

**DISEÑO DE UNA ENVASADORA AUTOMATIZADA DE PRODUCTOS LÍQUIDOS DE  
LA LINEA DE BIOSEGURIDAD EN LA EMPRESA LABORATORIOS EUFAR S.A.,  
BOGOTÁ, COLOMBIA**

**DANIEL FELIPE FERRO ARIZA**

**Proyecto integral de grado para optar al título de:**

**Ingeniero Mecánico**

**Orientador**

**María Angélica Acosta Pérez**

**Directora Departamento de Mecánica**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**BOGOTÁ D.C**

**2023**

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Nombre  
Firma del director

---

Nombre  
Firma del codirector

---

Nombre  
Firma del presidente del jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

Bogotá D.C. febrero 2023

## DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

**Dr. Mario Posada García Peña**

Consejero Institucional

**Dr. Luis Jaime Posada García**

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

**Dra. Alexandra Mejía Guzmán**

Vicerrector Administrativo y Financiero

**DR. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro**

Secretaria General

**Dr. José Luis Macías Rodríguez**

Decano de la Facultad

**Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto**

Director de Programa

**Ing. María Angélica Acosta Pérez**

Los directivos de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente, no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento, estos corresponden únicamente a la propiedad intelectual del autor.

## **DEDICATORIA**

Aunque la mayoría de las veces parece que estuviéramos en una batalla, hay momentos en los que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos. Por esto dedico esta tesis a:

Dios, por ser el creador de mi vida y darme la fuerza para no desfallecer antes las adversidades y vencer todos los obstáculos.

Todos los ingenieros y compañeros de trabajo, los cuales me brindaron conocimientos a lo largo de estos últimos 5 años, haciendo de mí un Ingeniero Mecánico.

Mis padres, mi hermano y mi novia por ser el pilar de mi formación en principios y valores, apoyándome en todos los proyectos de mi vida.

## **TABLA DE CONTENIDO**

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>1. MARCO TEORICO</b>	<b>13</b>
1.1 Diagnóstico de la empresa	13
1.2 Referencias	16
<b>2. DISEÑO CONCEPTUAL</b>	<b>29</b>
2.1 Proceso y funcionamiento	29
2.2 Subsistemas que componen la maquina	30
2.3 Análisis de diseño	33
2.4 Evaluación de alternativas	35
2.5 Criterios de selección	36
2.6 Matriz de decisión	36
<b>3 PROPUESTA DE DISEÑO</b>	<b>38</b>
3.2 Parámetros de diseño	38
3.3 Sistema de transporte	41
3.4 Diseño del sistema de transporte	41
4.3 Selección de los elementos del sistema de transporte	50
2.3 Ensamble de la banda transportadora	54
3.2 Sistema hidráulico	54
3.4 Tiempo de llenado teórico	63
3.5 Ensamble del sistema hidráulico	64
3.6 Sistema neumático	65
3.7 Ensamble del sistema neumático	72
3.8 Sistema estructural	73
3.9 Sistema de control	79
<b>4 MANUALES</b>	<b>82</b>
4.3 Manual de operaciones	82
4.4 Manual de mantenimiento	84
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>91</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Plano primer nivel de la empresa	14
<b>Figura 2.</b> Envasadoras de líquidos de la empresa	14
<b>Figura 3.</b> <i>Proceso de producción</i>	15
<b>Figura 4.</b> <i>Envasadora de baja capacidad</i>	16
<b>Figura 5.</b> <i>Envasadora lineal</i>	16
<b>Figura 6.</b> <i>Envasadora rotativa</i>	17
<b>Figura 7.</b> <i>Envasadora de agua Ahuelican S.A.</i>	18
<b>Figura 8.</b> <i>Envasadoras de líquidos productos desinfectantes veterinarios</i>	19
<b>Figura 9.</b> <i>Maquina llenadora de envases PED</i>	20
<b>Figura 10.</b> <i>Fuerzas aplicadas en la maquina envasadora de yogurt</i>	21
<b>Figura 11.</b> <i>Maquina envasadora de vinos</i>	22
<b>Figura 12.</b> <i>Maquina envasadora de jugos pasteurizados</i>	23
<b>Figura 13.</b> <i>Maquina envasadora de líquidos</i>	24
<b>Figura 14.</b> <i>Maquina envasadora y tapadora de yogurt</i>	25
<b>Figura 15.</b> <i>Maquina llenadora de miel</i>	26
<b>Figura 16.</b> <i>Metodología de diseño envasadora de líquidos</i>	27
<b>Figura 17.</b> <i>Diseño envasador de sustancias líquidas</i>	28
<b>Figura 18.</b> <i>Metodología de diseño envasadora de líquidos Eufar S.A.S.</i>	30
<b>Figura 19.</b> <i>Sistema básico del sistema hidráulico</i>	31
<b>Figura 20.</b> <i>Sistema básico del sistema neumático</i>	32
<b>Figura 23.</b> <i>Alternativa 3 envasadora de líquidos</i>	35
<b>Figura 24.</b> <i>Fases de la banda transportadora</i>	41
<b>Figura 25.</b> <i>Distancia entre envases</i>	41
<b>Figura 26.</b> <i>Diseño del soporte de la banda transportadora</i>	43
<b>Figura 27.</b> <i>Diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector soporte banda transportadora</i>	44
<b>Figura 32.</b> <i>Fórmulas para calcular las propiedades de la sección.</i>	49
<b>Figura 33.</b> <i>Diagrama de velocidad angular</i>	51
<b>Figura 34.</b> <i>Diagrama de torque de aceleración</i>	51
<b>Figura 37.</b> <i>Tanque de almacenamiento</i>	55
<b>Figura 38.</b> <i>Tanque de almacenamiento parte 1</i>	55
<b>Figura 39.</b> <i>Tanque de almacenamiento parte 2</i>	56
<b>Figura 40.</b> <i>Tanque de almacenamiento parte 3</i>	56
<b>Figura 41.</b> <i>Boquilla de llenado</i>	57
<b>Figura 42.</b> <i>Boquilla de llenado parte 1</i>	58
<b>Figura 43.</b> <i>Boquilla de llenado parte 2</i>	58
<b>Figura 44.</b> <i>Boquilla de llenado parte 3</i>	59
<b>Figura 45.</b> <i>Abrazadera inoxidable</i>	60

<b>Figura 46.</b> Diagrama de recorrido del fluido	60
<b>Figura 47.</b> <i>Ensamble de sistema hidráulico</i>	65
<b>Figura 48.</b> <i>Diagrama conexión neumática</i>	65
<b>Figura 49.</b> <i>Movimiento cilindro placa de llenado</i>	66
<b>Figura 50.</b> <i>Movimiento cilindro placa de llenado</i>	66
<b>Figura 51.</b> Diagrama del movimiento cilindro placa de llenado	67
<b>Figura 52.</b> <i>Movimiento cilindro boquillas de llenado</i>	69
<b>Figura 53.</b> <i>Movimiento cilindro freno de envases</i>	70
<b>Figura 54.</b> <i>Ensamble del sistema neumático</i>	73
<b>Figura 55.</b> Esquema estructura lineal	73
<b>Figura 56.</b> <i>Área que soporta cargas</i>	74
<b>Figura 57.</b> <i>Diagrama análisis del fuerza cortante y momento estructura</i>	75
<b>Figura 58.</b> <i>Diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector estructura</i>	76
<b>Figura 59.</b> <i>Diseño estructura</i>	77
<b>Figura 60.</b> <i>Elementos del sistema estructural</i>	77
<b>Figura 61.</b> <i>Diseño placa superior</i>	78
<b>Figura 62.</b> <i>Diseño eje guía</i>	78
<b>Figura 63.</b> <i>Diseño placa inferior</i>	78
<b>Figura 64.</b> Ensamble sistema estructural	79

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> <i>Productos y presentaciones de la línea de bioseguridad</i>	13
<b>Tabla 2</b> <i>Cantidades de productos de la línea de bioseguridad fabricadas</i>	15
<b>Tabla 3</b> <i>Ecuación método ponderación lineal scoring</i>	35
<b>Tabla 4</b> <i>Escala de valoración para i</i>	36
<b>Tabla 5</b> <i>Selección de alternativas</i>	37
<b>Tabla 6</b> <i>Densidades de los productos</i>	38
<b>Tabla 7</b> <i>Parámetros de los envases</i>	39
<b>Tabla 8</b> <i>Propiedades acero inoxidable 304</i>	39
<b>Tabla 9</b> <i>Selección de alternativas</i>	40
<b>Tabla 10</b> <i>Calculo distancia total de la banda transportadora</i>	42
<b>Tabla 11</b> <i>Calculo tiempo total de la banda transportadora</i>	42
<b>Tabla 12</b> <i>Calculo velocidad de la banda transportadora</i>	42
<b>Tabla 13</b> <i>Calculo masa total de la banda transportadora</i>	43
<b>Tabla 14</b> <i>Calculo peso de la banda transportadora</i>	43
<b>Tabla 15</b> <i>Cálculo esfuerzo permisible</i>	44
<b>Tabla 16</b> <i>Cálculo módulo de la sección transversal soporte banda trasportadora</i>	45
<b>Tabla 17</b> <i>Cálculo del grosor de la lamina soporte banda trasportadora</i>	45
<b>Tabla 18</b> <i>Integración de la ecuación diferencial elástica</i>	46
<b>Tabla 19</b> <i>Cálculo del momento de inercia del soporte de la banda</i>	46
<b>Tabla 20</b> <i>Cálculo constante 1</i>	46
<b>Tabla 21</b> <i>Cálculo pendiente máxima</i>	47
<b>Tabla 22</b> <i>Cálculo constante 2</i>	47
<b>Tabla 23</b> <i>Cálculo deflexión máxima</i>	47
<b>Tabla 24</b> <i>Calculo módulo de la sección transversal eje de transmisión</i>	49
<b>Tabla 25</b> <i>Cálculo del grosor de la lamina soporte banda trasportadora</i>	49
<b>Tabla 26</b> <i>Ficha técnica cadena de tablillas para banda transportadora</i>	50
<b>Tabla 27</b> <i>Ficha técnica ruedas para banda transportadora</i>	50
<b>Tabla 28</b> <i>Calculo velocidad angular del motor</i>	51
<b>Tabla 29</b> <i>Calculo torque de aceleración del motor</i>	52
<b>Tabla 30</b> <i>Calculo potencia del motor</i>	52
<b>Tabla 31</b> <i>Ficha técnica para motores eléctricos</i>	52
<b>Tabla 32</b> <i>Cálculo de relación de transmisión</i>	53
<b>Tabla 33</b> <i>Ficha técnica para reductores de velocidad</i>	53
<b>Tabla 34</b> <i>Calculo volumen del tanque</i>	55
<b>Tabla 35</b> <i>Calculo masa del tanque</i>	56
<b>Tabla 36.</b> <i>Ficha técnica para manguera PVC reforzada con espiral de acero Ficha técnica para manguera PVC reforzada con espiral de acero</i>	59
<b>Tabla 37</b> <i>Calculo caudal</i>	61

<b>Tabla 38</b> <i>Cálculo del área transversal</i>	61
<b>Tabla 39</b> <i>Cálculo del área transversal</i>	61
<b>Tabla 40</b> <i>Cálculo Numero de Reynols</i>	61
<b>Tabla 41</b> <i>Cálculo factor de fricción</i>	62
<b>Tabla 42</b> <i>Cálculo de las pérdidas del sistema</i>	62
<b>Tabla 43</b> <i>Cálculo de la carga dinámica total</i>	62
<b>Tabla 44</b> <i>Cálculo de la carga dinámica total</i>	63
<b>Tabla 45</b> <i>Ficha técnica para electrobombas</i>	63
<b>Tabla 46</b> <i>Cálculo de tiempo de llenado</i>	64
<b>Tabla 47</b> <i>Tabla de tiempo de llenado teórico</i>	64
<b>Tabla 48</b> <i>Calculo área del embolo</i>	67
<b>Tabla 49</b> <i>Calculo diámetro del embolo</i>	67
<b>Tabla 50</b> <i>Ficha técnica carrara del vástago cilindro neumático placa de llenado</i>	68
<b>Tabla 51</b> <i>Ficha técnica diámetro del cilindro neumático placa de llenado</i>	68
<b>Tabla 52</b> <i>Ficha técnica carrara del vástago boquilla de llenado</i>	69
<b>Tabla 53</b> <i>Ficha técnica diámetro del cilindro neumático boquilla de llenado</i>	69
<b>Tabla 54</b> <i>Calculo diámetro del embolo cilindro neumático freno de envase</i>	70
<b>Tabla 55</b> <i>Ficha técnica carrera del vástago freno de envases</i>	70
<b>Tabla 56</b> <i>Ficha técnica diámetro del cilindro neumático freno de envases</i>	71
<b>Tabla 57</b> <i>Ficha técnica válvula solenoide</i>	71
<b>Tabla 58</b> <i>Ficha técnica regulador de presión</i>	72
<b>Tabla 59</b> <i>Ficha técnica lubricador</i>	72
<b>Tabla 60</b> <i>Calculo masa total</i>	74
<b>Tabla 61</b> <i>Calculo peso del tanque de almacenamiento</i>	74
<b>Tabla 62</b> <i>Calculo módulo de la sección transversal estructura</i>	75
<b>Tabla 63</b> <i>Cálculo del grosor del perfil de la estructura</i>	76
<b>Tabla 64</b> <i>Designación de los elementos de entrada y salida del GRAFCET</i>	79
<b>Tabla 65</b> <i>Mantenimiento sistema de transporte</i>	85
<b>Tabla 66</b> <i>Mantenimiento fallas sistema de transporte</i>	85
<b>Tabla 67</b> <i>Mantenimiento sistema hidráulico</i>	86
<b>Tabla 68</b> <i>Mantenimiento fallas sistema hidráulico</i>	86
<b>Tabla 69</b> <i>Mantenimiento sistema neumático</i>	87
<b>Tabla 70</b> <i>Mantenimiento fallas sistema neumático</i>	87
<b>Tabla 71</b> <i>Mantenimiento sistema estructural</i>	87
<b>Tabla 72</b> <i>Mantenimiento fallas sistema estructural</i>	88
<b>Tabla 73</b> <i>Manual de mantenimiento componentes</i>	88
<b>Tabla 74</b> <i>cálculo de llenado de 100 envases</i>	89

## **RESUMEN**

El proyecto se realiza con el fin de innovar el proceso de producción de la empresa aumentando la productividad de productos desinfectantes, para esto, se tienen en cuenta los tipos de máquina, el funcionamiento y condiciones de operación los diferentes tipos de líquidos. Implementado lo antes mencionado, se realizan los cálculos, selección de los elementos, materiales de construcción y propuesta del diseño; buscando cumplir y mejorar el proceso de envasado de los productos de la línea de bioseguridad.

Este proyecto se desarrolló en tres etapas: investigación, análisis de los componentes, búsqueda de alternativas, diseño de los componentes y elaboración del manual de mantenimiento. Se utilizó el software Autodesk Inventor para la elaboración de cada uno de los componentes del sistema.

Se tuvo en cuenta las cantidades y tiempos de producción de los productos de la línea de bioseguridad la cual fue proporcionada por la empresa Eufar S.A.S, se analizaron los esfuerzos máximos utilizando diagramas de momento flector y fuerza cortante, y se emplearon elementos finitos de los elementos que soportan cargas en el sistema.

Como resultado final del presente trabajo, se obtuvo un diseño acorde a los requerimientos de la empresa cumpliendo con la funcionalidad, confiabilidad y factibilidad.

Palabras clave: Envasadora de líquidos, diseño, automatización, dosificación, bioseguridad.

## INTRODUCCIÓN

En este proyecto se realizará el diseño de una máquina envasadora de líquidos automatizada en la empresa Laboratorios EUFAR S.A., Bogotá, Colombia que cumpla las funciones de dosificar y envasar las varias presentaciones de la línea de bioseguridad de la empresa automáticamente. Las causas por las cuales se va a diseñar esta máquina son:

- No hay una maquina automatizada en la empresa que pueda hacer el proceso de llenado de envases de los diferentes productos líquidos de la línea de bioseguridad de la empresa
- Las maquinas que ya existen para el envasado de líquidos son muy costosas y grandes
- Se requiere aumentar la productividad y las maquinas que hay en la empresa actualmente no permite esto

El objetivo general es “Diseñar una máquina dosificadora envasadora de líquidos automatizada para mejorar la eficiencia operativa de producción en la empresa Laboratorios Eufar S.A., Bogotá, Colombia”. Con el fin de cumplir este objetivo se desarrollarán los siguientes objetivos específicos.

- Definir la situación actual, parámetros y especificaciones de diseño de una máquina dosificadora envasadora de líquidos automatizada.
- Establecer alternativas de una máquina dosificadora envasadora de líquidos automatizada y seleccionar la más viable.
- Desarrollar el diseño de una maquina dosificadora envasadora de líquidos automatizada más viable.
- Elaborar el manual de mantenimiento del sistema.

El proyecto se compromete a elaborar el diseño de una maquina dosificadora envasadora de líquidos automatizada, pero no se compromete a la construcción de dicho diseño.

Los aspectos que se trabajarán en este proyecto serán:

- Los cálculos pertinentes para que la maquina sea funcional
- Diseño de una máquina dosificadora envasadora de líquidos automatizada
- Simulación por elementos finitos de la parte más crítica de la maquina
- Planos técnicos de los componentes de la máquina

## 1. MARCO TEORICO

En el presente capítulo, se menciona información general de la empresa y el estado del arte de los diferentes estudios relacionados con el problema de investigación los cuales tienen información que sirven para comprender y analizar parámetros que aseguren el flujo lógico del presente proyecto que se debe tener en cuenta al momento de implementar una nueva alternativa de diseño de una envasadora de líquidos en la producción de Laboratorios Eufar S.A.

### 1.1 Diagnóstico de la empresa

La empresa cuenta con 40 años en el mercado trabajando por la salud humana, diseñando, fabricando y comercializando productos para la línea de bioseguridad y dentales, con altos estándares de calidad, manteniendo un proceso de mejora continua, encaminado a la satisfacción de las necesidades de los clientes y al cuidado del medio ambiente [1]. Esta empresa maneja diferentes equipos para el envasado de los productos líquidos de la línea de bioseguridad los cuales cumplen con el mismo principio de funcionalidad al de este proyecto, pero su diseño y estructuración es totalmente diferente. La tabla (1) muestra los productos líquidos y las presentaciones de la línea de bioseguridad, los cuales se van a tener en cuenta para que el diseño de la maquina cumpla la función de llenar estas presentaciones.

**Tabla 1**

*Productos y presentaciones de la línea de bioseguridad*

<b>PRODUCTO</b>	<b>240 mL</b>	<b>500 mL</b>	<b>750 mL</b>	<b>1 L</b>	<b>3.8 L</b>	<b>5 L</b>
<b>BENZIRAL</b>				X		X
<b>BONZYME</b>		X		X	X	X
<b>EUCIDA ADVANCED</b>	X	X	X		X	
<b>EUCIDA CLASSIC</b>	X					
<b>EUFARCIDE</b>						X
<b>EUCIDA FREE ALCOHOL</b>			X			
<b>GLUTFAR</b>					X	
<b>GLUTFAR PLUS HLD</b>		X		X	X	X

**Nota** En la tabla se observan los productos y presentaciones de la línea de bioseguridad

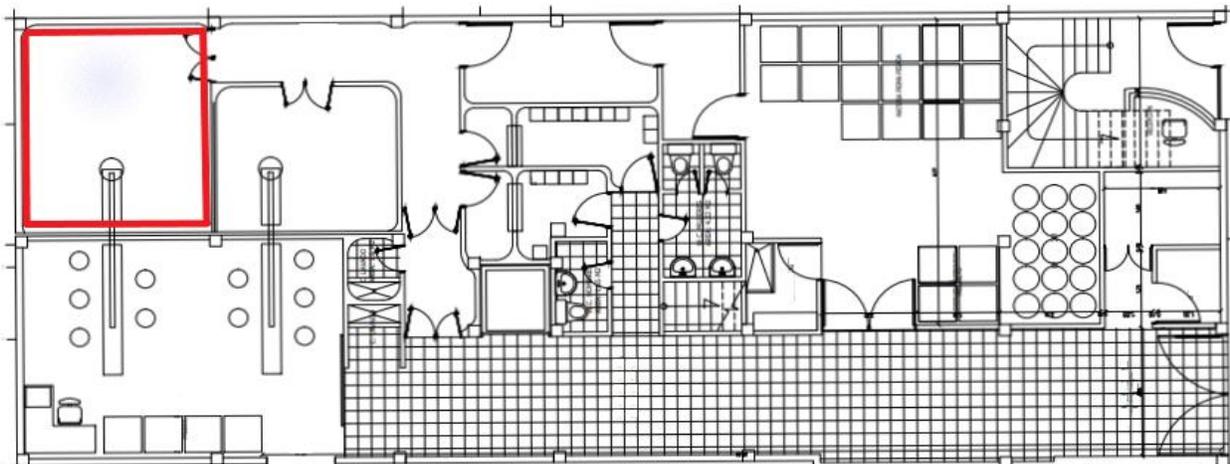
Actualmente en Laboratorios EUFAR en el área de producción figura (1), el proceso de llenado de envases de productos de la línea de bioseguridad se realiza mediante equipos de envase de baja capacidad y sin un proceso industrial automatizado.

La empresa, para el envase de productos de desinfección cuenta con 2 envasadoras de líquidos como se muestra en la figura (2), ya que se manejan diferentes tipos de productos como se muestra en la tabla (1) y el área de producción cuenta con un área reducida de 56 m<sup>2</sup>; esto implica que:

- Únicamente se pueda tener un equipo para el envasado del producto
- Se generen tiempos muertos en los que se deben cambiar los equipos dependiendo del producto que se va a fabricar

**Figura 1.**

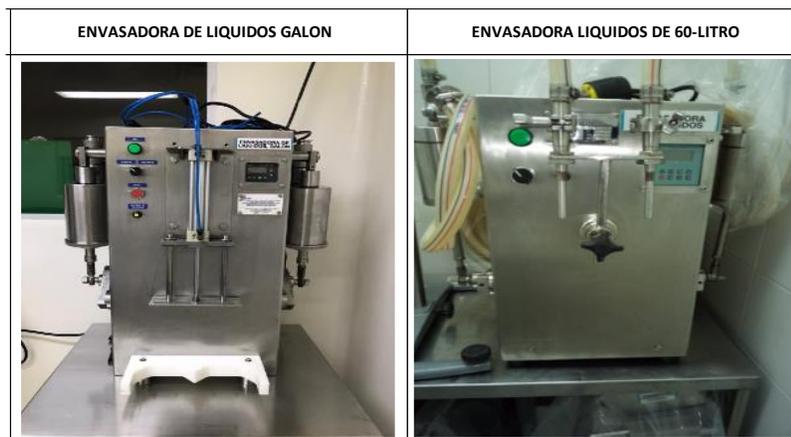
*Plano primer nivel de la empresa*



**Nota.** La figura representa el plano del primer nivel de la empresa, en la cual será ubicado la envasadora de líquidos. Tomado de: Laboratorios Eufar S.A.

**Figura 2.**

*Envasadoras de líquidos de la empresa*

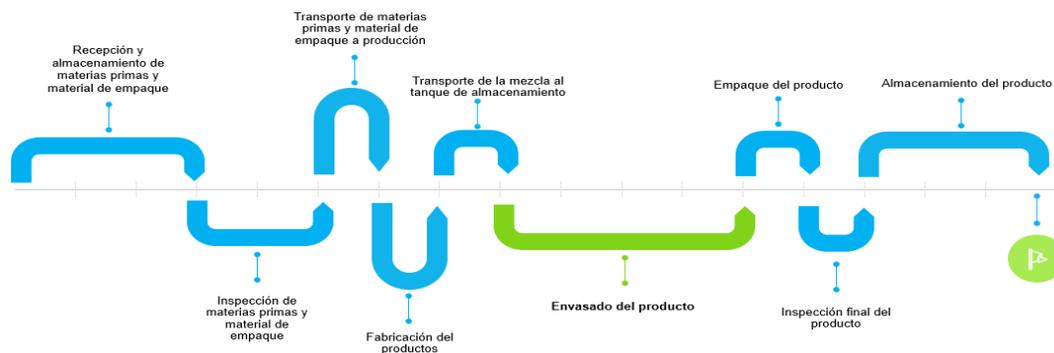


**Nota.** La figura muestra las diferentes envasadoras de líquidos de la empresa. Tomado de: Laboratorios Eufar S.A.

El proceso de producción para envasar productos líquidos de la línea de bioseguridad de la empresa a partir de una maquina envasadora de líquidos, el cual consta del flujo que se muestra en la figura (3).

**Figura 3.**

*Proceso de producción*



*Nota.* La figura muestra el proceso de producción de productos de la línea de bioseguridad de la empresa.

En la tabla (2) se observa que para el periodo comprendido entre el año 2020 al 2022, las proyecciones de cantidades de producto de la línea de bioseguridad han venido incrementando, permitiendo ver que se necesita un sistema de dosificado y envasado automatizado.

**Tabla 2**

*Cantidades de productos de la línea de bioseguridad fabricadas*

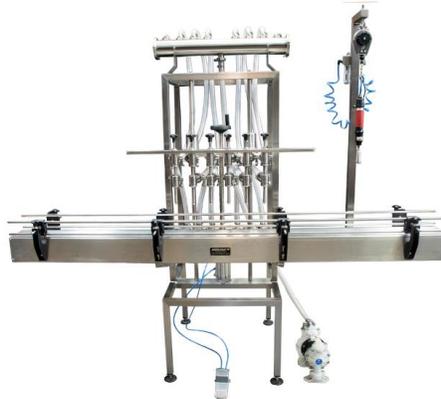
<b>PRODUCTO</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>TOTAL</b>
<b>BENZIRAL 5 L</b>	797	1.219	982	2.998
<b>BENZIRAL 1 L</b>	1.824	2.587	2.220	6.631
<b>BONZYME 5 L</b>	656	2.133	2.485	5.274
<b>BONZYME 3.8 L</b>	7.363	18.503	26.420	52.286
<b>BONZYME 1 L</b>	4.393	9.679	9.075	23.193
<b>BONZYME 500 mL</b>	2.641	6.057	7.453	16.151
<b>EUCIDA ADVANCED 4 L</b>	104	1.090	1.605	2.799
<b>EUCIDA ADVANCED 750 mL</b>	48.033	89.761	66.219	204.013
<b>EUCIDA ADVANCED 500 mL</b>	0	177	2.289	2.466
<b>EUCIDA ADVANCED 240 mL</b>	15.716	31.757	33.105	80.578
<b>EUCIDA CLASSIC 240 mL</b>	36.617	26.767	20.637	84.021
<b>GLUTFAR 3.8 L</b>	8.600	10.359	10.905	29.864
<b>GLUTFAR PLUS HLD 5 L</b>	237	4.485	2.157	6.879
<b>GLUTFAR PLUS HLD 3.8 L</b>	15.007	36.538	39.619	91.164
<b>GLUTFAR PLUS HLD 1 L</b>	3.887	8.962	10.933	23.783
<b>GLUTFAR PLUS HLD 500 mL</b>	1.638	5.540	71.224	78.402

*Nota* En la tabla se observan los productos vendidos entre el año 2020 y 2022

## 1.2 Referencias

- **Envasadoras de baja capacidad:** Como se muestra en la figura (4) estos equipos son económicos y confiables, empleados principalmente en microempresas las cuales manejan lotes de producción pequeños teniendo así un control manual para la fabricación de estos. [2].

**Figura 4.**  
*Envasadora de baja capacidad*



*Nota:* Envasadora baja capacidad. Tomado de Diseyco. [En línea]. Disponible:  
<https://www.diseyco.com.co/>

- **Envasadoras lineales:** Como se muestra en la figura (5) estos equipos son eficientes y confiables, empleados en empresas de producción media ya que logran velocidades de producción moderadas. [3]

**Figura 5.**  
*Envasadora lineal*



*Nota:* Envasadora lineal. Tomado de Tecnofarcr. [En línea] Disponible:  
<http://www.tecnofarcr.com>

- **Envasadoras rotativas:** Como se muestra en la figura (16) estos equipos tienen una frecuencia de operación elevada, son completamente automatizados ya que están enfocados en envasar grandes cantidades de producto y éstas son empleadas en empresas de producción alta. [4]

**Figura 6.**

*Envasadora rotativa*

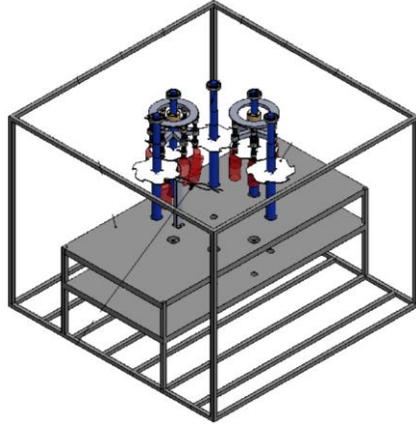


*Nota:* Envasadora rotativa. Tomado de envasadoras semiautomáticas. [En línea] Disponible: <https://www.ensadorassemiautomaticas.com>

- Ortega Rubén en el año 2013 realizó la investigación para la propuesta del diseño y construcción de una máquina para envasado de agua en la empresa Ahuelican S.A. con el fin de incrementar la producción envasando garrafones de agua de 0.5 L y 1 L. La metodología utilizada en este proyecto fue seleccionar la opción más viable de las alternativas y en base a esta fabricar los prototipos para garantizar el proceso de la sección de llenado [5]. Se implementó el diseño de una máquina rotativa automática como se observa en la figura (7).

**Figura 7.**

*Envasadora de agua Ahuelican S.A.*

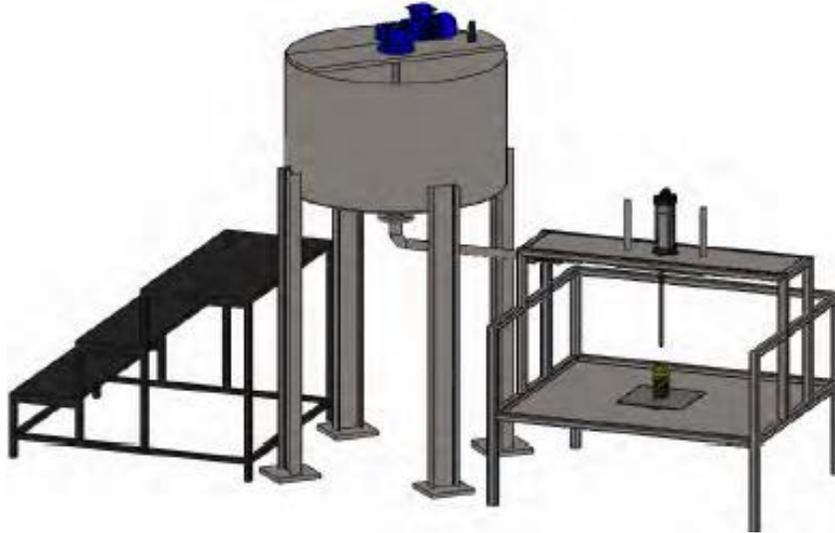


Nota En la figura se observa el diseño de la envasadora de agua para la empresa Ahuelican S.A.: Tomado de R. Ortega-Navarrete, Diseño y construcción de una máquina para envasador de agua, tesis, trabajo de grado, Universidad nacional autónoma de México, México D.C. 2013

- Rolando Javier Morillo Calderón en el año 2017 realizó la investigación para el diseño de un sistema automatizado de envasado y dosificado de productos desinfectantes veterinarios en la empresa BIOS COLOMBIA S.A.S., con el fin de mejorar la calidad y rendimiento de tiempos de producción, disminuyendo la cantidad de producto desperdiciado y tener seguimiento continuo de los procesos de envasado. La metodología utilizada en este proyecto integra al proceso de producción un sistema de ubicación de los envases y un módulo de supervisión de llenado de la máquina, iniciando un sistema automático mediante dos fases y componentes principales como el gabinete de equipos de control, el tanque de mezcla y almacenamiento, un motorreductor un sensor ultrasónico, una tubería en acero inoxidable, una electro válvula proporcional, un sistema de cilindro neumático doble efecto, una celda de carga y la estructura del sistema de dosificación [6] como se muestra en la figura (8) . A través de su estudio se describen los beneficios generados por su proyecto los cuales son la eliminación del riesgo ergonómico y el beneficio de producción por lo que se mejoró la calidad del producto, reducción de carga laboral y el aumento de la producción.

**Figura. 8**

*Envasadoras de líquidos productos desinfectantes veterinarios*



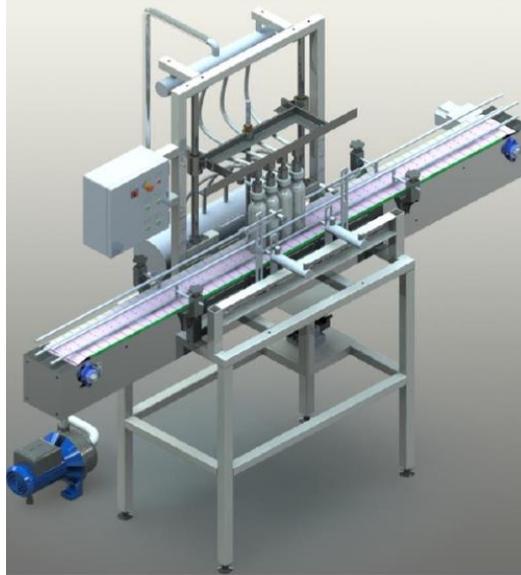
*Nota* En la figura se observa el diseño de la envasadora de desinfectantes veterinarios.: Tomado de R. Morillo Calderón, Diseño de un sistema automatizado de envasado y dosificación de productos desinfectantes veterinario, tesis, trabajo de grado, Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2017.

- Cortez Alexander, Parada Edgar y Valencia Adiel en el año 2021 realizaron la investigación para la propuesta de diseño de una maquina llenadora de envases PET como se observa en la figura (9). Con el fin de que esté presente altos rendimientos envasando diferentes presentaciones bajando los costos de fabricación y mantenimiento, aumentando la producción de la empresa manteniendo costos bajos.

La metodología utilizada en este proyecto para determinar el mejor equipo que se adecue al proceso de producción fue estudiar los diferentes tipos de llenadoras, la forma de llenado y los tipos de bandas transportadoras, realizaron los cálculos para el diseño de los elementos más importantes y el presupuesto detallado de los materiales y elementos empleados para la fabricación del equipo. Con el objetivo de tener una guía para el manejo, funcionamiento y seguridad de la maquina realizaron los manuales de montaje, mantenimiento y operación. [7]. A través del estudio se describen las características, cálculos y presupuesto para el diseño de los elementos más importantes con el fin de aumentar la producción de la empresa manteniendo costos bajos

**Figura 9.**

*Maquina llenadora de envases PED*



*Nota* En la figura se observa el diseño de una maquina llenadora de envases PET.: Tomado de A. Cortez-Espinoza. E. Parada-Zelaya. A. Valencia-Chávez, Propuesta de diseño de una maquina llenadora de envases PET, tesis, trabajo de grado, Facultad de ingeniería y arquitectura, Universidad del Salvador, San Salvador, 2021.

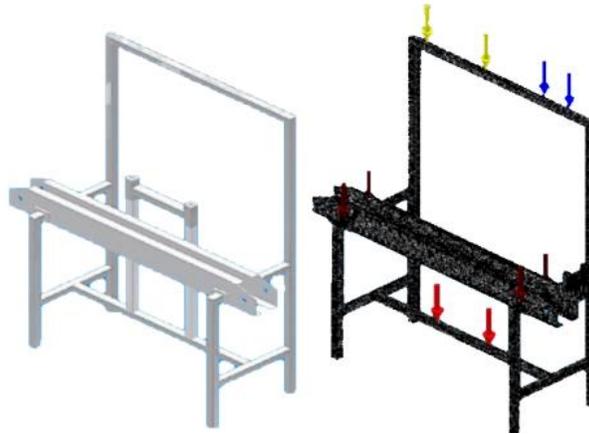
- Chilig Edwin y Jiménez Darwin en el año 2015 realizaron la investigación para el diseño e implementación de una maquina envasadora automática lineal de yogurt con el fin de envasar diferentes envases de diferente capacidad volumen, reduciendo tiempos y tener un nivel constante de llenado de todos los envases asegurando el control de calidad.

La metodología utilizada en este proyecto inicio a partir de los parámetros de diseño con el fin de definir el tipo de producto y envase para definir el sistema de llenado que se iba a implementar, luego se pasó al diseño de la máquina y selección de los componentes de los diferentes sistemas que lo componen como el sistema estructural, sistema de transporte, sistema de envasado y sistema neumático. [8]

A través de su estudio se describen las teorías mecánicas y eléctricas y lo sustenta mediante cálculos matemáticos y software de diseño y simulación como se muestra en la figura (10), también se determina la rentabilidad del proyecto de inversión ya que tiene una tasa interna de retorno del 25%, una tasa de rendimiento mínima aceptable del 15% y una recuperación del valor inicial.

**Figura 10.**

*Fuerzas aplicadas en la maquina envasadora de yogurt*

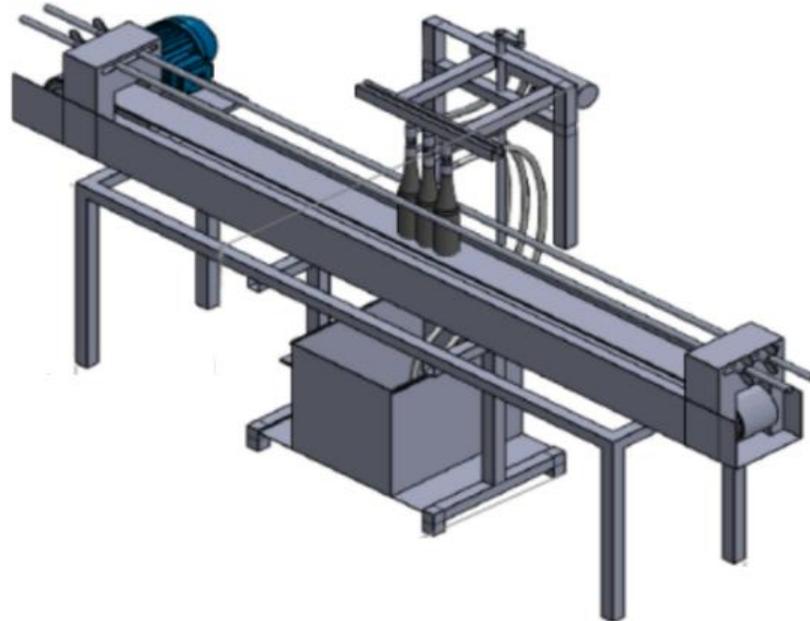


*Nota* En la figura se observa el diseño de una maquina envasadora de yogurt.: Tomado de E. Chilig Guanochanga y D. Jiménez Jiménez, Diseño e implementación de una maquina envasadora automática lineal de yogurt para incrementar la producción en la empresa productos lácteos Paraíso, tesis, trabajo de grado, departamento de eléctrica y electrónica, Universidad de las fuerzas armadas, Latacunga, 2015.

- García Mayken y Tullume José en el año 2019 realizaron la investigación para el diseño de una maquina dosificadora semiautomática para vino con capacidad de 350 U/H en la empresa “vino gran señor”- Monsefú, Lambayeque como se ve en la figura (11) con el fin de reducir el tiempo de envase e incrementar la productividad de la empresa. La metodología aplicada a este diseño parte desde la determinación de las necesidades de la empresa, luego conocer los códigos, normas, estándares y diseños de máquinas envasadoras de líquidos con el fin de elaborar especificaciones las cuales restrinja las variables de diseño, de esta manera se generaron 4 conceptos de diseño y mediante una matriz de selección de criterios se selecciona el mejor diseño. Mediante los estudios previos se realiza el dimensionamiento del equipo, la determinación de las cargas de diseño aplicadas sobre el equipo, el diseño y planos en software para transmitir de manera adecuada las instrucciones de cómo se debe construir el equipo. A través de su estudio se seleccionó la mejor alternativa de diseño mediante la matriz de criterios ponderados de Eggert, se elaboró el diseño en software y se realizó simulaciones de las cargas con el fin de seleccionar los mejores materiales. [9]

**Figura 11**

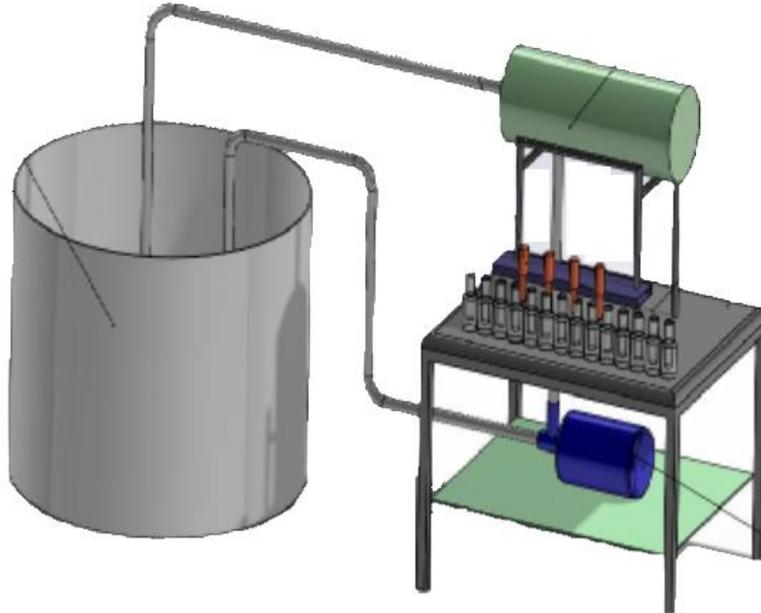
*Maquina envasadora de vinos*



*Nota* En la figura se observa el diseño de una maquina dosificadora semiautomática para vino.: Tomado de M. García-Díaz y J. Tullume-Pisfil, Diseño de una maquina dosificadora semiautomática para vino con capacidad de 350 U/H en la empresa “vino gran señor”- Monsefú, Lambayeque, tesis, trabajo de grado, Facultad de ingeniería, arquitectura y urbanismo, Universidad señor de Sipán. Perú-Pimental, 2019.

- Vásquez Ángel y Cortes Kristhian en el año 2014 realizaron la investigación para el diseño y construcción del prototipo de una máquina de embotellado de jugos pasteurizados como se ve en la figura (12) con el fin de mejorar el proceso y disminuir el esfuerzo y riesgo a accidentes por quemaduras de los operarios que se presentaban con frecuencia. La metodología que se empleó en este proyecto se basó en la estructura de diseño de Pahl y Beitz la cual permite delimitar, definir, evaluar y realizar un procedimiento organizado del producto a desarrollar mediante 4 fases las cuales son las especificaciones, el diseño conceptual, el diseño de ingeniería y el diseño en detalle. [10].

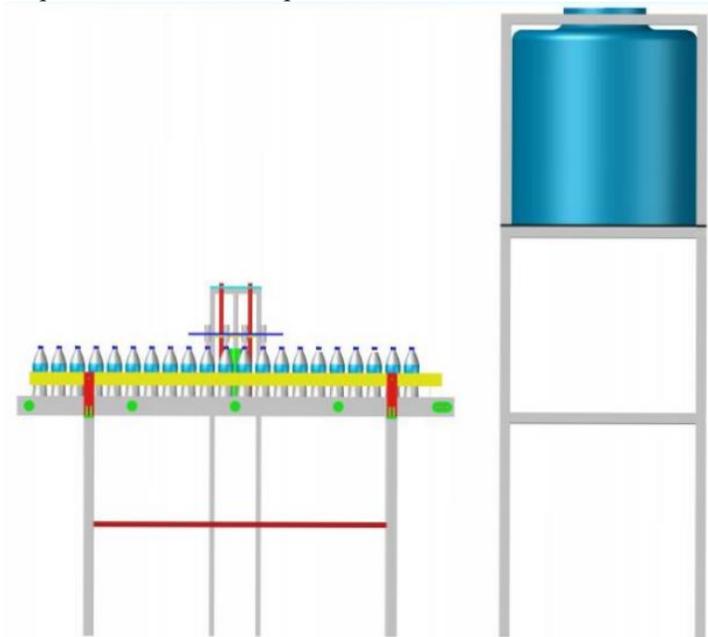
**Figura 12.**  
*Maquina envasadora de jugos pasteurizados*



**Nota** En la figura se observa el diseño de una maquina embotellado de jugos pasteurizados. Tomado de: A. Vásquez-Ospina y K. Cortes-Ángel, Diseño y construcción del prototipo de una máquina de embotellado de jugos pasteurizados, tesis, trabajo de grado, Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, 2014.

- Salinas Juan y Zaledón Nixian en el año 2016 realizaron la investigación para el diseño de una máquina para envasado de líquido, en botellas de 500 mL y 1000 mL para las PYMES como se ve en la figura (13), con el fin de mejorar el proceso ya que el proceso de envase se realiza de forma manual permitiendo que el producto no tenga la mejor calidad e incurra en riesgos del registro sanitario ya que el producto se puede contaminar. La metodología empleada en este proyecto fue definir los parámetros de funcionamiento para el diseño de una envasadora de líquidos, luego definir inicialmente el caudal del sistema y los parámetros de la máquina de la envasadora para los dos tipos de envase, con esta información se inició con el diseño del circuito eléctrico y neumático, la selección y programación del PLC, el diseño mecánico y por último realizo los costos de fabricación. A través de su estudio se implementó un diseño eficiente y rentable para las necesidades de la empresa. [11]

**Figura 13.**  
*Maquina envasadora de líquidos*



**Nota** En la figura se observa el diseño de una maquina envasadora de líquidos. Tomado de: J. Salinas-Ruiz y N. Zeledón-López, Diseño de un máquina para envasado de líquido, en botellas de 500 mL y 1000 mL para las PYMES, Facultad de tecnología de la industria, tesis, trabajo de grado, Universidad nacional de ingeniería, Managua, 2016.

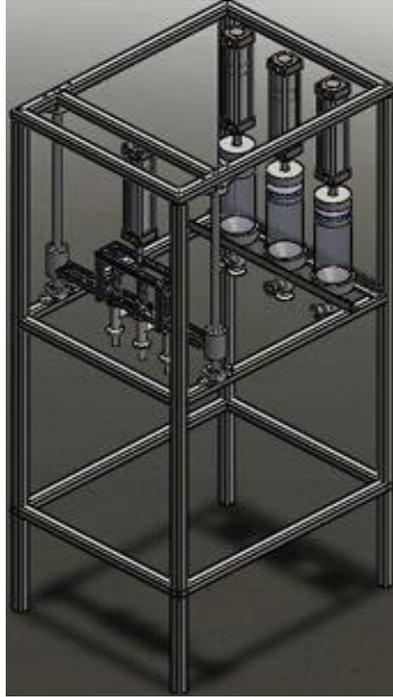
- Giovanni Medina en el año 2017 realizo una investigación para la propuesta de una maquina envasadora y tapadora de yogurt para la fábrica Lácteos San Francisco, como se observa en la figura (14). Con el fin de aumentar la línea de producción de la fábrica.

La metodología empleada en este proyecto consta de recopilar y analizar la información sobre todos los elementos que intervienen en la maquina con el objetivo de conocer el funcionamiento de proceso y con base en el realizar un diseño que sea la mejor alternativa y así obtener un adecuado montaje y pruebas de mantenimiento.

A través del estudio se logró suministrar la cantidad adecuada de yogurt en el envase, evitar que se desperdicie y contamine cumpliendo cada uno de los estándares de calidad. Por otro lado, se incremento la producción en un 50% y se redujeron los costos en 14.000 dólares. frente a máquinas de similares características en el mercado. [12]

**Figura 14.**

*Maquina envasadora y tapadora de yogurt*

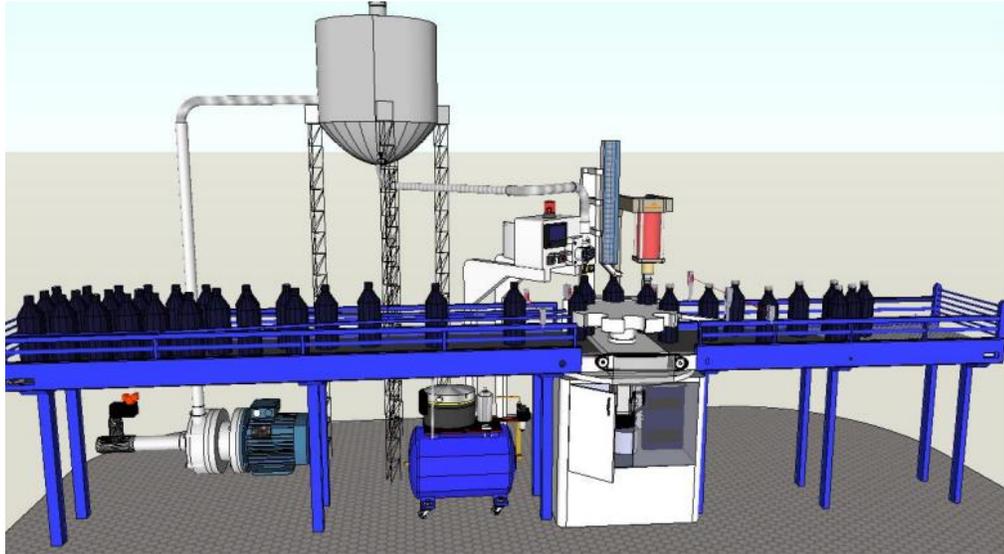


**Nota** En la figura se observa el diseño de una maquina envasadora y tapadora de yogurt. Tomado de: G. Medina-Lescano, Propuesta de una maquina envasadora y tapadora de yogurt para la fábrica Lácteos San Francisco, Facultad de mecánica, tesis, trabajo de grado, Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador, 2017.

- Andrés Salcedo y Jorge Gómez en el año 2012 realizaron el diseño de una maquina llenadora para Planta de Mieles del SENA, como se observa en la figura (15) con el fin de realizar un diseño en el área de embotellamiento debido a que no contaba con uno, por esta razón deciden realizas una maquina llenadora que logrará incluir una estación de llenado a la planta. El método empleado en este proyecto fue el Diseño Concurrente tanto para el proceso mecánico, eléctrico y de control de la maquina llenadora; en un segundo lugar lograron construir prototipos virtuales para obtener una adecuada simulación. Por último, se evaluaron todos los componentes del diseño y elaboraron el manual del usuario y manteamiento. A través del estudio se implementó una maquina llenadora en la etapa final de la Planta de Mieles del SENA, está logró ampliar las herramientas educativas de la nueva generación de conocimiento de la nación. [13]

**Figura 15.**

*Maquina llenadora de miel*

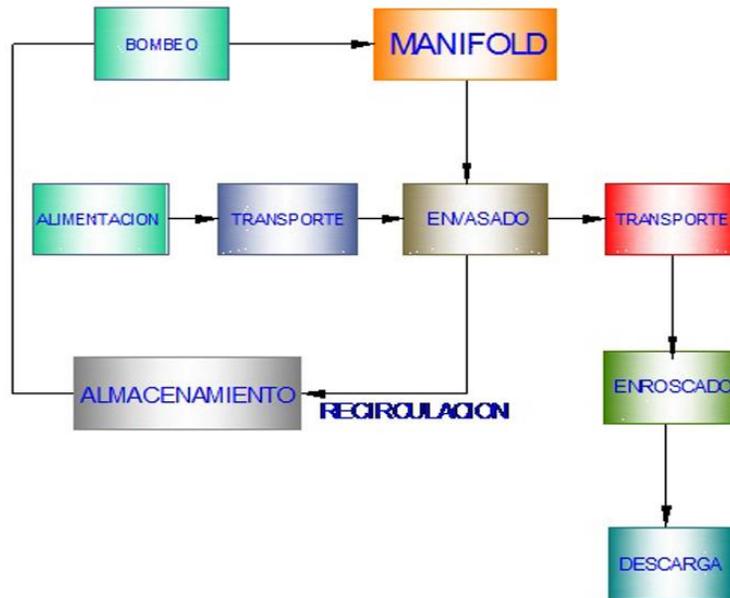


**Nota** En la figura se observa el diseño de una maquina envasadora de miel. Tomado de A. Salcedo-Castaño y J. Gómez-Tangarife, Diseño de una maquina llenadora para Planta de Miel del SENA, Facultad de ingeniería, tesis, trabajo de grado, Universidad autónoma de Occidente. Santiago de Cali, 2012.

- Henry Cruz y Edinson Campoverde en el año 2010, realizaron la investigación para el diseño de una maquina flexible para envasado de líquidos. Con el fin mejorar el proceso de envasado de bebidas empaques tipo pet de microempresas y poder mantenerse en este mercado que se caracteriza por ser competitivo. La metodología empleada en este proyecto es diseñar y construir una maquina semiautomática en la cual su mantenimiento sea simplificado para que el personal no requiera grandes conocimientos para su manipulación como lo muestra la figura (16). Igualmente, se desarrolla un de envasado abierto y flexible con el objetivo de ser integrados nuevos módulos operacionales de acuerdo con necesidades de consumo y producción. A través de su estudio se fomentó el desarrollo nacional, debido a con la construcción de esta máquina se logró incrementar la productividad de este tipo de bebidas. [14]

**Figura 16.**

*Metodología de diseño envasadora de líquidos*

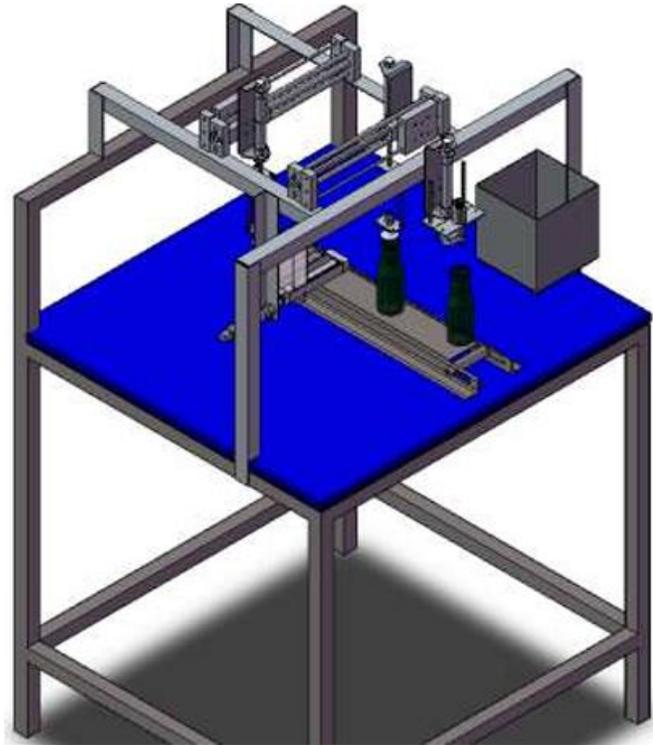


**Nota** En la figura se observa la metodología para el diseño de una máquina envasadora semiautomática. Tomado de: H. Cruz-Navarrete y E. Campoverde-Williams, Diseño de una máquina flexible para envasado de líquidos, Facultad de ingeniería, tesis, trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2010.

- Andrés González, Luis Quintero y Juan Rodríguez en el año 2007, realizaron el diseño y construcción de un proceso automatizado para el envasado de sustancias como lo muestra la figura (17). Con el fin de diseñar un nuevo prototipo para un sistema automatizado de sustancias líquida y contribuir a la formación de profesionales encargados de la imputación de tecnología en las empresas. La metodología empleada en el proyecto fue la delimitación de parámetros y posibles mejoras al diseño actual del proceso para poder realizar un nuevo diseño a la máquina, implementando el mayor número de elementos, de tipo industrial, con los que cuenta la universidad para ejemplificar algunas de sus múltiples aplicaciones. A través de este proyecto se logró la construcción de una máquina para el dosificado de sustancias líquidas que realice también el tapado de los envases involucrados en este proceso. [15]

**Figura 17.**

*Diseño envasador de sustancias líquidas*



**Nota** En la figura se observa el diseño de una maquina envasadora de sustancias Tomado de: A. González-Gómez, L. Quintero-Felizzola y J. Rodriguez-Bueno, Diseño y construcción de un proceso automatizado para el envasado de sustancias liquidas, Facultad de ingeniería mecatrónica, tesis, trabajo de grado, Universidad autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, 2007.

## **2. DISEÑO CONCEPTUAL**

En el presente capítulo se presentan y estudian los subsistemas que componen una envasadora y diferentes alternativas de diseño acorde proceso y funcionamiento del equipo. Posteriormente, para analizar estas alternativas se implementará una matriz de decisión con el método Pugh, ya que en este se compara y selecciona la alternativa de diseño más efectiva.

Con el fin de diseñar una máquina dosificadora envasadora automatizada de productos líquidos de la línea de bioseguridad que cumpla sus funciones acordes a las necesidades de la empresa. Actualmente en la industria existen diferentes tipos de máquinas que cumplen con el mismo principio de envasar diferentes productos líquidos, pero emplean distintos sistemas como se mostró en el capítulo anterior. Debido a esto, se investiga el diseño de una máquina que cumpla con la función de envasar todos los productos de la línea de bioseguridad de la empresa a un costo menor que el de las máquinas ya existentes en el mercado.

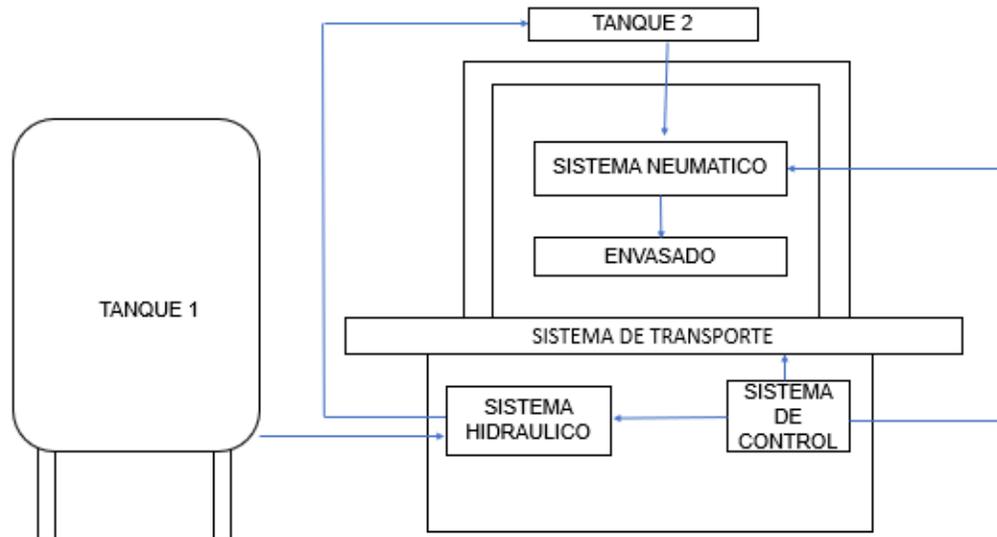
Con el fin de iniciar esta propuesta para el diseño de una máquina dosificadora llenadora de líquidos en la empresa Laboratorios EUFAR, se realizará un diseño que cumpla las necesidades para envasado automatizado de los diferentes tipos de productos de la línea de bioseguridad.

### **2.1 Proceso y funcionamiento**

La figura (18) muestra como debe ser el proceso del equipo iniciando con el suministro desde un tanque 1 el cual por medio del sistema hidráulico conduce el producto al tanque 2, este producto baja por gravedad a las boquillas de envasado las cuales mediante el movimiento vertical del sistema neumático conectan con los envases que se suministran al sistema de transporte logrando dosificar el producto en el envase de manera adecuada, cada uno de estos sistemas es controlado por el sistema de control.

**Figura 18.**

*Metodología de diseño envasadora de líquidos Eufar S.A.S.*



**Nota** En la figura se observa el diseño metodológico de la envasadora de líquidos

## 2.2 Subsistemas que componen la maquina

### 2.2.1 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico se emplea para transmitir y controlar las fuerzas y movimientos por medio de líquidos [16], en general este sistema está compuesto de:

- **Generador de presión:** Elemento encargado de transferir potencia al actuador para que se genere movimiento.
- **Sistema de mando:** Elemento encargado de la regulación del manejo de la transmisión de potencia.
- **Actuadores:** Elemento encargado de generar el trabajo transferido por el generador de presión.

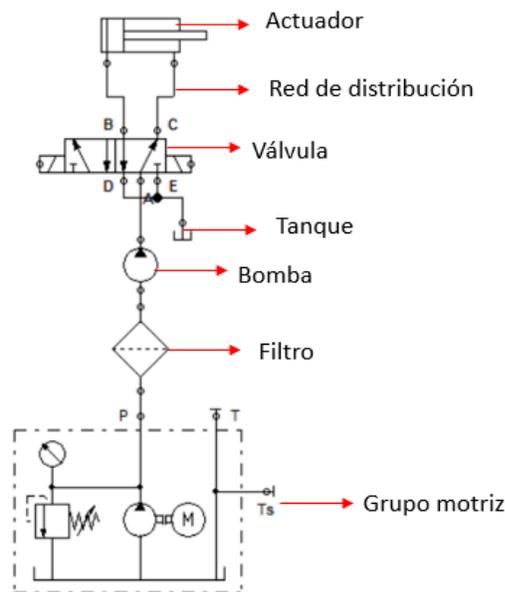
Para que esta transmisión de energía se aplique se necesita de los siguientes elementos:

- **Tanque:** Este elemento permite almacenar fluido para suministrar al sistema, su diseño hermético evita dejar entrar partículas externas y debe cumplir funciones como las de disipar el calor, separar el aire del fluido, tener alta resistencia y capacidad adecuada.
- **Filtro:** Este elemento sirve para tener un mejor control de contaminación de partículas sólidas externas y filtración de las impurezas como desgaste o erosión que se producen dentro de la máquina.

- **Bomba hidráulica:** Este elemento se encarga de transformar la energía mecánica en energía hidráulica, proporcionando al fluido la presión y el caudal correcta para su movimiento a través de las redes de distribución
- **Elementos de regulación y control:** Este elemento denominadas válvulas, regulan y controlan el paso del fluido que viene desde la bomba hidráulica a los actuadores.
- **Actuadores:** Este elemento denominado cilindros, a partir del fluido suministrado por la bomba genera energía hidráulica produciendo movimientos rectilíneos con el fin de generar la acción deseada.
- **Redes de distribución** Este elemento garantiza la presión y velocidad del fluido en los puntos que se necesite.

La figura (19) muestra un sistema básico del sistema hidráulico con algunos de los elementos principales.

**Figura 19.**  
*Sistema básico del sistema hidráulico*



**Nota** En la figura se observa el sistema básico del sistema hidráulico

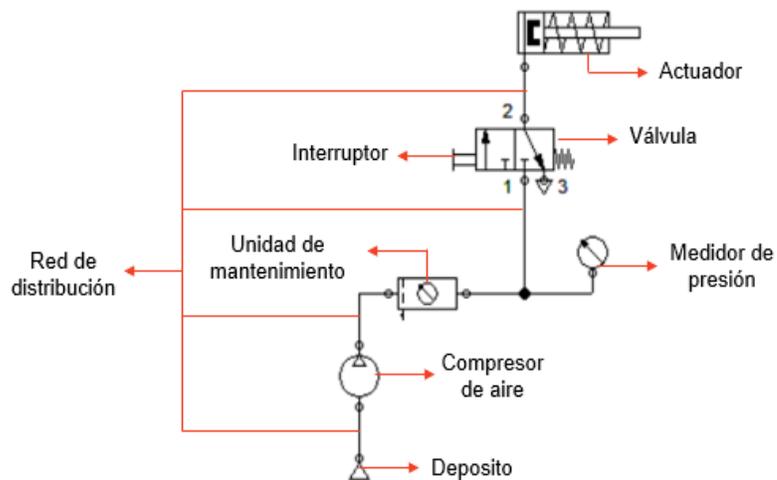
### 2.2.2 Sistema neumático

El sistema neumático se emplea para transmitir y controlar las fuerzas y movimientos por medio de aire [16], este sistema contribuye en la automatización del proceso con el fin de optimizar producción, en general este sistema está compuesto por:

- **Deposito:** Este un elemento que permite almacenar aire dando una seguridad de funcionamiento y mantener una estabilidad en el funcionamiento del sistema neumático del equipo.
- **Compresor de aire:** Este elemento se encarga de almacenar y comprimir aire, los compresores se dividen en dos grupos con el fin de darle potencia al sistema neumático del equipo los cuales son:
  - Compresores dinámicos
  - Compresores de desplazamiento positivo
- **Medidor de presión**
- **Unidad de mantenimiento**
- **Interruptor**
- **Actuadores:** Este elemento denominado cilindros, a partir del fluido suministrado por el compresor genera energía produciendo movimientos rectilíneos con el fin de generar la acción deseada.
- **Redes de distribución:** Este elemento garantiza la presión y velocidad del aire en los puntos que se necesite.

La figura (20) muestra un sistema básico del sistema neumático con algunos de los elementos principales.

**Figura 20.**  
*Sistema básico del sistema neumático*



**Nota** En la figura se observa el sistema básico del sistema neumático

### **2.2.3 Sistema de control**

Según [18] el sistema de control es un arreglo de componentes físicos conectados que permiten comandar, dirigir o regular el funcionamiento del sistema. Con el fin de conseguir un dominio de las variables de salida mediante la manipulación de las variables de control de modo que se obtenga resultados esperados y se reduzcan las posibilidades de fallo de la producción, un sistema de control debe:

- Garantizar la estabilidad del equipo frente perturbaciones y errores en los modelos.
- Ejecutar de manera eficiente en las acciones de control de las variables preestablecidas evitando comportamientos que generan fallos en el sistema.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar con un ordenador

### **2.2.4 Sistema estructural**

El sistema estructural se emplea para soportar las cargas exteriores de los diferentes componentes que contiene una máquina, desde el diseño inicial se puede analizar por medio de elementos finitos los diferentes esfuerzos a los que será sometida la estructura.

## **2.3 Análisis de diseño**

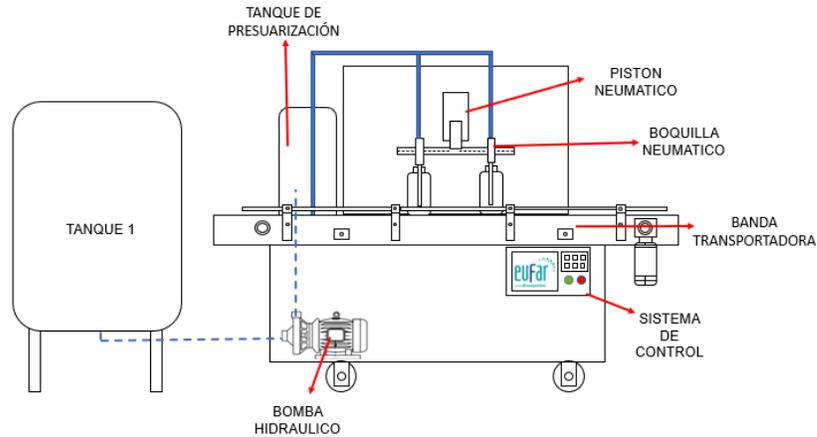
Se analizarán tres alternativas de diseño para identificar los medios estratégicos para dar solución al problema cumpliendo así con los objetivos y limitaciones del presente proyecto. Se propondrán diferentes alternativas en cuanto a las forma en la cual el producto va a llevar al embace con el fin de adecuarlos al diseño innovador para envasadora de líquidos del sistema neumático.

### **2.3.2 Alternativa 1**

Como se observa en la figura (21), la alternativa 1 consiste en implementar una bomba hidráulica la cual envíe el producto a un tanque de presurización con el fin de mantener el producto almacenado y que este tenga más velocidad al momento de pasar por las boquillas neumáticas, el pistón neumático se encargara de bajar las boquillas mientras que la banda transportadora traslada los envases a la posición necesaria para dosificar el producto.

**Figura 21.**

*Alternativa 1 envasadora de líquidos*



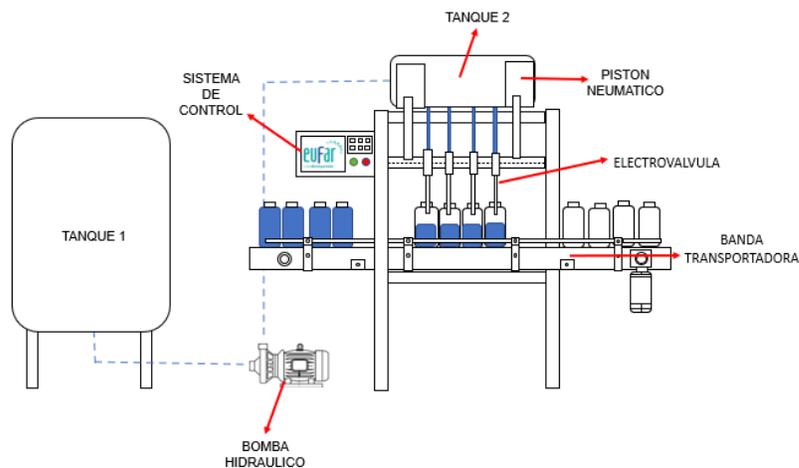
**Nota** En la figura se observa la alternativa 1 de la envasadora de líquidos

### 2.3.3 Alternativa 2

Como se observa en la figura (22), la alternativa 2 consiste en implementar una bomba hidráulica la cual envíe el producto a un tanque con el fin de mantener el producto almacenado y que al momento de que la electroválvula se accione el producto baje por la acción de la gravedad evitando que se genere espuma causado por la presión, los dos pistones neumáticos se encargaran de bajar las boquillas mientras que la banda transportadora traslada los envases a la posición necesaria para dosificar el producto.

**Figura 22.**

*Alternativa 2 envasadora de líquidos*



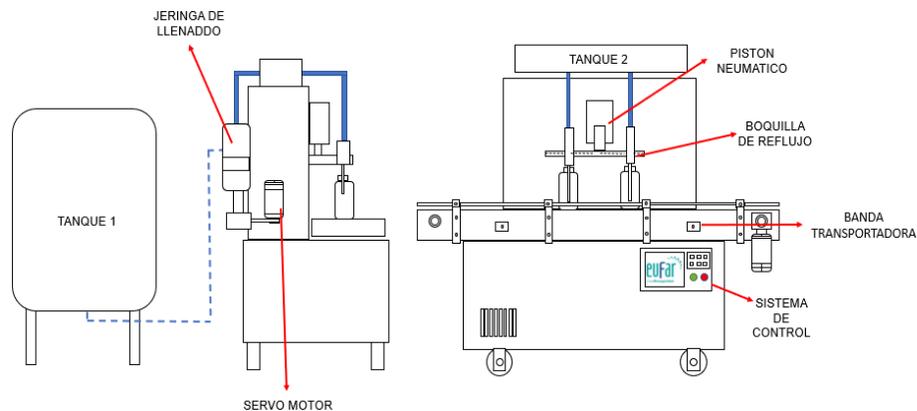
**Nota** En la figura se observa la alternativa 2 de la envasadora de líquidos

### 2.3.4 Alternativa 3

Como se observa en la figura (23), la alternativa 3 consiste en implementar un servomotor el cual transmite el movimiento a un tornillo sin fin el cual mueve el émbolo de la jeringa de llenado creando un vacío el cual genera absorción del producto, luego de esto pasa al tanque con el fin de mantener el producto almacenado y que al momento de que el pistón neumático y la boquilla de reflujo se activen el producto baje por la acción de la gravedad evitando que se genere espuma causado por la presión

**Figura 21.**

*Alternativa 3 envasadora de líquidos*



**Nota** En la figura se observa la alternativa 3 de la envasadora de líquidos

## 2.4 Evaluación de alternativas

Mediante el método de ponderación lineal de scoring, se evaluarán las 3 alternativas mediante la ecuación que se muestra en la tabla (3) y se escogerá la que cumpla los criterios de selección.

**Tabla**

*Ecuación método ponderación lineal scoring*

**3**

Ecuación	Donde
$sj = \sum_i Wi * rij$	<p><i>sj</i>: score para la alternativa <i>j</i>.  <i>Wi</i> = ponderación para cada criterio <i>i</i>.  <i>rij</i> = rating de la alternativa <i>j</i> en función del criterio <i>i</i></p>

**Nota** En la tabla se observa la ecuación para seleccionar la mejor alternativa

La tabla (4) presenta la escala de valoración de la ponderación para cada criterio *i*.

**Tabla**  
Escala de valoración para i

<b>Puntaje</b>	<b>Criterio</b>
<b>1</b>	<i>Muy poco importante</i>
<b>2</b>	<i>Poco importante</i>
<b>3</b>	<i>Medianamente importante</i>
<b>4</b>	<i>Algo importante</i>
<b>5</b>	<i>Muy importante</i>

**Nota** En la tabla se observa el criterio y valor para seleccionar la mejor alternativa

## 2.5 Criterios de selección

Para la ponderación lineal de *scoring*, se tuvieron en cuenta 5 criterios de selección los cuales son:

- La Funcionalidad se refiere a la facilidad, comodidad y utilidad en el empleo del mecanismo diseñado.
- La Seguridad es un factor de gran importancia para las actividades que realiza el obrero en el momento de la operación o funcionamiento de cualquier maquinaria.
- El Mantenimiento evalúa la complejidad, la cantidad de recursos necesarios y el tiempo invertido para corregir o prevenir fallas, garantizando una operación continua y confiable del mecanismo.
- La Facilidad de Fabricación representa la dificultad, el consumo de tiempo y de recursos en las operaciones o procesos de fabricación para la conformación de los componentes y el ensamblaje general del sistema.
- El Costo determina el precio final del sistema de transporte que incluye los materiales, accesorios, procesos de fabricación y mano de obra.

## 2.6 Matriz de decisión

Teniendo en cuenta la ponderación y los criterios de selección, mediante la tabla (5) se procede a calificar las 3 alternativas propuestas anteriormente para lograr seleccionar la más adecuada.

**Tabla**  
Selección de alternativas

<b>PONDECORACIÓN SCORING</b>				
<b>CRITERIO</b>	<b>PESO</b>	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>ALTERNATIVA 3</b>
<b>FUNCIONALIDAD</b>	28%	3	5	4
<b>SEGURIDAD</b>	26%	3	4	3
<b>MANTENIMIENTO</b>	17%	3	4	3
<b>FACILIDAD DE FABRICACIÓN</b>	15%	3	4	3
<b>COSTO</b>	14%	3	5	5
<b>SCORE</b>	100%	3	<b>4,42</b>	3,56

**Nota** En la tabla se observa la selección de la mejor alternativa

La tabla (5) evidencia que la alternativa con mayor puntaje es la 2, en base a esto se realiza el diseño bajo esa alternativa.

### 3 PROPUESTA DE DISEÑO

#### 3.2 Parámetros de diseño

Con el fin de llevar a cabo el diseño de la maquina es necesario identificar y establecer los parámetros iniciales de diseño, los cuales son una serie de condiciones y características técnicas que se deben cumplir al momento de realizar los cálculos y el diseño de la máquina.

##### 3.2.2 Tipo de producto

Los productos por envasar son desinfectantes los cuales manejan las siguientes densidades a una temperatura de 20 °C como se muestra en la tabla (6)

**Tabla 6**

Densidades de los productos

<b>PRODUCTO</b>	<b>DENSIDAD</b>
<b>BENZIRAL</b>	841 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
<b>BONZYME</b>	889 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
<b>EUCIDA ADVANCED</b>	867 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
<b>EUCIDA CLASSIC</b>	898 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
<b>EUFARCIDE</b>	873 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
<b>EUCIDA FREE ALCOHOL</b>	845 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
<b>GLUTFAR</b>	836 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
<b>GLUTFAR PLUS HLD</b>	862 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

**Nota** En la tabla se observa la la densidad que tiene cada producto a una temperatura de 20 °C

Para facilidad del sistema de control se toma una densidad para cada producto de  $863 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

##### 3.2.3 Tipo de envase

El tamaño de los envases es un parámetro variable como se muestra en la tabla (7), la maquina deberá permitir realizar los cambios para llenar las 6 diferentes presentaciones.

**Tabla 7**

*Parámetros de los envases*

ENVASE 240 mL		ENVASE 750 mL	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Altura	160 mm	Altura	250 mm
Diámetro	55 mm	Diámetro	75 mm
Diámetro boquilla	30 mm	Diámetro boquilla	35 mm
ENVASE 500 mL		ENVASE 1 L	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Altura	130 mm	Altura	145 mm
Ancho	45 mm	Ancho	60 mm
Largo	110 mm	Largo	125 mm
Diámetro boquilla	30 mm	Diámetro boquilla	30 mm
Envase 4 L		Envase 5 L	
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Altura	210 mm	Altura	230 mm
Ancho	130 mm	Ancho	140 mm
Largo	200 mm	Largo	230 mm
Diámetro boquilla	40 mm	Diámetro boquilla	40 mm

**Nota** En la tabla se observa las características y especificaciones de los envases

### 3.2.4 Selección de material

El material que se implementara para el diseño es acero inoxidable AISI 304 ya que tiene una alta resistencia a la corrosión, la tabla (8) muestra las propiedades de este acero las cuales se van a tener en cuenta para los cálculos de diseño

**Tabla 8**

*Propiedades acero inoxidable 304*

Propiedades del Acero INOX 304	
Densidad	7.93 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	1398-1454 °C
Calor específico (Capacidad calorífica específica)	500 J/(Kg · K) a 20°C
Resistividad eléctrica	0.73 μΩ · m (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 (Aproximado)
Modulo elástico	193 GPa (28 × 10 <sup>6</sup> psi)
Difusividad térmica	3.84 mm <sup>2</sup> /s
Coeficiente de conductividad termica	16.3 (100 °C)
	21.5 (500 °C)
Coeficiente de dilatacion lineal	17.2 (0-100 °C)
	17.8 (0-300 °C)
	18.4 (0-500 °C)

**Nota:** Tabla de propiedades del acero inoxidable 304. Tomado de MetalisteriaV3 [En línea] disponible en: <https://www.metalisteriav3.es/>

### 3.2.5 Sistema de llenado

El sistema de llenado es por gravedad enviando el producto desde el tanque hasta las boquillas, el paso de este líquido se da mediante pintones neumáticos doble efecto ensamblado en la parte superior de las boquillas evitando la pérdida de producto por el goteo

### 3.2.6 Tiempo de llenado

La tabla (9) muestra el tiempo que se tomó en la empresa en el que se envasan los diferentes productos con los equipos que tiene actualmente la empresa

**Tabla 9**

*Selección de alternativas*

<b>PRODUCTO</b>	<b>Tiempo de llenado</b>
<b>BENZIRAL 5 L</b>	20 s
<b>BENZIRAL 1 L</b>	6 s
<b>BONZYME 5 L</b>	20 s
<b>BONZYME 3.8 L</b>	10 s
<b>BONZYME 1 L</b>	5 s
<b>BONZYME 500 mL</b>	3 s
<b>EUCIDA ADVANCED 4 L</b>	10 s
<b>EUCIDA ADVANCED 750 mL</b>	4 s
<b>EUCIDA ADVANCED 500 mL</b>	3 s
<b>EUCIDA ADVANCED 240 mL</b>	2 s
<b>EUCIDA CLASSIC 240 mL</b>	2 s
<b>GLUTFAR 3.8 L</b>	9 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 5 L</b>	20 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 3.8 L</b>	9 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 1 L</b>	5 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 500 mL</b>	3 s

**Nota** En la tabla se observa el tiempo de llenado de cada producto

### 3.2.7 Posicionamiento y numero de envases

Con el fin de no general cuello de botella, se considerarán solo 4 boquillas para los envases de 240 mL, 500 mL 750 mL y 1 L, y 2 boquillas para los envases de 4L y 5 L.

### 3.2.8 Selección de software de diseño

El software que se empleó para el diseño de los componentes de la máquina y la para verificar el correcto funcionamiento mediante la simulación de elementos finitos fue Inventor Professional 2023

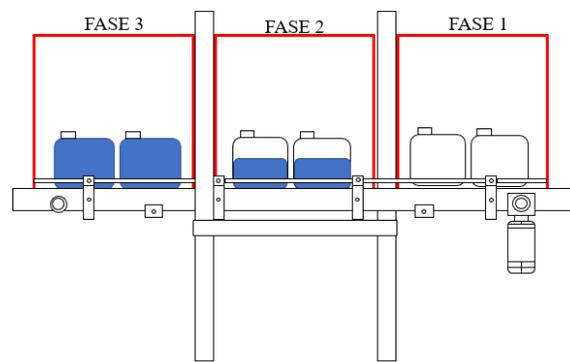
### 3.3 Sistema de transporte

#### 3.3.2 Función del sistema de transporte

Para el transporte de los envases a través de las fases que se ven en la figura (24), se implementa una banda transportadora lineal por placas articuladas, esta se moverá mediante un motor reductor que se seleccionará posteriormente con otros elementos y se controlará por medio del sistema de control, se diseñará y calculará el eje de transmisión de potencia al igual que los soportes longitudinales.

**Figura 22.**

*Fases de la banda transportadora*



**Nota** En la figura se observa las fases de la banda transportadora

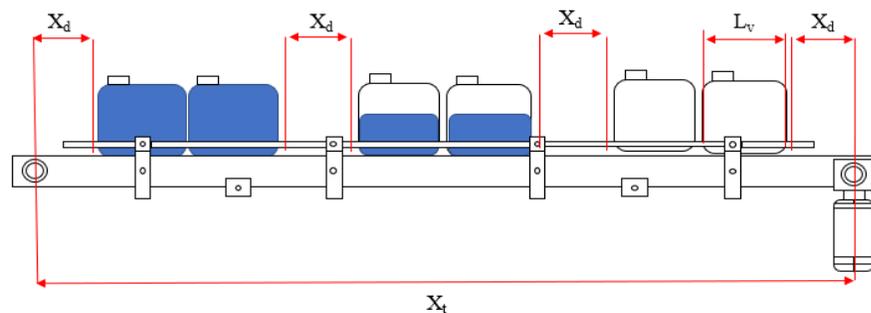
### 3.4 Diseño del sistema de transporte

#### 3.4.2 Dimensiones y velocidad de la banda transportadora

Para la longitud de la banda transportadora se toma en cuenta el envase de 5 litros ya que es el más grande, la figura (25) muestra cómo se tomaron las medidas

**Figura 23.**

*Distancia entre envases*



**Nota** En la figura se observa las cotas de la banda transportadora

La tabla (10) muestra los cálculos que se realizaron para obtener la distancia total de la banda

**Tabla 10**

*Calculo distancia total de la banda transportadora*

<b>Formula aplicada</b>	<b>Donde</b>	<b>Datos que ingresar</b>	<b>Valor calculado</b>
$X_t = 6L_v + 4X_d$	$X_t =$ Distancia total $L_v =$ Largo del envase $X_d =$ Distancia entre envases	$L_v = 200$ mm $X_d = 100$ mm	$X_t = 1600$ mm

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar la distancia total

Para definir la velocidad de la banda se determina el tiempo de transporte de las fases 1 y 3 de 6 segundos, con esto la tabla (11) muestra los cálculos que se realizaron para obtener el tiempo total que señora el envase en recorrer todo el sistema

**Tabla 11**

*Calculo tiempo total de la banda transportadora*

<b>Formula aplicada</b>	<b>Donde</b>	<b>Datos que ingresar</b>	<b>Valor calculado</b>
$T_T = 2T_t + 2T_v$	$T_T =$ Tiempo total $T_t =$ Tiempo de transporte $T_v =$ tiempo de envasado	$T_t = 6$ s $T_v = 31.3$ s	$T_T = 74.6$ s

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar el tiempo total

Ya teniendo la distancia y el tiempo total, la tabla (12) muestra los cálculos que se realizaron para obtener la velocidad de la banda.

**Tabla 12**

*Calculo velocidad de la banda transportadora*

<b>Formula aplicada</b>	<b>Donde</b>	<b>Datos que ingresar</b>	<b>Valor calculado</b>
$V = \frac{X_t}{T_T}$	$T_T =$ Tiempo total $X_t =$ Distancia total $V =$ Velocidad	$T_T = 74.6$ s $X_t = 1600$ mm	$V = 36.9$ mm/s

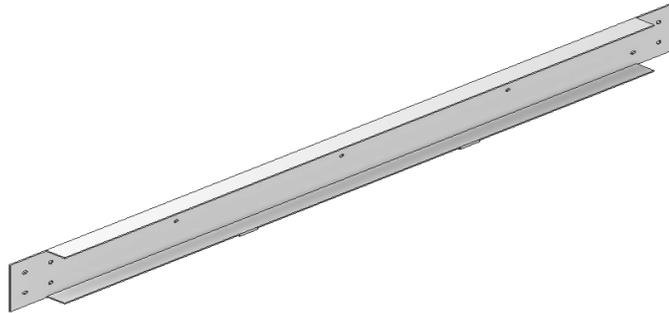
**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar la velocidad de la banda trasportadora

### **3.4.3 Diseño de soportes de la banda transportadora**

Como se muestra en la figura (26) los soportes de la banda transportadora son los encargados de soportar y guiar los envases y la cadena.

**Figura 246**

*Diseño del soporte de la banda transportadora*



**Nota** En la figura se observa el diseño del soporte de la banda transportadora

Para el diseño de los soportes longitudinales de la banda se requiere saber cuánto peso va a soportar, para esto la tabla (13) muestra los cálculos del peso total

**Tabla 13**

*Calculo masa total de la banda transportadora*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$M_{tv} = N_v * M_v$	$N_v$ = Numero de envases $M_v$ = Masa del envase $M_{tv}$ = Masa total de envase	$N_v = 6 Kg$ $M_v = 24 Kg$	$M_{tv} = 144 Kg$
$M_{ct} = M_c * L_b$	$M_{ct}$ = Masa de cadena total $M_c$ =Masa de la cadena $L_b$ = Longitud de la banda	$M_c = 1.6 \frac{Kg}{m}$ $L_b = 1.6 m$	$M_{ct} = 2.6 Kg$
$M_t = M_{tv} + M_{ct}$	$M_{tv}$ = Masa total de envase $M_{ct}$ = Masa de cadena total $M_t$ = Masa total	$M_{tv} = 144 Kg$ $M_{ct} = 2.6 Kg$	$M_t = 146.56 Kg$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar la masa total de la banda trasportadora

Ya teniendo la masa total que va a soportar los soportes, en la tabla (14) se calcula el peso total

**Tabla 14**

*Calculo peso de la banda transportadora*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$W = M_t * g$	$M_t$ = Masa total $g$ = Gravedad $W$ =Peso total	$M_t = 146.56 Kg$ $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$	$W = 1437.75 N$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar el peso de la banda trasportadora

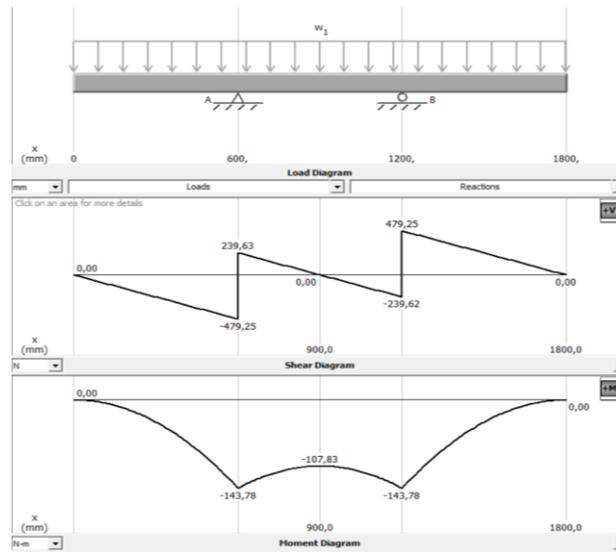
La figura (27) muestra el análisis del fuerza cortante y momento flector que se realizó para soportar el peso total, se emplea el software de mecánica de materiales MDSOLID v 4.1 teniendo como resultado.

$$V = 479.25 \text{ N}$$

$$M = -107.83 \text{ N mm}$$

**Figura 257.**

*Diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector soporte banda transportadora*



**Nota** En la figura se observa el diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector soporte banda transportadora

Para saber que espesor de lámina va a soportar estas cargas se debe contemplar el esfuerzo admisible y el módulo de la sección transversal, las tablas (15) y (16) presentan respectivamente los cálculos implementados para hallar estos datos:

**Tabla 15**

*Cálculo esfuerzo permisible*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y}{F_s}$	$\sigma_{perm}$ = Esfuerzo permisible $\sigma_y$ = Esfuerzo de fluencia del material $F_s$ = Factor de seguridad	$\sigma_y = 241 \text{ Mpa}$ $F_s = 1.5$	$\sigma_{perm} = 160.7 \text{ Mpa}$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar el esfuerzo permisible

Tabla 16

Cálculo módulo de la sección transversal soporte banda transportadora

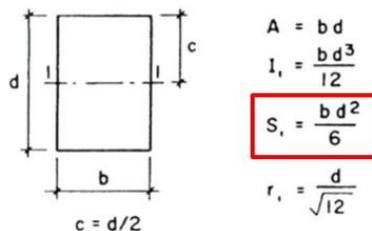
Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$S = \frac{[M]_{max}}{\sigma_{perm}}$	$S =$ Módulo de la sección transversal $\sigma_{perm} =$ Esfuerzo permisible $[M]_{max} =$ Momento flector máximo	$[M]_{max} = 107.83 Nm$ $\sigma_{perm} = 160.7 \times 10^6 Pa$	$S = 671 mm^3$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar el módulo de la sección transversal

Ya que el módulo de la sección transversal depende también de la forma geométrica, se aplica la ecuación seleccionada de la figura (28) con el fin de calcular el grosor que debe tener la lámina para soportar las cargas ejercidas

Figura 28

Fórmulas para calcular las propiedades de la sección.



**Nota** En la figura se observa las propiedades de la figura geométrica. Tomado de propiedades de las secciones [En línea]

La tabla (17) muestra la formula aplicada en la figura (28) y se despeja el valor de b el cual es el grosor del material

Tabla 17

Cálculo del grosor de la lamina soporte banda transportadora

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$d = \sqrt{\frac{6S}{b}}$	$S =$ Módulo de la sección transversal $b =$ Base $d =$ altura	$S = 671 mm^3$ $b = 270 mm$	$H = 3.86 mm$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó para hallar el grosor de la lamina soporte banda transportadora

El grosor que debe tener el material para soportar las cargas debe ser de 3.86 mm.

Mediante la doble integración de la ecuación diferencial elástica se calcula la pendiente y deflexión máxima a la que está sometida de la viga, la tabla (18) presenta estos cálculos.

**Tabla 18**

*Integración de la ecuación diferencial elástica*

Formula aplicada	Primera integración	Segunda integración
$E * I * \frac{d^2y}{dx^2} = V(x)$	$E * I * \frac{dy}{dx} = \frac{V(x)^2}{2}(x) + C_1$	$E * I * \frac{y}{x} = \frac{V(x)^3}{3} + C_1 + C_2$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó integrar la ecuación diferencial elástica

La tabla (19) muestra el cálculo realizado para hallar el momento de inercia

**Tabla 19**

*Cálculo del momento de inercia del soporte de la banda*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$I = \frac{b * h^3}{12}$	$I$ =Momento de inercia $b$ =base $h$ =altura	$b = 270mm$ $h = 3.6 mm$	$I = 1029.76mm^4$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el momento de inercia del soporte de la banda

Para el cálculo de la pendiente máxima se calcula en la tabla (20) la constante 1 despejándola de la primera integración.

**Tabla 20**

*Cálculo constante 1*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$C_1 = E * I * \frac{dy}{dx} - \frac{V}{2}x^2$	$V$ =Fuerza cortante $E$ =Módulo de elasticidad del material $I$ = Momento de inercia	$V = 479.3 N$ $E = 1.93x10^5 \frac{N}{mm^2}$ $I = 1029.76mm^4$ $\frac{dy}{dx} = 0 - Asumido$ $x = 10mm - Asumido$	$C_1 = -2396.5Nmm^2$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la constante 1

La tabla (21) muestra el cálculo realizado para hallar la pendiente máxima a la que está sometida el soporte de la banda transportadora.

**Tabla 21**

*Cálculo pendiente máxima*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$\frac{dy}{dx} = \frac{V}{E * I} x^2 + C_1$	<i>V</i> =Fuerza cortante <i>E</i> =Módulo de elasticidad del material <i>I</i> = Momento de inercia	$V = 479.3 \text{ N}$	$\frac{dy}{dx} = 1.21x10^5 \text{ N}$
		$E = 1.93x10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $I = 1029.76\text{mm}^4$ $x = 0 - \text{Asumido}$	

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la pendiente máxima

Para el cálculo de la deflexión máxima se calcula en la tabla (22) la constante 2 despejándola de la segunda integración.

**Tabla 22**

*Cálculo constante 2*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$C_2 = E * I * Y - \frac{V}{3} x^3 - C_1 x$	<i>V</i> =Fuerza cortante <i>E</i> =Módulo de elasticidad del material <i>I</i> = Momento de inercia	$V = 479.3 \text{ N}$	$C_2 = -135.8 \text{ kN mm}^3$
		$E = 1.93x10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $I = 1029.76\text{mm}^4$ $Y = 0 - \text{Asumido}$ $x = 10\text{mm} - \text{Asumido}$ $C_1 = -2396.5\text{Nmm}^2$	

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la constante 2

La tabla (23) muestra el cálculo realizado para hallar la deflexión máxima a la que está sometida el soporte de la banda transportadora.

**Tabla 23**

*Cálculo deflexión máxima*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$Y = \frac{-\frac{V}{3} x^3 - C_1 x + C_2}{E * I}$	<i>V</i> =Fuerza cortante <i>E</i> =Módulo de elasticidad del material <i>I</i> = Momento de inercia	$V = 479.3 \text{ N}$	$Y = -6.83x10^{-4} \text{ mm}$
		$E = 1.93x10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $I = 1029.76\text{mm}^4$ $x = 0 - \text{Asumido}$ $C_1 = -2396.5\text{Nmm}^2$ $C_2 = -135.8 \text{ kN mm}^3$	

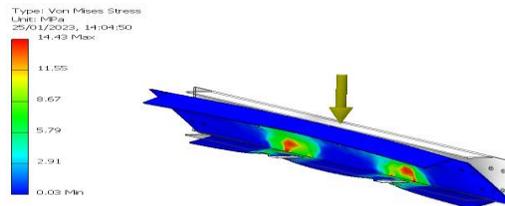
**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la deflexión máxima

### 3.4.4 Análisis de elementos finitos del soporte de la banda

En la figura (29) se muestra el análisis de elementos finitos aplicado a la placa obteniendo un esfuerzo máximo de 14,43 Mpa, se compara este valor con el del material el cual es de 240 Mpa dando como resultado que el diseño de la placa es adecuado y no presenta falla en el sistema.

**Figura 29.**

*Esfuerzo de tensión en la placa*



- 4 **Nota** En la figura se observa el esfuerzo de tensión en la placa

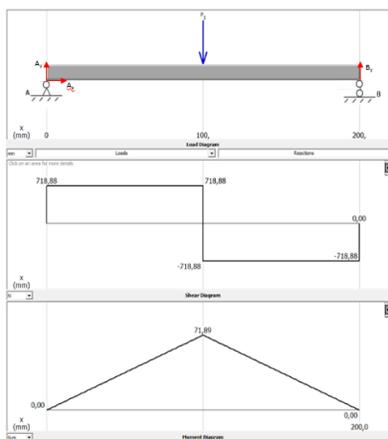
### 4.2.2 Cálculo del eje de transmisión

El diseño del eje se basará en hallar la longitud y el diámetro, la longitud del eje va a depender de la medida del galón de 5 litros ya que es el más grande, en base a esto se debe tener una longitud mayor a 140 mm.

Para el cálculo del diámetro se analiza el momento flector y fuerza cortante que se realizó para soportar el peso total como se muestra en la figura (30), se emplea el software de mecánica de materiales MDSOLID v 4.1 teniendo como resultado.  $V = 718.88 \text{ N}$   $M = 71.8 \text{ Nm}$

**Figura 30**

Diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector eje de transmisión



- Nota** En la figura se observa el diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector del eje de transmisión

Para saber que diámetro va a soportar estas cargas se debe contemplar y el módulo de la sección transversal, la tablas (24) presenta el cálculo realizado

**Tabla 24**

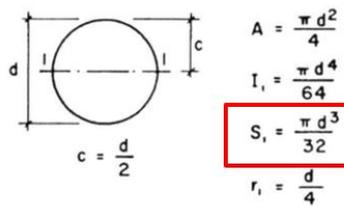
*Calculo módulo de la sección transversal eje de transmisión*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$S = \frac{[M]_{max}}{\sigma_{perm}}$	$S =$ Módulo de la sección transversal $\sigma_{perm} =$ Esfuerzo permisible $[M]_{max} =$ Momento flector máximo	$[M]_{max} = 71.89 Nm$ $\sigma_{perm} = 160.7 \times 10^6 Pa$	$S = 447.4 mm^3$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el módulo de la sección transversal eje de transmisión Ya que el módulo de la sección transversal depende también de la forma geométrica, se aplica la ecuación seleccionada de la figura (32) con el fin de calcular el grosor que debe tener la lámina para soportar las cargas ejercidas

**Figura 26**

*Fórmulas para calcular las propiedades de la sección.*



**Nota** En la figura se observa las propiedades de la figura geométrica. Tomado de propiedades de las secciones [En línea]

La tabla (25) muestra la formula aplicada en la figura (32) y se despeja el valor de d el cual es el grosor del material

**Tabla 25**

*Cálculo del grosor de la lamina soporte banda transportadora*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$d = \sqrt[3]{\frac{32S}{\pi}}$	$S =$ Módulo de la sección transversal $d =$ diámetro	$S = 447.4 mm^3$	$d = 16.6 mm$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el diámetro del eje de transmisión

El diámetro que debe tener el eje para soportar las cargas debe ser de 16.6 mm, se diseña un eje con diámetro de 20 mm con el fin de seleccionar los elementos del sistema de transporte correctamente.

### 4.3 Selección de los elementos del sistema de transporte

#### 4.3.2 Selección de la cadena de tablillas

Se seleccionó para la banda transportadora una cadena de tablillas previamente diseñados por fabricante, para esto se consideró el ancho del envase de 5 litros ya que es el más grande. La tabla (26) muestra la referencia de la cadena seleccionada.

**Tabla 26**

*Ficha técnica cadena de tablillas para banda transportadora*

	referencia uni				ancho W		peso	
	POM-D	POM-D	POM-LF	POM-SLF	mm	pul.	kg/m	lb/ft
uni 831-K250	30D831K250W	30D831K250G*	30LF831K250	30SLF831K250*	63.5	2.50	0.9	0.61
uni 831-K325	30D831K325W	30D831K325G*	30LF831K325	30SLF831K325	82.6	3.25	1.0	0.67
uni 831-K350	30D831K350W	30D831K350G*	30LF831K350	30SLF831K350*	88.9	3.50	1.1	0.74
uni 831-K400	30D831K400W	30D831K400G*	30LF831K400	30SLF831K400*	101.6	4.00	1.2	0.81
uni 831-K450	30D831K450W	30D831K450G*	30LF831K450	30SLF831K450*	114.3	4.50	1.3	0.87
uni 831-K600	30D831K600W	30D831K600G*	30LF831K600	30SLF831K600*	152.4	6.00	1.6	1.05
uni 831-K750	30D831K750W	30D831K750G*	30LF831K750	30SLF831K750*	190.5	7.50	1.8	1.21

**Nota:** Ficha técnica de tablillas plásticas para banda transportadora. Tomado de

Todas bandas S.A.S. [En línea] <http://www.todobandas.com/>

Con esta referencia se instalarán 110 tablillas unidos por pasadores metálicos los cuales formarán la cadena de la banda transportadora

#### 4.3.3 Selección de las ruedas

Se seleccionó para la banda transportadora una rueda en dos partes previamente diseñados por fabricante, para esto se consideró el catálogo del fabricante según el tipo y la referencia de la cadena la cual uní 831-k600. La tabla (27) muestra la referencia de la rueda en dos partes seleccionada.

**Tabla 27**

*Ficha técnica ruedas para banda transportadora*

n° de dientes	diámetro primitivo		diámetro cubo		ancho de diente B		eje				referencia uni
	mm	pul.	mm	pul.	mm	pul.	mín.		máx.		
							mm	pul.	mm	pul.	
19	117.3	4.62	58.0	2.28	42.3	1.67	20.0	0.78	40.0	1.57	303382019NT
21	129.3	5.09	58.0	2.28	42.3	1.67	20.0	0.78	40.0	1.57	303382021NT
23	141.2	5.56	58.0	2.28	42.3	1.67	20.0	0.78	40.0	1.57	303382023NT
25	153.2	6.03	58.0	2.28	42.3	1.67	20.0	0.78	40.0	1.57	303382025NT

**Nota:** Ficha técnica de ruedas para banda transportadora. Tomado de Todas bandas

S.A.S. [En línea] <http://www.todobandas.com/>

#### 4.3.4 Selección del motor y unidad reductora

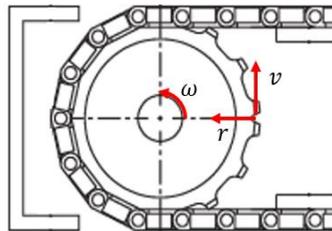
Para hacer la correcta selección del motor y unidad necesitan los siguientes cálculos

- Cálculo de la velocidad angular
- Cálculo de torque del motor
- Cálculo de la potencia del motor

En base a lo anterior, la figura (33) muestra cómo se genera la velocidad angular en el sistema

**Figura 27.**

*Diagrama de velocidad angular*



**Nota** En la figura se observa el diagrama de velocidad angular

Para hallar la velocidad angular, en la tabla (28) se realizan los cálculos correspondientes

**Tabla 28**

*Calculo velocidad angular del motor*

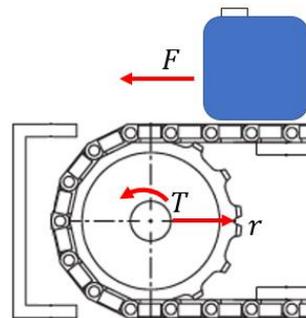
Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$W = \frac{V}{r}$	W=Velocidad angular V= velocidad tangencial r= Radio de la rueda	V= 36.9 mm/s r= 76.6 mm	W= 4.58 rpm

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la velocidad angular del motor

La figura (34) muestra la fuerza y el torque máximo al que está sometido el eje

**Figura 28.**

*Diagrama de torque de aceleración*



**Nota** En la figura se observa el diagrama de torque de aceleración

Para halla el torque de aceleración, en la tabla (29) se realizan los cálculos correspondientes

**Tabla 29**

*Calculo torque de aceleración del motor*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$T = F * r$	Ta= Torque de aceleración F=Fuerza r= radio de la rueda	F=1437.75 N r= 0.0766 m	T= 220.26 Nm

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el torque del motor

Finalmente, la tabla (30) se calculó de la potencia del motor

**Tabla 30**

*Calculo potencia del motor*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$P = T * W$	T= Torque de aceleración W=Velocidad angular	T= 220.26 Nm W= 4.58 rpm	P=1008 W

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la potencia del motor

Como se observa en la tabla (31), se escoge un motor NEMA de la empresa Siemens ideal para emplearse en bandas transportadoras con una potencia de 1.1 KW debido a que es el más cercano al dato obtenido.

**Tabla 31**

*Ficha técnica para motores eléctricos*

Potencia	Referencia del motor	Tamaño constructivo	Rated Speed	Eficiencia 100%	Factor de potencia	Corriente nominal		Torque nominal	Datos de arranque			Peso	
						230V A	460V A		Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	Torque Máximo x Tn		
kW	HP	-	rpm	%	-	-	-	Lb-ft	-	-	-	lb	
<b>Datos eléctricos motores Serie 1LE2225 IE3 6 Polos 1200 rpm</b>													
0,75	1	1LE2225-1AC31-4AA3	145T	1165	82,5%	70,9	3,2	1,6	54,1	6,9	2,6	3,4	70
1,1	1,5	1LE2225-1CC11-4AA3	182T	1160	87,5%	66,9	4,8	2,4	81,5	6,3	2,1	3,3	101
1,5	2	1LE2225-1CC31-4AA3	184T	1160	88,5%	66,1	6,4	3,2	108,7	6,3	2,4	3,1	112
2,2	3	1LE2225-2AC11-4AA3	213T	1175	89,5%	73,0	8,6	4,3	160,9	7,4	2,6	4,7	155
3,7	5	1LE2225-2AC21-4AA3	215T	1165	89,5%	78,1	13,4	6,7	270,5	6,9	1,9	3,2	171
5,5	7,5	1LE2225-2BC11-4AA3	254T	1175	91,0%	77,2	20	10	402,3	6,3	1,7	2,6	351
7,5	10	1LE2225-2BC21-4AA3	256T	1175	91,0%	76,2	27	13,5	536,4	6,0	1,6	2,5	356
11	15	1LE2225-2CC11-6AA3	284T	1180	91,7%	73,0	42	21	801,2	5,5	1,5	2,4	409

**Nota:** Ficha técnica motores eléctricos. Tomado de SIEMENS [En línea] <https://assets.new.siemens.com>

Ya que la velocidad angular que genera el sistema debe ser de 4.58 rpm y la entregada por el motor es 1165, en la tabla (32) se calcula la relación de transmisión que se debe tener en cuenta para seleccionar el reductor de velocidad

**Tabla 32**

*Cálculo de relación de transmisión*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$I = \frac{W_m}{W}$	$W_m$ = Velocidad angular del motor $W$ = Velocidad angular del sistema $I$ = relación de transmisión	$W_m$ = 1165 rpm $W$ = 4.58 rpm	I=254.37

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la relación de transmisión del motor

Al obtener la potencia del motor y la relación se opta por seleccionar un motorreductor ya ensamblado y del mismo fabricante, en la tabla (33) se muestra la unidad reductora seleccionada la cual tiene un mecanismo de sin fin corona.

**Tabla 33**

*Ficha técnica para reductores de velocidad*



Datos de la Unidad Reductora									
Potencia (HP)	n2 (r.p.m.)	12	10	7.5	6	5	3.5	3	2.5
	Relación i	120	150	180	240	300	400	500	600
0,16	Reductor	PC063/040	PC063/050	PC063/050	PC063/063	063/063	030/050	030/063	030/063
	Mz (Kg/mf)	5,7	6,8	7,5	9,2	10,3	14,20	17,10	20,80
0,25	Reductor	PC063/050	PC063/050	PC063/063	PC063/063	PC063/063	030/063	030/063	040/075
	Mz (Kg/mf)	8,7	10,1	11,7	13,9	15,5	22,2	25,7	36,2
0,33	Reductor	PC071/063	PC071/063	PC071/063	PC071/075	PC071/075	040/075	040/075	040/090
	Mz (Kg/mf)	12,5	14,3	16,3	20,1	23	33,6	38,4	51,2
0,5	Reductor	PC071/063	PC071/075	PC071/075	PC071/090	PC071/090	040/090	040/090	040/090
	Mz (Kg/mf)	18,5	22,3	25,4	32,1	37,1	52,3	61,1	75,5
0,75	Reductor	PC080/075	PC080/090	PC080/090	PC080/090	080/110	050/110	050/110	050/110
	Mz (Kg/mf)	28,4	35,5	39,9	47,7	59,7	82,6	98,4	118
1	Reductor	PC090/090	PC090/090	PC090/110	PC090/110	050/110	050/110	063/130	063/130
	Mz (Kg/mf)	40,6	48,3	58	70,3	87,1	112,6	136,8	163,1
1,5	Reductor	PC090/110	PC090/110	PC090/130	PC090/130	063/130	063/130	063/150	063/150
	Mz (Kg/mf)	59,9	68,6	84,3	96,2	131,2	167,1	189,3	224,2
2	Reductor	PC090/110	PC090/130	PC090/130	-	063/130	063/150	063/150	063/150
	Mz (Kg/mf)	81,7	93,6	114,9	-	178,9	220,8	252,8	305,7

Nota: Ficha técnica reductores de velocidad. Tomado de transpowersrl.

[En línea] <https://www.transpowersrl.com/>

### 2.2.2 Selección de los rodamientos

El rodamiento seleccionado como se muestra en la figura (35) es un rodamiento SKF UCF 204 de diámetro de 20 mm para eje, el cual es adecuado ya que sirve para aplicaciones de giro alterno, estos rodamientos van fijados a los extremos de los ejes de transmisión y tracción permitiendo girar libremente el eje y las ruedas seleccionadas anteriormente.

**Figura 35**

*Rodamiento*



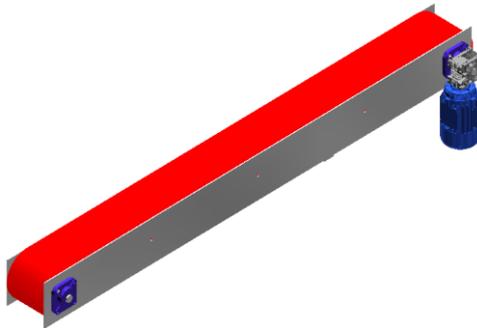
**Nota:** Unidad de rodamiento tomado de SKF. [En línea] <https://www.skf.com/co>

### **2.3 Ensamble de la banda transportadora**

Una vez ya diseñado, calculado y seleccionado cada elemento del sistema de transporte se procede a realizar el ensamblaje en Autodesk Inventor 2023 como se observa en la figura (36).

**Figura 36**

*Ensamble de la banda transportadora*



**Nota** En la figura se observa el ensamble de la banda transportadora

## **3.2 Sistema hidráulico**

### **3.2.1 Funcionamiento del tanque de almacenamiento**

Se emplea el tanque con el fin de almacenar el producto a presión ambiente y que sea capaz de soportar la carga máxima sin que exista dilatación o deformación.

### **3.2.2 Diseño del tanque de almacenamiento**

Se realizó el diseño de un tanque de almacenamiento con una capacidad de 64.5 L para almacenar los diferentes productos de la línea de bioseguridad de la empresa en acero AISI 304, la tabla (34) muestra la ecuación aplicada para calcular el volumen del tanque en base a las medidas de la estructura.

**Tabla 34**

*Calculo volumen del tanque*

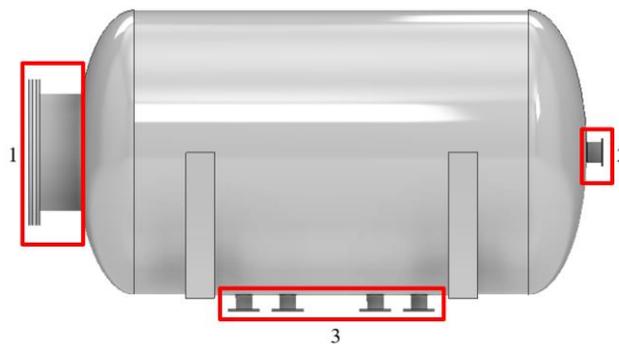
Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$V_T = \pi r^2 h$	$V_T =$ Volumen tanque $r =$ Radio $h =$ Altura	$r = 195$ mm $h = 540$ mm	$V_T = 64507892.8$ mm <sup>3</sup>

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el volumen del tanque

Como se puede ver en la figura (37) el tanque de almacenamiento tiene 3 tipos de partes

**Figura 29**

Tanque de almacenamiento

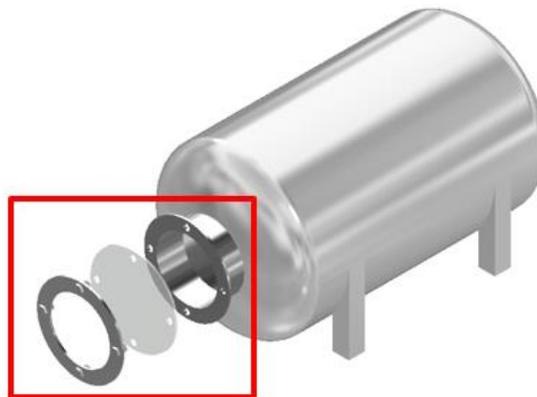


**Nota** En la figura se observa las partes del tanque de almacenamiento

- Parte 1: Esta parte seleccionada de la figura (38) es desmontable con el fin de abrir el tanque y realizarle limpieza internamente al momento de envasar el producto que se va a fabricar

**Figura 30**

Tanque de almacenamiento parte 1



**Nota** En la figura se observa la parte 1 del tanque de almacenamiento

- Parte 2: Esta parte selecciona de la figura (39) se conecta a la bomba hidráulica por medio de la manguera sanitaria

**Figura 31.**

*Tanque de almacenamiento parte 2*



**Nota** En la figura se observa la parte 2 del tanque de almacenamiento

- Parte 3: Esta parte seleccionada de la figura (40) se conecta a las boquillas de llenado por medio de la manguera sanitaria

**Figura 32.**

*Tanque de almacenamiento parte 3*



**Nota** En la figura se observa la parte 3 del tanque de almacenamiento

A continuación, la tabla (35) muestra la ecuación aplicada para calcular la masa del tanque en base con el fin de realizar cálculos de elementos finitos en la estructura.

**Tabla 35**

*Calculo masa del tanque*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$m = vd$	$V_T =$ Volumen tanque $d =$ Densidad	$V_T = 64507892.8\text{mm}^3$ $d = 7.93 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mm}^3}$	$m = 511.5 \text{ Kg}$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la masa del tanque

### 3.2.3 Funcionamiento de las boquillas de llenado

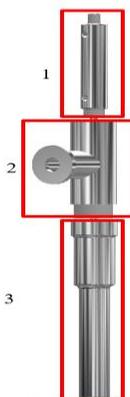
Las boquillas de llenado son las encargadas de suministrar el producto desde el tanque de almacenamiento hacia los envases

### 3.2.4 Diseño de las boquillas de llenado

Cómo se observa en la figura (41) las boquillas de llenado cuentan de tres partes

**Figura 33.**

*Boquilla de llenado*

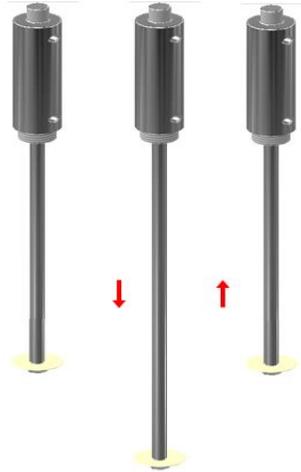


**Nota** En la figura se observa las partes de la boquilla de llenado

- Parte 1: Es un pistón neumático que se encarga de extender y retraer el sistema antigoteo que está conformado como se observa en la figura (42) por un vástago y un acople en nylon el cual evita la salida del producto tapando el hueco inferior de la parte 3

**Figura 34.**

*Boquilla de llenado parte 1*

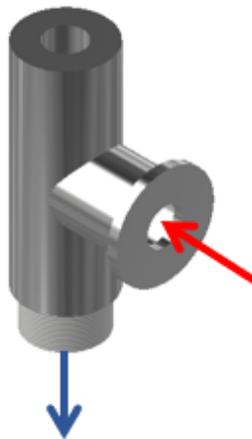


**Nota** En la figura se observa la parte 1 de la boquilla de llenado

- Parte 2: Como se observa en la figura (43), es un acople en el cual se conecta a una manguera sanitaria que conecta al tanque de almacenamiento con el fin de pasar y redirigir el producto a la parte 3

**Figura 35.**

*Boquilla de llenado parte 2*

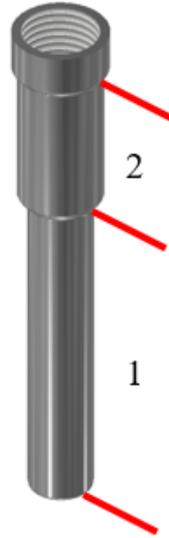


**Nota** En la figura se observa la parte 2 de la boquilla de llenado

- Parte 3: Es la que se introduce a los envases con el fin de envasarlos, cuenta con un diseño el cual se puede emplear en todos los envases, la figura (44) muestra las cotas en las cuales la 1 sirve para los envases de 240 mL a 1L y la 2 sirve para los envases de 4 y 5 L

**Figura 36.**

Boquilla de llenado parte 3



**Nota** En la figura se observa la parte 3 de la boquilla de llenado

### 3.3 Selección de elementos del sistema hidráulico

#### 3.3.1 Selección de manguera

La tabla (36) muestra la manguera sanitaria seleccionada la cual tiene un diámetro interno de 25 mm para el paso del fluido

**Tabla 36.**

*Ficha técnica para manguera PVC reforzada con espiral de acero*



AIRTRANS



Dimensiones en mm		Presión trabajo	Presión rotura	Vacío	Radio curvatura	Peso	Longitud rollo	Pack
Ø int.	Ø ext.	bar	bar	mm H <sub>2</sub> O	mm	gramos/m	metros	20 m.
12	18	5	25	9,5	50	200	60	
16	22,4	5	25	9,5	70	270	60	
20	27	5	25	9,5	90	350	60	
25	33	4	20	9,5	110	500	60	
32	40	4	20	8,5	140	645	60	
38	47	4	20	8,5	170	795	30	

Nota: Ficha técnica manguera PVC reforzada con espiral de acero. Tomado de accesfluid.

[En línea] <https://accesfluid.com/>

### 3.3.2 Selección de abrazaderas

Son empleadas para unir las mangueras sanitarias a los diferentes componentes como la bomba hidráulica, el tanque de almacenamiento y las boquillas de llenado, se emplearán 10 abrazaderas sanitarias T-304 de 1" de la empresa VALVECO S.A.S como se muestra en la figura (45).

**Figura 37.**

*Abrazadera inoxidable*



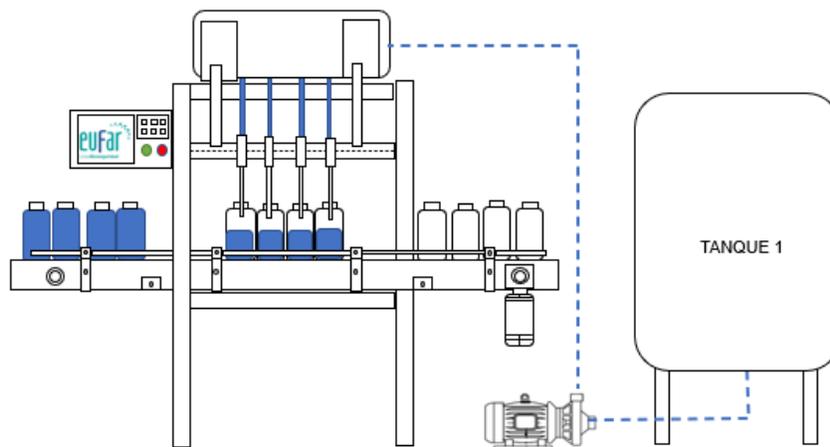
**Nota:** Abrazadera inoxidable tomado de VALVECO S.A.S. [En línea] <https://valveco.com.co/>

### 3.3.3 Selección de bomba hidráulica

Se deben realizar distintos cálculos para la adecuada selección de la bomba hidráulica que se empleara en la envasadora, la figura (46) muestra el recorrido que debe ejercer la bomba hidráulica para transportar el producto de un tanque al otro.

**Figura 38.**

*Diagrama de recorrido del fluido*



**Nota** En la figura se observa el recorrido del fluido en el sistema

La tabla (37) muestra el cálculo del caudal del producto que recorre la tubería mostrada anteriormente.

**Tabla 37**

*Cálculo caudal*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$Q = \frac{V}{t}$	V=Volumen envase 5L t= tiempo Q=Caudal	V= 5L t=31.1 seg	$Q = 0.16 \frac{L}{Seg}$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el caudal del motor

La tabla (38) muestra el cálculo del área de la sección transversal

**Tabla 38**

*Cálculo del área transversal*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$A = \frac{\pi \phi_{int}^2}{4}$	A=Área $\phi_{int}$ =Diámetro interno	$\phi_{int} = 20 * 10^{-3}m$	$A = 3.14 * 10^{-4}m^2$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el área transversal

La tabla (39) muestra el cálculo de la Velocidad del fluido

**Tabla 39**

*Cálculo del área transversal*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$V = \frac{Q}{A}$	A=Área Q=Caudal V=Velocidad del fluido	$A = 3.14 * 10^{-4}m^2$ $Q = 1.6 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$	$V = 0.51 \frac{m}{s}$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la velocidad del fluido

La tabla (40) muestra el cálculo Numero de Reynolds

**Tabla 40**

*Cálculo Numero de Reynolds*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$N_R = \frac{V \phi_{int}}{\nu}$	$N_R$ =Número de Reynolds $\nu$ =Viscosidad cinemática $\phi_{int}$ =Diámetro interno V=Velocidad del fluido	$\nu = 1.12 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ $\phi_{int} = 20 * 10^{-3}m$ $V = 0.51 \frac{m}{s}$	$N_R = 9107.14$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la velocidad del fluido

La tabla (41) muestra el cálculo del factor de fricción

**Tabla 41**

Cálculo factor de fricción

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$\lambda = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \frac{\phi_{int}}{\varepsilon}} + \left( \frac{5.7}{N_R^{0.9}} \right) \right) \right]^2}$	$\lambda$ =Factor de fricción $N_R$ =Número de Reynols $\phi_{int}$ =Diámetro interno $\varepsilon$ =Rugosidad de PVC	$\varepsilon = 3 * 10^{-7}m$ $\phi_{int} = 20 * 10^{-3}m$ $N_R = 9107.14$	$\lambda = 0.031$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el factor de fricción

La tabla (42) muestra el cálculo de las pérdidas en el sistema

**Tabla 42**

Cálculo de las pérdidas del sistema

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$h_p = \lambda \frac{L}{\phi_{int}} \frac{V^2}{2g}$	$\lambda$ =Factor de fricción L=Longitud de la manguera V=Velocidad del fluido $\phi_{int}$ =Diámetro interno $h_p$ = Pérdidas del sistema	$V = 0.51 \frac{m}{s}$ $\phi_{int} = 20 * 10^{-3}m$ $L = 4m$ $\lambda = 0.031$	$h_p = 0.082m$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar las pérdidas en el sistema

La tabla (43) muestra el cálculo de la carga dinámica total

**Tabla 43**

Cálculo de la carga dinámica total

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$h_a = Z2 - Z1 + \frac{V^2}{2g} h_p$	$P1/\gamma$ = Carga de presión $Z1$ = Carga de elevación $V^2/2g$ = Carga de velocidad $hL$ = Pérdida de energía por fricción en tubería, válvulas y accesorios	$Z2 = 2.5 m$ $Z1 = 0.5 m$ $V = 0.51 \frac{m}{s}$ $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ $h_p = 0.082m$	$h_a = 2.1 m$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar las pérdidas en los accesorios

La tabla (44) muestra el cálculo de la potencia del motor

**Tabla 44**

*Cálculo de la carga dinámica total*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$P_b = \gamma * h_a * Q_b$	$P_b$ = Potencia de la bomba $\gamma$ = Gravedad especifica $h_a$ = carga dinámica total $Q_b$ = Caudal	$\gamma = 9800 \frac{N}{m^3}$ $h_a = 2.1m$ $Q = 1.6 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$	$P_b = 3.29 W$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la potencia de la bomba

Como se observa en la tabla (45), se escoge una electrobomba de rodete periférico de la empresa Pedrollo, ideal para emplearse en el sistema con una potencia de 0.37 KW debido a que es el más cercano al dato obtenido.

**Tabla 45**

*Ficha técnica para electrobombas*



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲
PKm 60	PK 60	0.37	0.50	
PKm 60-MD	PK 60-MD	0.37	0.50	IE2
PKm 65	PK 65	0.55	0.75	
PKm 70	PK 70	0.60	0.85	
PKm 80	PK 80	0.75	1	
PKm 90	PK 90	0.75	1	
PKm 100	PK 100	1.1	1.5	IE3
PKm 200	PK 200	1.5	2	
PKm 300	PK 300	2.2	3	

**Nota:** Ficha técnica de electrobombas. Tomado de Pedrollo [En línea]

<https://www.pedrollo.com/>

### 3.4 Tiempo de llenado teórico

Para saber el tiempo teórico en el cual se van a llenar los diferentes envases de acuerdo con los productos se emplearon las fórmulas que se muestran en la tabla (46) en el cual se tiene en cuenta la densidad como se mostró en la tabla (6), la tabla (47) muestra el tiempo de llenado teórico en el cual se envasara cada envase según su producto.

**Tabla 46**

*Cálculo de tiempo de llenado*

<b>Formula 1</b>	<b>Formula 2</b>	<b>Formula aplicada</b>	<b>Donde</b>	
$Q = vA$	$Q = \frac{V}{t}$	$t = \sqrt{\frac{V}{\pi r^2 g}}$	t = Tiempo A= Área r = Radio	v=Velocidad V= Volumen Q= Caudal

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el tiempo de llenado de cada producto

**Tabla 47**

*Tabla de tiempo de llenado teórico*

<b>PRODUCTO</b>	<b>Tiempo de llenado</b>
<b>BENZIRAL 5 L</b>	15 s
<b>BENZIRAL 1 L</b>	4 s
<b>BONZYME 5 L</b>	15 s
<b>BONZYME 3.8 L</b>	7 s
<b>BONZYME 1 L</b>	4 s
<b>BONZYME 500 mL</b>	2 s
<b>EUCIDA ADVANCED 4 L</b>	7 s
<b>EUCIDA ADVANCED 750 mL</b>	3.5 s
<b>EUCIDA ADVANCED 500 mL</b>	3 s
<b>EUCIDA ADVANCED 240 mL</b>	2 s
<b>EUCIDA CLASSIC 240 mL</b>	2 s
<b>GLUTFAR 3.8 L</b>	8 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 5 L</b>	15 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 3.8 L</b>	7 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 1 L</b>	4 s
<b>GLUTFAR PLUS HLD 500 mL</b>	2 s

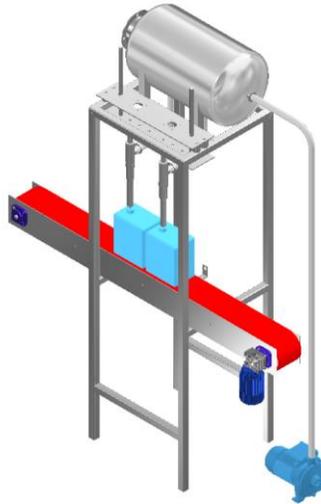
**Nota** En la tabla se observa el tiempo de llenado de cada producto

### 3.5 Ensamble del sistema hidráulico

Una vez ya diseñado, calculado y seleccionado cada elemento del sistema hidráulico se procede a realizar el ensamblaje en Autodesk Inventor 2023 como se observa en la figura (47).

**Figura 39.**

*Ensamble de sistema hidráulico*



**Nota** En la figura se observa el ensamble del sistema hidráulico

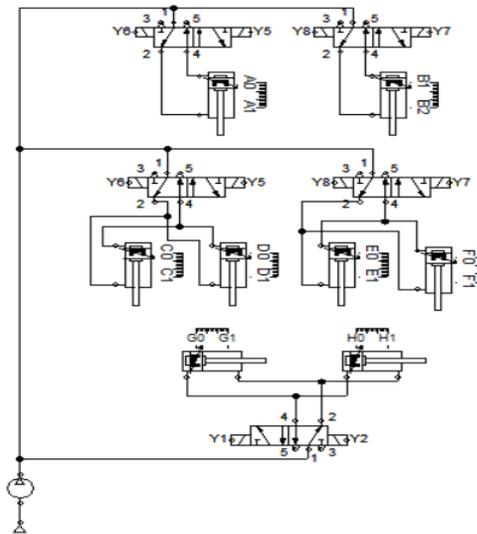
### 3.6 Sistema neumático

#### 3.6.1 Función del sistema neumático

La figura (48) muestra el diagrama de la conexión neumática que se estableció, con el fin de tener un mejor control y garantizan la extensión y retracción del vástago para el diseño de la maquina se implementaron 8 cilindros neumáticos doble efecto y 3 válvulas 5/2.

**Figura 40.**

*Diagrama conexión neumática*



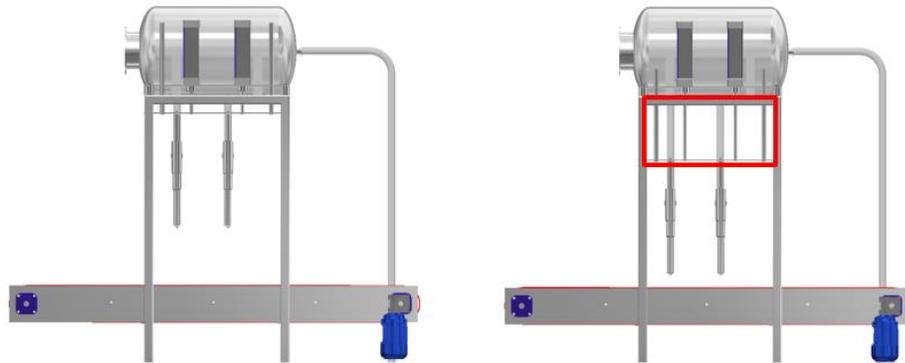
**Nota** En la figura se observa el diagrama conexión neumática

### 3.6.2 Cilindros neumáticos placa de llenado

Estos cilindros son los encargados de bajar y subir la placa que sostiene las boquillas como se observa en la figura (49), permitiendo que las boquillas de llenado hagan un adecuado ingreso a los envases que estén transitando en el sistema de transporte

**Figura 41.**

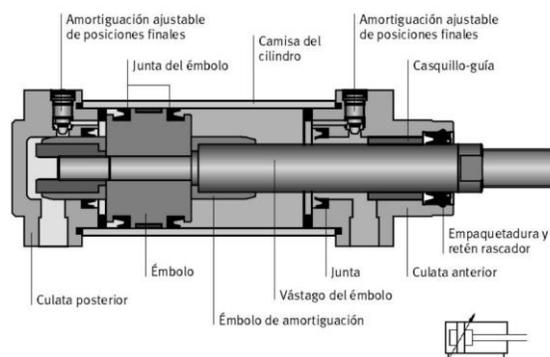
*Movimiento cilindro placa de llenado*



**Nota** En la figura se observa el movimiento del cilindro de la placa de llenado. La figura (50) muestra las partes de un cilindro neumático doble efecto los cuales se van a emplear en el sistema neumático

**Figura 42.**

*Movimiento cilindro placa de llenado*



Nota: Partes cilindro neumático. Tomado de automatización industrial [En línea] <http://industrial-automatica.blogspot.com/>

Para el cálculo del área del émbolo se toma en cuenta el peso que soporta los cilindros neumáticos el cual es el peso de la lamina inferior con las 4 boquillas de llenado y la presión de trabajo, la tabla (48) muestra este cálculo.

**Tabla 48**

Calculo área del embolo

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$A = \frac{W}{P}$	A= Área del embolo W=Peso P=Presión de trabajo	W=99 N P= $600 * 10^3 \frac{N}{m^2}$	$A = 165 \text{ mm}^2$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el área del embolo

La tabla (49) muestra el cálculo del diámetro del embolo

**Tabla 49**

Calculo diámetro del embolo

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$	D= Diámetro del embolo A= Área del embolo	$A = 124.2 \text{ mm}^2$	$D = 14.5 \text{ mm}$

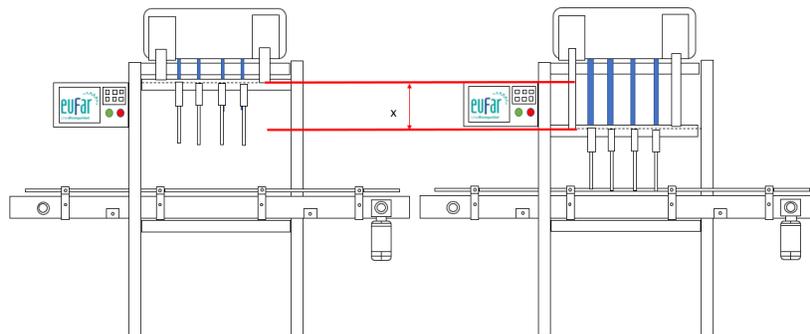
**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el diámetro del embolo

Por lo anterior se debe seleccionar un cilindro el cual tenga un diámetro de embolo igual o superior a 14.5 mm, ya que la principal necesidad de este cilindro es bajar las boquillas para envasar los envases para la selección de los cilindros se enfocará en calcular la longitud de carrera del vástago.

Como se observa en la figura (51), el cilindro neumático debe realizar un desplazamiento x para que las boquillas entren en los envases y lo llenen

**Figura 43.**

Diagrama del movimiento cilindro placa de llenado



**Nota** En la figura se observa el movimiento del cilindro de la placa de llenado

Como se observa en la tabla (50) se escogió una carrera de 200 mm para el envasado de los diferentes productos

**Tabla 50**

*Ficha técnica carrara del vástago cilindro neumático placa de llenado*

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del cilindro en milímetros								
	32	40	50	63	80	100	125	160	200
25 (1")	CA32025	CA40025	CA50025	CA63025	CA80025	CA100025	CA125025X	CA160025X	CA200025X
50 (2")	CA32050	CA40050	CA50050	CA63050	CA80050	CA100050	CA125050X	CA160050X	CA200050X
75 (3")	CA32075	CA40075	CA50075	CA63075	CA80075	CA100075	CA125075X	CA160075X	CA200075X
100 (4")	CA32100	CA40100	CA50100	CA63100	CA80100	CA100100	CA125100X	CA160100X	CA200100X
125 (5")	CA32125	CA40125	CA50125	CA63125	CA80125	CA100125	CA125125X	CA160125X	CA200125X
150 (6")	CA32150	CA40150	CA50150	CA63150	CA80150	CA100150	CA125150X	CA160150X	CA200150X
175 (7")	CA32175	CA40175	CA50175	CA63175	CA80175	CA100175	CA125175X	CA160175X	CA200175X
200 (8")	CA32200	CA40200	CA50200	CA63200	CA80200	CA100200	CA125200X	CA160200X	CA200200X
250 (10")	CA32250	CA40250	CA50250	CA63250	CA80250	CA100250	CA125250X	CA160250X	CA200250X
300 (12")	CA32300	CA40300	CA50300	CA63300	CA80300	CA100300	CA125300X	CA160300X	CA200300X

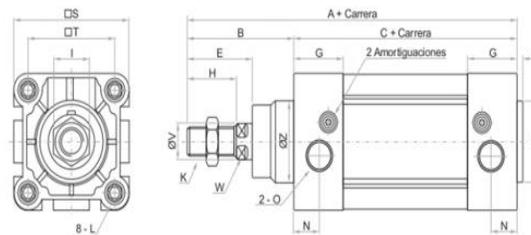
**Nota:** Ficha técnico carrara vástago. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

### 3.6.3 Selección de los cilindros neumáticos placa de llenado

Se escoge un cilindro neumático de referencia CA63200 con un diámetro de 63 mm como se observa en la tabla (51).

**Tabla 51**

*Ficha técnica diámetro del cilindro neumático placa de llenado*



Diámetro	A	B	C	E	G	H	I	K	L	N	O	S	T	ØV	W	X	ØZ
32 mm	142	48	94	29	27.5	22	17	M10 x 1.25	M6	13.5	1.8	46.5	32.5	12	10	3	30
40 mm	159	54	105	33	32	24	17	M12 x 1.25	M6	17.5	1.4	54	38	16	13	3.5	35
50 mm	175	69	106	42	31	32	23	M16 x 1.5	M8	14	1.4	64	46.5	20	17	3.5	40
63 mm	190	69	121	42	33	32	23	M16 x 1.5	M8	17	3.8	75	56.5	20	17	4	45
80 mm	214	86	128	53	33	40	26	M20 x 1.5	M10	16.5	3.8	93	72	25	22	4	45

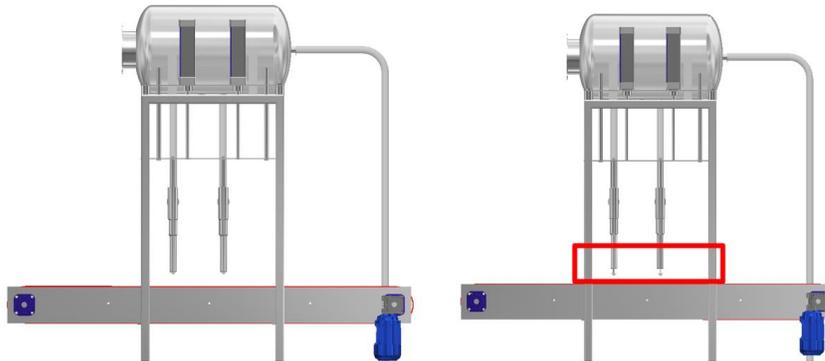
**Nota:** Ficha técnica diámetro del embolo. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

### 3.6.4 Función cilindros neumáticos boquillas de llenado

Estos cilindros son los encargados de abrir y cerrar las boquillas de dosificado como se encuentra en la figura (52)

**Figura 44.**

*Movimiento cilindro boquillas de llenado*



**Nota** En la figura se observa el movimiento del cilindro de la boquilla de llenado. Ya que estos cilindros no emplean una fuerza en el sistema se selecciona un cilindro hidráulico doble efecto de carrera mínima como se observa en la tabla (52).

**Tabla 52**

*Ficha técnica carrara del vástago boquilla de llenado*

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del cilindro en milímetros		
	16	20	25
25 (1")	CIA16025	CIA20025	CIA25025
50 (2")	CIA16050	CIA20050	CIA25050
75 (3")	CIA16075	CIA20075	CIA25075
80 (3,15")	CIA16080	CIA20080	CIA25080
100 (4")	CIA16100	CIA20100	CIA25100
125 (5")	CIA16125	CIA20125	CIA25125
150 (6")	CIA16150	CIA20150	CIA25150

**Nota:** Ficha técnico carrara vástago. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

### 3.6.5 Selección de los cilindros neumático boquillas de llenado

Se escoge un cilindro neumático de referencia CIA25025 con un diámetro de 25 mm como se observa en la tabla (53).

**Tabla 53**

*Ficha técnica diámetro del cilindro neumático boquilla de llenado*

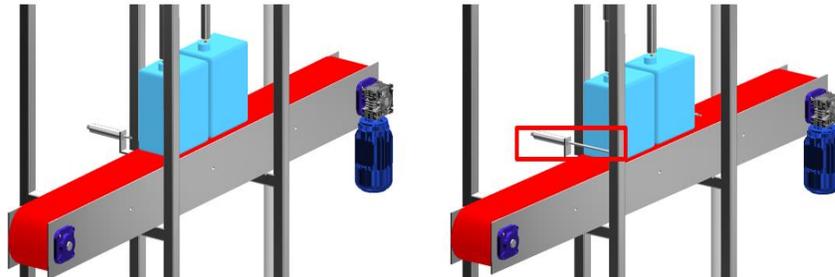
Diámetro	A	A2	B ± 0,05	B ± 0,08	C	D	E	G	G1	H	I	K	L	N	O	P	Q	S	V	X
16 mm	111	56	136	161	17	85,3	6	12,5	8	16	17	M 8 x 1	M 8 x 1,5	22	13	6	12	20	6	M8
20 mm	126	62	151	176	20	14,5	7,5	14,5	7,5	20	20	M 8 x 1,25	M 12 x 1,5	24	11	8	16	25	8	Ø18*
25 mm	137	67	162	187	22	16	8	16	8	22	22	M 8 x 1,25	M 12 x 1,5	26	11	8	16	26	10	Ø18*
32 mm	147	76	-	-	27	18	8	18	8	28	28	M 8 x 1,25	M 14 x 2	28	12	10	16	30	12	Ø18*
40 mm	149	76	-	-	27	16,7	8,4	16,7	8,4	24	24	M 12 x 1,25	M 16 x 2	32	12	12	20	30	14	Ø18*

**Nota:** Ficha técnica diámetro del embolo. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

### 3.6.6 Función cilindros neumáticos freno de envases

Estos cilindros son los encargados de separar los envases que se vas a llenar como se muestra en la figura (53)

**Figura 45.**  
*Movimiento cilindro freno de envases*



**Nota** En la figura se observa el movimiento del cilindro de frenado

3.6.6.a Calculo diámetro del embolo. Ya que estos cilindros soportan el empuje que genera los envases al llenarse, la tabla (54) muestra el diámetro que debe tener el cilindro neumático para soportar estas cargas.

**Tabla 54**

*Calculo diámetro del embolo cilindro neumático freno de envase*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$d = \sqrt{\frac{F4}{P\pi}}$	A= Área del embolo d= Diámetro del embolo P=Presión de trabajo	W=470.9 N P= 600 * 10 <sup>3</sup> $\frac{N}{m^2}$	d = 31.6 mm

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el diámetro del embolo

Se tiene en cuenta la medida del envase de 5 litro para seleccionar la carrera del cilindro neumático, la tabla (55) muestra la referencia que se selecciono

**Tabla 55**

*Ficha técnica carrera del vástago freno de envases*

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del cilindro en milímetros				
	16	20	25	32	40
25 (1")	CI16025	CI20025	CI25025	CI32025	CI40025
50 (2")	CI16050	CI20050	CI25050	CI32050	CI40050
75 (3")	CI16075	CI20075	CI25075	CI32075	CI40075
80 (3,15")	CI16080	CI20080	CI25080	CI32080	CI40080
100 (4")	CI16100	CI20100	CI25100	CI32100	CI40100
125 (5")	CI16125	CI20125	CI25125	CI32125	CI40125
150 (6")	CI16150	CI20150	CI25150	CI32150	CI40150
175 (7")	CI16175	CI20175	CI25175	CI32175	CI40175
200 (8")	CI16200	CI20200	CI25200	CI32200	CI40200
225 (9")	CI16225	CI20225	CI25225	CI32225	CI40225
250 (10")	CI16250	CI20250	CI25250	CI32250	CI40250
275 (11")		CI20275	CI25275	CI32275	CI40275
300 (12")		CI20300	CI25300	CI32300	CI40300

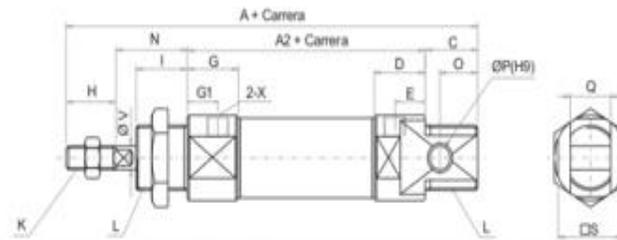
Nota: Ficha técnico carrera vástago. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

### 3.6.7 Selección de los cilindros freno de envases

Se escoge un cilindro neumático de referencia CIB32150 con un diámetro de 32 mm como se observa en la tabla (56).

**Tabla 56**

Ficha técnica diámetro del cilindro neumático freno de envases



Diámetro	A	A2	B ± 0,10	B50 - 100	C	D	E	G	GI	H	I	K	L	N	O	P	Q	S	V	X
16 mm	111	56	136	161	17	10,5	6	12,5	8	16	17	M 6 x 1	M 16 x 1,5	22	13	6	12	20	6	M5
20 mm	126	62	151	176	20	14,5	7,5	14,5	7,5	20	20	M 8 x 1,25	M 22 x 1,5	24	11	8	16	25	8	G1/8"
25 mm	137	65	162	187	22	16	8	16	8	22	22	M 10 x 1,25	M 22 x 1,5	26	11	8	16	30	10	G1/8"
32 mm	147	76	-	-	27	16	8	16	8	22	24	M 10 x 1,25	M 24 x 2	22	12	10	16	Ø15	12	G1/8"
40 mm	149	76	-	-	27	16,7	8,4	16,7	8,4	24	24	M 12 x 1,25	M 30 x 2	22	12	12	20	Ø1,6	16	G1/8"

**Nota:** Ficha técnica diámetro del embolo. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

### 3.6.8 Selección de elementos del sistema neumático

3.6.8.a Selección de válvula solenoide. Se selecciona una válvula solenoide de 5/2 de referencia FT2521-08T ARM de la empresa neumática y control como se muestra en la tabla (57)

**Tabla 57**

Ficha técnica válvula solenoide



Código	Modelo	Detalle	Conexión	Voltaje	Presión
01519	FT2521-08T ARM	Válvula 5/2 Doble Solenoide	1/4"	110DC	43 - 116 PSI

**Nota:** Ficha técnico válvula solenoide. Tomado de neumaticaycontrol [En línea] <https://www.neumaticaycontrol.com.co/>

3.6.8.b Regulador de presión. Se selecciona un regulador de presión de referencia URM10221 de la empresa Admitec con perilla ajustable como se muestra en la tabla (58)

**Tabla 58**

*Ficha técnica regulador de presión*



Referencia	NPT	Rango	Ajuste	SCFM
URM10121	1/8"	7 ~ 128 PSI	Perilla	12
URM10221	1/4"	7 ~ 128 PSI	Perilla	12

**Nota:** Ficha técnico regulador de presión. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

3.6.8.c Lubricador. Se selecciona un lubricador de referencia UL102 de la empresa Admitec como se muestra en la tabla (59)

**Tabla 59**

*Ficha técnica lubricadora*



Referencia	NPT	Vaso	Capacidad Vaso	SCFM
UL101	1/8"	Transparente	25 c.c.	20
UL102	1/4"	Transparente	25 c.c.	24

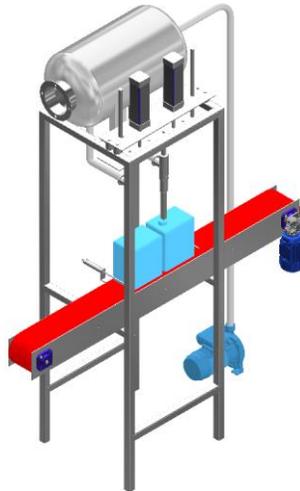
**Nota:** Ficha técnico lubricador. Tomado de admitec [En línea] <https://admitec.co/>

### 3.7 Ensamble del sistema neumático

Una vez ya diseñado, calculado y seleccionado cada elemento del sistema neumático se procede a realizar el ensamblaje en Autodesk Inventor 2023 como se observa en la figura (54).

**Figura 46.**

*Ensamble del sistema neumático*



**Nota** En la figura se observa el ensamble del sistema neumático

### **3.8 Sistema estructural**

#### **3.8.1 Función del sistema estructural**

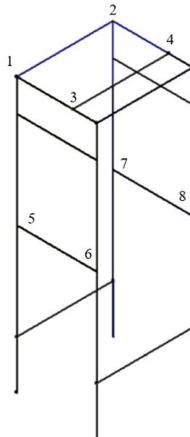
El sistema estructural se emplea para soportar las cargas de los diferentes componentes que contiene la máquina

#### **3.8.2 Cálculo de la estructural**

Para determinar las cargas a las que se someten la estructura se le asignaron nombres a las diferentes vigas horizontales como se observa en la figura (55)

**Figura 47.**

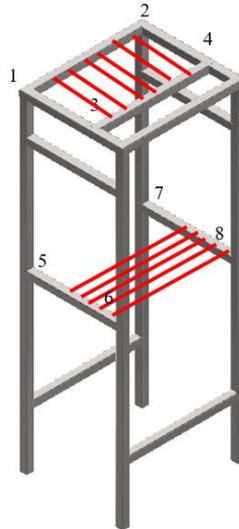
Esquema estructura lineal



**Nota** En la figura se observa el el esquema lineal de la estructura

Al tener las vigas enumeradas se sitúa el área donde van a soportar las cargas, como se observa en la figura (56)

**Figura 48.**  
*Área que soporta cargas*



**Nota** En la figura se observa el esquema lineal de la estructura

### 3.8.2.a Calculo viga 1-2

**Tabla 60**

*Calculo masa total*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$M_t = M_p + M_T$	$M_p$ = Masa del producto	$M_p = 64.8 \text{ Kg}$	$M_t = 576.3 \text{ Kg}$
	$M_T$ = Masa del tanque	$M_T = 511.5 \text{ Kg}$	
	$M_t$ = Masa total		

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar la masa total

Ya teniendo la masa total que va a soportar los soportes se calcula el peso total de la siguiente manera

**Tabla 61**

*Calculo peso del tanque de almacenamiento*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$W = M_T * g$	$M_t$ = Masa total	$M_t = 576.3 \text{ Kg}$	$W = 5653.5 \text{ N}$
	$g$ = Gravedad	$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$	
	$W$ = Peso total		

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el peso total

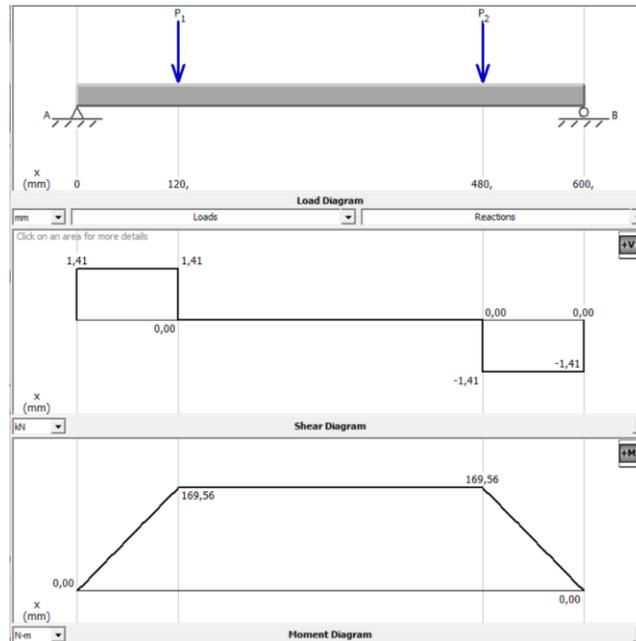
La figura (57) muestra el análisis del momento flector y fuerza cortante que se realizó para soportar el peso total, se emplea el software de mecánica de materiales MDSOLID v 4.1 teniendo como

$$V = 1.41 \text{ kN}$$

$$M = 169.6.2 \text{ N m}$$

**Figura 49.**

*Diagrama análisis del fuerza cortante y momento estructura*



**Nota** En la figura se observa el diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector de la estructura

Para saber que grosor va a soportar estas cargas se debe contemplar y el módulo de la sección transversal, la tabla (62) presenta el cálculo realizado

**Tabla 62**

*Calculo módulo de la sección transversal estructura*

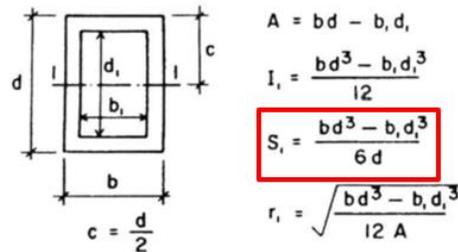
Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$S = \frac{[M]_{max}}{\sigma_{perm}}$	$S$ = Módulo de la sección transversal $\sigma_{perm}$ = Esfuerzo permisible $[M]_{max}$ = Momento flector máximo	$[M]_{max} = 169.56 Nm$ $\sigma_{perm} = 160.7 \times 10^6 Pa$	$S = 1055.13 mm^3$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el módulo de la sección transversal

Ya que el módulo de la sección transversal depende también de la forma geométrica, se aplica la ecuación seleccionada de la figura (58) con el fin de calcular el grosor que debe tener la lámina para soportar las cargas ejercidas

**Figura 50.**

*Diagrama análisis del fuerza cortante y momento flector estructura*



Nota: Formulas para calcular las propiedades de la sección.

Tomado de [En línea]

La tabla (63) muestra la formula aplicada en la figura (32), como estos perfiles están comercializados se va a calcular con un perfil de 40X40, de esta forma se realiza el despeje de la sección interna del perfil.

**Tabla 63**

*Cálculo del grosor del perfil de la estructura*

Formula aplicada	Donde	Datos que ingresar	Valor calculado
$S = \frac{l^4 - l_i^4}{6l}$	$S =$ Módulo de la sección transversal $l =$ largo de la sección $l_i =$ Largo interno de la sección	$S = 447.4 \text{ mm}^3$ $l = 40 \text{ mm}$	$l_i = 38.9 \text{ mm}$

**Nota** En la tabla se observa el cálculo que se empleó hallar el módulo de la sección transversal

Se obtiene que con un espesor de lámina de 1.1 mm la estructura aguantara el peso del tanque, sin embargo, se implementa un factor de seguridad de 1.5, en vista de que el tanque es lo que mas esfuerzo genera en el sistema estructural, no se realiza cálculo de la sección 5-6 ya que se usara el mismo perfil en toda la estructura

### 3.8.3 Diseño de la estructura

Se diseña en base a los cálculos anteriores una estructura de un perfil cuadrado en acero inoxidable 304 de 40x40 con un espesor de 2 mm como se muestra en la figura (59)

**Figura 51.**

*Diseño estructura*



**Nota** En la figura se observa el diseño estructura

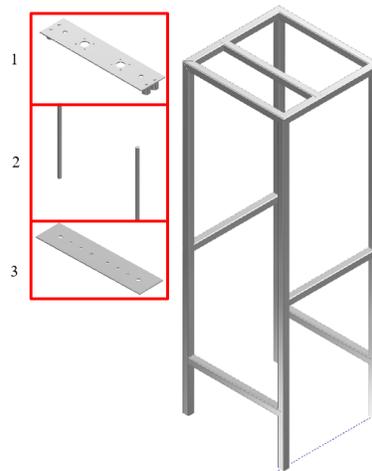
### **3.8.4 Elementos del sistema estructural**

Como se muestra en la figura (60) el sistema estructural cuenta con 3 partes las cuales:

- Parte 1: Es la placa superior cuya función es soportar los pistones neumáticos
- Parte 2: Son ejes los cuales se encargan de guiar las placas
- Parte 3: Es la placa inferior cuya función es soportar las boquillas de llenado

**Figura 52.**

*Elementos del sistema estructural*

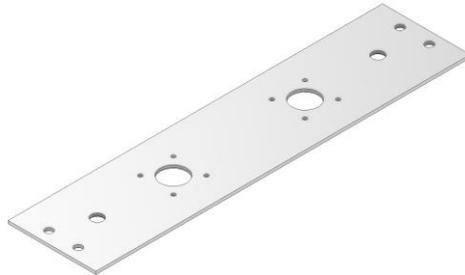


**Nota** En la figura se observa las partes de la estructura

3.8.4.a Diseño de la placa superior. Esta placa se diseña en base a las medidas de la estructura con un espesor de 5mm, cuenta con perforaciones para colocar los dos cilindros neumáticos, los ejes guías y tornillos para sujetarlos a la estructura como se muestra en la figura (61).

**Figura 53.**

*Diseño placa superior*

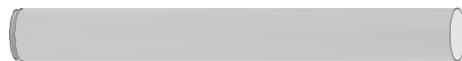


**Nota** En la figura se observa la parte 1 de la estructura

3.8.4.b Diseño del eje guía. Este eje guía de diseña un diámetro de 20 mm y una longitud de 400mm, tiene un roscado en la parte inferior la cual permite la sujeción con la placa inferior como se muestra en la figura (62).

**Figura 54.**

*Diseño eje guía*



**Nota** En la figura se observa la parte 2 de la estructura

3.8.4.c Diseño de la placa inferior. Esta placa se diseña en base a las medidas de la placa superior con un espesor de 5mm, cuenta con perforaciones para colocar los 4 cilindros neumáticos y los ejes guías

**Figura 55.**

*Diseño placa inferior*



**Nota** En la figura se observa la parte 3 de la estructura

### 3.8.5 Ensamble del sistema estructural

Una vez ya diseñado y calculado cada elemento del sistema estructural se procede a realizar el ensamblaje en Autodesk Inventor 2023 como se observa en la figura (64).

**Figura 56.**

Ensamble sistema estructural



**Nota** En la figura se observa el ensamble del sistema estructural

## 3.9 Sistema de control

### 3.9.1 Función del sistema de control

Este sistema es el encargado de controlar los sistemas mecánicos y neumáticos que componen la máquina con el fin de tener un correcto desempeño y funcionamiento, los dispositivos que conforman el grupo de las entradas y salidas son el interruptor, final de carrera, Escoder, solenoide y el motorreductor. El sistema de control se diseñó con múltiples señales de entrada y salida, la descripción y configuración de este se muestran en el cuadro (64) y en la figura (65)

**Tabla 64**

*Designación de los elementos de entrada y salida del GRAFCET*

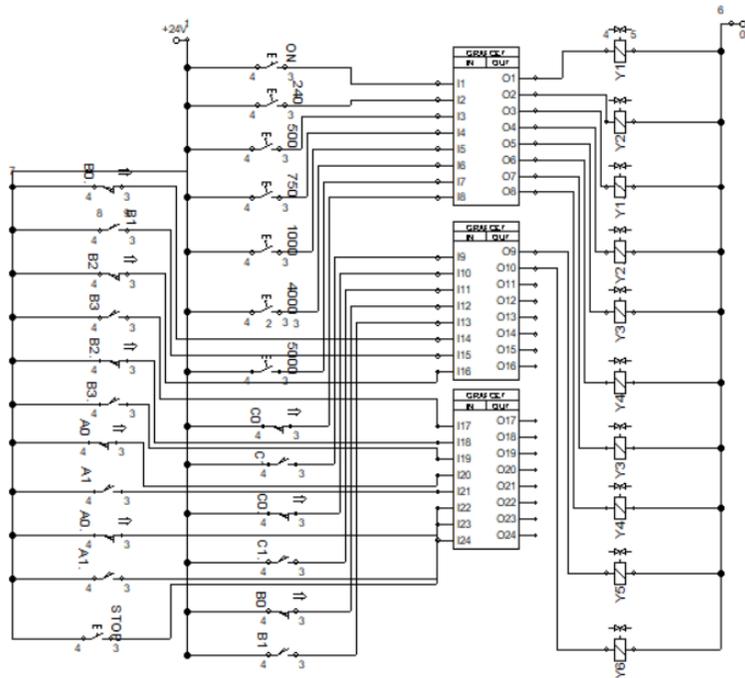
ENTRADAS			SALIDAS		
PUERTO	MARCA	DESCRIPCIÓN	PUERTO	MARCA	DESCRIPCIÓN
I1	ON	Interruptor encendido	O1	Y1	Solenoide A+
I2	240	Interruptor envase 240ml	O2	Y2	Solenoide A-
I3	500	Interruptor envase 500ml	O3	Y1.	Solenoide A.+
I4	750	Interruptor envase 750ml	O4	Y2.	Solenoide A-
I5	1000	Interruptor envase 1 L	O5	Y3	Solenoide B+
I6	4000	Interruptor envase 4L	O6	Y4	Solenoide B-
I7	5000	Interruptor envase 5L	O7	Y3.	Solenoide B.+
I8	C0	Final de carrera C0	O8	Y4.	Solenoide B.-
I9	C1	Final de carrera C1	O9	Y5	Solenoide C+

I10	C0.	Final de carrera C0.	O10	Y6	Solenoide C-
I11	C1.	Final de carrera C1.			
I12	B0	Final de carrera B0			
I13	B1.	Final de carrera B1.			
I14	B0.	Final de carrera B0.			
I15	B1	Final de carrera B1			
I16	B2	Final de carrera B2			
I17	B3	Final de carrera B3			
I18	B2.	Final de carrera B2.			
I19	B3.	Final de carrera B3.			
I20	A0	Final de carrera A0			
I21	A1	Final de carrera A1			
I22	A0.	Final de carrera A0.			
I23	A1.	Final de carrera A1.			
I24	STOP	Interruptor parado			

**Nota** En la tabla se observa la designación de los elementos de entrada y salida del GRAFCET

**Figura 65.**

*Conexión de los elementos de entrada y salida del GRAFCET*

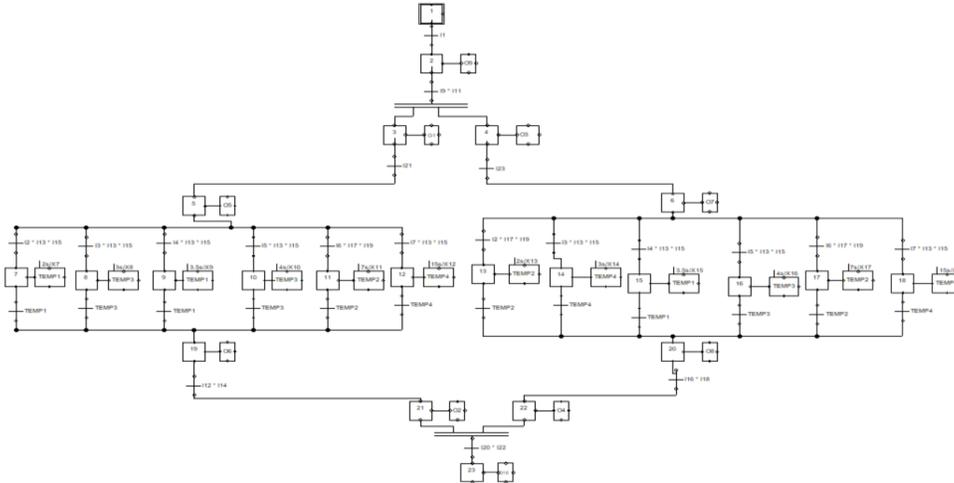


**Nota** En la figura se observa la conexión de los elementos de entrada y salida del GRAFCET

Teniendo en cuenta el diseño funcional de la maquina se programó la secuencia descrita en el diagrama funcional de procesos de automatización GRAFCET el cual se presenta en la figura (66), como se presentó en la tabla (61) el sistema para su correcta funcionabilidad se emplearon 5 interruptores de acuerdo al envase que se vaya a dosificar en el proceso de producción de los

productos de la línea de bioseguridad de la empresa, también se determinaron tiempos diferentes los cuales se determinaron en el sistema hidráulico.

**Figura 66.**  
Sistemas GRAFCET

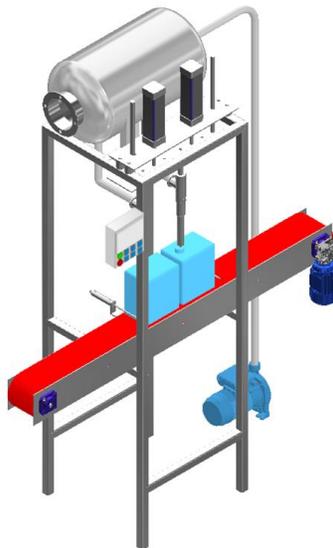


**Nota** En la figura se observa el sistema GRAFCET

### 3.9.2 *Ensamble sistema de control*

Una vez ya implementado cada elemento del sistema control se procede a realizar el ensamblaje en Autodesk Inventor 2023 como se observa en la figura (64).

**Figura 67.**  
*Ensamble sistema de control*



**Nota** En la figura se observa el ensamblaje del sistema de control

## 4 MANUALES

Los manuales de operación y mantenimiento son imprescindibles después de la etapa del diseño contribuyendo así con la información al operario sobre los modos de operación de la maquina con el fin de optimizar funcionamiento de la máquina y prolongar su vida útil

### 4.3 Manual de operaciones

La máquina envasadora de líquidos está fabricada en acero AISI 304 con funcionamiento neumático accionado por un controlador lógico programable, diseñado para envasar de 2 a 4 envases de diferentes productos de la línea de bioseguridad de la empresa, se mostrarán recomendaciones y especificaciones sobre el funcionamiento y manejo del equipo

#### 4.3.1 Inspección

Inicialmente el operario debe verificar la estructura y los componentes de la maquina con el fin de comprobar que estén sujetos de forma correcta, también debe verifica que está conectada a un tomacorriente la cual brindara energía al equipo. Se deben revisar cada componente de

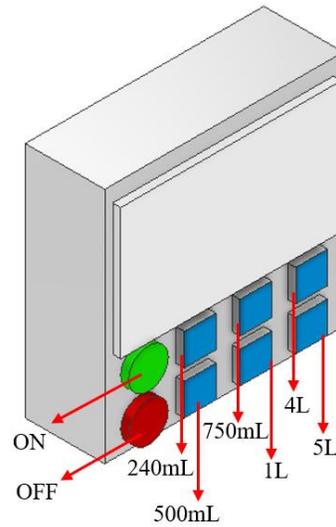
- Sistema estructural: La banda transportadora debe estar bien centrada y lubricada
- Sistema neumático: Los pistones neumáticos, unidad de mantenimiento y mangueras deben estar bien conectados y no presentar fugas
- Sistema hidráulico: Las mangueras y abrazaderas deben estar bien conectados y no presentar fugas
- Sistema de control: El cableado del sistema de control debe estar conectado de manera correcta

#### 4.3.2 Operación

Inicialmente se debe conectar el tanque 1 al tanque 2 por medio de la bomba hidráulica con el fin de tener producto para envasar, se procede al encendido de la maquina activando el interruptor del sistema de control (botón verde) que se muestra en la figura (68), se debe establecer los parámetros del equipo en base a la operación a ejecutar, de acuerdo con lo anterior se deje oprimir uno de los botones que se muestra en la figura (68) de acuerdo con lo solicitado.

**Figura 68.**

*Indicaciones sistema de control*

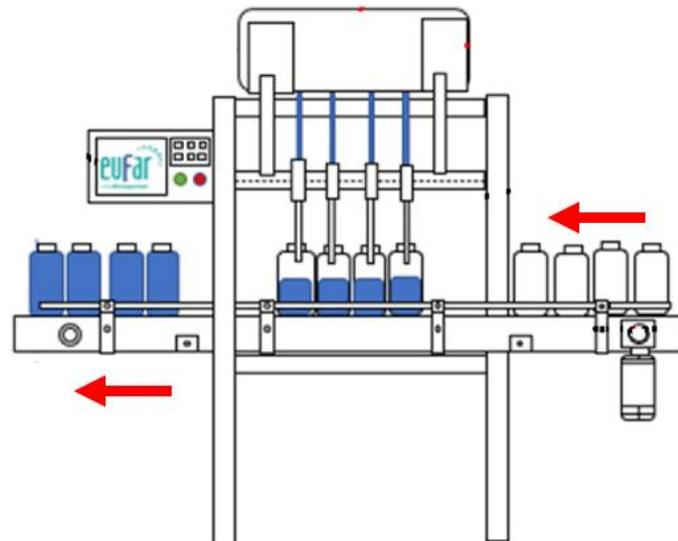


**Nota** En la figura se observa los mandos para utilizar el sistema de control

El operario debe ajustar la guía de envases del equipo y colocar los envases en la banda transportadora para que sigan al proceso de envasado como se muestra en la figura (69), una vez llenado los envases debe retirarlos de la banda transportadora y pasarlos proceso de tapado.

**Figura 69**

*Indicaciones sistema de transporte*



**Nota** En la figura se observa la indicación del sistema de transporte

Luego de terminar con el proceso de envasado del lote se debe realizar la extracción de las mangueras, boquillas de llenado y tapa del tanque de almacenamiento con el fin de lavar estos componentes para el siguiente proceso.

#### 4.3.3 Precaución:

El diseño de esta máquina proporciona condiciones seguras para los operarios de esta, sin embargo, de recomienda usar elementos de protección personal debido al producto que se va a manejar.

**Figura 69**

*Elementos de protección personal*



**Nota** En la figura se observa los elementos de protección personal

## 4.4 Manual de mantenimiento

Con el fin de darle un mantenimiento óptimo al equipo, a continuación, se especificarán las acciones que se le deben realizar a cada subsistema de la máquina

### 4.4.1 *Mantenimiento sistema de transporte*

Se debe realizar inspecciones semanales del movimiento de la banda transportadora con el fin de verificar si hay desgaste o deterioro de los elementos, la tabla (65) se detallan las operaciones por elementos del sistema de transporte que debe tener el equipo para prevenir futuras fallas, la tabla (66) muestra las posibles fallas que puedan existir en el sistema y su acción correctiva.

**Tabla 65***Mantenimiento sistema de transporte*

Sistemas	Elemento	Operación	Periodicidad	
Sistema de Transporte	Cadena	Limpieza y ajuste de pasadores	3 meses	
	Rueda	Limpieza y alineación con el eje	3 meses	
	Motorreductor		Lubricación de rodamientos	6 meses
			Alineación con el eje	6 meses
			Limpieza de carcasa	6 meses
			Inspección de los cables	6 meses
	Ejes	Limpieza y ajuste	6 meses	
Rodamientos	Lubricación	6 meses		

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento sistema de transporte

**Tabla 66 Mantenimiento fallas sistema de transporte***Mantenimiento fallas sistema de transporte*

Sistemas	Elemento	Falla	Acción correctiva	
Sistema de Transporte	Cadena	Fisuras y desgaste del material	Cambio de cadena	
	Rueda	Ruptura de los dientes de la rueda	Cambio de rueda	
	Motorreductor		No enciende	Ajuste o cambio de cables
			No funciona	Cambio de motorreductor
			Falta de potencia	Alinear ejes Cambio de rodamientos
	Ejes	Falla por fatiga	Mecanizado del eje	
	Rodamientos	Falla por fatiga	Cambio de rodamientos	

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento para las fallas sistema de transporte

#### **4.4.2 Mantenimiento sistema hidráulico**

Se debe realizar una limpieza a los elementos del sistema hidráulico antes de realizar un nuevo envasado para evitar mezclas de los diferentes productos de la línea de bioseguridad, la tabla (67) se detallan las operaciones por elementos que debe tener el equipo para prevenir futuras fallas, la tabla (68) muestra las posibles fallas que puedan existir en el sistema y su acción correctiva.

**Tabla 67 Mantenimiento sistema hidráulico***Mantenimiento sistema hidráulico*

Sistemas	Elemento	Operación	Periodicidad	
Sistema Hidráulico	Tanque	Limpieza y ajuste	Antes de usar	
	Boquillas	Limpieza	Antes de usar	
	Manguera	Limpieza	Antes de usar	
	Abrazaderas	Limpieza	Antes de usar	
	Bomba hidráulica		Limpieza de impulsor	Antes de usar
			Inspección de cables	6 meses
			Lubricación de rodamientos	6 meses
			Ajuste de empaques	6 meses

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento sistema de hidráulico

**Tabla 68***Mantenimiento fallas sistema hidráulico*

Sistemas	Elemento	Falla	Acción correctiva	
Sistema Hidráulico	Tanque	Falla por rotura	Soldador en la parte afectada	
	Boquillas	Falla por desgaste	Cambio de boquilla	
	Manguera	Falla por fugas	Cambio de manguera	
	Abrazaderas	Falla por desgaste	Cambio de abrazaderas	
	Bomba hidráulica		Caudal insuficiente	Ajuste de bomba
			No enciende	Ajuste o cambio de cables
			No funciona	Cambio de motor
			Falla por desgaste	Cambio de empaques

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento para las fallas sistema de hidráulico

#### 4.4.3 *Mantenimiento sistema neumático*

Se debe realizar una limpieza a los elementos del sistema neumático antes de realizar un nuevo envasado para evitar mezclas de los diferentes productos de la línea de bioseguridad, la tabla (69) presenta el manual para el mantenimiento del sistema hidráulico en el cual se detallan las operaciones por elementos que debe tener el equipo para prevenir futuras fallas, la tabla (70) muestra las posibles fallas que puedan existir en el sistema y su acción correctiva.

**Tabla 69***Mantenimiento sistema neumático*

Sistemas	Elemento	Operación	Periodicidad
Sistema Neumático	Cilindros neumáticos	Limpieza y lubricación de embolo	6 meses
	Válvula 5/2	Limpieza	6 meses
	Unidad de mantenimiento	Limpieza	6 meses
	Manguera	Limpieza	Antes de usar
	Conectores	Limpieza	Antes de usar

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento sistema de neumático

**Tabla 70***Mantenimiento fallas sistema neumático*

Sistemas	Elemento	Falla	Acción correctiva
Sistema Neumático	Cilindros neumáticos	Falla por pandeo	Cambio de vástago
	Válvula 5/2	Falla por desgaste	Cambio de válvula
	Unidad de mantenimiento	Fallo por desgaste de filtro	Cambio de filtro
	Manguera	Falla por fugas	Cambio de manguera
	Conectores	Falla por desgaste	Cambio de conectores

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento para las fallas sistema de neumático

#### 4.4.4 *Mantenimiento sistema estructural*

Se debe inspeccionar y proporcionar que las piezas se encuentren ajustadas y limpias, la tabla (71) presenta el manual para el mantenimiento del sistema estructural en el cual se detallan las operaciones por elementos que debe tener el equipo para prevenir futuras fallas, la tabla (72) muestra las posibles fallas que puedan existir en el sistema y su acción correctiva.

**Tabla 71***Mantenimiento sistema estructural*

Sistemas	Elemento	Operación	Periodicidad
Sistema Estructural	Perfil estructural	Limpieza	Antes de usar
	Placa superior	Limpieza	Antes de usar
	Placa inferiores	Limpieza	Antes de usar
	Guía	Limpieza	Antes de usar

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento sistema de estructural

**Tabla 72***Mantenimiento fallas sistema estructural*

Sistemas	Elemento	Falla	Acción correctiva
Sistema Estructural	Perfil estructural	Falla por fisura	Soldador en la parte afectada
	Placa superior	Falla por fisura	Soldador en la parte afectada
	Placa inferiores	Falla por fisura	Soldador en la parte afectada
	Guía	Falla por fisura	Soldador en la parte afectada

**Nota** En la tabla se observa el mantenimiento para las fallas sistema de estructural

Por último, la tabla (73) muestra los repuestos para los componentes del sistema

**Tabla 73***Manual de mantenimiento componentes*

Elemento	Especificación	No. repuesto
Cadena	Uni 831-K600	20
Rueda	303382025NT	2
Motorreductor	Motor sin fin corona 063/130	0
Rodamientos	SKF UCF 204	4
Manguera	Airtrans 25	1
Abrazaderas	T-304	5
Bomba hidráulica	PKm 60	0
Cilindros neumáticos	CA63200	2
Válvula 5/2	FT2521-08T ARM	2
Unidad de mantenimiento	URM10221	1

**Nota** En la tabla se observa los repuestos para mantenimiento correctivo de la maquina

## CONCLUSIONES

Se obtuvo una mejora teórica en el proceso del envasado de los diferentes productos ya que se disminuye en promedio el tiempo de la operación un 25%, este dato se obtiene de comparar la tabla (8) y (43), y en promedio se tiene una eficiencia del 44%, este dato se obtiene la tabla (74) en la cual se muestra un ejemplo de la comparación teórica de antes y después en el envasado de 100 envases de cada uno de los productos de los productos de bioseguridad de la empresa.

**Tabla 74**

*cálculo de llenado de 100 envases*

PRODUCTO	Lote de 100 envases		
	Antes	Después	Eficiencia
<b>BENZIRAL 5 L</b>	1000 s	750 s	25%
<b>BENZIRAL 1 L</b>	300 s	100 s	67%
<b>BONZYME 5 L</b>	1000 s	750 s	25%
<b>BONZYME 3.8 L</b>	500 s	350 s	30%
<b>BONZYME 1 L</b>	250 s	75 s	70%
<b>BONZYME 500 mL</b>	150 s	50 s	67%
<b>EUCIDA ADVANCED 4 L</b>	500 s	350 s	30%
<b>EUCIDA ADVANCED 750 mL</b>	200 s	100 s	50%
<b>EUCIDA ADVANCED 500 mL</b>	150 s	75 s	50%
<b>EUCIDA ADVANCED 240 mL</b>	100 s	50 s	50%
<b>EUCIDA CLASSIC 240 mL</b>	100 s	50 s	50%
<b>GLUTFAR 3.8 L</b>	450 s	400 s	11%
<b>GLUTFAR PLUS HLD 5 L</b>	1000 s	750 s	25%
<b>GLUTFAR PLUS HLD 3.8 L</b>	450 s	350 s	22%
<b>GLUTFAR PLUS HLD 1 L</b>	250 s	100 s	60%
<b>GLUTFAR PLUS HLD 500 mL</b>	150 s	50 s	67%
<b>EFICIENCIA PROMEDIO</b>			44%

*Nota.* La tabla representa el cálculo de llenado de 100 envases

También se tiene una mejora en cuando al desgaste de los operarios al momento de envasar los productos ya que ahora solo van a realizar trabajo colocando y sacando los envases en la banda transportadora

Fueron determinados los parámetros y especificaciones de diseño de una máquina dosificadora envasadora de líquidos automatizada. Obteniendo así los sistemas principales a tratar en este tipo de máquinas con el fin de diseñarla bajo estos sistemas y teniendo en cuenta los requerimientos de la empresa, a partir de tesis relacionadas con el presente proyecto para tener un diseño innovador.

A partir de las 3 alternativas diferentes para el diseño de la máquina se concluyó que la más viable por el método de ponderación scoring es la que presenta un sistema funcional y su estructura es ideal para el área de producción

Cada uno de los componentes de la maquina diseñados y seleccionados cumplen con las condiciones requeridas para el buen funcionamiento de la maquina a partir de cálculos y simulaciones

Los manuales elaborados proporcionan a los operarios una guía que cumpla la operación y mantenimiento de la maquina con el fin de tener un funcionamiento y desempeño satisfactorio en el proceso de envasado de los productos de la línea de bioseguridad de la empresa

## BIBLIOGRAFIA

- [1] LinkedIn, (2022). “Acerca de laboratorios EUFAR S.A.”. [Internet]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/company/laboratorios-eufar-s.a./about/>
- [2] Sealed Air. Llenadora Manuel de líquidos. [en línea]. Disponible en: <https://www.catalogodeempaques.com/temas/Llenadora-manual-de-liquidos-LMN-22-con-roscador-neumatico-adaptable+113505>
- [3] Tecno Far. Llenadora de líquidos automática. [en línea]. Disponible en <http://www.tecnofarcr.com/product/llenadora-de-liquidos-automatica/>
- [4] Dima Packaging Machinery. Llenadora rotativa de líquidos. [en línea]. Disponible en: <https://www.envasadorassemiautomaticas.com/maquina/llenadora-ensadora-automatica-con-tapadora>
- [5] R. Ortega-Navarrete, Diseño y construcción de una máquina para envasador de agua, tesis, trabajo de grado, Universidad nacional autónoma de México, México D.C. 2013
- [6] R. Morillo Calderón, Diseño de un sistema automatizado de envasado y dosificación de productos desinfectantes veterinario, tesis, trabajo de grado, Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2017.
- [7] A. Cortez-Espinoza. E. Parada-Zelaya. A. Valencia-Chávez, Propuesta de diseño de una maquina llenadora de envases PET, tesis, trabajo de grado, Facultad de ingeniería y arquitectura, Universidad del Salvador, San Salvador, 2021.
- [8] E. Chilig Guanochanga y D. Jiménez Jiménez, Diseño e implementación de una maquina envasadora automática lineal de yogurt para incrementar la producción en la empresa productos lácteos Paraíso, tesis, trabajo de grado, departamento de eléctrica y electrónica, Universidad de las fuerzas armadas, Latacunga, 2015.
- [9] M. García-Díaz y J. Tullume-Pisfil, Diseño de una maquina dosificadora semiautomática para vino con capacidad de 350 U/H en la empresa “vino gran señor”- Monsefú, Lambayeque, tesis, trabajo de grado, Facultad de ingeniería, arquitectura y urbanismo, Universidad señor de Sipán. Perú-Pimental, 2019.

- [10] A. Vásquez-Ospina y K. Cortes-Ángel, Diseño y construcción del prototipo de una máquina de embotellado de jugos pasteurizados, tesis, trabajo de grado, Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, 2014.
- [11] J. Salinas-Ruiz y N. Zeledón-López, Diseño de un máquina para envasado de líquido, en botellas de 500 mL y 1000 mL para las PYMES, Facultad de tecnología de la industria, tesis, trabajo de grado, Universidad nacional de ingeniería, Managua, 2016.
- [12] G. Medina-Lescano, Propuesta de una maquina envasadora y tapadora de yogurt para la fábrica Lácteos San Francisco, Facultad de mecánica, tesis, trabajo de grado, Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador, 2017.
- [13] A. Salcedo-Castaño y J. Gómez-Tangarife, Diseño de una maquina llenadora para Planta de Miel del SENA, Facultad de ingeniería, tesis, trabajo de grado, Universidad autónoma de Occidente. Santiago de Cali, 2012.
- [14] H. Cruz-Navarrete y E. Campoverde-Williams, Diseño de una maquina flexible para envasado de líquidos, Facultad de ingeniería, tesis, trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2010.
- [15] A. González-Gómez, L. Quintero-Felizzola y J. Rodríguez-Bueno, Diseño y construcción de un proceso automatizado para el envasado de sustancias liquidas, Facultad de ingeniería mecatrónica, tesis, trabajo de grado, Universidad autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, 2007.
- [16] Material didáctico, “Manual de hidráulica y neumática”. [Internet]. Disponible en: [https://www.academia.edu/16452202/Manual\\_hidr%C3%A1ulica\\_y\\_neum%C3%A1tica\\_in\\_acap\\_bueno](https://www.academia.edu/16452202/Manual_hidr%C3%A1ulica_y_neum%C3%A1tica_in_acap_bueno)
- [17] Tecnología industrial I, “Elementos de máquinas y sistemas”. [Internet]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5
- [18] Capitulo 2, “Sistemas de control”. [Internet]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/>

- [19] C. Diaz-Sánchez, Diseño de un sistema de llenado automático para fluidos líquidos y viscosos para la empresa Cosmético Yambal S.A., tesis, trabajo de grado, área académica de ingeniería mecatrónica, Instituto tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2021.
- [20] Carles Riba, Diseño concurrente, Barcelona: Edición UPC, 2002
- [21] Tecnología industrial I, “Elementos de máquinas y sistemas”. [Internet].
- [22] Material didáctico, “Manual de hidráulica y neumática”. [Internet]. Disponible en: <https://www.academia.edu/>
- [23] Sealed Air. Llenadora Manuel de líquidos. [en línea]. Disponible en: <https://www.catalogodelempaque.com>
- [24] Tecno Far. Llenadora de líquidos automática. [en línea]. Disponible en <http://www.tecnofarcr.com>
- [25] Dima Packaging Machinery. Llenadora rotativa de líquidos. [en línea]. Disponible en: <https://www.envasadorassemiautomaticas.com>
- [26] Carles Riba, Diseño concurrente, Barcelona: Edición UPC, 2002
- [27] H. Cárdenas-Honores, Diseño de elementos de máquinas, [Internet]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/62094524/disenodeunteleferico>
- [28] R. Mott. (2006). Mecánica de fluidos (Sexta edición). [En línea]. Disponible en: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf>