1.3. Sistema de llenado

a. Llenado por gravedad

El llenado será por gravedad y se produce por diferencias de presiones que existen entre la tubería del tanque de almacenamiento y las válvulas de llenado, sin que exista empuje mecánico, para que exista llenado por gravedad se debe ubicar el tanque de almacenamiento en la parte superior de la máquina para que el líquido descienda hacia las válvulas de llenado (ver figura 3.2).

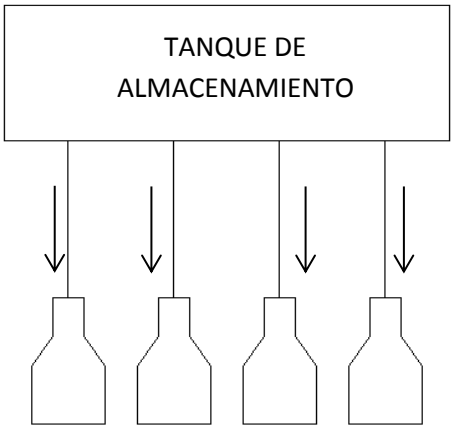


Figura 3.2: Llenado por gravedad

3.1.4. Sentido de llenado

El sentido de llenado consiste desde donde se alimentan los envases vacíos y en la salida de los envases llenos de producto, también el sentido de llenado está sujeto a la ubicación de los equipos que componen la máquina.

Para este caso se usa la alimentación izquierda que consiste en la alimentación de los envases vacíos por el lado izquierdo del operador (ver figura 3.3).

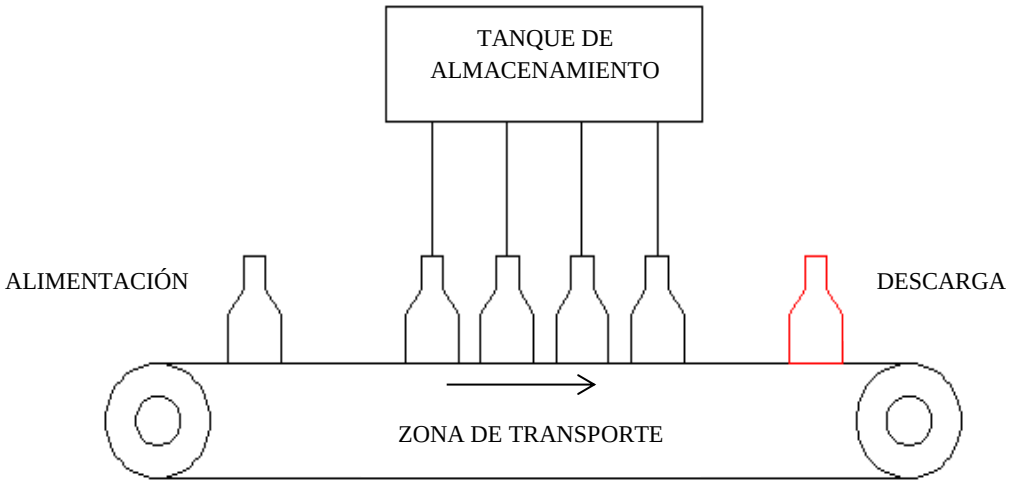


Figura 3.3: Alimentación izquierda de los envases vacíos

3.2. Diseño de la máquina

El modelo básicamente se basa en máquinas que ya se encuentran operando en la industria del envasado y producción de yogurt.

El diseño de la máquina está relacionado con el número de válvulas de llenado y con las dimensiones de los diferentes materiales mecánicos y eléctricos.

3.2.1. Cantidad de producción diaria

El objetivo principal de este proyecto es reducir los tiempos de operación manteniendo la producción de envasando para lo cual se debe seleccionar un número adecuado de válvulas llenadoras que cumplan con el objetivo planteado, en la tabla 3.2 se describen los valores mínimos y máximos de producción estima por hora, para cada diferente tamaño de envase.

Tabla 3.2:

Producción de botellas por minuto (BPH) estimada

TAMAÑO DEL ENVASE [cc]	PRODUCCIÓN DIARIA ESTIMADA	
	MÍNIMA BPH	MÁXIMA BPH
100	2260	2460
180	2260	2460
200	2260	2460
250	2260	2460

3.2.2. Transporte del envase sin producto

Los envases vacíos son transportados a través de la banda trasportadora hasta posicionar cada uno de los envases debajo de su respectiva válvula de llenado (ver figura 3.4).

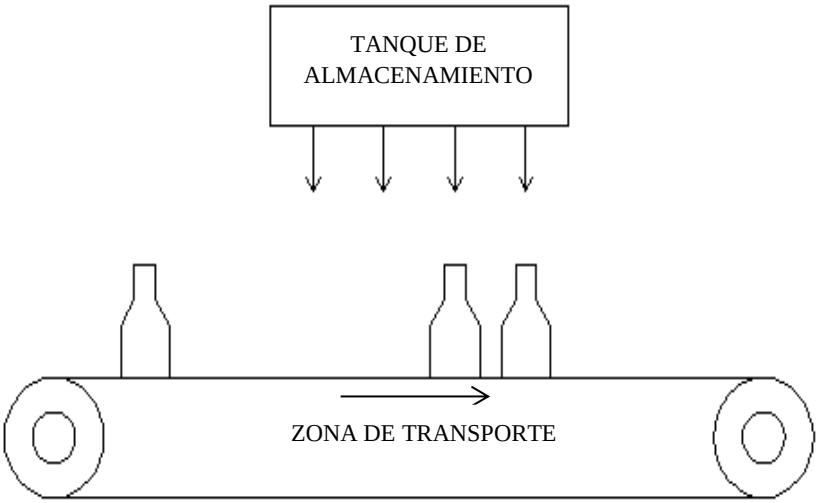


Figura 3.4: Transporte de los envases vacíos

3.2.3. Posicionamiento del número de envases

El proceso es controlado por dos cilindros neumáticos que permite el paso de cuatro envases vacíos hacia las válvulas de llenado para posteriormente enviar una orden de parada a la banda transportadora (ver figura 3.5).

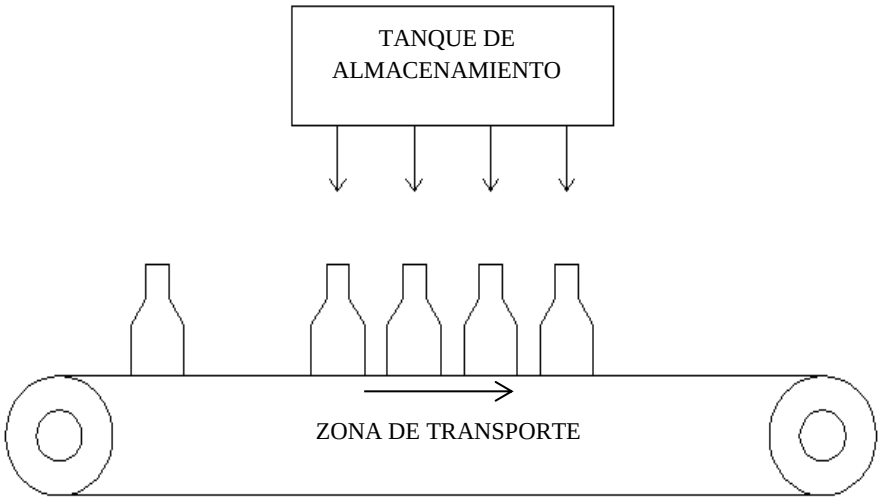


Figura 3.5: Posicionamiento de los envases vacíos

3.2.4. Llenado y trasporte del envase con producto

Posteriormente que los envases estén posicionados correctamente debajo de cada válvula de llenado se acciona el cilindro neumático que ocasiona el descenso del grupo de válvulas de llenado para inyectar producto en los envases (ver figura 3.6).

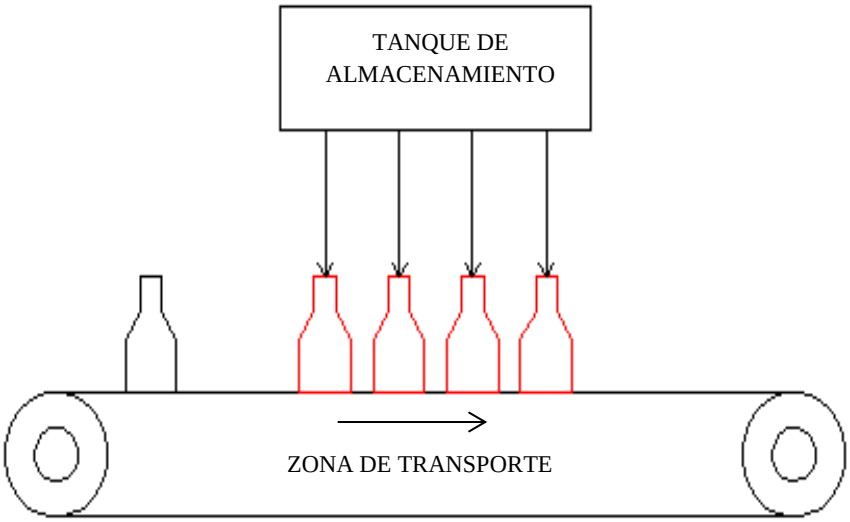


Figura 3.6: Descenso del grupo de válvulas y llenado de los envases

Transcurrido el tiempo de llenado de los envases se eleva el grupo de válvulas de llenado e inmediatamente se acciona la banda transportadora para permitir la salida

de los envases (ver figura 3.7), los envases llenos de producto son transportados por la banda transportadora hacia la zona de tapado y simultáneamente los envases vacíos son colocados para que continúe el ciclo de envasado.

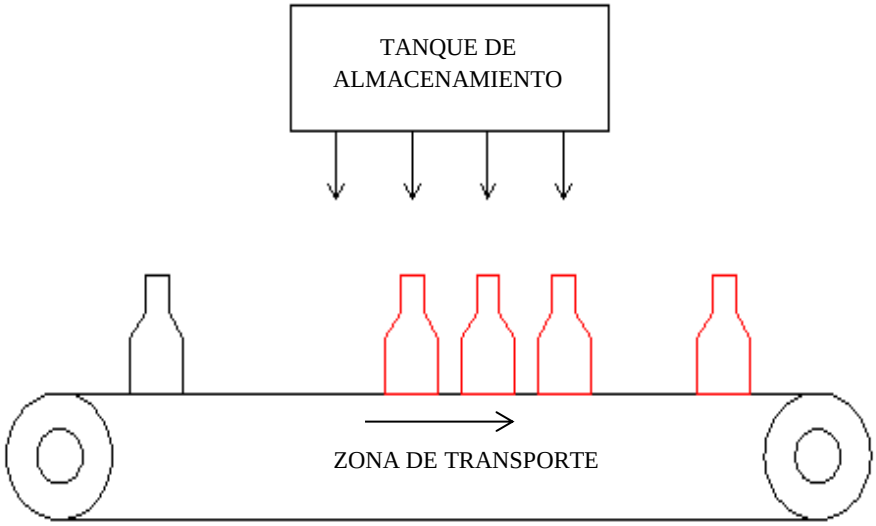


Figura 3.7: Ascenso del grupo de válvulas y salida de los envases

3.2.6. Tiempos de operación para el envasado

En la tabla 3.3 se detallan los tiempos de operación de cada proceso que realizara la máquina envasadora.

Tabla 3.3:

Tiempos requeridos para el proceso de envasado

TIEMPO [seg]	OPERACIÓN
8	Entrada del envase hacia la posición de llenado
2	Posicionamiento de las válvulas de llenado
2,5	Llenado del envase de 100cc
3	Llenado del envase de 180cc
3,5	Llenado del envase de 200cc
4	Llenado del envase de 250cc
2	Salida de las válvulas de llenado
8	Salida del envase

Con los tiempos de operación que requiere cada etapa de envasado se tiene una producción aproximada de 41 envases por minuto, si la máquina funciona 8 horas diarias se tendrá una producción de 19680 envases al día.

3.3. Diseño y selección de los componentes mecánicos

Para tener un mejor análisis y comprensión de las partes principales de la máquina, se agrupó por tipo de sistemas y con sus diferentes partes, en la tabla 3.4 se identifican el tipo de sistema mecánico y las respectivas partes de la máquina.

Tabla 3.4:
Sistema y partes de la máquina envasadora

SISTEMA	PARTES DE LA MÁQUINA
Estructural	Estructura base Mesa niveladora
Transporte	Banda transportadora
Neumático	Cilindros neumáticos
Envasado	Tanque de almacenamiento Válvulas de llenado

Una vez determinado las partes principales de la máquina se inicia con el diseño y la selección de los materiales correspondientes que se necesitará para la construcción, la máquina envasadora de yogurt será construida en material de acero inoxidable AISI 304, que por su alta resistencia a la corrosión es ideal para la elaboración y producción de alimentos.

Como objetivo principal de usar acero inoxidable 304 es optimizar la capacidad de limpieza de la máquina envasadora e impedir la contaminación de la materia prima, en la tabla 3.5 se detallan las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304.

Tabla 3.5:

Propiedades mecánicas del acero inoxidable

Material	Acero Inoxidable AISI 304
Resistencia a la corrosión	Muy buena
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: [16]

Para el diseño y selección de los componentes mecánicos de la máquina se emplearan métodos matemáticos, teorías, ecuaciones y software de diseño Autodesk Inventor Professional 2013.

Para verificar el correcto funcionamiento de los elementos mecánicos de la máquina se realiza la simulación de esfuerzos, desplazamiento y del factor de seguridad, los mismos que serán determinados mediante el método de elementos finitos del software.

Para garantizar el diseño de los elementos mecánicos y la seguridad de los operadores, el diseño se realizara con un factor de seguridad mayor a 1, si el factor de seguridad (η) es mayor a 1 el diseño es adecuado, entre más mayor sea η más seguro será el diseño [17] .

3.3.1. Sistema estructural

a. Estructura base

a1. Función de la estructura base

La función principal de la estructura es resistir el conjunto de cargas a la que está sometida como: las cargas de funcionalidad, su propio peso y a la variación de temperatura sin que exista ruptura o deformación de la misma, para que una estructura este diseñada correctamente, esta debe cumplir con tres condiciones que son: estabilidad, resistencia y deformación limitada [18].

a2. Dimensiones generales de la estructura

En la tabla 3.6 se detallan las dimensiones generales de la estructura base y de la estructura para la banda trasportadora.

Tabla 3.6:
Dimensiones generales de la estructura

DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA BASE	ESTRUCTURA DE LA BANDA
Forma	Tubo Cuadrado	Perfil tipo U
Cantidad [U]	2	2
Longitud [m]	6	1,5
Ancho [m]	0,04	0,16
Espesor [m]	0,002	0,002

a3. Diseño de la estructura base

La estructura está construida por tubos cuadrados de acero inoxidable cortados de diferente forma y tamaño y dos perfiles tipo U, los mismo que se encuentran unidos mediante cordones de soldadura tig (ver figura 3.8).

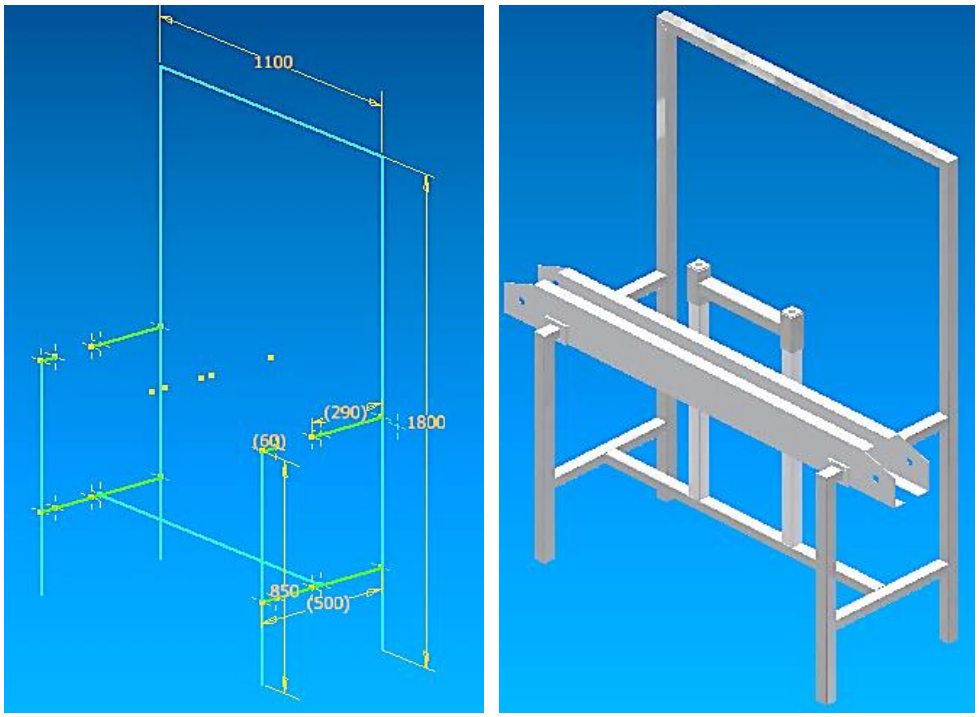


Figura 3.8: Geometría de la estructura base

El volumen, la masa, el área y el centro de gravedad de la estructura base se obtiene aplicando el software Autodesk Inventor como se muestran en la figura 3.9.

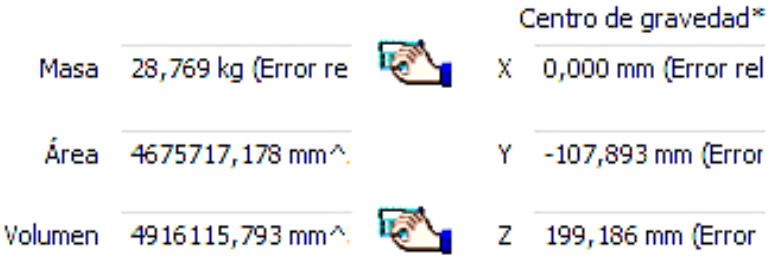


Figura 3.9: Propiedades generales de la estructura base

Para obtener el peso de los elementos analizados se aplica la ecuación 3.1 que está en función de la gravedad con el fin de encontrar el peso de los elementos analizados.

$$W = m * g \qquad \textbf{Ec. – 3.1}$$

Donde:

$$W = \text{Peso del elemento analizado [N]}$$

$$m = \text{Masa del elemento analizado [Kg]}$$

$$g = \text{gravedad } \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

$$W_{ESTRUCTURA} = (28{,}769 \text{ Kg}) * \left(9{,}81 \frac{m}{s^2}\right)$$

$$W_{ESTRUCTURA} = 282{,}22238 \text{ N}$$

Una vez aplicado las cargas que actúan en la estructura (ver figura 3.10) se realiza la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad en la estructura.

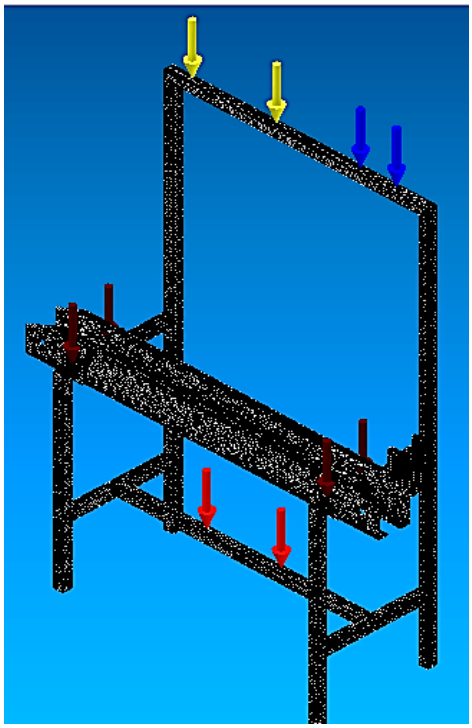


Figura 3.10: Esquema de ubicación de cargas y restricción en la estructura

El valor máximo de Von Mises obtenido es 29,67 MPa (ver figura 3.11) cuyo valor es totalmente satisfactorio ya que se es inferior al valor de resistencia de fluencia del acero inoxidable AISI 304 el cual es 245 MPa.

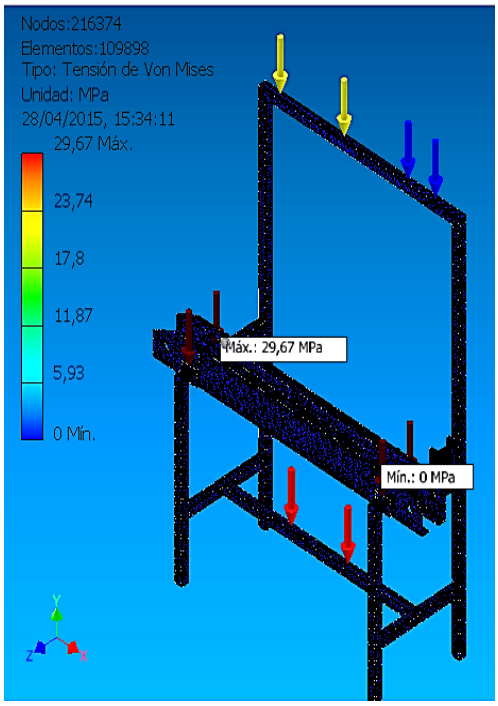


Figura 3.11: Tensión de Von Mises en la estructura

El valor mínimo de seguridad que puede soportar la estructura es 8,43 (ver figura 3.12) cuyo valor es satisfactorio ya que es superior al valor mínimo de factor de seguridad que es 1.

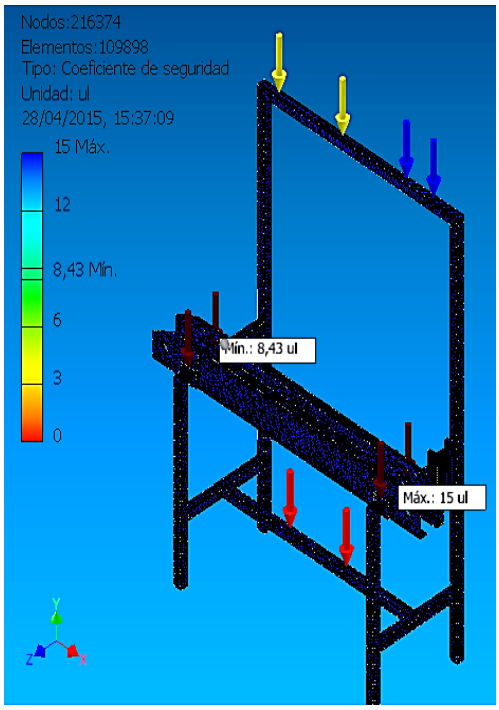


Figura 3.12: Factor de seguridad en la estructura

Para determinar analíticamente el coeficiente de seguridad para la estructura se aplica la ecuación 3.2.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{\text{VON MISES}}} \qquad \textbf{Ec. – 3.2}$$

Donde:

η = Coeficiente de seguridad

S_y = Limite de fluencia del material [MPa]

$\sigma_{\text{VON MISES}}$ = Esfuerzo maximo de Von Mises del elemento simulado

$$\eta = \frac{245\ \text{Mpa}}{29{,}67\ \text{MPa}}$$

$$\eta = 8{,}25$$

El desplazamiento máximo de la estructura es de 0,6163 mm (ver figura 3.13) al momento de instalar todos los elementos que conforman la máquina, este valor es aceptable en el diseño

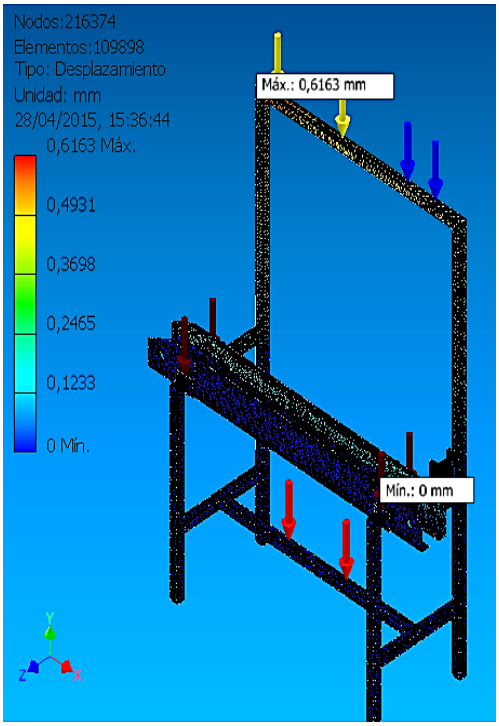


Figura 3.13: Desplazamiento máximo en la estructura

b. Mesa niveladora

b1. Función de la mesa niveladora

La mesa niveladora se encuentra ubicada sobre la estructura base y está formada por un sistema manual de movimiento vertical que permita calibrar diferentes alturas de forma manual para de esta manera pueda ingresar los diferentes tamaños de envases hacia el grupo de válvulas de llenado.

b1. Dimensiones generales de la mesa niveladora

En la tabla 3.7 se detallan las dimensiones generales de la mesa niveladora.

Tabla 3.7:
Dimensiones generales de la mesa niveladora

DESCRIPCIÓN	BASE DE LA MESA NIVELADORA	MESA NIVELADORA
Forma	Tubo cuadrado	Perfil tipo U
Cantidad [U]	1	1
Longitud [m]	0,3	0,4
Ancho [m]	0,04	0,155
Espesor [m]	0,002	0,004

b3. Diseño de la mesa niveladora

La mesa niveladora está formado por una base regulable en forma de H y un perfil tipo U en donde esta mecanizado un ranura de 0,01 m de ancho y 0,316 m de longitud (ver figura 3.14), donde se instalarán las válvulas de llenado y el cilindro de envasado.

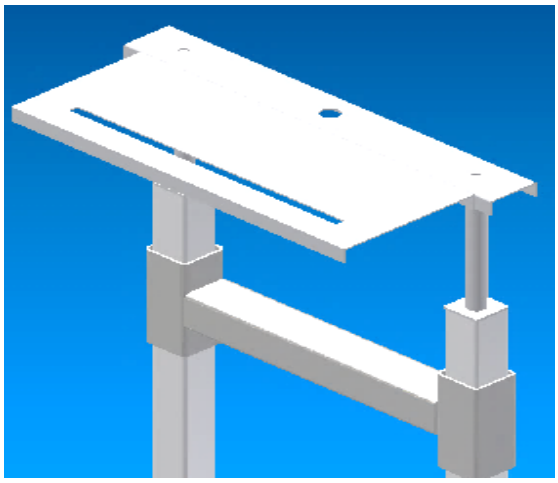


Figura 3.14: Geometría de la mesa niveladora

El volumen, la masa, el área y el centro de gravedad de la mesa niveladora se obtienen aplicando el software Inventor de Autodesk como se muestran en la figura 3.15.

				Centro de gravedad
Masa	2,846 kg (Error rela		X	3,999 mm (Error rel
Área	473339,474 mm^2		Y	132,419 mm (Error
Volumen	701367,379 mm^3		Z	261,174 mm (Error

Figura 3.15: Propiedades generales de la mesa niveladora

Para obtener el peso de la mesa niveladora se utiliza la ecuación 3.1.

$$W_{\text{MESA NIVELADORA}} = (2{,}846\ \text{Kg}) * \left(9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$W_{\text{MESA NIVELADORA}} = 27{,}91926\ \text{N}$$

Una vez aplicado las cargas que actúan en la mesa niveladora (ver figura 3.16) se realiza la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad en la estructura.

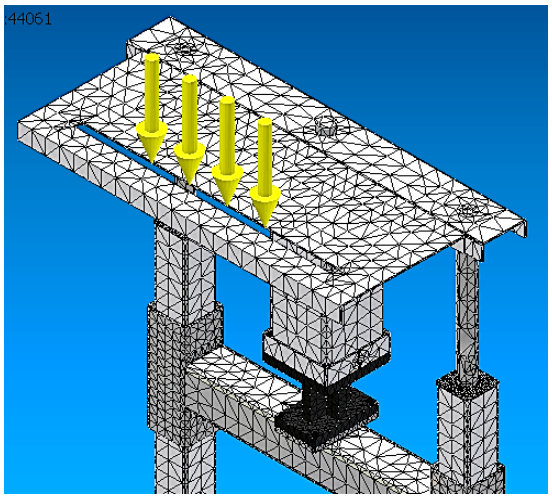


Figura 3.16: Esquema de ubicación de cargas y simulación en la mesa niveladora

El valor máximo de Von Mises obtenido es 36,83 MPa (ver figura 3.17) cuyo valor es totalmente satisfactorio ya que se es inferior al valor de resistencia de fluencia del acero inoxidable AISI 304 el cual es 245 MPa.

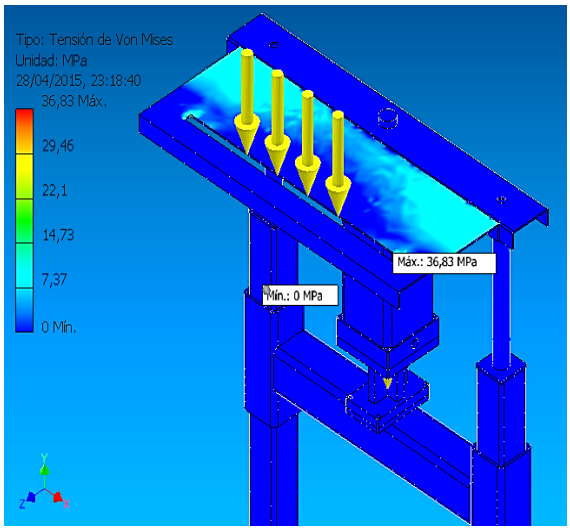


Figura 3.17: Tensión de Von Mises en la mesa niveladora

El valor mínimo de seguridad que puede soportar la mesa niveladora es 6,79 (ver figura 3.18) cuyo valor es satisfactorio ya que es superior al valor mínimo de factor de seguridad que es 1.

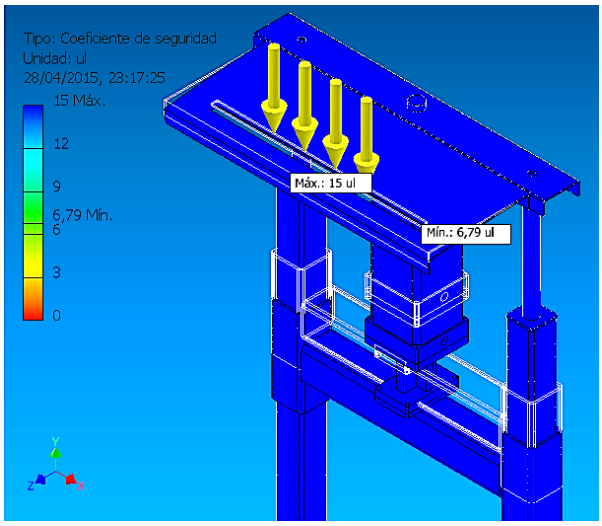


Figura 3.18: Factor de seguridad en la mesa niveladora

Para determinar analíticamente el coeficiente de seguridad para la mesa niveladora se aplica la ecuación 3.2.

$$\eta = \frac{245\ \text{Mpa}}{36{,}83\ \text{MPa}}$$

$$\eta = 6{,}64$$

El desplazamiento máximo de la mesa niveladora es de 3,989 mm (ver figura 3.19) al momento de instalar las cuatro válvulas de llenado, este valor es aceptable en el diseño.

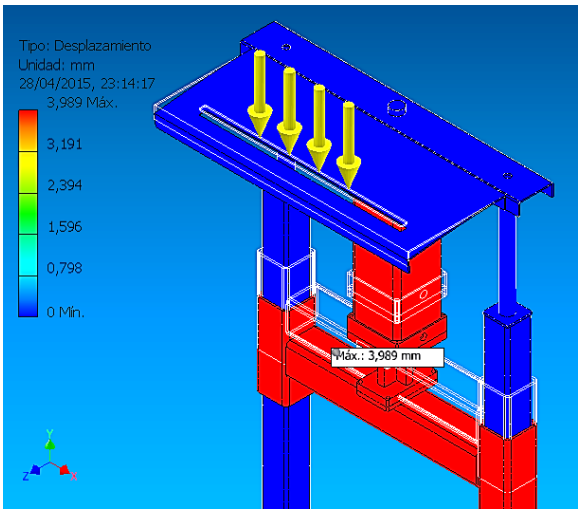


Figura 3.19: Desplazamiento máximo en la mesa niveladora

3.3.2. Sistema de transporte

a. Banda transportadora

a1. Función de la banda transportadora

La función de la banda transportadora es llevar los envases vacíos desde el punto A hasta el punto B donde la banda se detiene para realizar operaciones de llenado por medio del sistema de envasado, finalizado esta operación la banda se activa para llevar los envases con líquido hacia el punto C (ver figura 3.20).

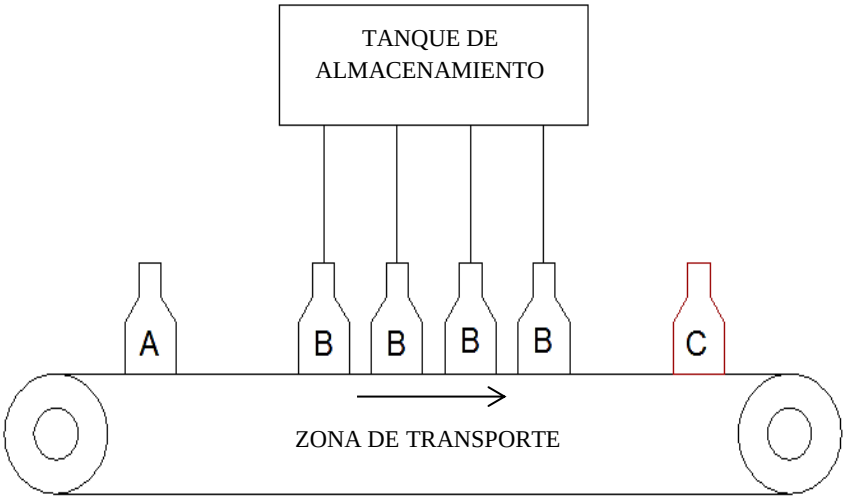


Figura 3.20: Forma de trabajo de la banda transportadora

a2. Dimensiones y propiedades mecánicas de la banda transportadora

En la tabla 3.8 se describen las propiedades mecánicas del polipropileno.

Tabla 3.8:

Propiedades mecánicas del polipropileno

Material	Polipropileno (PP)
Resistencia a la fricción	Aceptable

CONTINÚA →

Resistencia mecánica	Buena
Resistencia química	Buena
Resistencia a la abrasión	Limitada
Resistencia a la fluencia [MPa]	25
Elasticidad	Buena
Rango de Temperatura [°C]	+5 a +103

Fuente: [19]

En la tabla 3.9 se describen las dimensiones generales de los componentes de la banda trasportadora.

Tabla 3.9:

Dimensiones generales de la banda trasportadora

DESCRIPCIÓN	BANDA	ENGRANE	RUEDA
Longitud [m]	4	-	-
Ancho [m]	0,12	-	-
Espesor [m]	0,008	-	-
D. Exterior [m]	-	0,131	0,131
D. Interior [m]	-	0,025	0,025
N° de dientes	-	21	-

a3. Diseño de la banda trasportadora

La banda trasportadora está formada por 125 módulos individuales de polipropileno de 0.04m de longitud y 0.12m de ancho unidos por pasadores metálicos formando una banda o cadena (ver figura 3.21).

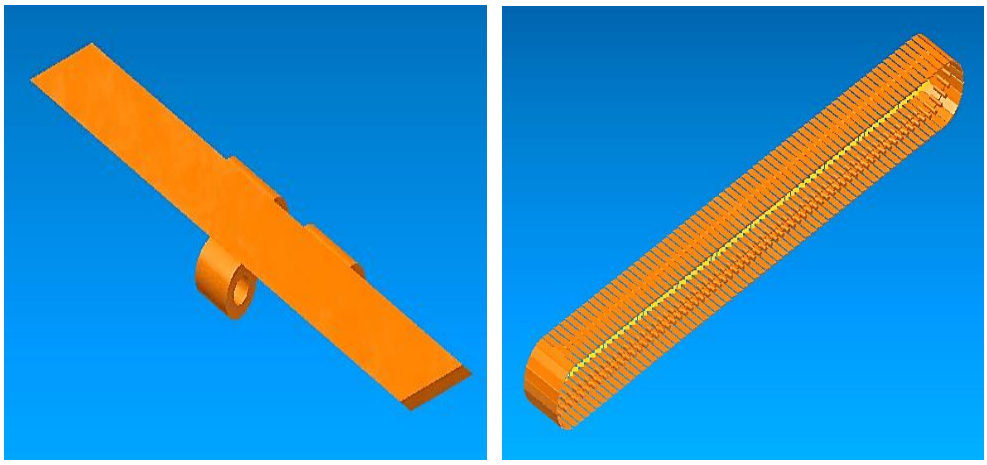


Figura 3.21: Modulo individuales y banda transportadora

El volumen, la masa, el área y el centro de gravedad de la banda trasportadora se obtienen aplicando el software Inventor de Autodesk como se muestran en la figura 3.22

				Centro de gravedad
Masa	1,657 kg (Error rela		X	665,028 mm (Error
Área	1352235,885 mm^		Y	5,850 mm (Error rel
Volumen	1843480,826 mm^		Z	-0,000 mm (Error re

Figura 3.22: Propiedades generales de la banda trasportadora

Para obtener el peso de la banda trasportadora se utiliza ecuación 3.1.

$$W_B = (1{,}657\ \mathrm{Kg}) * \left(9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$$

$$W_B = 16{,}25517\ \mathrm{N}$$

Una vez aplicado las cargas que actúan en la banda trasportadora (ver figura 3.23) se realiza la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad en la estructura.

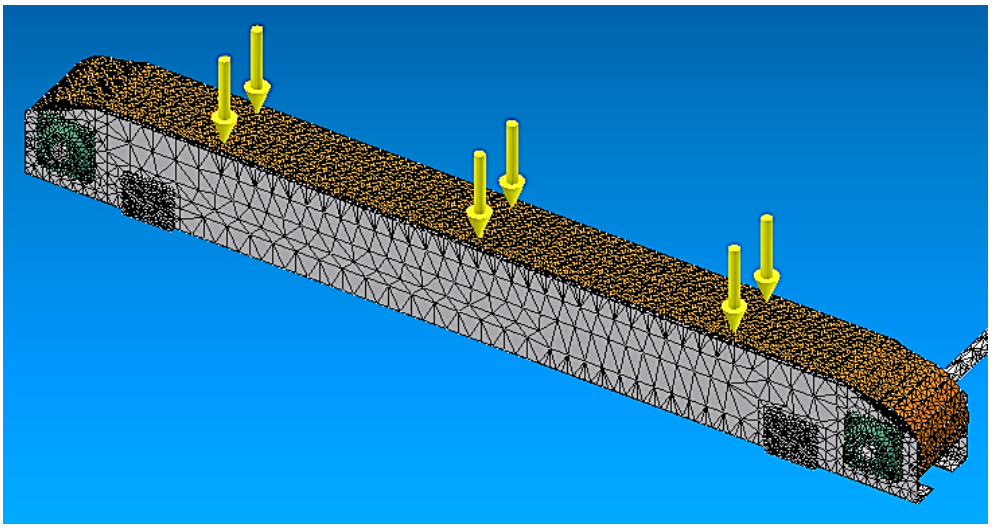


Figura 3.23: Esquema de ubicación de cargas y simulación en la banda trasportadora

El valor máximo de Von Mises obtenido es 0,676 MPa (ver figura 3.24) cuyo valor es totalmente satisfactorio ya que se es inferior al valor de resistencia de fluencia del polipropileno es 25 MPa.

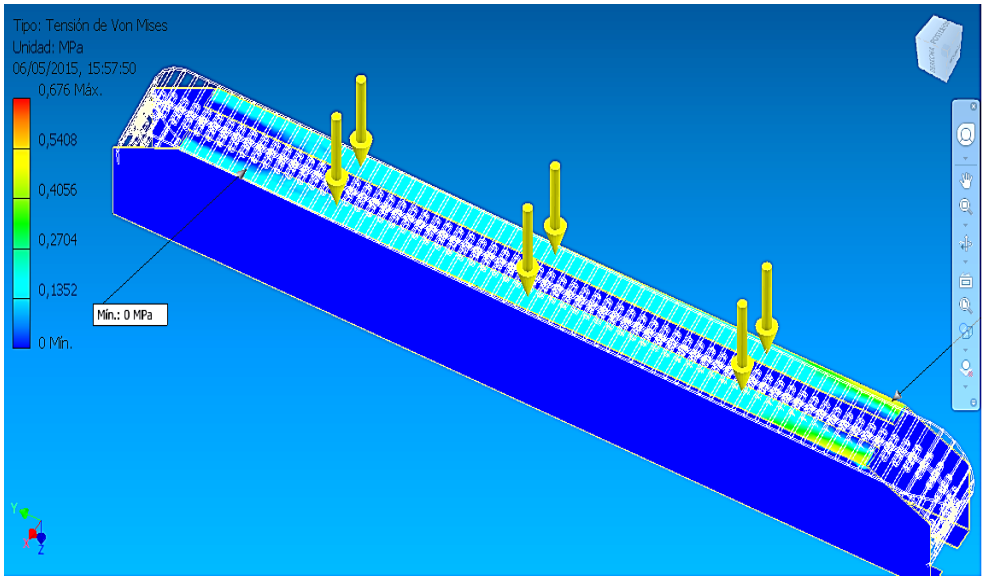


Figura 3.24: Tensión de Von Mises en la banda trasportadora

El valor mínimo de seguridad que puede soportar la banda transportadora es 15 (ver figura 3.25), cabe mencionar que el factor de seguridad determinado por el software no es el correcto debido a que el software trabaja en el rango de 0 -15.

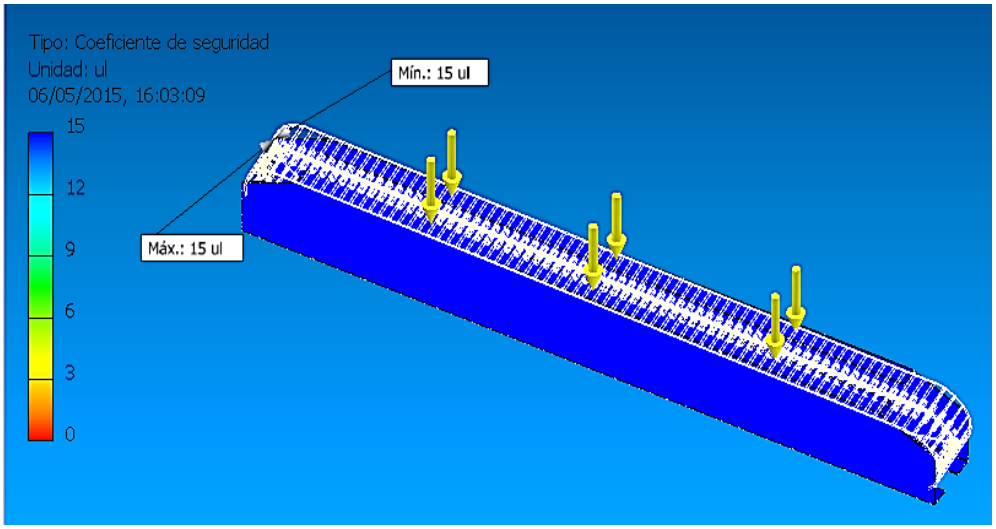


Figura 3.25: Factor de seguridad en la mesa niveladora

Para determinar analíticamente el factor de seguridad para la banda transportadora se aplica la ecuación 3.2.

$$\eta = \frac{25\ \text{Mpa}}{0{,}676\ \text{MPa}}$$

$$\eta = 36{,}98$$

El valor calculado es muy elevado en comparación al valor mínimo de factor de seguridad, pero es aceptable.

El desplazamiento máximo de la banda transportadora es de 0,001532 mm (ver figura 3.26) cuando los envase circulan por la banda, este valor es aceptable en el diseño.

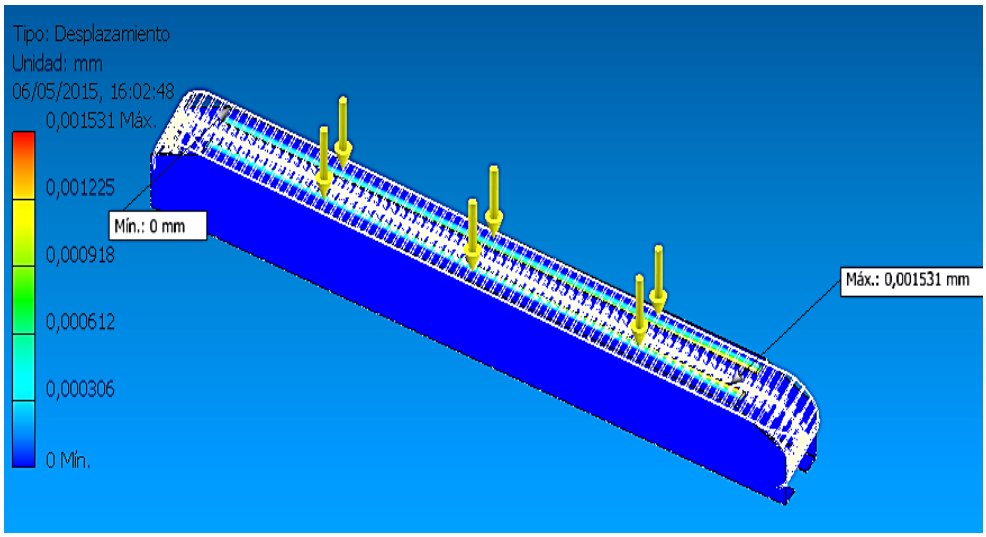


Figura 3.26: Desplazamiento máximo en la mesa niveladora

b. Accionamiento de la banda transportadora

El accionamiento de la banda transportadora se realiza mediante el uso de piñones o engranes que estan acoplados a un motorreductor por un eje que guía su rotación, la banda es movida mediante desplazamiento positivo por medio de un engranaje de dientes rectos y una rueda, ubicados en los extremos del perfil tipo U sujetos por ejes y guiados por chumaceras de pared (ver figura 3.27).

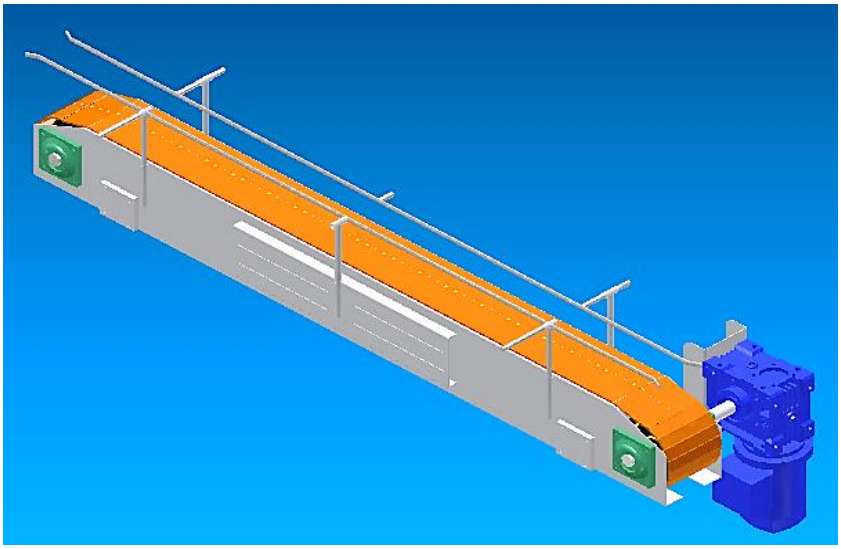


Figura 3.27: Banda trasportadora

b1. Diseño del engrane y rueda

El engrane y la rueda son puntos de movimiento que permiten el desplazamiento de la banda transportadora, el engrane está formado por 21 dientes rectos, los diámetros exteriores e interiores son de la misma magnitud para estos dos elementos (ver figura 3.28).

Figura 3.28: Engrane y rueda

El volumen, la masa, el área del engrane y la rueda se obtienen aplicando el software Inventor de Autodesk como se muestran en la figura 3.29.

Masa	0,503 kg (Error rela	Masa	0,407 kg (Error rela
Área	60312,724 mm^2 (	Área	58549,396 mm^2 (
Volumen	559383,298 mm^3	Volumen	452253,386 mm^3

Figura 3.29: Propiedades generales de engrane y la rueda

Para obtener el peso del engrane y la rueda se calcula bajo la ecuación 3.1.

$$W_{ENGRANE} = (0{,}503\ \text{Kg}) * \left(9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$W_{ENGRANE} = 4{,}93443\ \text{N}$$

$$W_{RUEDA} = (0{,}407\ \text{Kg}) * \left(9{,}81\,\frac{m}{s^2}\right)$$

$$W_{RUEDA} = 3{,}99267\ \text{N}$$

b2. Diseño del eje conductor

El eje conductor es el que acopla al engrane con el motorreductor (ver figura 3.30 y 3.31) y es el encargado de generar movimiento circular para desplazar la banda trasportadora, el eje es de 0,025 m de diámetro y 0.55 m de longitud que estará guiado por dos chumaceras de pared.

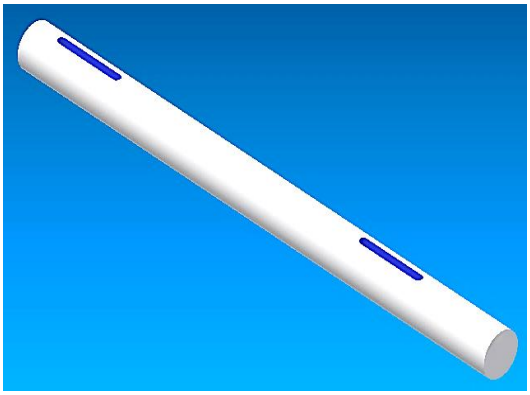


Figura 3.30: Geometría del eje conductor

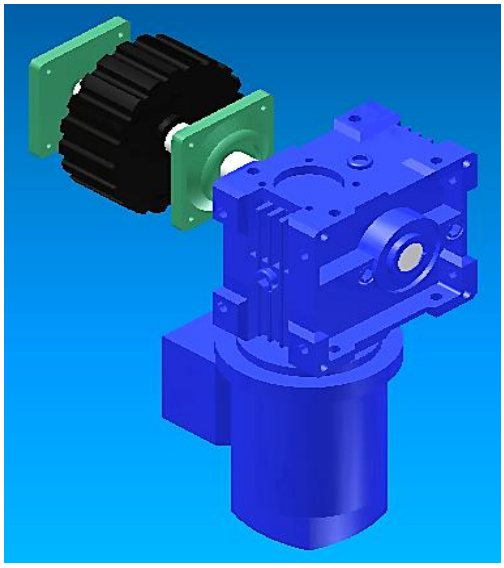


Figura 3.31: Acoplamiento engrane, motorreductor y eje conductor

El volumen, la masa, el área y el centro de gravedad del eje conductor se obtienen aplicando el software Inventor de Autodesk como se muestran en la figura 3.32.

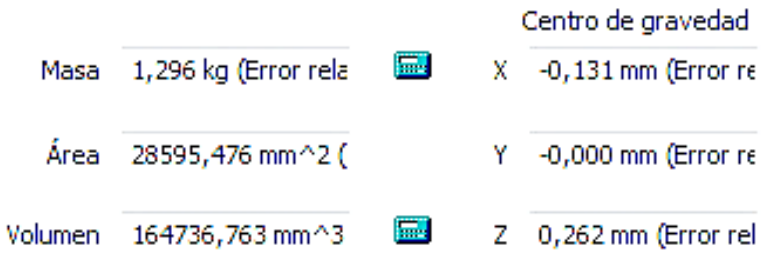


Figura 3.32: Propiedades generales del eje conductor

Para obtener el peso del eje conductor se calcula con la ecuación 3.1.

$$W_{\text{EJE CONDUCTOR}} = (1{,}296\ \text{Kg}) * \left(9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$W_{\text{EJE CONDUCTOR}} = 12{,}71376\ \text{N}$$

Una vez aplicado las cargas que actúan en el eje conductor (ver figura 3.33) se realizan la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad en la estructura.

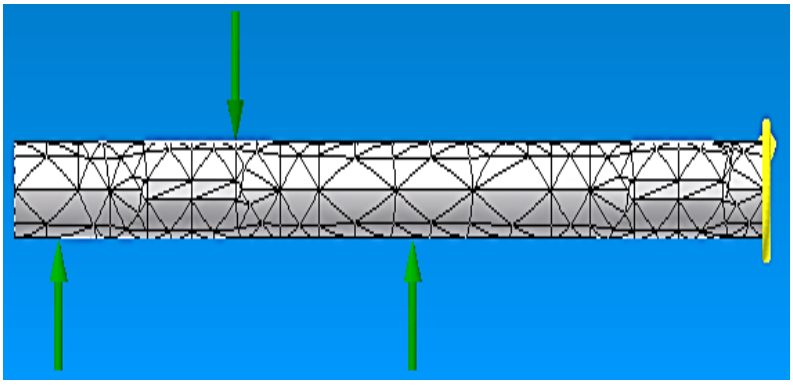


Figura 3.33: Esquema de ubicación de cargas y simulación en el eje conductor

El valor máximo de Von Mises obtenido es 0,3575 MPa (ver figura 3.34) cuyo valor es totalmente satisfactorio ya que se es inferior al valor de resistencia de fluencia del acero de transmisión AISI 1018 el cual es 226 MPa.

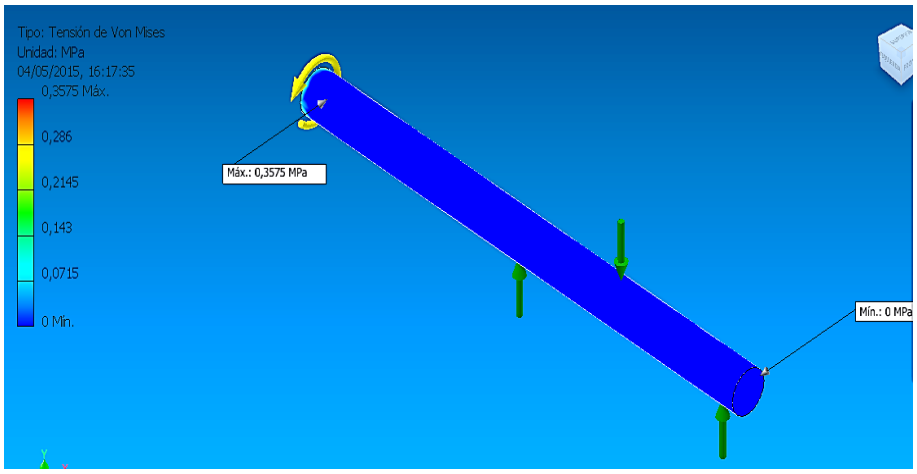


Figura 3.34: Tensión de Von Mises en el eje conductor

El valor mínimo de seguridad que puede soportar el eje conductor es 15 (ver figura 3.35), cabe mencionar que el factor de seguridad determinado por el software no es el correcto por motivos que el software trabaja en el rango de 0 -15.

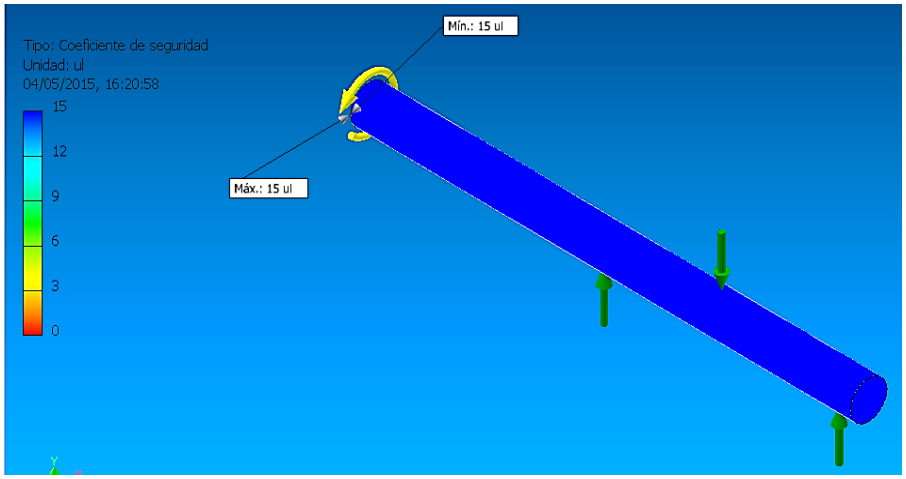


Figura 3.35: Factor de seguridad en el eje conductor

Para determinar analíticamente el coeficiente de seguridad en el eje conductor se aplica la ecuación 3.2.

$$\eta = \frac{226\ \text{Mpa}}{0{,}3575\ \text{MPa}}$$

$$\eta = 632{,}16$$

El valor calculado es muy elevado en comparación al valor mínimo de factor de seguridad, pero es aceptable por que evita el mal funcionamiento de su rotación.

El desplazamiento máximo de la banda transportadora es de $9{,}277e^{-006}$ mm (ver figura 3.36) cuando se acopla el motorreductor al eje, este valor es despreciable y es aceptable en el diseño.

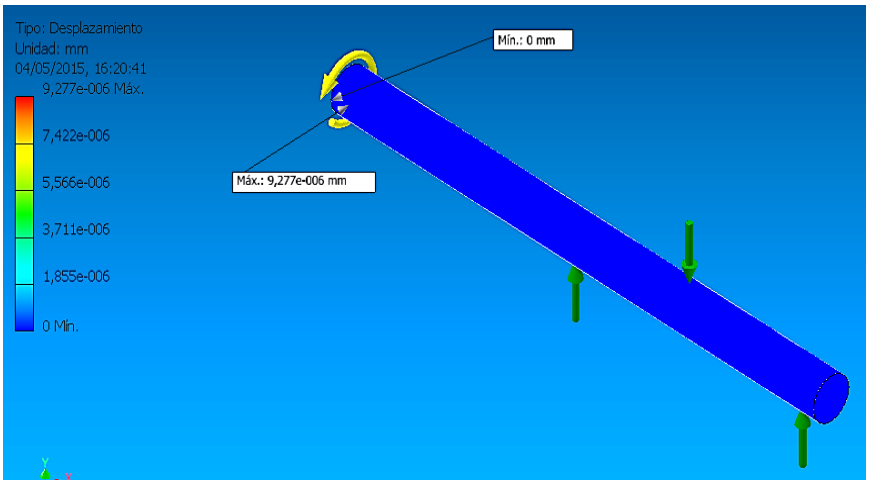


Figura 3.36: Desplazamiento máximo en el eje conductor

b3. Diseño del eje conducido

El eje es de 0,025 m de diámetro y 0.35 m de longitud, está montado sobre la rueda y estarán guiado por dos chumaceras de pared (ver figura 3.37).

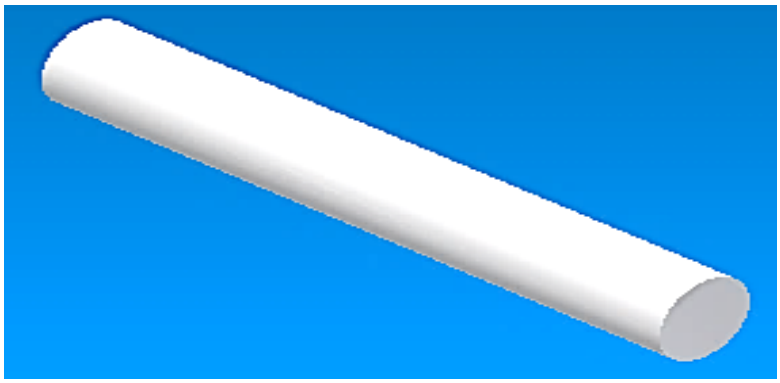


Figura 3.37: Geometría del eje conducido

El volumen, la masa, el área y el centro de gravedad del eje conducido se obtienen aplicando el software Inventor de Autodesk como se muestran en la figura 3.38.

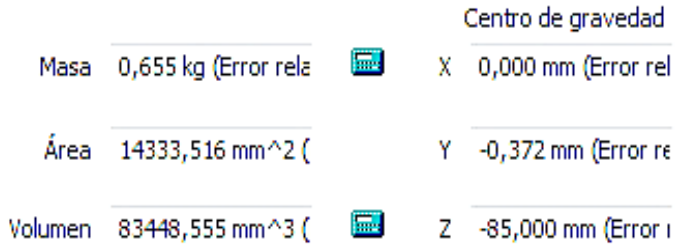


Figura 3.38: Propiedades generales del eje conducido

Para obtener el peso del eje conducido se calcula con la ecuación 3.1.

$$W_{\text{EJE CONDUCIDO}} = (0{,}655\ \text{Kg}) * \left(9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$W_{\text{EJE CONDUCIDO}} = 6{,}42555\ \text{N}$$

Una vez aplicado las cargas que actúan en el eje conducido (ver figura 3.39) se realiza la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad en la estructura.

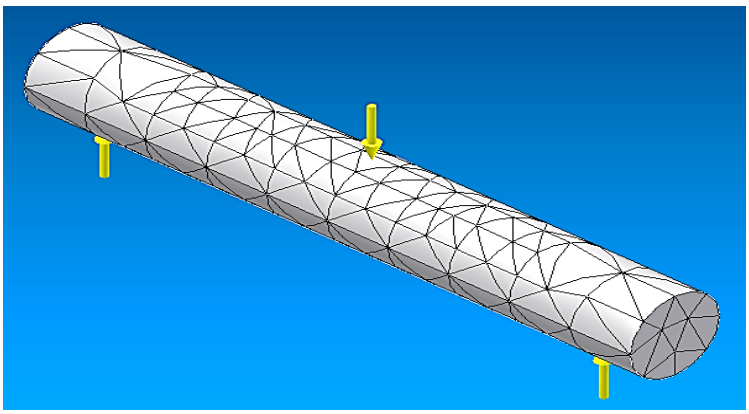


Figura 3.39: Esquema de ubicación de cargas y simulación en el eje conducido

El valor máximo de Von Mises en el eje conducido es cero debido a que está sometido a cargas extremadamente pequeñas sobre el eje (ver figura 3.40).

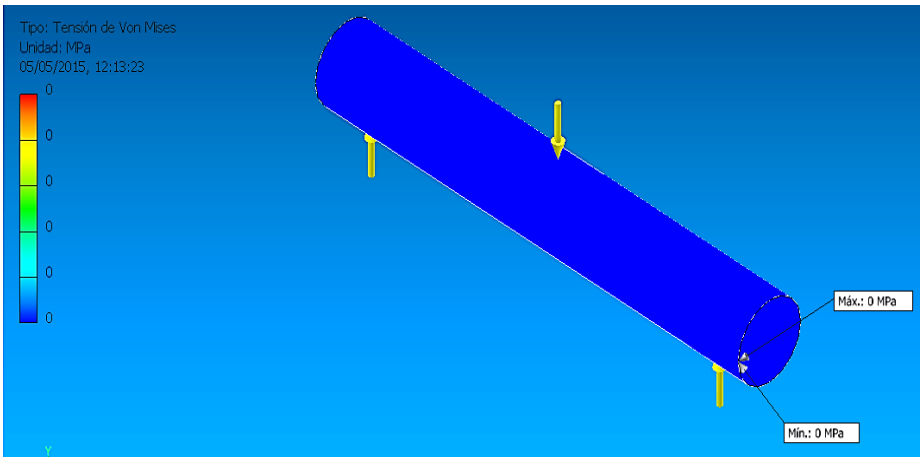


Figura 3.40: Tensión de Von Mises en el eje conducido

El valor mínimo de seguridad que puede soportar el eje conducido es 15 (ver figura 3.41), cabe mencionar que el factor de seguridad determinado por el software no es el correcto por motivos que el software trabaja en el rango de 0 -15.

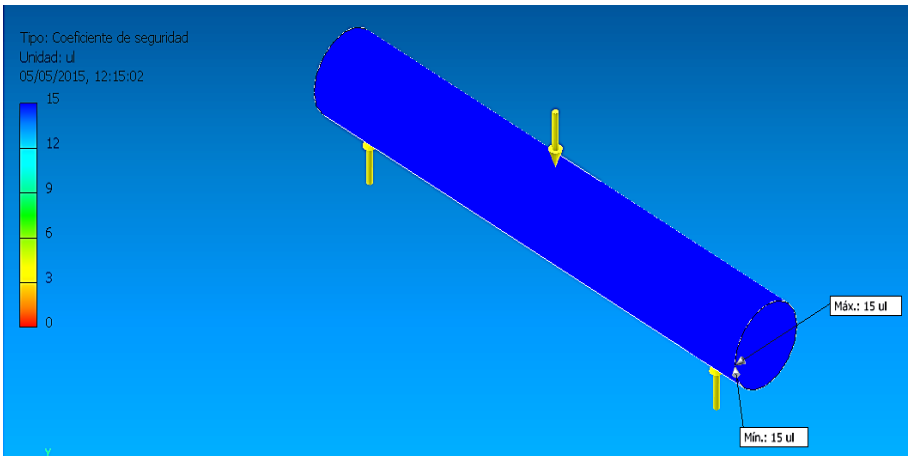


Figura 3.41: Factor de seguridad en el eje conducido

Para determinar analíticamente el coeficiente de seguridad en el eje conducido se aplica la ecuación 3.2.

$$\eta = \frac{25\ \text{Mpa}}{0\ \text{MPa}}$$

$$\eta = \infty$$

El desplazamiento máximo del eje conducido es cero debido a que está sometido a cargas extremadamente pequeñas sobre el eje (ver figura 3.42).

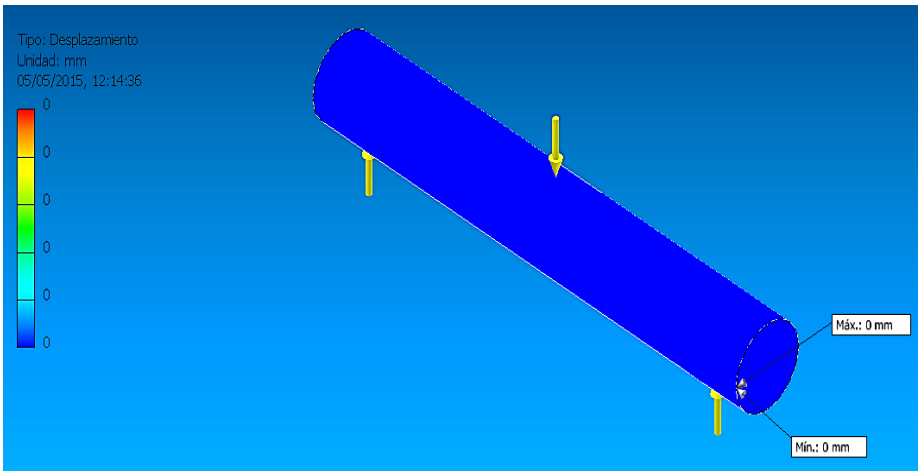


Figura 3.42: Desplazamiento máximo en el eje conducido

c. Selección del rodamiento

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 debe estar en capacidad de soportar el peso de los ejes, para esta aplicación se selecciona el peso del eje conductor.

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

La capacidad de carga dinámica se calcula con la siguiente ecuación 3.3.

$$C = P\left(\frac{L_d}{10^6}\right)^{\frac{1}{k}} \qquad \textbf{Ec.- 3.3}$$

Donde:

$$C = \text{Capacidad de carga dinámica}$$

$$P = \text{Peso del eje}$$

$$k = \text{Factor que depende del tipo de rodamiento}, k = 3 \text{ para rodamiento de bolas}$$

$$L_d = \text{Horas de duración para rodamientos (Vida util del rodamiento)}$$

$$L_d = L * RPM * 60 \frac{min}{h}$$

El factor L se determina con la tabla 3.10 tomando en cuenta la aplicación de la máquina donde se instalara el rodamiento.

Tabla 3.10:

Duración recomendada para rodamientos

APLICACIÓN	DURACIÓN EN HORAS [L]
Electrodomésticos, Máquinas agrícolas	300 - 3000
Máquinas usadas en cortos períodos: elevadores de talleres, máquinas 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: maquinaría de propulsión	60000 – 100000

Fuente: [20]

$$L_d = 20000\ h * 35\ \frac{rev}{min} * 60\ \frac{min}{h}$$

$$L_d = 4{,}2 * 10^7\ rev$$

$$C = 12{,}7\left(\frac{4{,}2 * 10^7\ rev}{10^6}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 44.14\ N$$

Con la capacidad de carga dinámica y el diámetro del eje se selecciona el tipo de rodamiento según el catálogo de rodamientos SKF (ver anexo B-1), el rodamiento seleccionado es UC-205 que soporta una carga dinámica de 14 KN, además se selecciona el N° de caja F205 en donde se montara el rodamiento.

En la tabla 3.11 de indican las características del rodamiento y en el anexo B-1 se muestran las dimensiones generales del rodamiento y caja.

Tabla 3.11:

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 es montada de manera directa a la estructura de la máquina por medio de pernos hexagonales M10.

Figura 3.43: Rodamiento rígido de bolas montado en caja de chumacera F205
Fuente: [21]

3.3.3. Sistema de envasado

a. Tanque de almacenamiento

a1. Funcionamiento del tanque

Estructura de forma cilíndrica su función consiste en almacenar gases o líquidos a presión ambiente y estar en condiciones de soportar un valor de presión constante sin que exista deformación o dilatación.

a2. Dimensiones generales del tanque de almacenamiento

En la tabla 3.10 se describen las dimensiones generales del tanque de almacenamiento.

Tabla 3.12:
Dimensiones generales del tanque de almacenamiento

Forma	Cilíndrica
Cantidad [U]	1

CONTINÚA →

Altura [m]	0,52
Diámetro [m]	0,1016
Espesor [m]	0,002

a3. Diseño del tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento (ver figura 3.44) está diseñado para almacenar yogurt a presión ambiente y soportar una presión de 1 KPa aproximadamente.

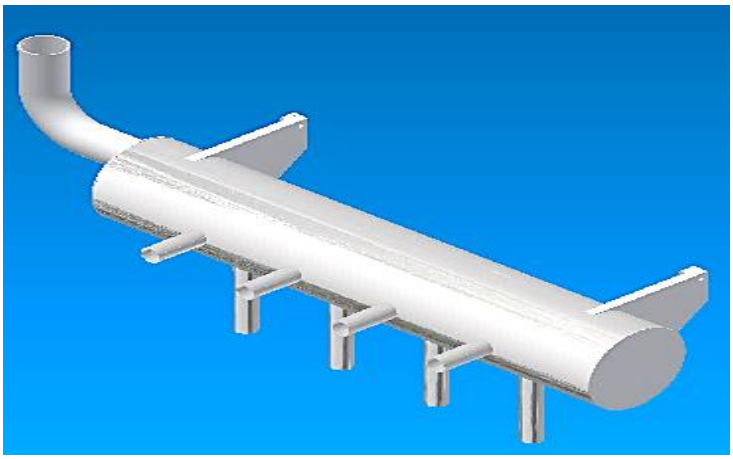


Figura 3.44: Tanque de almacenamiento

El volumen, la masa, el área y el centro de gravedad del tanque de almacenamiento se obtienen aplicando el software Inventor de Autodesk como se muestran en la figura 3.45.

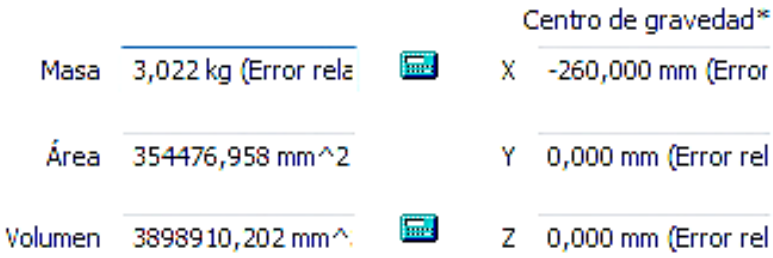


Figura 3.45: Propiedades generales del tanque de almacenamiento

Para obtener el peso del tanque de almacenamiento se determina con la ecuación 3.1.

$$W_{TANQUE} = (3{,}022\ Kg) * \left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)$$

$$W_{TANQUE} = 29{,}64582\ N$$

Cálculo del volumen del tanque

$$V_{TANQUE} = \pi\, r^2 h$$

Donde:

r = radio del tanque

h = altura del tanque

$$V_{TANQUE} = (\pi)(48.8\ mm)^2(516\ mm)$$

$$V_{TANQUE} = 3860461{,}435\ mm^3$$

Para obtener la presión en el tanque de almacenamiento se determina con la ecuación 3.4.

$$P_T = \gamma_L * h_L \qquad \textbf{Ec.- 3.4}$$

$$\gamma_L = \frac{W_L}{V_L}$$

Donde:

P_T = Presión del tanque

γ_L = Peso especifico del líquido

h_L = Altura del líquido

W_L = Peso del líquido

V_L = Volumen del líquido

$$1ml = 1cm^3$$

$$V_{TANQUE} = V_{LÍQUIDO}$$

$$V_{LÍQUIDO} = 3860461{,}435\ mm^3 \rightarrow 3860{,}461435\ cm^3 \rightarrow 3860{,}461435\ ml$$

$$1\text{ml} \approx 1\text{gr}$$

$$3860{,}461435\text{ gr} \rightarrow 3{,}860461435\text{ kg}$$

$$W_L = (3{,}860461435\text{ kg})\left(9{,}81\ \frac{m}{s^2}\right)$$

$$W_L = 37{,}87112\text{ N}$$

$$\gamma_L = \frac{37{,}87 * 10^3\text{ KN}}{3{,}86 * 10^{-3}\text{ m}^3} = 9{,}799\ \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

$$P_T = 9{,}799\ \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 0{,}1016\text{ m}$$

$$P_T = 0{,}99557\ \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \rightarrow 0{,}99557\text{ Kpa}$$

Una vez aplicado las cargas que actúan en el tanque de almacenamiento (ver figura 3.46) se realiza la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad del tanque de almacenamiento.

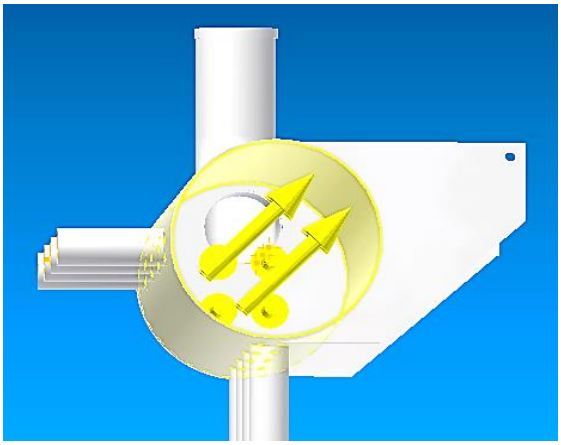


Figura 3.46: Esquema de ubicación de cargas y simulación en el tanque de almacenamiento

El valor máximo de Von Mises obtenido es 624,1 MPa (ver figura 3.47) cuyo valor es aceptable ya que se un poco superior al valor de resistencia de fluencia del acero inoxidable AISI 304 el cual es 570 MPa.

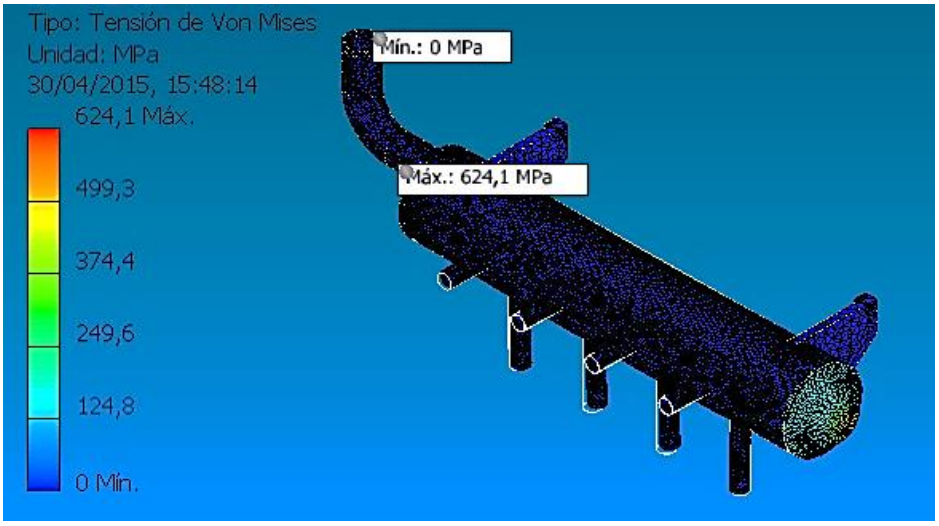


Figura 3.47: Tensión de Von Mises en el tanque de almacenamiento

El valor mínimo de seguridad que puede soportar el tanque de almacenamiento es 0,4 (ver figura 3.47) cuyo valor es aceptable ya que un poco inferior al valor mínimo de factor de seguridad que es 1.

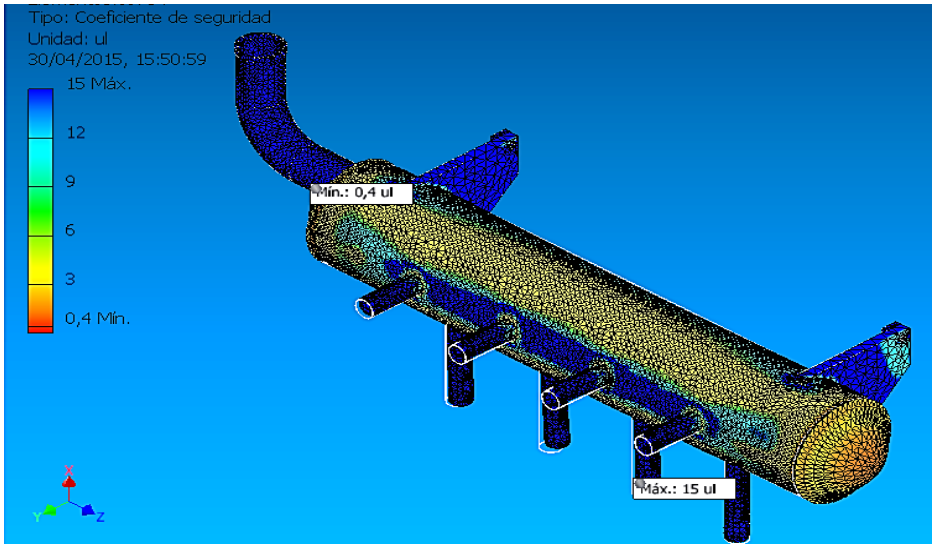


Figura 3.48: Factor de seguridad en el tanque de almacenamiento

Para determinar analíticamente el coeficiente de seguridad para el tanque de almacenamiento se aplica la ecuación 3.2.

$$\eta = \frac{570\ \text{Mpa}}{624{,}1\ \text{MPa}}$$

$$\eta = 0{,}84$$

El desplazamiento máximo del tanque de almacenamiento es de 0,347 mm (ver figura 3.49) cuando el líquido ejerce una presión en las paredes del tanque, este valor es despreciable y es aceptable en el diseño.

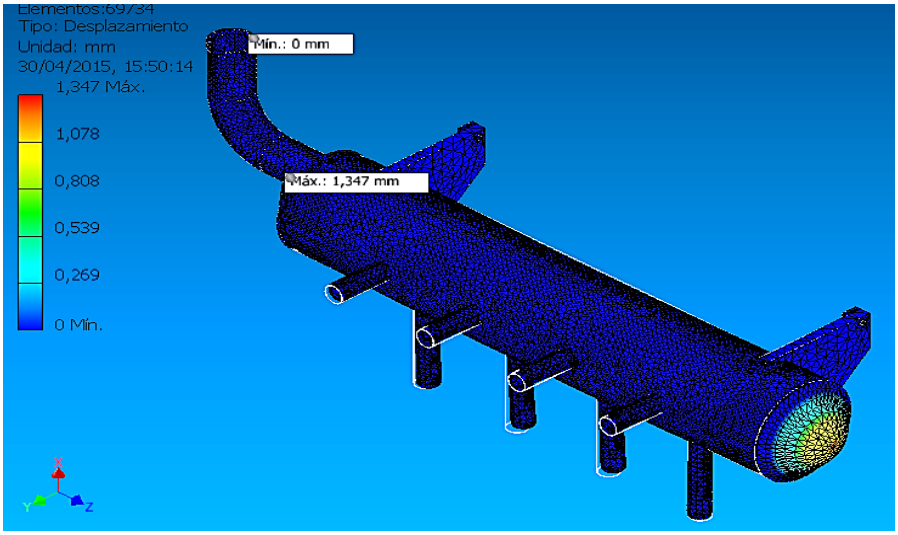


Figura 3.49: Desplazamiento máximo en el tanque de almacenamiento

b. Válvula de llenado de líquido

b1. Función de las válvulas de llenado

Son elementos que impiden o limitan la salida de líquido hasta que por algún mando neumático, mecánico o eléctrico se abre para dar paso del mismo [8].

La válvula se abre mediante la compresión de un resorte el cual permite descubrir los orificios por donde sale el líquido hacia el envase vacío, al descomprimirse el resorte la válvula se cierra por completo tapando el paso de líquido (ver figuras 3.50).

b2. Diseño de la válvula de llenado

La válvula de llenado esta mecanizado 2 orificios de 0,02 m, por donde ingresa líquido hacia el envase y el otro orificio sirve para conducir el aire que se encuentra dentro del envase hacia el exterior.

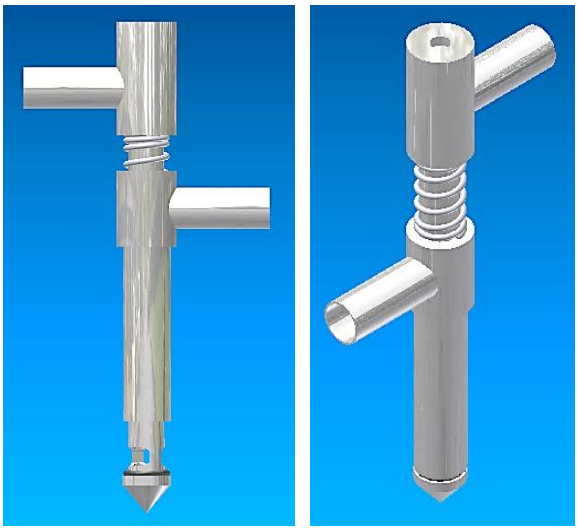


Figura 3.50: Apertura y cierre de la válvula de Llenado

El volumen, la masa, el área y el centro de la válvula de llenado se obtienen aplicando el software Inventor de Autodesk como se muestran en la figura 3.50.

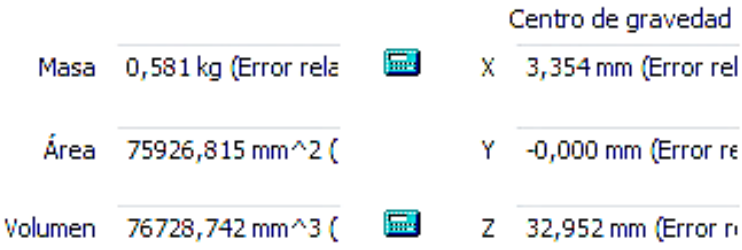


Figura 3.51: Propiedades generales de la válvula de llenado

Para obtener el peso de la válvula de llenado se aplica la ecuación 3.1.

$$W_{VALVULA} = (0{,}581\ Kg) * \left(9{,}81\ \frac{m}{s^2}\right)$$

$$W_{VALVULA} = 5{,}69961\ N$$

$$W_{TOTAL\ DE\ LAS\ VÁLVULAS} = (5{,}69961\ N) * (4)$$

$$W_{TOTAL\ DE\ LAS\ VÁLVULAS} = 22{,}79844\ N$$

b3. Cálculo del número de válvulas de llenado

Para determinar el número necesario de válvulas llenadoras, se utilizará la ecuación 3.4 empírica usada para determinar la producción de las máquinas envasadoras.

$$\#_{válvulas} = \frac{\frac{PD.Max}{480}}{C} \qquad \textbf{Ec.- 3.5}$$

$$\#_{válvulas} = \frac{\frac{PD.\,Max}{480}}{C}$$

$$\#_{válvulas} = \frac{PD.\,Max}{4800}$$

Donde:

$PD.\,Max = \text{Producción diaria maxima en 8h}$

$480 = \text{Factor de conversion}$

$C = \text{Velocidad angular, 10RPM valor para cualquier tipo de envasadora}$

$$\#_{válvulas} = \frac{19680}{4800}$$

$$\#_{válvulas} = 4.1\ \approx 4$$

c. Cálculo de la velocidad estimada de producción

Este parámetro se determina a partir del número de válvulas y de la velocidad de llenado de la válvula para cada tamaño de envase diferente, teniendo en cuenta un promedio de 10RPM como velocidad de llenado, como las dimensiones del diámetro de cada envase son estándar, la velocidad de llenado de la válvula será el mismo para todos los diferentes tamaños de envases, variando únicamente el tiempo de llenado para cada envase porque tienen diferente capacidad de volumen.

La velocidad estimada de producción se determina en base a la ecuación 3.5.

$$V_{PRODUCCIÓN} = C * \#_{VÁLVULAS} \qquad \textbf{Ec.- 3.5}$$

Donde:

$\#_{VÁLVULAS}$ = Numero de válvulas

C = Velocidad angular, 10RPM valor para cualquier tipo de envasadora

$$V_{PRODUCCIÓN} = 10 * 4$$

$$V_{PRODUCCIÓN} = 40 \text{ BPM}$$

La máquina tendrá un valor máximo de producción de 40BPM, para cualquier tipo de envase.

Tabla 3.13:

Velocidad estimada de producción para cada tipo de envase

TAMAÑO DEL ENVASE [cc]	VELOCIDAD ESTIMADA DE PRODUCCIÓN [BPM]
100	40
180	40
200	40
250	40

3.3.4. Sistema neumático

El sistema neumático está compuesto por cuatro cilindros de doble efecto que interactuan con la banda trasportadora, dos cilindros trabajan de forma horizontal y dos cilindros trabajan de forma vertical, dichos cilindros son accionados con su respectiva electroválvula.

a. Selección de cilindros neumáticos

b. Función del cilindro 1 y 2: separadores de envases

Su función es controlar el número de envases que ingresan desde la zona de alimentación hacia las válvulas de llenado, este cilindro se acciona al iniciar el proceso de envasado, este proceso se realiza en cortos períodos de tiempo en el cual ingresan grupo de 4 envases vacíos a la posición de llenado para luego enviar una orden de parada a la banda transportadora.

La selección del cilindro se realizó bajo catálogos de cilindros normalizados (ver anexo B-2), teniendo en cuenta como parámetro principal longitud de carrera ya que se encuentra condicionado por el ancho de la banda trasportadora, la fuerza del cilindro para este caso no es indispensable debido a que su función no es desplazar o sujetar objetos.

Figura 3.52: Cilindro Neumático Mindman MCMI

Fuente: [23]

b1. Dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro

Aleación de relleno de aceite con vivienda y buje especial que proporcionan la auto lubricación necesaria del vástago del pistón, sus camisas del cilindro son de acero inoxidable resisten la corrosión y la abrasión [24], en la tabla 3.14 siguiente se describen las dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro.

Tabla 3.14:
Dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro

I.D. del tubo	20
Máxima presión operacional [MPa]	0,7
Mínima presión operacional [MPa]	0,1 a 0,06
Presión de prueba [MPa]	1
Rango de velocidad [mm/s]	50 a 500
Diámetro del émbolo [mm]	20
Diámetro del vástago [mm]	8
Carrera [mm]	80
Alimentación	Aire
Material	Acero Inoxidable
Marca	MCMI 11-20-80
Sistema	Doble efecto

b2. Cálculo de la fuerza de los cilindros separadores de envases

La fuerza que produce un cilindro depende del diámetro del pistón o émbolo, de la presión del aire de alimentación y de la resistencia producida por el rozamiento, la fuerza sin considerar el rozamiento se calcula con la ecuación 3.6.

$$P = \frac{F}{A} \qquad \textbf{Ec.- 3.6}$$

$$F = P * A$$

Donde:

$$P = \text{Presión } \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

$$F = \text{Fuerza } [N]$$

$$A = \text{Área } [m^2]$$

Para poder calcular la fuerza del cilindro, se utilizará una presión de 6 [bar] que se maneja a nivel industrial y que esta normalmente estandarizada [25].

$$6 \text{ bar } \rightarrow 60 \frac{N}{cm^2}$$

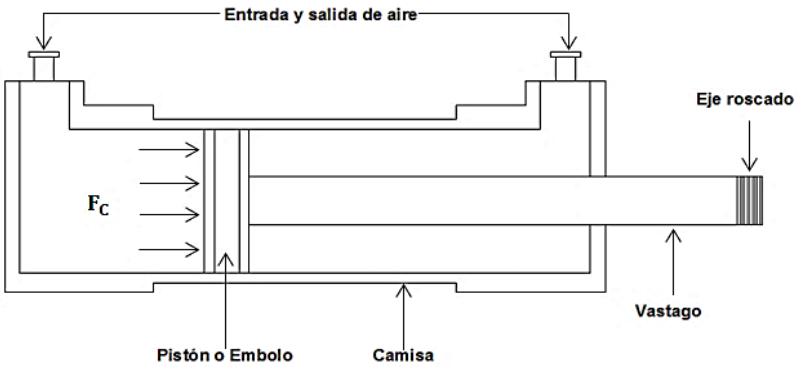


Figura 3.53: Partes de un cilindro y fuerza de compresión

$$A_{ÉMBOLO} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A_{ÉMBOLO} = \frac{(2cm)^2 * \pi}{4} = 3{,}14159 \text{ cm}^2$$

$$F_{COMPRESIÓN} = 60 \frac{N}{cm^2} * 3{,}14159 \text{ cm}^2 = 188{,}49555 \text{ N}$$

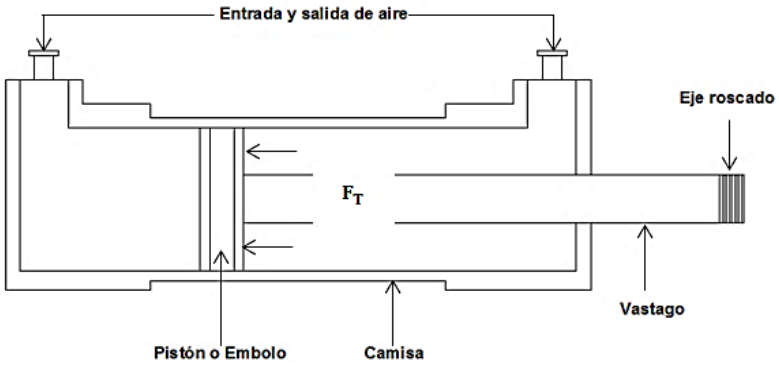


Figura 3.54: Partes de un cilindro y fuerza de tracción

$$A_{ANILLO} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$$A_{ANILLO} = \frac{\pi * (2^2 - 0{,}8^2)cm^2}{4} = 2{,}63893cm^2$$

$$F_{TRACCIÓN} = 60\ \frac{N}{cm^2} * 2{,}63893\ cm^2 = 158{,}3358\ N$$

b3. Cálculo del consumo de aire de los cilindros separadores

Con las especificaciones técnicas del cilindro se determina el consumo de aire requerido para los cilindros deparadores, aplicando la ecuación 3.7.

$$Q = 1{,}41\left[\frac{\pi * D^2 * L * N_C\ (P_T + 1.013)}{4 * 10^6}\right] \qquad \textbf{Ec.- 3.7}$$

Donde:

$D =$ Diametro del émbolo

$L =$ Carrera del pistón

$N_C =$ Numero de ciclos por minuto

$P_T =$ Presión de trabajo [Bar]

$$Q_1 = 1{,}41\left[\frac{\pi * (20)^2 * 80 * 20\ (6 + 1.013)}{4 * 10^6}\right]$$

$$Q_1 = 4{,}9\ \frac{lt}{min} * \frac{1m^3}{1000\ lt} * \frac{60min}{1h} = 0{,}294\ \frac{m^3}{h}$$

El consumo de aire del cilindro dos es el mismo consumo del cilindro uno por que poseen las mismas características técnicas.

$$Q_1 = Q_2 = 0{,}294\ \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{TOTAL} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{TOTAL} = 0{,}588\ \frac{m^3}{h}$$

c. Función del cilindro 3 y 4: Cilindros de envasado

Estos cilindros tiene acoplado una base que soportar las válvulas de llenado y está ubicado sobre la mesa niveladora que sirve para subir o bajar el grupo de válvulas de llenado, la selección del cilindro se realizó bajo catálogos de cilindros normalizados (ver anexo B-3), teniendo en cuenta como parámetros la longitud de carrera y la fuerza.

Estos cilindros deben tener una fuerza necesaria para soportar el peso de las válvulas de llenado y del perfil en U donde se encuentran instalados las válvulas.

Figura 3.55: Cilindro Neumático Mindman MCQI2

Fuente: [26]

c1. Dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro de envasado

Cilindro perfilado de caja especial y buje que permiten auto lubricación al vástago del pistón, camisa de aluminio duro que ofrece resistencia a la corrosión y baja la fricción interna, en la tabla 3.15 siguiente se describen las dimensiones y propiedades mecánicas del cilindro de envasado.

Tabla 3.15:
Especificaciones del cilindro neumático

I.D. del tubo	32
Máxima presión operacional [MPa]	1
Mínima presión operacional [MPa]	0,05
Presión de prueba [MPa]	1,5
Rango de velocidad [mm/s]	50 a 500
Diámetro del émbolo [mm]	32
Diámetro del vástago [mm]	20
Carrera [mm]	100
Alimentación	Aire
Material	Acero Inoxidable
Marca	MCQI2 11-32-100
Sistema	Doble efecto

c2. Cálculo de la fuerza del cilindro separador

La fuerza que produce un cilindro depende del diámetro del pistón o émbolo, de la presión del aire de alimentación y de la resistencia producida por el rozamiento, la fuerza sin considerar el rozamiento se calcula con la ecuación 3.6.

$$F = P * A$$

$$A_{ÉMBOLO} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A_{ÉMBOLO} = \frac{(3{,}2cm)^2 * \pi}{4} = 8{,}04247\ cm^2$$

$$F_{COMPRESIÓN} = 60\ \frac{N}{cm^2} * 8{,}04247\ cm^2 = 482{,}5482\ N$$

$$A_{ANILLO} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$$A_{ANILLO} = \frac{\pi * (3{,}2^2 - 2^2)cm^2}{4} = 4{,}90088cm^2$$

$$F_{TRACCIÓN} = 60\ \frac{N}{cm^2} * 4{,}90088\ cm^2 = 294{,}05307\ N$$

c3. Cálculo del consumo de aire del cilindro de envasado

Con las especificaciones técnicas del cilindro se determina el consumo de aire requerido por el cilindro de envasado, aplicando la ecuación 3.7.

$$Q_3 = 1{,}41\left[\frac{\pi * D^2 * L * N_C\ (P_T + 1.013)}{4 * 10^6}\right]$$

$$Q_3 = 1{,}41\left[\frac{\pi * (32)^2 * 100 * 25\ (6 + 1.013)}{4 * 10^6}\right]$$

$$Q_3 = 20{,}13\ \frac{lt}{min} * \frac{1m^3}{1000\ lt} * \frac{60min}{1h} = 1{,}20\ \frac{m^3}{h}$$

El consumo de aire del cilindro cuatro es el mismo consumo del cilindro tres por que poseen las mismas características técnicas.

$$Q_3 = Q_4 = 1{,}20\ \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{TOTAL} = Q_3 + Q_4$$

$$Q_{TOTAL} = 2{,}4\ \frac{m^3}{h}$$

d. Selección de las electroválvulas para los actuadores

De acuerdo a la aplicación de los cilindros es necesario utilizar electroválvulas 5/2 que a diferencia de la 4/2 poseen dos escapes correspondiendo uno a cada utilización, esto brinda la posibilidad de controlar la velocidad de avance y retroceso de un cilindro en forma independiente.

El caudal de aire necesario para cada electroválvula y se determina con el volumen de cada cilindro, bajo la ecuación 3.8.

$$Q = \frac{V}{t} \qquad \textbf{Ec.- 3.8}$$

Donde:

$$Q = \text{Cauda de aire para el cilindro } \left[\frac{m^3}{h}\right]$$

$$V = \text{Volumen del cilindro } [m^3]$$

$$t = \text{Tiempo de circulación del aire } [h]$$

$$V = \frac{\pi}{4} * L_{CARRERA} * \emptyset^2_{ÉMBOLO}$$

$$V_{C1} = V_{C2} = \frac{\pi}{4}(80)(20^2) = 2{,}513 * 10^{-5}\ m^3$$

$$V_{C3} = V_{C4} = \frac{\pi}{4} * (100)(32^2) = 8{,}04 * 10^{-5}\ m^3$$

El tiempo necesario para que los cilindros inicien su funcinamiento es de 2 segundos aproximadamente, entonces el caudal que necesita cada electroválvula es:

$$Q_1 = Q_2 = \frac{2{,}513 * 10^{-5}}{2}$$

$$Q_1 = Q_2 = 1{,}25 * 10^{-5}\ \frac{m^3}{seg} \rightarrow 0{,}045\ \frac{m^3}{h} \rightarrow 0{,}75\ \frac{Nl}{min}$$

$$Q_3 = Q_4 = \frac{8{,}04 * 10^{-5}}{2}$$

$$Q_3 = Q_4 = 4{,}02 * 10^{-5}\ \frac{m^3}{seg} \rightarrow 0.144\ \frac{m^3}{h} \rightarrow 2{,}4\ \frac{Nl}{min}$$

La selección de la electroválvula se realizó bajo el catálogo electroválvulas neumáticas mindman (ver anexo B-4) teniendo en cuenta como parámetro de selección el caudal que cada electroválvula requiere para accionar los cilindros y se opta por una electroválvula 5/2 de mando electroneumático asistido por un solenoide, las características de la electroválvula se describen en la tabla 3.16.

Figura 3. 56: Electroválvula neumática 5/2

Fuente: [27]

Tabla 3.16:

Características de la electroválvula 5/2

General	Electroválvula 5/2
Presión de operación [MPa]	0,15 – 0,8
Diámetro nominal [mm]	18
Caudal a 6 bar [$\frac{Nl}{min}$]	400
Presión de prueba [MPa]	1
Voltaje de alimentación	AC110V, 220V (50/60)Hz, DC24V
Tiempo de respuesta [ms]	30
Temperatura de funcionamiento	-5 a +50
Medio	Aire
Marca	MVSC 180 4E1

e. Circuito neumático del sistema de la maquina envasadora

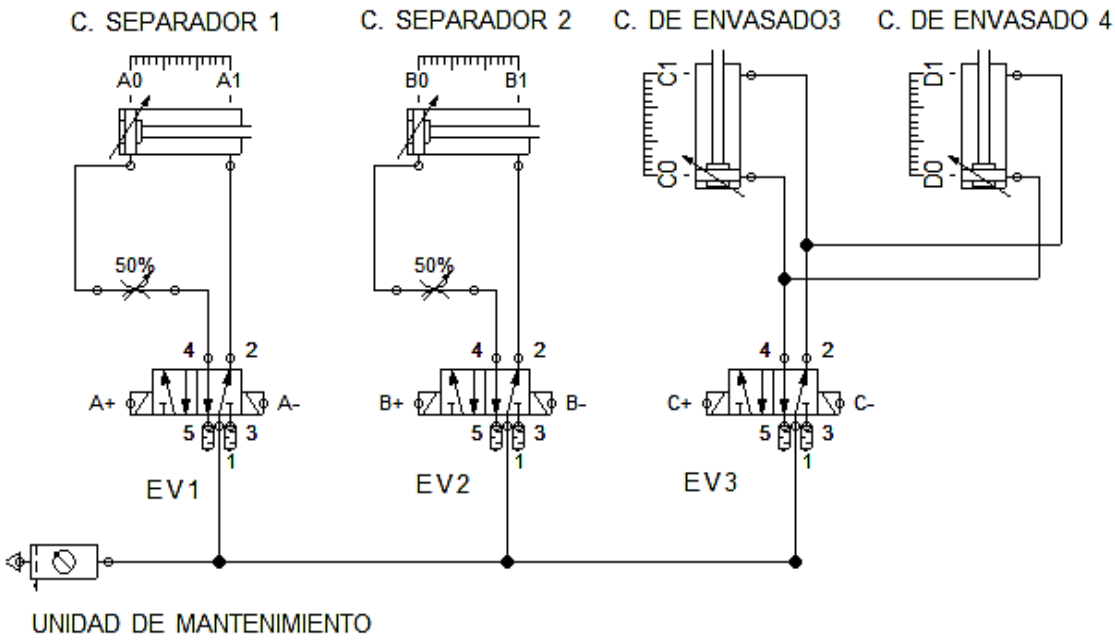


Figura 3. 57: Circuito neumático de la máquina

3.3.5. Cálculo de la potencia del sistema

Para encontrarla potencia del sistema se necesita los valores de masa del eje conductor ya que este es el elemento de transmisión del sistema, en la tabla 3.17 se indica los parámetros principales que influyen en la determinación de la potencia del sistema.

Tabla 3.17:

Parámetros para determinar la potencia del sistema

PARÁMETROS	DETALLE
Masa del eje conductor [Kg]	1,296
Masa de la banda trasportadora [Kg]	1,657
Velocidad de llenado [RPM]	10
Diámetros del eje [m]	0,025

a. Torque y potencia mecánica necesarios para girar el eje conductor

Para determinar el toque en el eje conductor primeramente se debe determinar la inercia del eje con la ecuación 3.9 ya que la ecuación del torque está en función de la inercia.

$$I_{EC} = \frac{m * D^2}{8} \qquad \textbf{Ec.- 3.9}$$

Donde:

I_{EC} = Inercia del eje conductor

m = Masa del eje

D = Diametro del eje

$$I_{EC} = \frac{(1{,}296\ \text{Kg})(0{,}025^2)}{8}$$

$$I_{EC} = 1{,}0125 * 10^{-4}\ \text{Kgm}^2$$

La aceleración angular se determina con la ecuación 3.10 y se estima un valor de tiempo de aceleración que será aproximadamente 1,5 seg, para poder vencer la inercia de la carga.

$$\alpha = \frac{w}{\Delta t} \qquad \textbf{Ec.- 3.10}$$

Donde:

$w =$ Velocidad angular

$\Delta t =$ Variación del tiempo

$$w = 10 \text{ RPM } \approx 1{,}05 \ \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$\alpha = \frac{1{,}05}{1{,}5}$$

$$\alpha = 0{,}7 \ \frac{\text{rad}}{s^2}$$

Se determina el torque necesario para vencer la inercia del eje conductor, con la ecuación 3.11.

$$T = I * \alpha \qquad \textbf{Ec.- 3.11}$$

$$T = (1{,}0125 * 10^{-4} \text{ Kgm}^2)\left(0{,}7 \ \frac{\text{rad}}{s^2}\right)$$

$$T = 7{,}0875 * 10^{-5} \text{ Nm}$$

Para encontrar la potencia necesaria en del eje conductor, se aplica la ecuación 3.12.

$$P = \frac{T*w}{746} \qquad \textbf{Ec.- 3.12}$$

$$P = \frac{(7{,}0875 * 10^{-5} \text{ Nm})\left(1{,}05 \ \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)}{746}$$

$$P = 9{,}975 * 10^{-5}\ \text{HP}$$

3.3.6. Cálculo de potencia del sistema

Esta potencia es la encargada de vencer la inercia de todo el sistema del transporte de envases, la potencia del eje conducido es la misma que la potencia del eje conductor, ya que tienen las mismas características y se calcula de cuerdo a la ecuación 3.13.

$$P_{SISTEMA} = P_{EJE\ CONDUCTOR} + P_{EJE\ CONDUCIDO} \qquad \textbf{Ec.- 3.13}$$

$$P_{SISTEMA} = 9{,}975 * 10^{-5}\ \text{HP} + 9{,}975 * 10^{-5}\ \text{HP}$$

$$P_{SISTEMA} = 1{,}995 * 10^{-4}\ \text{HP}$$

3.4. Diseño y selección de los componentes eléctricos

Para el diseño eléctrico de la máquina se deben tomar en cuenta como principal parámetro los niveles de voltaje con los cuales va a funcionar la máquina, estos niveles de voltaje se muestran en la tabla 3.18.

Tabla 3.18:
Niveles de voltaje

NIVEL DE VOLTAJE	PROPÓSITO
220 VAC	Alimentación para los equipos de fuerza
24 VDC	Alimentación del PLC y LOGO TD

Los equipos son seleccionados por sus altas prestaciones en la industria y por su fácil adquisición a nivel nacional.

3.4.1. Selección del motor eléctrico

Para seleccionar correctamente el motor eléctrico se debe determinar la potencia de diseño, para calcular esta potencia se aplica la ecuación 3.14.

$$P_D = P_S * fs \qquad \textbf{Ec- 3.14}$$

Donde:

P_D = Potencia de diseño [HP]

P_S = Potencia del sistema [HP]

fs = Factor de servicio

El factor de servicio depende del tiempo de operación diaria que realizarán los motores eléctricos.

Las curvas que se observa en la figura (ver anexo B-5) indican el tipo de servicio que dará el motor siendo K1 (liviano), K2 (medio) y K3 (pesado), el factor de servicio se encuentra al intersecar la curva correspondiente (K1, K2 o K3) con el número de arranques por hora (Zr) que realizará de motor.

En la tabla se indican los parámetros necesarios para determinar el factor de servicio.

Tabla 3.19:

Parámetros para determinar el fs.

PARÁMETROS	DETALLE
Tiempo de operación del motor	8 h/d
Tipo de servicio	K2
Numero de arranque del motor	250

$$fs = 1{,}55$$

$$P_D = (1{,}995 * 10^{-4}\ HP) * (1{,}55)$$

$$P_D = 3{,}09 * 10^{-4}\ HP$$

Una vez determinado la potencia de diseño necesaria para arrancar el sistema, se busca en catálogo de motores ABB, para seleccionar el motor con una potencia superior a la calculada, de acuerdo al anexo B-6 se selecciona un motor eléctrico ABB Motors M2QA-71M4A, 220/440V trifásico con una potencia de 0,5HP (0,37KW) y una velocidad de giro de 1560 RPM (ver figura 3.58).

Figura 3.58: Motor Eléctrico ABB

Fuente: [28]

En la tabla 3.20 se describe las características del motor seleccionado.

Tabla 3.20:

Características del motor

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Marca	ABB Motors
N° de fases	Trifásico
Corriente Nominal [A]	1,89
Potencia [HP]	0,5
Voltaje [V]	220/440
Frecuencia [Hz]	60
Factor de servicio	1,15
Peso [Kg]	11

3.4.2. Selección del reductor de velocidad

Para seleccionar correctamente el reductor de velocidad se debe tener en cuenta las RPM de salida y la potencia requerida por el reductor, la ecuación que determina la relación de reducción de una caja de trasmisión es la 3.15.

$$i = \frac{\eta_{ENTRADA}}{\eta_{SALIDA}} \qquad \textbf{Ec- 3.15}$$

Donde:

$i =$ Relación de reducción de velocidad

$\eta_{ENTRADA} =$ Velocidad del motor eléctrico [RPM]

$\eta_{SALIDA} =$ Velocidad de salida del reductor [RPM]

Para tener una velocidad rotacional de reserva la flecha del motor debe trasmitir una velocidad de giro aproximada de 35 RPM al eje conductor, como consecuencia la relación de trasmisión de la caja reductora es.

$$i = \frac{1560}{35}$$

$$i = 44 \approx 40$$

Para la selección correcta del reductor se necesita la potencia de motor y la velocidad de giro en RPM, de acuerdo al anexo B-7 se selecciona un reductor Motovario tipo NMRV050-40-71B (ver figura 3.59) con una velocidad de giro de 35 RPM para un motor eléctrico de 0,5HP, en la tabla 3.21 se describe las características del reductor.

Figura 3.59: Reductor

Fuente: [29]

Tabla 3.21:

Características del reductor

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Marca	Motovario
Potencia Nominal [KW - HP]	0,37 – 0,5
Velocidad de entrada [RPM]	1400
Velocidad de salida [RPM]	35
Relación de transmisión	40

Nota: Para el acoplamiento del motor con el motoreductor no es necesario de un acoplamiento adicional.

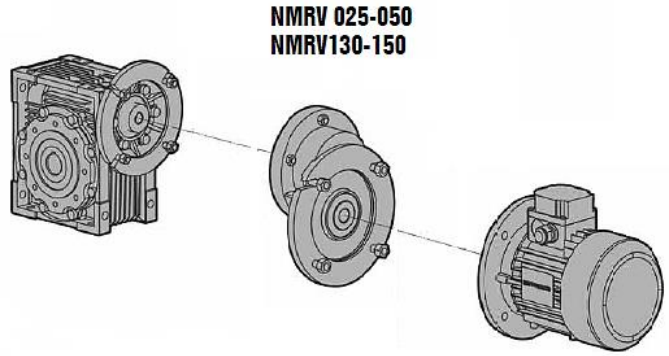


Figura 3.60: Forma de acoplamiento del motor con el reductor

Fuente: [29]

3.4.3. Selección del variador de velocidad

Los variadores de velocidad o drives son dispositivos que permiten variar la velocidad de un motor controlando el voltaje y la frecuencia entregada al motor, manteniendo el torque constante hasta la velocidad nominal [30] .

La máquina está conformada por una banda trasportadora que conduce envases hacia puntos programados de trabajo, el variador de velocidad se usará para controlar la velocidad del motorreductor el cual produce movimiento de la banda trasportadora, para esta aplicación la velocidad de salida del reductor es 35 RPM y se requiere que la banda transportadora gire aproximadamente a 20 RPM, por consecuencia el variador de velocidad deberá entregar una frecuencia que se calcula bajo la ecuación 3.16.

$$f_T = \frac{\eta_T * f_R}{\eta_N} \qquad \textbf{E.- 3.16}$$

Donde:

f_T = Frecuencia de trabajo [Hz]

f_R = Frecuencia de la red [Hz]

η_T = Velocidad de trabajo [RPM]

η_N = Velocidad nominal [RPM]

$$f_T = \frac{(20)(60)}{35}$$

$$f_T = 34{,}28 \approx 35 \text{ Hz}$$

De acuerdo al anexo B-8 se selecciona un variador SV- iE5 (ver figura 3.61), para una potencia de 0,5 HP, en la tabla 3.22 se describen las características del variador de velocidad.

Figura 3.61: Variador de velocidad SV-iE5

Fuente: [31]

Tabla 3.22:
Características del variador de velocidad

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Serie	SV004iE5-1C
Potencia [HP - KW]	0,5 - 0,4
Corriente [A]	5,5
Voltaje [V]	200 - 230
Frecuencia de entrada [Hz]	50 - 60
Frecuencia de salida	0 – 200
Temperatura de trabajo [°C]	-10 a 40

3.4.4. Selección del PLC

Dispositivo electrónico digital con una memoria programable para guardar instrucciones que permiten llevar a cabo funciones lógicas, configuración de secuencias, de sincronizado, de conteo y aritméticas con el fin de controlar máquinas y procesos [32].

Para realizar correctamente la selección del PLC se hizo un análisis sobre las funciones que va a realizar para de esta manera determinar correctamente el número

de entradas y salidas como parámetro fundamental en el PLC, de acuerdo al anexo B-9 el PLC seleccionado es un LOGO Siemens 12/24RC, sus características técnicas se especifican en la tabla 3.23.

Figura 3.62: LOGO Siemens 12/24RC

Fuente: [33]

Tabla 3.23:

Características del LOGO Siemens 12/24RC

DESCRIPCIÓN	DETALLE
General	LOGO Siemens
Serie	12/24RC
Voltaje de alimentacion [V]	12/24 VCC
N° de entradas	8 Digitales
N° de salidas	4 Salidas a relé
Módulos de ampliación	Aplicación para módulos de entradas analógicas y digitales
Temperatura de trabajo [°C]	0 – 55

El PLC LOGO tiene como periférico un visualizador de texto LOGO TD que facilita la labor del operador (ver figura 3.63).

Figura 3.63: Panel LOGO TD

Fuente: [33]

3.4.5. Selección de la fuente de alimentación

La fuente de alimentación convierte el voltaje de entrada VAC a un voltaje de salida VDC (ver figura 3.64).

La selección de la fuente de alimentación esta en base al voltaje de alimentación del PLC el mismos que trabajan con un voltaje de 24VDC, según el anexo B-10 se seleccionó una fuente de alimentación de variable de 24 VDC, en la tabla 3.24 se indican las características técnicas.

Figura 3.64: Fuente de alimentacion VAC/ VDC

Fuente: [34]

Tabla 3.24:

Características de la fuente de alimentación

DESCRIPCIÓN	DETALLE
General	Fuente de alimentacion
Voltaje de entrada [VAC]	115- 230
Voltaje de salida [VDC]	22-28
Frecuencia [Hz]	50-60
Temperatura de trabajo [°C]	-20 a +80

3.4.4. 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 3.17.

$$I_{FUSIBLE=}\ k * I_N \qquad \textbf{Ec.- 3.17}$$

Donde:

$$k = \text{Constante de protección, rango de 1,8 a 2,1}$$

$$I_N = \text{Corriente nominal o a plena carga}$$

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

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

El valor de corriente máxima del fusible para un arranque directo rápido se indica en la figura 3.65.

Intensidad	Fusibles para arranque			
	DIRECTO		λ - Δ	
	Rápido	Lento	Rápido	Lento
Amp.	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. 65: Tabla para la selección de fusibles para motores trifasicos 220V

Fuente: [36]

De acuerdo al anexo B-11 se selecciona un fusible tipo AM (ver figura 3.66) que es especial para motores en la tabla 3.25 se describen las características del fusible.

Figura 3.66: Fusible Cilíndrico 15 A

Fuente: [37]

Tabla 3.25:

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

3.4.5. Selección del conductor

Bajo la siguiente ecuación 3.18 se determina la corriente de trabajo:

$$I_T = (I_n + 30\%) * (I_n) \qquad \textbf{Ec.- 3.18}$$

Donde:

I_T = Corriente de trabajo

I_n = Corriente nominal del motor

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

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

Según el anexo B-12 de conductores eléctricos, se selecciona un conductor flexible de cobre de 12AWG (ver figura 3.67), las características del conductor se describen en la tabla 3.26.

Figura 3.67: Conductores eléctricos

Fuente: [38]

Tabla 3.26:

Características del conductor eléctrico

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

3.4.6. Selección de accesorios eléctricos

a. Selector de 2 posiciones

Los selectores de posición son elementos que sirve para controlar el paso de la corriente mediante un control ON-OFF (ver figura 3.68), el selector uno permite accionar la banda trasportadora de la máquina envasadora, el selector dos permite controlar el grupo de válvulas de llenado.

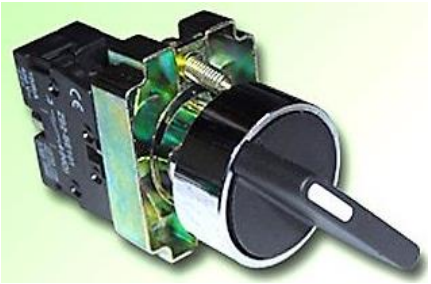


Figura 3.68: Selector de dos posiciones

Fuente: [39]

Tabla 3.27:

Características del selector de dos posiciones

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Marca	Camsco
Voltaje de operación [V]	220
Contacto	NC/NA

b. Lámpara piloto

La lámpara piloto son elemento de señalización que indican activación o desactivación de un sistema, la selección de la lámpara piloto se hace en base al código de colores de luces, la lámpara piloto seleccionada es de color rojo (ver figura 3.69) que indicara la activación y desactivación de las válvulas de llenado (dosificador) es decir la lámpara debe encenderse cada que el dosificador sea accionado.

Figura 3.69: Lámpara piloto

Fuente: [39]

Tabla 3.28:
Características de la lámpara piloto

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Marca	Camsco
Color	Rojo
Voltaje de operación [V]	220
Tamaño [mm]	22

c. Paro de emergencia

Los botones de parada de emergencia son componentes importantes de seguridad de todo circuito eléctrico, el paro de emergencia es de color rojo o amarillo y tiene que estar disponible en todo momento ubicado en algun lugar visible (ver figura 3.71).

Figura 3.70: Paro de emergencia

Fuente: [39]

Tabla 3.29:

Características del paro de emergencia

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Marca	Camsco
Color	Rojo
Voltaje de operación [V]	220
Tamaño [mm]	40
Contacto	NC/NA

3.4.7. Tablero de control

Un tablero eléctrico es una caja que contiene dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarmas y señalización con sus cubiertas y soportes correspondientes [40].

El conexionado de los elementos eléctricos debe cumplir criterio de diseño y normativas que permitan un funcionamiento correcto una vez que sean energizados, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones donde está ubicado.

Para esta aplicación en la parte interna del tablero se encuentran instalados dos fusibles de protección, un PLC, una fuente de alimentacion, un variador de velocidad y tres relés, en la parte externa están constituidos de dos selectores de dos posiciones, un paro de emergencia y un LOGO TD que permite controlar los tiempos para el envasado de yogurt (ver figura 3.72).

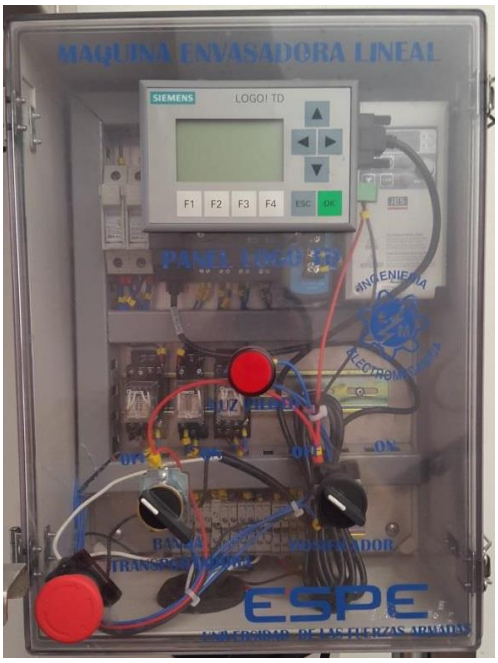


Figura 3.71: Tablero de control

Los planos eléctricos de fuerza y control de la máquina envasadora se indican en el anexo C.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA ENVASADORA

4.1. Construcción de la máquina envasadora

Para la construcción de la máquina envasadora se realizar un diagrama del proceso de envasado de yogurt, de esta forma se tiene una mejor visión para la construcción de la máquina envasadora (ver anexo B-15 y B-15), el proceso general de envasado consiste en la entrada del envase de plástico que se viaja por una banda trasportadora y su salida es un envase dosificado de yogurt.

4.2. Construcción de la estructura base

4.2.1. Corte de los tubos cuadrados

El material que se utiliza para la construcción de la estructura es un tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 que por su alta resistencia evita que los cordones de soldadura sufran fisuras al existir vibraciones en la misma, para el corte que se va ejecutar, en los tubos se realiza trazados de 45° y 90° grados dependiendo de la forma de unión de los tubos verificando que los cortes estén de manera correcta para no ocasionar pérdida de material (ver figura 4.1).

Figura 4.1: Trazado y corte del tubo para la estructura

4.2.2. Soladura y ensamblaje de los tubos

La unión de los tubos se realiza mediante cordones de soldadura, para lo cual se hizo uso de una suelda especial para soldar acero inoxidable, la máquina de soldadura utilizada es TIG- 315A que utiliza como gas principal el argón y un electrodo no consumible de tungsteno (ver figura 4.2).

Figura 4.2: Equipos necesarios para la efectuar la soldadura

Para efectuar la soldadura se debe contar con todos los equipos de protección personal como casco para soldar, guantes, zapatos punta de acero, ropa de trabajo los mismos que ayudarán a proteger la integridad de la persona.

Como parámetro principal se debe fijar correctamente el punto de masa de acuerdo a la zona a ser soldada, en la figura 4.3 se observa el proceso de soldadura y la estructura completamente soldada.

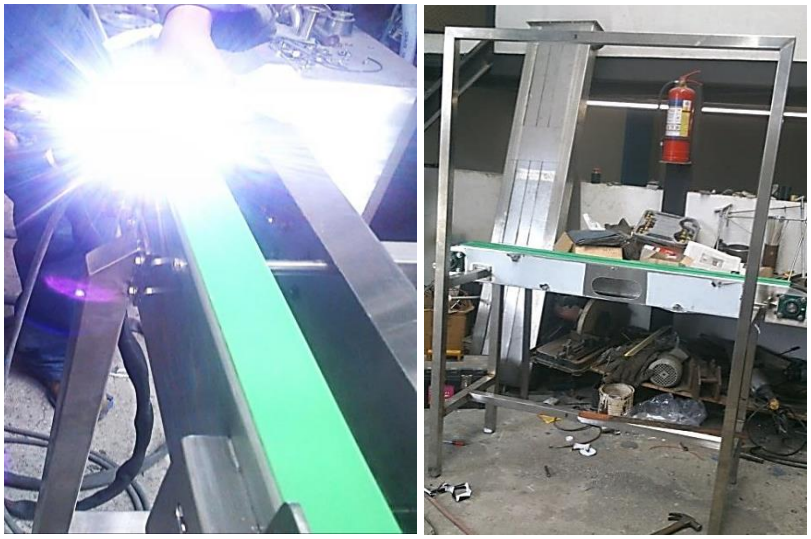


Figura 4.3: Soldadura y ensamblaje de la estructura

4.3. Construcción de perfil en U para la banda trasportadora

4.3.1. Trazado y mecanizado para generar el perfil en U

Para la construcción del perfil en U se utiliza una plancha de acero inoxidable de 0,002 m de espesor, se cortan perfiles de 1,5m de longitud y 0,20 m de ancho donde se realiza un doblado de 0,02 en toda su longitud por cada lado, posteriormente se realiza el mecanizado para la ubicación de las chumaceras de pared en los extremos del perfil (ver figura 4.4).

Figura 4.4: Mecanizado para ubicar las chumaceras

4.3.2. Ensamblaje de las chumaceras, rueda, engrane y ejes.

Para ensamblar las chumaceras con el perfil en U se utiliza pernos de 0,6cm x 2,5cm para la fijación, en un extremo dos chumaceras de pared guían al eje conductor con el engrane y en el otro extremo dos chumaceras de pared guían al eje conducido y a la rueda (ver figura 4.5).

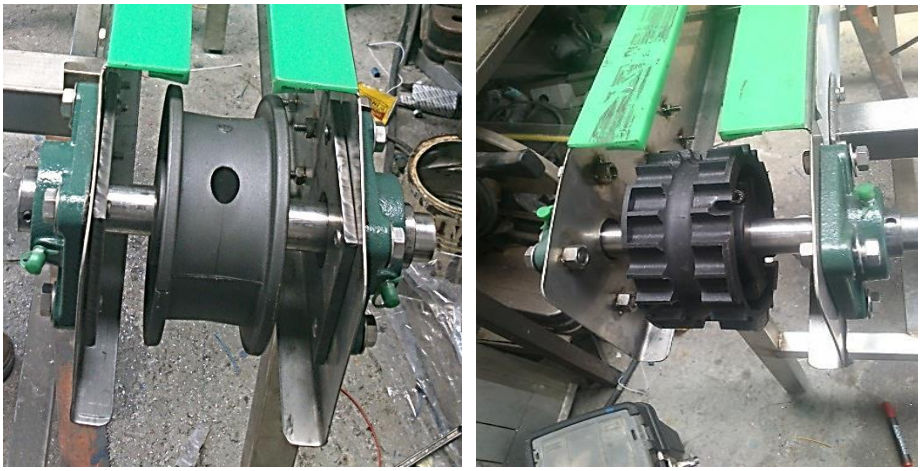


Figura 4.5: Ubicación de las chumaceras, ejes, engrane y rueda

4.4. Ensamblaje y montaje de la banda transportadora

4.4.1. Trazado y mecanizado en el perfil en U para el ajuste de la cadena

En el centro del perfil en U se realiza un orificio para poder realizar el ajuste y unión de la cadena por medio de los pasadores metálicos (ver figura 4.6).

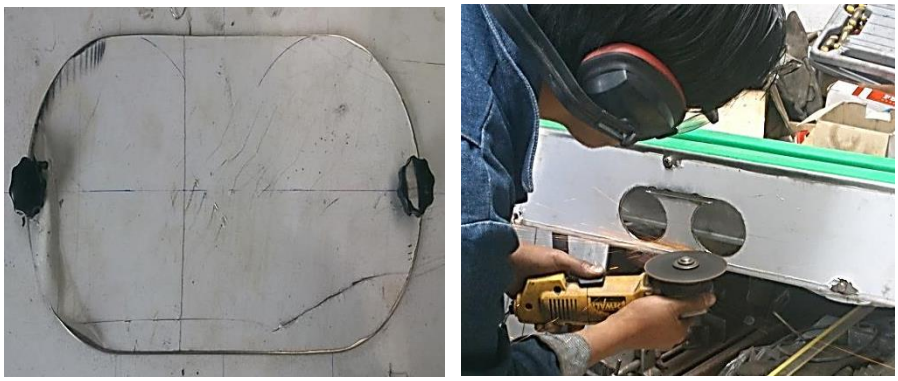


Figura 4.6: Mecanizado para el ajuste de la cadena

4.4.2. Guías de deslizamiento para la banda transportadora

La banda transportadora se desplaza sobre guías de teflón que se encuentran ubicadas en el perfil en U con pernos, en los extremos del perfil en U se encuentran soldados platinas los cuales evitan que la cadena sea retenida por las guías de teflón y como consecuencia exista ruptura de la cadena (ver figura 4.7).

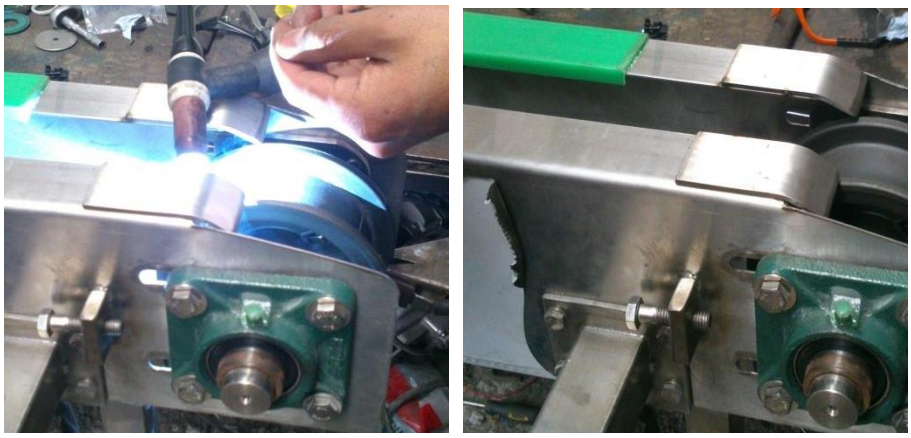


Figura 4.7: Soldadura de las platinas

4.4.3. Ajuste de la cadena

EL ajuste de la cadena se realiza de acuerdo a la longitud del perfil en U, además se debe verificar que este correctamente acoplado con el engrane y la rueda para que cuando esta entre en movimiento no exista atascamiento y no sufra ruptura.

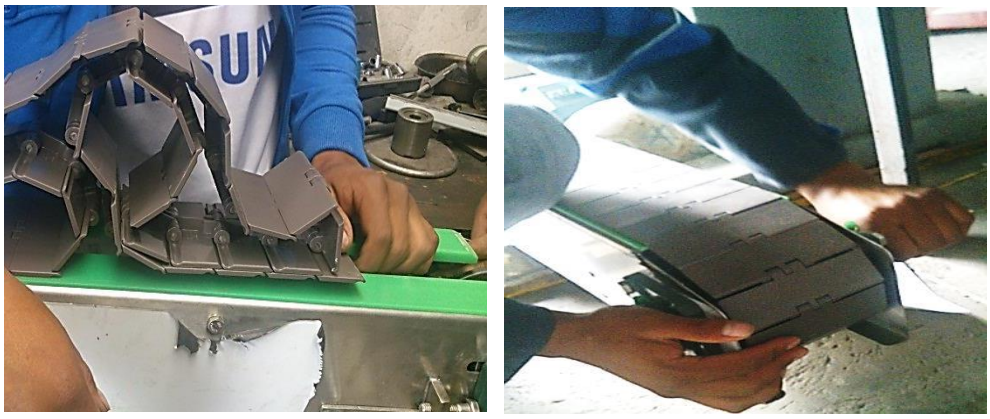


Figura 4.8: Montaje de la banda trasportadora

4.5. Construcción de la base y montaje del motorreductor

4.5.1. Construcción de la base del motorreductor

Para construir la base se debe tener las dimensiones del motorreductor para para que este acople perfectamente, para el corte se utiliza la cortadora por plasma y las rebabas que se producen por el corte se eliminar con la amoladora conjuntamente acoplado el disco de lija.

La base del motorreductor esta soldado en la parte lateral derecha de la estructura base a una altura de 0,8 m (ver figura 4.9).

Figura 4.9: Base del motorreductor

4.5.2. Montaje del motorreductor

Para ubicar el motorreductor 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.

Figura 4.10: Ubicación del motorreductor

4.6. Construcción y montaje del tanque de almacenamiento

4.6.1. Construcción del tanque

Para la construcción del tanque de almacenamiento se necesita una plancha de acero inoxidable 304 con una longitud de 0,52m y 0,1016 de ancho, inmediatamente se da forma cilíndrica a la plancha por medio de una dobladora (ver figura 4.11).

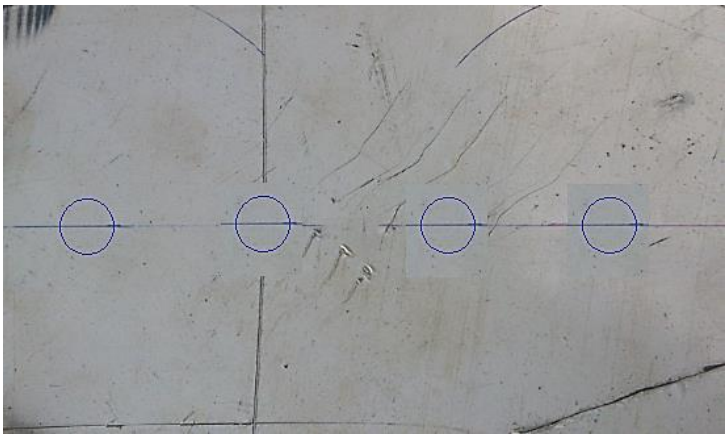


Figura 4.11: Ubicación del motorreductor

Una vez adquirido la forma cilíndrica se realiza un cordón de soldadura en toda su longitud y en un extremo del tanque, el otro extremo tiene una tapa móvil la cual es ajustada con una abrazadera de acople rápido, en el tanque de almacenamiento se

encuentran mecanizados cuatro orificios de 0,018m de diámetro por donde descenderá el yogurt hacías las válvulas de llenado.

4.6.2. Montaje del tanque

El tanque de almacenamiento está montado en forma horizontal en la parte superior izquierda de la estructura sujetada a una base con pernos hexagonal M5, el tanque de almacenamiento no es montado fijamente a la estructura por razones de mantenimiento y limpieza del mismo (ver figura 4.12).

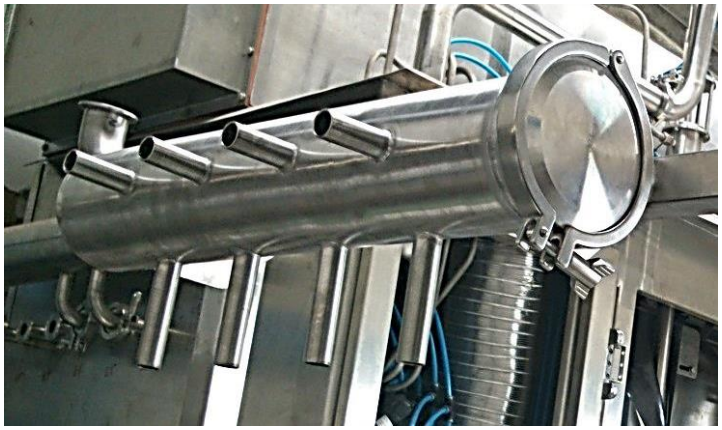


Figura 4.12: Ubicación del tanque de almacenamiento

4.7. Construcción la mesa niveladora

4.7.1. Construcción de la base móvil de la mesa

Para la contracción de la base móvil de la mesa niveladora se necesita 3 pedazos de tubo cuadrado de diferente medida al cual se da forma de H y se desplazará de forma vertical por dos tubos que se encuentran soldados a la estructura base.

En la base en forma de H se encuentra ubicado dos cilindros de doble efecto los cuales realiza la subida y bajada de las válvulas de llenado.

4.7.2. Construcción de la estructura soporte para las válvulas de llenado

Para la construcción de la base para las válvulas de llenado se necesita un perfil tipo U donde se encuentra mecanizada una ranura donde serán ubicadas las válvulas (ver figura 4.13).

Figura 4.13: Base para las válvulas de llenado

4.8. Construcción y montaje de las válvulas de llenado

4.8.1. Construcción de las válvulas de llenado

El sistema de envasado está formado por 4 válvulas de llenado cada válvula está compuesta de una manguera de circulación de líquido a envasar y otra manguera por donde recircula el exceso de líquido y el aire que se encuentra en el interior del envase (ver figura 4.14).

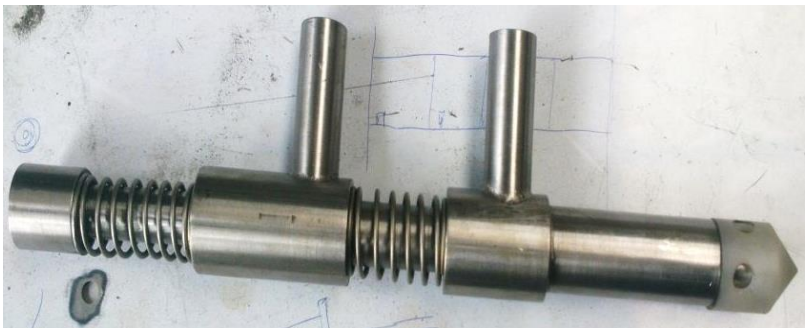


Figura 4.14: Válvula de llenado

4.8.2. Montaje de las válvulas de llenado

Las válvulas de llenado estan sujetaras con pernos hexagonal M10 en la estructura de soporte, el espacio entre las válvulas se calibra dependiendo del tamaño del envases a utilizar (ver figura 4.15).

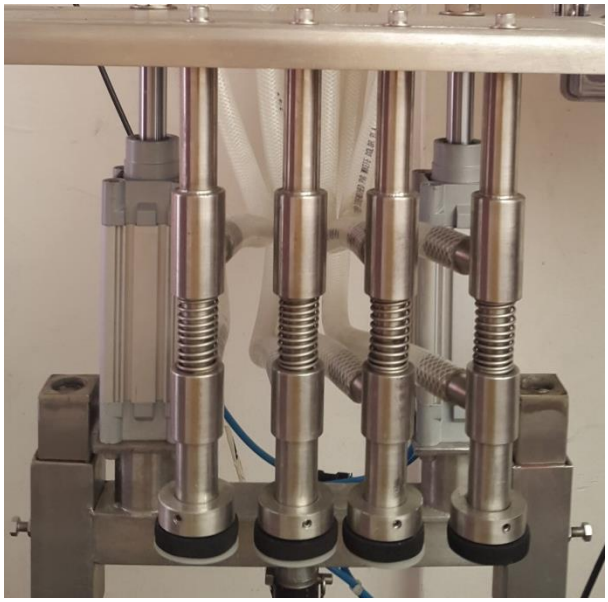


Figura 4.15: Montaje de las válvulas de llenado

4.9. Montaje de los cilindros

La máquina está compuesta por cuatro cilindros neumáticos, el montaje de dos cilindros se realizó de manera horizontal y están ubicados en una base móvil en la parte frontal de la estructura de la banda trasportadora para poder calibrar el ancho necesario para cada tipo de envase.

Figura 4.16: Montaje de los cilindros separadores de envases

Los dos cilindros restantes se encuentran ubicados fijamente en la mesa niveladora de forma vertical, estos cilindros deben cumplir con la función de subir y bajar el grupo de válvulas de llenado.

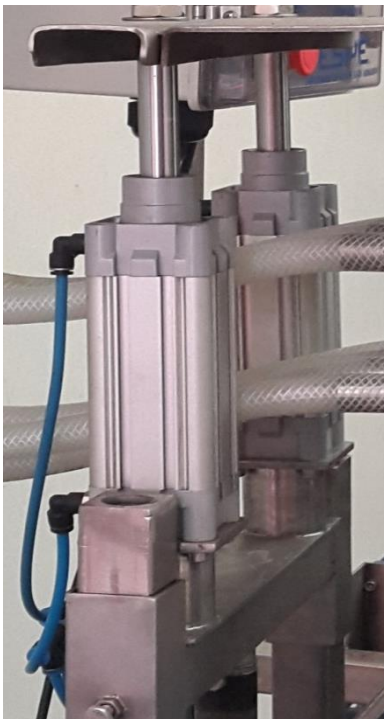


Figura 4.17: Montaje de los cilindros de envasado

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

Las electroválvulas y la unidad de mantenimiento se encuentran ubicadas debajo del tablero de control.

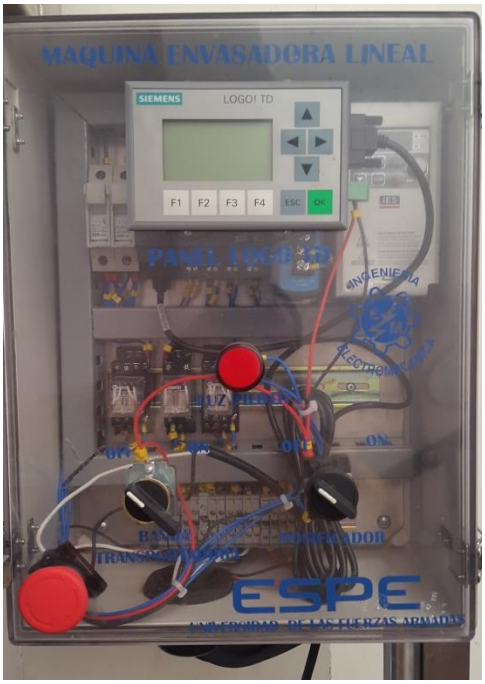
Figura 4.18: Montaje de la unidad de mantenimiento

Figura 4.19: Montaje de las electroválvula

4.11. Montaje del tablero eléctrico

El tablero eléctrico está ubicado en la parte superior derecha de la estructura por medio de pernos hexagonales M10.

En el interior del tablero se encuentran ubicadas canaletas plásticas que proporcionan al conductor eléctrico una mayor protección contra interferencias electromagnéticas originadas generalmente por motores eléctricos.



4.12. Diseño de programación en el PLC

- Ingresar al interfaz de programación y seleccionamos la versión del PLC.

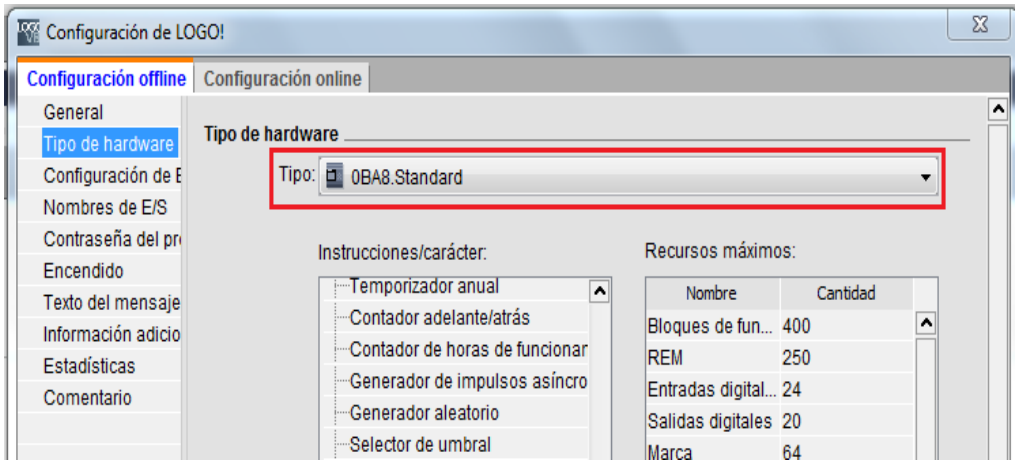
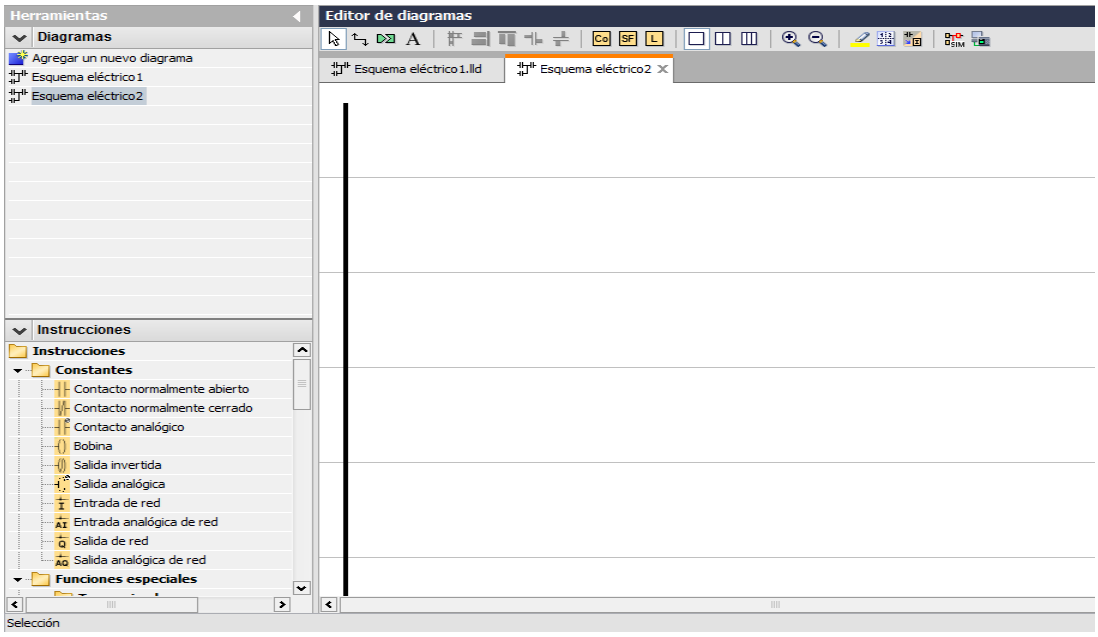


Figura 4.20: Elección del tipo de PLC

- Iniciamos con la programación en lenguaje ladder o escalera, el programa del PLC debe tener lógica con las entradas externas como son los selectores y con las salidas como son los contactos de los relés.



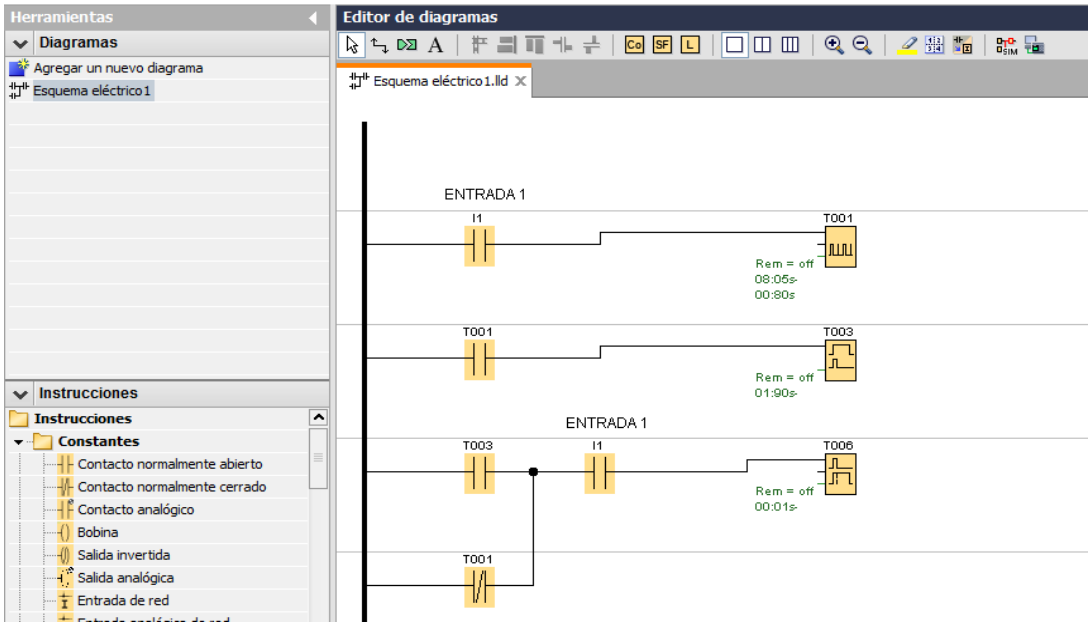


Figura 4.21: Programación del PLC

- Una vez finalizado la programación del PLC, realizamos la simulación para verificar que esté funcionando correctamente.

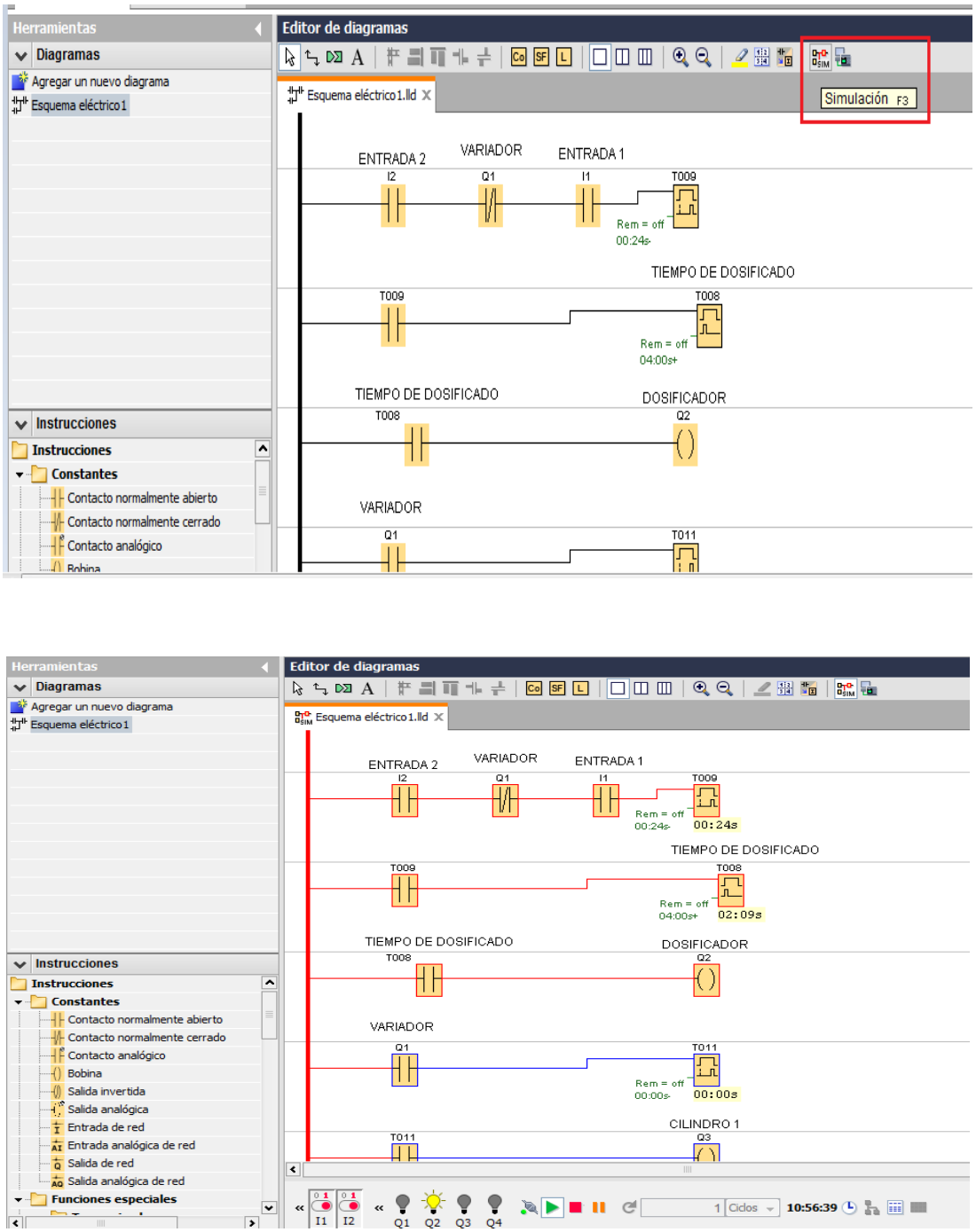
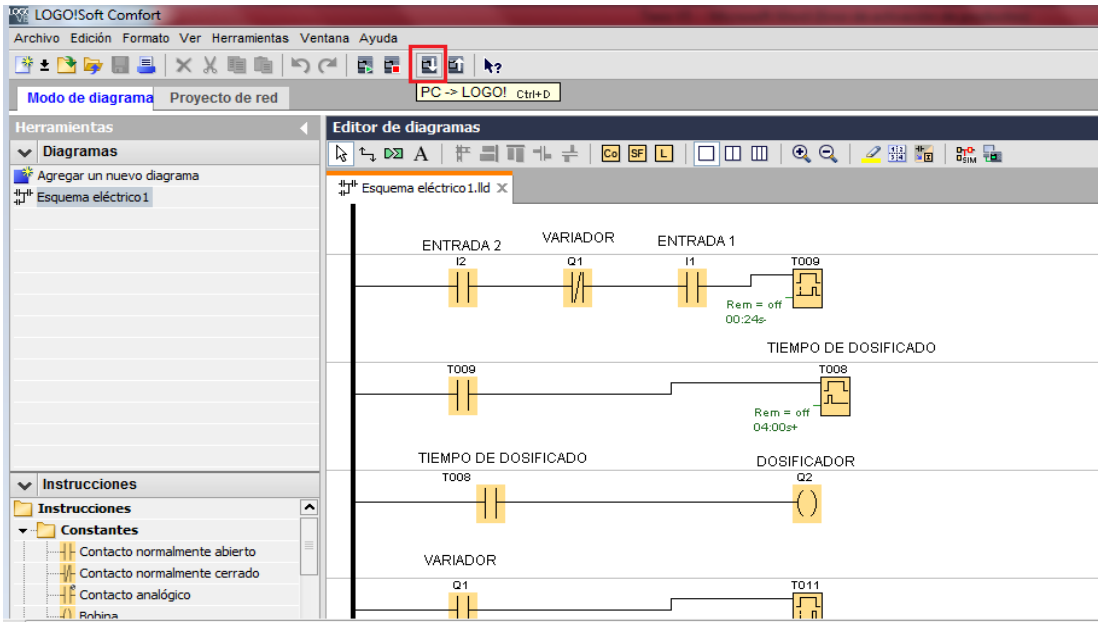


Figura 4.22: Simulación de la programación del PLC

- Luego de haber comprobado que no exista ningún tipo de problema en la programación procedemos a cargar el programa en el PLC (ver anexo B-17), para esto el PLC debe estar en modo STOP.



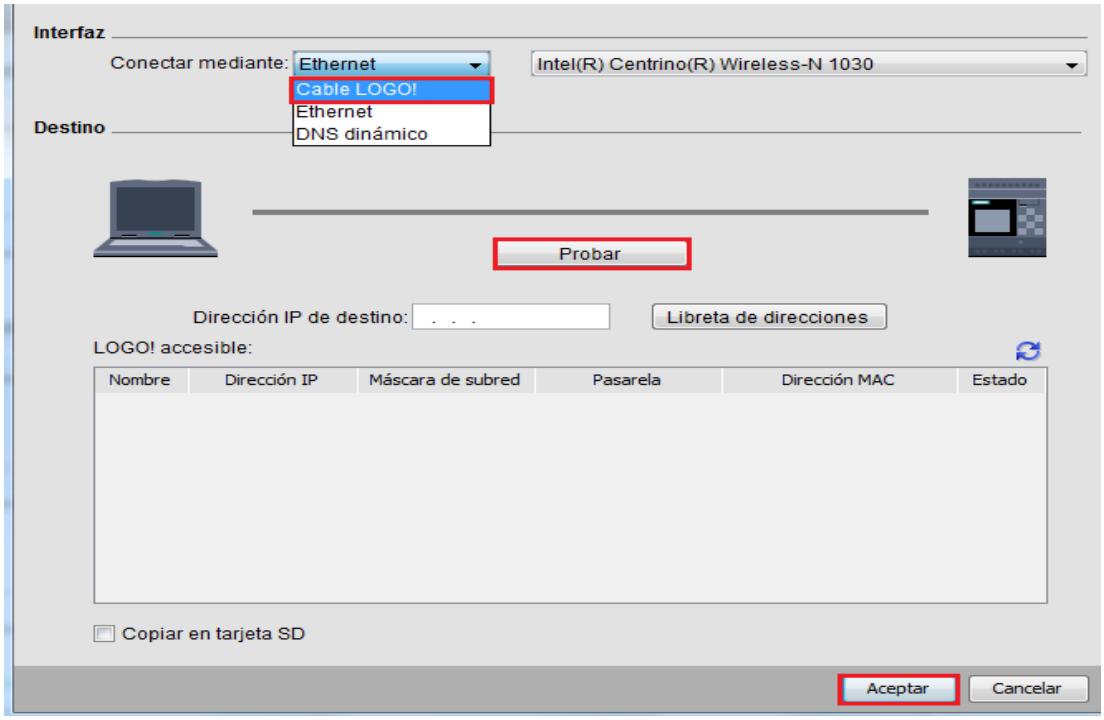


Figura 4. 23: Cargar la programación en el PLC

Tabla 4. 1:

Descripción de las entradas y salidas del PLC

Entrada I1	Selector 1 (Banda transportadora)
Entrada I2	Selector 2 (Dosificador)
Salida Q1	Variador de velocidad
Salida Q1	Contacto NA Relé 1
Salida Q1	Contacto NA Relé 2
Salida Q1	Contacto NA Relé 3

4.12. Pruebas y ajustes realizados para un óptimo funcionamiento de la máquina.

Para verificar que el sistema funcione correctamente se realizaron las siguientes pruebas.

- Revisar que los elementos eléctricos y neumáticos estén correctamente conectados.
- Verificar que este programado una f= 35Hz en el variador de frecuencia para evitar daños o desgastes en la banda trasportadora por exceso de velocidad.
- Verificar que la gata de tornillo este calibrada da cuerdo al tamaño de envase a utilizar para asi evitar que las válvulas de llenado dañen los envases.
- Verificar el tiempo de dosificado indicado para el tipo de envase.
- Verificar que las válvulas de llenado y los cilindros separadores estén calibrados correctamente de acuerdo al tipo de envases a utilizar.
- Una vez encendida la máquina se verificar que los elementos de entrada funcionan correctamente.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS FINANCIERO DE COSTOS

El análisis financiero es un factor que sirve para determinar si es factible o viable invertir en la construcción de la máquina envasadora lineal.

5.1. Análisis de costos

Es la inversión del dinero que hace la empresa para realizar la compra de los materiales para la construcción e implementación de la máquina envasadora lineal, estos costos se dividen en costos directos e indirectos.

5.1.1. Costos Directos

Los costos directos son aquellos que interviene de manera directa en la construcción de la máquina envasadora lineal.

a. Costos de materiales

Son los costos de los materiales que conforman los sistemas de la máquina, a continuación se detallan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1:
Costo de materiales

CANT.	ELEMENTO	DETALLE	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
		Material para la estructura		
3	Tubo Cuadrado AISI 304	3,8 x 3,8 x 600 cm	78	234
1	Eje de nilón	D=2,54 x 50cm	45	45
			TOTAL	**279**

CONTINÚA →

Material para la mesa niveladora				
1	Tubo cuadrado AISI 304	4,4x4,2x 300cm	43	43
1	Varilla de acero inoxidable AISI 304	d=2.54cmx100cm	44	44
1	Perfil en u	2.5x5.5x44cm	26,40	26,40
1	Perfil en u	3x15.5x50cm	40	40
			TOTAL	**153,40**
Material para la banda transportadora				
1	Barrilla acero transmisión	d=2,54 cm x 100cm de largo	25	25
4	Chumaceras de pared	d=2,5 cm x 9,5 cm por lado	35	140
4	Rodamientos	d=2,5cm D=5cm	25	100
2	Perfil en U	16 cm x 300cm	120	240
1	Banda de polipropileno	12 cm x 400cm	300	300
1	Rueda	D= 13,1cm d=2,5cm	25	25
1	Engrane recto	D=13.1cm d=2.5cm	35	35
28	Pernos hexagonal	M10	0.25	7
2	Guías de deslizamiento	5cm x 200cm	15	30
4	Pernos prisioneros	M5 x 4,5cm	0.75	3
1	Varilla de acero inoxidable AISI 304	d=0.95cmx100cm	15	15
1	Varilla de acero inoxidable AISI 304	d=0.63x450cm	12	54
			TOTAL	**974**

CONTINÚA →

Material para las válvulas de llenado				
1	Varilla de acero inoxidable AISI 304	d=2,54 cm x 200cm de largo	200	200
1	Varilla de acero inoxidable AISI 304	d=3,81 cm x 100cm de largo	150	150
1	Varilla de acero inoxidable AISI 304	d=1.9 cm x 100cm de largo	90	90
8	Resortes Alambre inoxidable punta cerrada y rectificada	D=2,2cm d=2cm	4	32
4	Oring	d=19.3cm	2	8
4	Pernos Hexagonal	M10x1.5cm	0.25	1
			TOTAL	**481**
Material para el tanque de llenado				
1/2	Plancha de acero inoxidable AISI 304	75x150 x0,2cm	340	170
1	Abrazadera acero inoxidable AISI 304	D=10,16cm	30	30
1	Codo acero inoxidable AISI 304	<90° d=2,54cm	15	15
1/2	Tubo de acero inoxidable AISI 304	d=1.90 x 300cm	160	80
			TOTAL	**295**
Material para el sistema eléctrico				
1	Tablero eléctrico	30x40x0,18cm	40	40
1	PLC	Siemens Logo12/24Rc	400	400
1	Variador de frecuencia	LS iE5 0.5 HP	500	500

CONTINÚA →

1	Fuente de voltaje AC-DC	IN DELTA 100-240V-1,5 A 50-60HZ OUT 24VDC-2,5A	250	250
1	Panel Logo TD	24VDC	400	400
2	Base porta fusible		4	8
1	Tomas y enchufes industriales		25	25
20	Borneras	30A	1	20
3	Relé	Camsco 240 VCA	25	75
1	Luz piloto	Marcha y paro	6	6
2	Selector de posición	2 posiciones	8	16
1	Rollo de conductor flexible	Celeste #14	60	60
1	Alambre flexible	Rojo #14 300cm	30	30
1	Alambre flexible	Negro #14 250cm	25	25
			TOTAL	**1855**
	Material para el sistema neumático			
1	Cilindro neumático	Mindman Doble efecto MCQI2 11-32-100	230	230
2	Cilindro neumático	Mindman Doble efecto MCMI 11-20-80	100	200

CONTINÚA →

3	Electroválvulas 5/2	Mindman MVSC-180-4E1-G	110	330
1	Unidad de mantenimiento	Presión 6bar	125	125
1	Rollo de manguera neumática	Azul d=0.6x500cm	25	25
20	Conectores racor		1.50	30
			TOTAL	**940**

b. Costo de maquinado

Estos costos corresponden al costo de las máquinas empleadas para la fabricación de los diferentes componentes de la máquina envasadora lineal, a continuación se detallan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2:
Costos de maquinado

ELEMENTO	MÁQUINA	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
Estructura	Soldadura TIG Taladro Amoladora	200	200
Tanque de llenado	Dobladora Soldadura TIG Amoladora	120	120
Válvulas de llenado	Torno Taladro	400	400

CONTINÚA →

Banda transportadora	Soldadura TIG Taladro	60	60
Mesa niveladora	Torno Soldadura TIG Taladro	50	50
		TOTAL	**830**

5.1.2. Costos indirectos

Son aquellos que no intervienen directamente en la construcción de la máquina envasadora lineal.

a. Costo de materiales

Básicamente son materiales suplementarios en la construcción de la máquina, estos materiales se detallan en la tabla 5.3

Tabla 5.3:
Costo de materiales indirectos

CANT.	ELEMENTO	COSTO P/U [USD]	COSTO TOTAL [USD]
1	Grasa para rodamientos	15	15
1	Guaype	10	10
1	Elementos de corte	50	50
1	Elementos de protección	100	100
1	Acido	25	25
		TOTAL	**200**

5.2. Inversión Total

La inversión total es la sumatoria de los costos directos e indirectos, en la tabla 5.4 se indica estos costos.

Tabla 5.4:
Inversión Total

COSTOS	DETALLE DEL COSTO	COSTO [USD]
Directos	Costo de materiales directos	4977,4
	Costo de maquinado	830
Indirectos	Costo de materiales indirectos	200
	TOTAL	6007,4

5.3. Análisis de producción antes del proyecto

5.3.1. Capacidad de producción

El nivel de producción en el año 2014 se obtuvo consultando de manera directa al personal de contabilidad de la empresa, en la tabla 5.5 se detallan la capacidad de producción.

Tabla 5.5:
Producción de envasado antes del proyecto

PRODUCTOS ENVASES	CAPACIDAD INSTALADA [U]	PRODUCTIVIDAD [ENVASES/HORA]	PRODUCCIÓN MENSUAL [U]	PRODUCCIÓN ANUAL [U]
100-250cc	1800	1500	45000	540000

La producción depende de la cantidad de colaboradores que realicen el envasado del yogurt, aproximadamente cada colaborador envasa 150 unidades por hora.

5.3.2. Flujo de caja antes del proyecto

Tabla 5.6:
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		-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000
Servicios Básicos		-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30
Costos Adm.		-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
Ventas		22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
Utilidad antes de impuestos		2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7
Imp. Part. Trabj.[40%]		1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48
UDI Fn1	0	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22

Meses	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Inversión										
Materia Prima	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
Mano de obra	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000
Servicios Básico	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30	-21,30
Costos Adm.	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
Ventas	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
Utilidad antes de impuestos	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7	2978,7
Imp. Part. Trabj.[40%]	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48	1191,48
UDI Fn1	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22	1787,22

5.4. Análisis de producción después del proyecto

5.4.1. Capacidad de producción

El nivel de producción para este caso es la misma capacidad de producción anterior reduciendo los tiempos de operación en el envasado, en la tabla 5.6 se detallan la capacidad de producción.

Tabla 5.7:
Producción de envasado después del proyecto

PRODUCTOS ENVASES	CAPACIDAD INSTALADA [U]	PRODUCTIVIDAD [ENVASES/HORA]	PRODUCCIÓN MENSUAL [U]	PRODUCCIÓN ANUAL [U]
100-250cc	1800	1500	45000	540000

La máquina envasadora ha reducido los tiempos de operación, incrementando la eficiencia en el envasado y generando ganancias para la empresa.

5.4.2 Mantenimiento programado

El mantenimiento para la máquina consta de engrasar las partes móviles de la máquina, el lavado del tanque y de las válvulas de llenado esto se realiza diariamente.

5.5. Análisis de la inversión de la máquina envasadora lineal

El análisis se realiza en base a los factores financieros como son el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el perdió de recuperación de la inversión (PRI).

5.5.1. Flujo de caja después del proyecto

Tabla 5.8:
Flujos de caja después del proyecto

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversión	-6007,4									
Materia Prima		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
Mano de obra		-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500
Serv. Básicos		-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95
Costos Adm.		-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
Ventas		22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
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
Utilidad antes de impuestos		3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39
Imp. Part. Trabj.[40%]		1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556
UDI [60%]+ D Fn2		2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494
Fn2-Fn1	-6007,4	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274

Meses	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Materia Prima	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
Mano de obra	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500
Serv. Básicos	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95
Costos Adm.	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
Ventas	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
Depreciación	-16,66	-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	-100
Utilidad antes de impuestos	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39
Imp. Part. Trabj.[40%]	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556
UDI [60%]+ D Fn2	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494
Fn1-Fn2	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274

5.5.2. Cálculo del VAN y del TIR

Estos dos factores financieros permiten determinar la rentabilidad del proyecto de inversión.

El Valor Actual Neto (VAN) es un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión. Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas, la fórmula para determinar el VAN es:

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

Donde:

$\mathrm{VAN} = \text{Valor actual neto}$

$\mathrm{I_o} = \text{Inversion del proyecto}$

$\mathrm{FNE} = \text{Flujo neto de cada año}$

$\mathrm{i} = \text{Tasa de actualización}$

$\mathrm{n} = \text{Numero de meses de la inversión}$

Tasa Interna de Retorno, que sería el tipo de interés en el que el VAN se hace cero. Si el TIR es alto, estamos ante un proyecto empresarial rentable, que supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado. Sin embargo, si el TIR es bajo, posiblemente podríamos encontrar otro destino para nuestro dinero.

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

El cálculo del VAN y el TIR se realiza aplicando el programa Excel como se indica en la figura 5.1 y 5.2.

$$\text{TREMA} = 15\%$$
$$\text{VAN} = 155263{,}78$$
$$\text{TIR} = 25\%$$

$$\text{TIR} > \text{TREMA}$$

De acuerdo a los cálculos determinados el VAN es mayor a cero, que indica que la inversión inicial se recupera, dejando una utilidad de $155263,78.

La TIR es mayor al TREMA, que indica que el proyecto es viable, es decir que el proyecto tiene una rentabilidad del 25% con una inversión de $6007,4.

E16 | =VNA(E15;C13:AL13)-B13

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	**Mes**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2	**Inversión**	-6007,4												
3	**Materia Prima**		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
4	**Mano de obra**		-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500
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	-31,95
6	**Costos Adm.**		-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
7	**Ventas**		22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
8	**Depreciación**		-16,66	-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	-100
10	**Utilidad antes de impuestos**		3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39
11	**Imp. Part. Trabj [40%]**		1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,55
12	**UDI [60%]+ D Fn2**		2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,49
13	**Fn2-Fn1**	-6007,4	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274
14					**MENSUAL**	**ANUAL**								
15	**Fn1=**	1787,22		**TREMA=**	1,250%	15%								
16	**Imp. Part. Trabaj**	0,4		**VAN=**	12938,648	155263,78								
17	**Util. desp. Imp**	0,6		**TIR=**	2%	25%								

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	N
1	**Mes**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2	**Inversión**	-6007,4												
3	**Materia Prima**		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
4	**Mano de obra**		-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500	-1500
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	-31,95
6	**Costos Adm.**		-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600	-1600
7	**Ventas**		22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
8	**Depreciación**		-16,66	-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	-100
10	**Utilidad antes de impuestos**		3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39	3351,39
11	**Imp. Part. Trabj [40%]**		1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,556	1340,55
12	**UDI [60%]+ D Fn2**		2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,494	2027,49
13	**Fn2-Fn1**	-6007,4	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274	240,274
14					**MENSUAL**	**ANUAL**								
15	**Fn1=**	1787,22		**TREMA=**	1,250%	15%								
16	**Imp. Part. Trabaj**	0,4		**VAN=**	12938,648	155263,78								
17	**Util. desp. Imp**	0,6		**TIR=**	2%	25%								

Figura 5.2: Cálculo del TIR en Excel

5.5.3. Período de recuperación de la inversión

El período de recuperación de inversión (PRI) es el tiempo que la empresa recuperar el capital invertido en el proyecto.

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

Donde:

PRI = Periodo de recuperación de inversión

a = mes inmediato 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 el que se recupera la inversioñ

$$\mathrm{PRI} = 25 + \frac{(6007{,}4 - 6006{,}85)}{6247{,}124}$$

$$\mathrm{PRI} = 25$$

De acuerdo a los índices obtenidos la recuperación de la inversión se da en un tiempo estimado de 2 años 1 mes, que indica que el proyecto es factible por que cumple con un tiempo de recuperación de capital menor a los 5 años.

5.5.4. Relación beneficio costo

La relación benefició costo muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida, se determina dividiendo los ingresos brutos actualizados (beneficios) entre los costos actualizados.

Si la relación B/C es mayor a la unidad el proyecto es aceptable por que el beneficio es superior al costo.
Si B/C es menor que uno el proyecto debe rechazarse porque no existe beneficio.

Si B/C es igual a uno es indiferente llevar el proyecto porque no hay beneficio ni perdida.

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{YB_1}{(1+i)^1} + \cdots \frac{YB_n}{(1+i)^n}}{I_o + \frac{C_1}{(1+i)^1} + \cdots \frac{C_n}{(1+i)^n}}$$

Donde:

$YB = \text{Ingreso bruto en cada periodo}$

$I_o = \text{Inversión inicial}$

$1 + i = \text{Factor de actualización}$

$n = \text{Periodos}$

$C = \text{Egresos por cada periodo}$

$$\frac{B}{C} = 3{,}15$$

El proyecto es aceptable la relación B/C determinado es superior a la unidad.

En la tabla se detallan los indicadores financieros determinados para el presente proyecto.

Tabla 5. 9:

Resultados de los indicadores financieros

INDICADOR	RESULTADO	OBSERVACIÓN
VAN [USD]	155263,78	Aceptable
TIR > TREMA [%]	25 > 15	Aceptable
PRI < 5 AÑOS	2 < 5	Aceptable
B/C > 1	3,25 > 1	Aceptable

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES

- Se construyó esta máquina para mejorar de producción con una relación de 4 a 1 en comparación el sistema de producción manual.

- La máquina envasadora ha sido diseñada y analizada por el método de elementos finitos cumpliendo con las condiciones mecánicas adecuadas y un factor de seguridad superior a 6.

- Con esta máquina se impulsa las mejoras en el sistema de envasado del yogurt reduciendo los tiempos de operación manteniendo la misma producción cumpliendo con normas reglamentarias de higiene y nivel constante de producto en cada tipo de envase.

- El envasado actualmente es automatizado lo que da condiciones aptas de salubridad en el area de envasado de yogurt.

- Con la automatización del envasado de yogurt se logró tener un nivel constante de llenado en todos los envases que asegura el control de calidad.

- Con la automatización del envasado se controló el derrame de yogurt.

6.1. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que antes de poner en marcha la máquina leer detenidamente el manual de operación y mantenimiento ubicado en la sección de anexos.

- Se recomienda manipular los sistemas ajustables de la máquina a los niveles adecuados con las herramientas necesarias y no realizar cambios en los sistemas eléctricos y componentes electrónicos ubicados en el tablero de control ya que podrían ocasionar daños graves en el sistema.

- Se recomienda al operador a cargo de la puesta en marcha tomar muy en cuenta los tiempos de acuerdo a las condiciones que se encuentra el yogurt y variar al tiempo necesario desde el LOGO TD ubicado en el tablero de control.

- Se recomienda calibrar las válvulas de llenado de acuerdo a las dimensiones del envase a utilizar.

- Se recomienda cambiar los resortes de las válvulas de llenado cada 6 meses, debido a que el uso constante de estos pierden sus propiedades reduciendo la capacidad de elasticidad provocando que las válvulas no cierren correctamente.

NETGRAFÍA

[1] L. Paraiso. [En línea]. Available: http://yogufeijoa.blogspot.com/. [Último acceso: 2 12 2014].

[2] G. Maps. [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/maps/search/salcedo+lacteos+paraiso. [Último acceso: 6 12 2014].

[3] INEN, «Tecnologia de los alimentos,» *Norma Tecnica Ecuatoriana 2395,* vol. Primera Edicion, p. 2, 2011.

[4] M. R. Fatecha, «academia.edu,» 2015. [En línea]. Available: http://www.academia.edu/4983207/FICHA_T%C3%89CNICA_DEL_YOGURT. [Último acceso: 8 12 2014].

[5] Equitek, «Equitek,» 2013. [En línea]. Available: http://www.equitek.com.mx/maquinas-llenadoras/. [Último acceso: Diciembre 2014].

[6] «Equitek,» [En línea]. Available: https://www.equitek.com.mx/máquinas-llenadoras/. [Último acceso: 15 12 2014].

[7] Equitek, «Equitek,» 2013. [En línea]. Available: www.equitek.com.mx/envasado-volumetrico/. [Último acceso: Diciembre 2014].

[8] «Equitek,» [En línea]. Available: https://www.equitek.com.mx/envasado-volumetrico/. [Último acceso: 15 12 2014].

[9] «Equitek,» [En línea]. Available: https://www.equitek.com.mx/equipo-envasado-lineal/. [Último acceso: 17 12 2014].

[10] Equitek, «Equitek,» 2013. [En línea]. Available: www.equitek.com.mx/equipo-envasado-lineal/. [Último acceso: Diciembre 2014].

[11] Equitek, «Equitek,» 2013. [En línea]. Available: www.equitek.com.mx/envasadora-botellas/. [Último acceso: Diciembre 2014].

[12] «Equitek,» [En línea]. Available: https://www.equitek.com.mx/envasadora-botellas/. [Último acceso: 17 12 2015].

[13] A. C. Romero, Diseño de una maquina llenadora para botellas pet, Vols. %1 de %2Tesis de grado, Facultad de Ingenieria Mecanica ESPOL, Guayaquil, 2005, pp. 45-50.

[14] A. T. P. Productivos, «Tablas de viscosidad,» 2008. [En línea]. Available:

http://www.fmed.uba.ar/depto/tec_dieto/t2014.pdf. [Último acceso: Enero 2015].

[15] «Plastidel,» [En línea]. Available: https://plastidel.com.do/productos.php?det=botellas&pop=12. [Último acceso: 22 1 2015].

[16] D. B. D. Letona Federico, «Estudio y ensayo de aceros inoxidables,» Bueno Aires, 2008, p. 8.

[17] W. Calle, «Diseño - Factor de seguridad,» [En línea]. Available: https://es.scribd.com/doc/105524711/2-DISENO-FACTOR-DE-SEGURIDAD. [Último acceso: 17 Marzo 2015].

[18] E. N. Garcia, «Open Course Wae,» 2006. [En línea]. Available: http://ocwus.us.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/calculo-de-estructuras-1/apartados/apartado1_1.html. [Último acceso: 12 03 2015].

[19] «Tecnología de los plásticos,» [En línea]. Available: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polipropileno.html. [Último acceso: 22 3 2015].

[20] C. A. Chavez, «Seleccion de rodamientos,» Catalogo de rodamientos SKF, Ibarra, 2014.

[21] «Soportes con rodamiento,» [En línea]. Available: http://www.jocartransmisiones.com/PDF's/15-Soportes%20con%20rodamiento.pdf. [Último acceso: 12 4 2015].

[22] R. Lavayen, «dspace.espol.edu.ec,» [En línea]. Available: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1851/1/3668.pdf. [Último acceso: Febrero 2015].

[23] «Mindman,» [En línea]. Available: http://viaindustrial.com.ec/subbusqueda.asp?subbusqueda=cilindros-neumaticos. [Último acceso: 14 4 2015].

[24] Anonimo, «Suministros Neumaticos,» [En línea]. Available: http://suministrosneumaticos.com.co/almacen-virtual/cilindros-mindman/mcqv-39-40-detail. [Último acceso: Febrero 2015].

[25] H. C. Navarrete, «Calculo de fuerza para cilindros neumaticos,» de *Diseño e implementacion de una maquina felxible para envasar liquidos*, Guayaquil, UPS, 2010, p. 46.

[26] «Suministros Neumaticos,» [En línea]. Available: suministrosneumaticos.com.co/almacen-virtual/cilindros-mindman/mcqv-39-40-detail.

[Último acceso: 17 4 2015].

[27] «Suministros neumaticos,» [En línea]. Available: http://www.unitech.com.ec/2-1.htm. [Último acceso: 28 4 2015].

[28] ABB, «Catalogo de motores electricos,» 2012. [En línea]. Available: http://www.abb.com.ec/product/es/9AAC133417.aspx. [Último acceso: 2 5 2015].

[29] V. Series, «Redcutores,» 2010. [En línea]. Available: http://www.motelca.es/reductores%20-%20motovario.htm. [Último acceso: 4 5 2015].

[30] Siemens, «Guia para la puesta en marcha de variadores de velocidad,» *Sitec,* nº Guia tecnica N2, pp. 1-2, 2009.

[31] «Catálogo de variadores industrial sistems,» [En línea]. Available: http://www.aguirrezabal.com/archivos/productos/electronica-industrial/231/SV-iE5espanol-Def.pdf. [Último acceso: 8 5 2015].

[32] E. J. Ruano, Construccion y automatizacion de un caldero con un PLC, Vols. %1 de %2Tesis, Facultad de ingenieria mecanica EPN, Quito, 2009, pp. 9,23.

[33] «Catálogo de PLC siemens,» [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf. [Último acceso: 10 5 2015].

[34] «Catálogo de fuentes de alimentación delta,» [En línea]. Available: http://www.digikey.com/product-highlights/us/es/delta-power-mgmt-acdc-industrial/3751?WT.z_Tab_Cat=Featured%20Products. [Último acceso: 10 5 2015].

[35] U. E. 269-1, «FUSIBLES,» [En línea]. Available: http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias_PDF/T2/tema2_4.pdf. [Último acceso: Noviembre 2014].

[36] R. J., Motores eléctricos, Madrid: Vagma, 2006.

[37] «Catálogo de fusibles Camsco,» [En línea]. Available: http://www.camsco.com.tw/spa/fuse-link-base.htm. [Último acceso: 15 5 2015].

[38] «Catálogo conductores eléctricos AWG,» [En línea]. Available: http://www.controlfr.com/marcas/arsa/Conductores.pdf. [Último acceso: 15 5 2015].

[39] «Catálogo de accesorios eléctricos Camsco,» [En línea]. Available: http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/ci/cap5.pdf. [Último acceso: 18 5 2015].

[40] A. Jesus, «Scribd- Tablero Electricos,» 2009. [En línea]. Available: https://es.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos. [Último acceso: 3 04 2015].

[41] CORAPSA, «OAMBO,» [En línea]. Available: http://corapsa.com.mx/?q=es/productos/chumaceras-amb. [Último acceso: Enero 2015].

ANEXOS

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por los señores Edwin Patricio Chilig Guanochanga y Darwin Germanico Jiménez Jiménez bajo mi supervisión.

……
Ing. Washington Freire
DIRECTOR

……
Ing. Freddy Salazar
CODIRECTOR

……
Ing. Katya Torres
DIRECTORA DE CARRERA

……
Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO