



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE: GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**TEMA: DESARROLLO, MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN  
SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL LLENADO Y ENVASADO  
DE AGUA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTORES:** Carlos Luis Alejandro Evangelista  
Bryan Isaac Miranda Torres  
**TUTOR:** Ing. Gabriel Santiago García Vásquez

Guayaquil - Ecuador  
2023

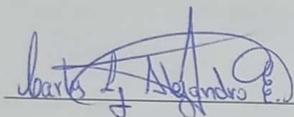
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Carlos Luis Alejandro Evangelista** con documento de identificación N° **095721245-9** y **Bryan Isaac Miranda Torres** con documento de identificación N° **095556495-0**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Carlos Luis Alejandro Evangelista  
095721245-9



Bryan Isaac Miranda Torres  
095556495-0

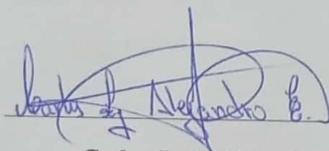
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Carlos Luis Alejandro Evangelista** con documento de identificación N° **0957212459** y **Bryan Isaac Miranda Torres** con documento de identificación N° **0955564950**, expresamos nuestra voluntad, y, por medio del presente documento, cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **DESARROLLO, MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL LLENADO Y ENVASADO DE AGUA**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

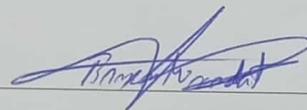
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Carlos Luis Alejandro Evangelista  
095721245-9



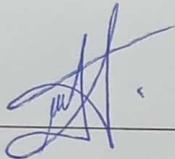
Bryan Isaac Miranda Torres  
095556495-0

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Gabriel Santiago García Vásquez**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO, MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL LLENADO Y ENVASADO DE AGUA**, realizado por **Carlos Luis Alejandro Evangelista** con documento de identificación N° **095721245-9** y por **Bryan Isaac Miranda Torres** con documento de identificación N° **095556495-0**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Ing. Gabriel Santiago García Vásquez, MSc.  
092025650-0

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres tanto a mi mamá Tania Evangelista Villamar, quien me a criado con buenos valores, en la vida hay cosas inefables pero ella me da el significado de las cosas con ejemplos, quien me enseñó lo que es el amor y el perdón y a mi papá Carlos Alejandro Huamán quien me inspira a no desmayar, al que admiro por ser muy trabajador, por ver que no nos falte nada, aconsejarme; para que no falle y evitar errores, por sacar adelante a la familia a pesar de las adversidades. A mi hermano Daniel Álvarez Evangelista que me a acompañado en todo momento de mi vida por ayudarme en todo lo que necesito y del cual estoy orgulloso de la persona y profesional que se a convertido.

A Sissy al ser que estuvo conmigo acompañándome y estaba cuando lo necesitaba, se desveló conmigo hasta alta horas; durante las noches de estudio. Además a cada familiar y persona que me ha motivado y demostrado que la educación es fundamental, que cada día se aprende cosas nuevas y siempre hay que actualizar conocimientos. No obstante agradecer a las personas que me obsequió la vida especialmente a Ronny, Lisette, Erick, Samuel, Juanda, entre otras; quienes me han brindado su apoyo y me han contagiado de alegría cuando más lo necesitaba.

**Carlos Luis Alejandro Evangelista**

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres Washington Miranda y Sandra Torres, por siempre estar conmigo en cada etapa de mi vida, por los valores, principios, consejos que me han inculcado y que debo tener presente en cada paso que doy, el apoyo y amor incondicional que me brindan me ayuda a superarme día a día, en breves palabras los amo, "Todo lo que soy se los debere´ a ustedes".

A mis hermanos: el Ing. Patricio Miranda, la Periodista Evelyn Miranda y sobre todo el Ing. Cristopher Miranda, gracias por sus sabios consejos que me sirvieron en cada transcurso de mi vida, por ser modelos a seguir, por brindarme sus apoyos cada vez que me caía, gracias por todo.

A mis sobrinos: Adrián, Sebastian, Leonel, Elías y Elían por convertirse en una inspiración para cumplir uno de mis objetivos principales, deseo ser un ejemplo a seguir para ustedes.

**Bryan Isaac Miranda Torres**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por motivarme a no perecer, sepan que los quiero, pienso en ustedes a diario.

A los docentes partícipes en esta formación académica y a Dios por ponerme a las personas que he conocido en este camino llamado vida agradecido de conocer a muchas personas a través de los años a los que están y a los que formaron parte de mi vida por compartir un poco de su tiempo; sus vivencias y enseñanzas, de alguna forma han dejado sus huellas. Agradecido de coincidir con ustedes en esta vida, estoy amando a los míos, riendo, soñando y tentando al olvido.

Agradezco especialmente al tutor de tesis, al Ing. Gabriel García por su guía, sugerencias, la paciencia que es una gran virtud y la confianza brindada para poder terminar la tesis.

**Carlos Luis Alejandro Evangelista**

A Dios, por darme la sabiduría de superar cada obstáculo que se presentó, por fortalecerme en mente y corazón para cumplir cada meta que me propuse.

Gracias a mi familia por siempre estar ahí cuando más lo necesitaba, por apoyarme en cada decisión tomada, sepan que los aprecio mucho.

Mi agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Gabriel García por brindarme la oportunidad de compartir todos sus conocimientos, así como también toda la paciencia y confianza del mundo durante todo el trayecto de esta tesis.

Agradezco por último a mis compañeros y amigos que estuvieron conmigo en toda mi etapa universitaria ya que gracias a su apoyo moral y amistad han contribuido para seguir adelante en mi carrera profesional.

**Bryan Isaac Miranda Torres**

## RESUMEN

El actual proyecto tiene como objetivo el desarrollo, modelado y simulación de una máquina automatizada para el llenado, envasado de botellas de agua y la elaboración de este prototipo tiene la finalidad de mejorar la producción y calidad de microempresas que en la actualidad no poseen un adecuado proceso en la elaboración de sus productos.

Esta solución que se plantea obtendrá un incremento significativamente para el micro empresario, dado que en su actual producción muchos factores limita obtener una mejor optimización debido a que en la etapa del llenado o en el envasado son realizados manualmente, causando una mayor perdida de tiempo, el objetivo de esta tesis es bajar los costos, optimizar el proceso incrementando la productividad y efectividad, reemplazando los procesos manuales por automáticos.

En la elaboración de este proyecto trata de la implementación de un sistema automatizado, que puede funcionar independientemente en un PLC. Para este proceso se ha equipado con sensores capacitivos para detectar las botellas, cilindros de doble efecto que sostendrán las botellas en cada etapa y otro cilindro que realizará el tapado de la botella , el tanque para el llenado, una electroválvula que dará el flujo del agua, el motor que moverá la banda transportadora, la caja reductora servirá para bajar la velocidad del motor.

El control del sistema se lleva a cabo mediante un programa realizado en el software TIA Portal.

### *Palabras claves*

Automatizado, PLC, HMI, Motor, Neumática, Envasado, Productividad, Implementación. .

## ABSTRACT

The current project aims to develop, model, and simulate an automated machine for filling and packaging water bottles. The creation of this prototype is intended to enhance the production and quality of small businesses that currently lack an adequate process in the manufacturing of their products.

This proposed solution will significantly benefit the small business owner since many factors currently limit achieving better optimization in their production. Manual filling and packaging processes in the current production lead to increased time loss. The objective of this thesis is to reduce costs, optimize the process, increase productivity and effectiveness by replacing manual processes with automated ones.

In the development of this project, it involves the implementation of an automated system that can operate independently on a PLC or manually. For this process, it has been equipped with capacitive sensors to detect bottles, double-acting cylinders that will hold the bottles at each stage, and another cylinder that will perform bottle capping. Additionally, there is a tank for filling, a solenoid valve to control the water flow, a motor to drive the conveyor belt, a gear reduction box to lower motor power, and speed regulation through a frequency converter.

The system control is carried out through a program created using TIA Portal V17 software.

### *Keywords*

Automated, PLC, HMI, Engine, Pneumatics, Packaging, Productivity, Implementation

## ÍNDICE

<b>I. Problemática</b>	1
<b>II. Justificación</b>	1
<b>III. Objetivos</b>	1
III-A. Objetivos General.....	1
III-B. Objetivos Específicos .....	1
<b>IV. Marco teórico Referencial</b>	2
IV-A. Antecedentes.....	2
IV-B. Automatización de procesos .....	5
IV-C. Tipos de envasadoras de líquidos .....	6
IV-C1. Envasadora de baja capacidad.....	6
IV-C2. Envasadoras Lineales .....	7
IV-C3. Envasadoras Rotativas.....	7
IV-D. Componentes Electrónicos .....	8
IV-D1. Controlador Lógico Programable .....	9
IV-D2. Fuente de Alimentación .....	9
IV-D3. Variador de Frecuencia.....	9
IV-D4. Sensores .....	10
IV-D5. Tipos de sensores.....	10
IV-E. Componentes Mecánicos .....	11
IV-E1. Bandas Transportadoras .....	11
IV-E2. Tipos de Bandas Transportadoras.....	11
IV-E3. Caja Reductora .....	14
IV-E4. Motor .....	14
IV-E5. Tipos de Motores .....	15
IV-F. Aspectos a considerar en el diseño de una máquina de llenado de líquidos personalizada .....	15
IV-F1. Marco de llenado .....	16
IV-F2. Tanques de llenado .....	16
IV-F3. Vía de transporte del producto.....	16
IV-G. Componentes Eléctricos .....	17
IV-G1. Pulsadores.....	17
IV-G2. Breaker.....	17
IV-G3. Luz Piloto .....	17
IV-G4. Relé .....	18
IV-G5. Bornera de paso .....	18
IV-G6. Contactor .....	18
IV-H. Componentes Neumáticos .....	19
IV-H1. Actuadores.....	19
IV-H2. Electrovalvulas de Aire 5/2 .....	20
IV-H3. Compresor .....	20
IV-H4. Electroválvulas .....	20
IV-I. Proceso de Taponado.....	21
IV-J. Tipos de Sellado .....	21
IV-K. Software.....	22
IV-K1. TIA PORTAL.....	22
IV-K2. Factory I/O .....	23
IV-K3. COFASO .....	24

IV-K4.	SolidWorks . . . . .	24
IV-K5.	FLUIDSIM . . . . .	25
<b>V.</b>	<b>Marco Metodológico</b>	<b>26</b>
<b>VI.</b>	<b>Funcionamiento</b>	<b>26</b>
<b>VII.</b>	<b>Programación PLC</b>	<b>27</b>
<b>VIII.</b>	<b>Factory I/O</b>	<b>31</b>
<b>IX.</b>	<b>Programación Neumática</b>	<b>32</b>
<b>X.</b>	<b>Diagrama de Flujo</b>	<b>37</b>
<b>XI.</b>	<b>Cálculos</b>	<b>39</b>
	XI-1. Botella.....	39
	XI-2. Motor .....	39
	XI-3. Variador de Frecuencia.....	39
	XI-4. Volumen del Tanque.....	39
	XI-5. Fuerza de cilindro Neumático .....	40
	XI-6. Consumo de aire del cilindro neumático .....	40
<b>XII.</b>	<b>Análisis estáticos</b>	<b>41</b>
	XII-A. Análisis estáticos de piezas .....	41
	XII-B. Cargas y sujeciones.....	42
	XII-C. Resultado Del Estudio .....	44
<b>XIII.</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>47</b>
<b>XIV.</b>	<b>Presupuestos</b>	<b>49</b>
	XIV-A. Presupuestos Eléctricos .....	49
	XIV-B. Presupuestos Mecánicos .....	51
	XIV-C. Presupuestos Neumáticos .....	52
<b>XV.</b>	<b>Anexos</b>	<b>53</b>
	XV-A. Análisis estáticos de ensamble .....	53
	XV-B. Propiedad del Material.....	53
	XV-C. Diagramas Eléctricos .....	65
<b>XVI.</b>	<b>Planos</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Modelo de Baja Capacidad. [18].....	7
2.	Modelo de Envasadora Lineal. [18].....	7
3.	Modelo de Envasadora Rotativa. [18].....	8
4.	PLC S7-1200. [39].....	9
5.	Fuente de Alimentación. [34] .....	9
6.	Variador de Frecuencia. [36].....	10
7.	Sensor Capacitivo. [10] .....	10
8.	Banda Transportadora de rodillo. [4].....	11
9.	Banda Transportadora Plana. [4].....	12
10.	Banda Transportadora de caucho industrial. [4].....	13
11.	Banda Transportadora de cinta eslabonada. [4].....	13
12.	Banda Transportadora de cinta curva. [12].....	14
13.	Caja reductora [25] .....	14
14.	Motor. [42].....	15
15.	Pulsadores. [16].....	17
16.	Breaker. [17] .....	17
17.	Luces Piloto. [16] .....	18
18.	Relé. [32] .....	18
19.	Borne de Paso .....	18
20.	Contactora. [35].....	19
21.	Cilindro Simple efecto. [21].....	19
22.	Eléctrovalvula [41] .....	20
23.	Compresor [20] .....	20
24.	Electroválvula [5] .....	21
25.	Tipos de Roscas [21].....	21
26.	Taponado por Presión [21] .....	22
27.	Taponado por Roscado [21] .....	22
28.	TIA PORTAL. [38] .....	23
29.	Factory I/O. ....	24
30.	COFASO. [2] .....	24
31.	SolidWorks. [1].....	24
32.	Fluidsim. [27].....	25
33.	Fuente: Autores .....	28
34.	Fuente: Autores .....	28
35.	Fuente: Autores .....	29
36.	portal Fuente: Autores .....	29
37.	Fuente: Autores .....	30
38.	Fuente: Autores .....	30
39.	Fuente: Autores .....	31
40.	Fuente: Autores .....	31
41.	Fuente: Autores .....	32
42.	Fuente: Autores .....	33
43.	Fuente: Autores .....	34
44.	Fuente: Autores .....	35
45.	Fuente: Autores .....	36
46.	Fuente: Autores .....	37
47.	Diagrama de Flujo .....	38
48.	Diseño Estructural: Autores .....	41
49.	Tabla de carga Fuente: SolidWorks .....	44

50.	Análisis de Desplazamiento Fuente: SolidWorks .....	45
51.	Análisis de Deformaciones Fuente: SolidWorks .....	46
52.	Diseño estructural del ensamble Fuente: Autores .....	53
53.	Análisis de carga Fuente: SolidWorks .....	57
54.	Análisis de Desplazamiento Fuente: SolidWorks .....	58
55.	Análisis de Deformaciones Fuente: SolidWorks .....	59
56.	PLACA DE DATO DEL MOTOR.....	60
57.	Dimensiones Electroválvula .....	60
58.	Datasheet de Electroválvula .....	61
59.	Variador.....	61
60.	Datasheet del variador .....	62
61.	Datasheet del PLC .....	63
62.	Electroválvula .....	64
63.	Datasheet Electroválvula .....	64
64.	Diagrama de Fuerza.....	65
65.	Diagrama de control .....	66
66.	Componentes y detalles de la máquina .....	68
67.	Estructura General.....	71
68.	Extensor de banda.....	72
69.	Soporte de cilindro.....	73
70.	Soporte de cilindro taponado.....	74
71.	Soporte de cilindro taponado 2 .....	75
72.	Base Banda.....	76
73.	Base Tanque.....	77
74.	Chumacera.....	78
75.	Cilindro.....	79
76.	Estructura de Base .....	80

## I. PROBLEMÁTICA

En la región de América del Sur se dispone de muchas industrias las cuales han venido laborando de una forma semi-automatizado, habiéndose detectado una baja producción y disminución en los productos, que pueden ser conseguidos implementando un sistema automatizado de producción que incluya, el llenado y sobre todo el envasado, lo cual ahorraría tiempo, con un producto de calidad donde su producción aumentaría, por ende, la situación económica también.

En el sector de las empresas emergentes se puede innovar sobre el uso de nuevas tecnologías de los procesos de llenado y envasado como una alternativa eficiente de dichos procesos.

## II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las empresas de bajos recursos que se dedican a la elaboración de productos líquidos, tienen montado un sistema de orden manual o sistema semiautomático, el cual debe tener un sistema automático óptimo para realizar los procesos de llenado y envasado de productos líquidos para mejorar su producción y calidad.

## III. OBJETIVOS

### *III-A. Objetivos General*

Desarrollar un prototipo a escala de un proceso automatizado de llenado y envasado de agua, que incremente la producción de las pequeñas industrias utilizando actuadores neumáticos y controlador lógico programable.

### *III-B. Objetivos Específicos*

- Analizar los componentes involucrados en los procesos de llenado y envasado de agua para un correcto funcionamiento del proceso.
- Simular en Factory I/O para la detección de posibles fallas en la programación del controlador lógico programable antes de su implementación.
- Programar el sistema de control de un sistema de envasado y llenado de productos líquidos utilizando un controlador lógico programable y HMI virtual.
- Diseñar e implementar un sistema de bandas transportadoras de botellas de agua con actuadores neumáticos para distintos procesos envasado de agua.

## IV. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### IV-A. Antecedentes

Para desarrollar el proyecto, en primera instancia se llevó a cabo la revisión de los diferentes trabajos referenciales realizados por diversos autores de instituciones académicas a nivel local e internacional, en los que hayan abordado enfoques similares a los que se proponen en el presente estudio. En este caso, se analizó el trabajo de tesis elaborado por [28] G.Ortíz, titulado “Sistema de control automático del proceso de llenado de botellones de agua en la planta purificadora Ecoagua”, en el cual su autora buscó optimizar los procesos productivos de la empresa seleccionada como objeto de estudio.

De acuerdo con lo manifestado por [28], la falta de automatización en los procesos de llenado y envasado que realizan las empresas embotelladoras no solo resta eficiencia a los procesos productivos, sino que además puede conllevar a problemas asociados con la formación de cuellos de botella, desperdicio del producto, sobre carga laboral y sobre carga de trabajo de los componentes y equipos que se utilizan.

Bajo esta premisa, la autora llevó a cabo un estudio de campo a fin de recabar información que le permita establecer un diagnóstico inicial sobre la forma en que se llevan a cabo los procesos de llenado de botellones de agua en la empresa, a partir de los hallazgos que obtuvo de la inspección inicial, propuso el diseño de una envasadora semiautomática y la implementación del software PLC flexlogics que le permitiría al personal de la planta purificadora Ecoagua controlar los procesos de enjuague, llenado y sellado de botellones de agua. Los resultados que obtuvo de la implementación de su proyecto fueron favorables, puesto que se optimizaron los procesos registrando una reducción en los tiempos que se ocupaban para realizar las actividades descritas, así como también se redujo la cantidad de líquido desperdiciado durante el llenado de los envases [28].

Otro de los trabajos revisados fue el de [40] J.Tacurí cuya tesis se tituló “Diseño de un sistema de lavado y llenado de bidones de 20 L con agua purificada para una capacidad de 200 bidones por hora”. De acuerdo con lo señalado por el autor, las condiciones climatológicas que se presentan en la ciudad de Guayaquil asociadas con las altas temperaturas han provocado un aumento de la demanda de agua purificada, lo a su vez obliga a las empresas embotelladoras a optimizar sus procesos productivos para garantizar la calidad del producto que comercializan y responder al crecimiento de la demanda.

No obstante, según señaló [40] en el caso de las pequeñas embotelladoras los procesos se realizan en su mayoría de forma artesanal, es decir no automatizada, lo que resta eficiencia en las actividades de llenado y envasado de los bidones. Por lo tanto, con base a esta problemática el autor realizó en primera instancia un análisis teórico para establecer las bases sobre las cuales se formularía la propuesta que se basó en el diseño de un sistema semiautomático para el enjuague y envasado de los bidones. En este caso, los componentes de la máquina envasadora fueron de acero AISI304 y AISI316 a fin de evitar la corrosión y desgaste al encontrarse en permanente contacto con el agua; así como también se incluyeron dos válvulas de llenado que les permitiría realizar alcanzar una velocidad de envasado de 15 segundos por cada bidón.

Otro de los antecedentes locales revisados fue el trabajo realizado por Domínguez y Marín (2017) **Modelado**, quienes titularon su proyecto “Modelado de un sistema de producción y envasado de gaseosas con redes de Petri, para la implementación en autómatas programables, utilizando una maqueta simplificada del proceso”. En este caso, los autores propusieron el diseño de un sistema de envasado automatizado basado en redes Petri, con el propósito de optimizar los procesos de llenado de envases de gaseosas en una planta procesadora.

Para obtener información que proporcione el respectivo sustento teórico, en primer lugar realizaron una revisión documental en la que analizaron aspectos asociados con las redes Petri y los sistemas de eventos discretos que constituyeron la base de su propuesta. Así mismo, diseñaron el sistema automatizado a partir de la aplicación de un lenguaje de programación Ladder, que pudiera ser fácilmente programable de acuerdo con las necesidades

específicas de la empresa embotelladora. Los resultados obtenidos de su propuesta les permitieron comprobar que mediante la implementación del sistema se lograría la reducción de los tiempos de envasado de gaseosas, incrementando así la eficiencia y reduciendo los costos asociados al tiempo que se utiliza para esta actividad y el desperdicio de producto que ocurre cuando se lleva a cabo de forma no automatizada (Domínguez y Marín, 2017).

A nivel internacional, se toma como referencia el trabajo realizado por Chingel et al., (2020), quienes se enfocaron en el diseño de un sistema de automatización de una máquina para el llenado de botellas, estableciendo como objetivo general la describir las características del sistema a maquetar para su posterior aplicación, esto atribuido a la problemática ligada en países como Perú no existía hasta la fecha de la investigación empresas que fabricaran máquinas de llenado de botella con sistema automático. A nivel metodológico el enfoque de este trabajo fue cuantitativo, no experimental de nivel descriptivo y tipo de estudio aplicado, el cuanto al método de análisis fue deductivo y el instrumento de recolección de datos fue la observación.

Los principales resultados que los autores obtuvieron de este estudio permitieron determinar que al diseñar el sistema automatizado de la máquina embotelladora con la correcta programación y reducción de la longitud de la botella será posible saber específicamente la capacidad de agua que requiere cada botella, así como lograron en el prototipo de la propuesta implementar un sistema de control electro-neumático para incrementar la capacidad del agua; como parte del sistema a su vez se fabricó una boquilla de acero con la que se aseguraría la capacidad y eficiencia del llenado de agua.

Otros de los trabajos considerados fue el de [30] A.Perpiñan, quien se direccionó al diseño de un sistema de llenado automatizado de botellas de 5 litros con agua mineral. El problema que motivó a este autor a desarrollar este proyecto está ligado a la carencia de ofertantes que ofrezcan el servicio de embotellado de este tipo de producto en Valledupar, por lo que muchas empresas locales deben acogerse a los requerimientos y altos costos que les imponen las pocas empresas nacionales que realizan este tipo de procedimiento, por ello el objetivo general de esta investigación se basó en proponer un sistema adjunto de llenado automatizado, cuyo producto final estaría direccionado a las microempresas colombianas que ofertan este producto en dicho mercado.

A nivel metodológico este artículo consistió en un tipo de estudio proyectivo, no experimental, transaccional y bajo un enfoque de campo dado a la necesidad de recoger datos desde la perspectiva de los consumidores. Particularmente los participantes del estudio estuvo compuesta por la microempresas que potabilizan el agua y los habitantes de Valledupar-Colombia; los principales resultados que se obtuvieron permiten determinar que muchas microempresas en esta localidad colombiana emplean equipos comunes para el embotellamiento de agua, sin embargo, al analizar la capacidad instalada, en la mayoría de estas la media de producción diaria es de 1.020 botellas embazadas, cuando podrían producir 1.100, lo que refleja en un déficit de rendimiento, siendo necesario disponer de alternativas más eficientes y con una correcta relación calidad-precio.

Otro de los trabajos que se consideró fue el efectuado por Egúsqüiza et al., (2022), estos autores se centraron en el diseño de un sistema automatizado para el reservorio de bombeo de agua potable de 500m<sup>3</sup>, atribuida a la problemática de la carencia de una propuesta que permita dotar de agua a una comunidad peruana que ha venido afrontando escasez del líquido vital por horas e inclusive días, lo que de alguna manera ha limitado el mejor desarrollo de esta localidad. El objetivo general de este proyecto por lo tanto se centró en el diseño de un proyecto automatizado para reservar agua en un tanque de 500m<sup>3</sup>.

La metodología de este proyecto consistió en un estudio de tipo aplicado, tipo descriptivo, diseño no experimental dado a que no se manipularon las variables de estudio, mientras que el enfoque fue cuali-cuantitativo, dado a que se analizaron datos obtenidos desde bases de datos ya establecidas, como se requirieron de datos muchos más precisos relacionados con los cálculos para el diseño e implementación del sistema automatizado.

Los resultados de este proyecto permitieron determinar algunos aspectos, como por ejemplo garantizar la provisión

de agua potable todos días del año para esta localidad de manera ininterrumpida, inclusive en los procesos de mantenimiento del reservorio, esto gracias a la disposición de bombas con un eficiente sistema de arranque. No menos importante, la automatización del llenado del tanque fue posible gracias a la disposición de cables eficiente y estratégicamente colocados, así como se establecieron sensores que complementen la gestión del personal encargado del control y seguimiento del funcionamiento de todo el sistema; además con las pruebas realizadas posteriormente, se corroboró que se redujeron las fallas mecánicas en relación a los sistemas convencionales o mecánicos Egúsqiza et al., (2022).

#### IV-B. Automatización de procesos

La automatización de procesos involucra el uso de tecnologías de la información (TI) para la tecnificación de las actividades que anteriormente se realizaban de forma manual. A menudo la automatización de sistemas involucra el uso de software específicos que se configuran con determinadas instrucciones, procesos o políticas repetitivas que ayudan a reducir el tiempo en que se realiza cada tarea y se centran más en cuestiones estratégicas importantes [15].

A causa del incremento en los niveles de competitividad en el sector industrial, la automatización de procesos se ha constituido en uno de los enfoques de la gestión de procesos que cada vez se ha venido implementando en un mayor número de compañías, indistintamente del tipo de actividad que realizan, el tamaño de la planta y el alcance de los procesos productivos que ejecutan. Este enfoque permite la gestión de operaciones, datos, información y recursos mediante el uso de herramientas tecnológicas y software que reducen o eliminan la participación humana en el proceso (Suárez, Aguilar, & Prieto, 2022).

El principal propósito de la automatización radica en mejorar la calidad de la ejecución del proceso e incrementar la eficiencia al reducir los tiempos en que se realiza cada una de las actividades productivas. En este sentido, un proceso automatizado puede resultar más estable que un proceso artesanal o no automatizado. En la mayoría de los casos, la automatización de procesos ha generado resultados favorables asociados con el aumento la productividad, reducción del tiempo de trabajo, reducción de los costos, incremento en la precisión y de la estabilidad de las operaciones (Bezoz, Cerdá, & Rodríguez, 2022).

Aunque la automatización de procesos se puede desarrollar en diferentes niveles, los principios de automatización para todos los niveles y todos los tipos de procesos se han formulado de forma estandarizada. En este caso, se describen como parámetros generales que determinan las condiciones para la ejecución efectiva de procesos de forma automatizada y establecen las directrices para el control y seguimiento de dichos procesos. Referenciando a [3], los principios fundamentales de la automatización de procesos se describen a continuación:

- **Principio de consistencia:** Determina que todas las acciones en un proceso automatizado deben desarrollarse de manera coordinada entre sí y con las entradas y salidas del proceso, puesto que de existir inconsistencias se puede derivar en errores del proceso.
- **Principio de integración:** Es necesario que el proceso automatizado pueda integrarse y adaptarse al entorno general de la compañía. En diferentes niveles de automatización, la integración puede llevarse a cabo de forma diversa, sin embargo el propósito de integración seguirá siendo el mismo.
- **Principio de independencia de ejecución:** Un proceso automatizado debe realizarse de manera independiente, sin que se requiera de la intervención humana o con un control humano mínimo. Por lo tanto, si el proceso se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos establecidos no es necesaria la participación de un individuo.

Es importante mencionar que los principios generales se detallan en función del nivel de automatización considerado y de los procesos específicos. Por ejemplo, la automatización de los procesos productivos incluye principios como el de especialización, de proporcionalidad y de continuidad. En este sentido, referenciando a [6] M.Bollaín, los niveles de automatización se determinan en función del nivel de control en el que se realiza la automatización del proceso, según se describe a continuación:

- **Nivel operativo:** En este nivel, se lleva a cabo la automatización de los procesos que se ejecutan regularmente. La automatización de procesos tiene como objetivo realizar tareas operativas que se llevan a cabo a partir de parámetros pre-establecidos (por ejemplo, ejecutar un proceso de llenado y envasado en una planta embotelladora).

- **Nivel táctico:** La automatización de los procesos de este nivel asegura la distribución de tareas entre los distintos procesos del nivel inferior. Ejemplos de tales procesos son los procesos de gestión de producción.
- **Nivel estratégico:** La automatización de procesos a nivel de gestión empresarial proporciona la solución de tareas analíticas y predictivas. Este nivel de automatización es necesario para apoyar el trabajo de la alta dirección de la organización. Está dirigido a la gestión financiera, económica y estratégica, como por ejemplo la automatización de los procesos de gestión de clientes mediante la implementación de un software CRM.

Los procesos se llegan a automatizar para una mayor producción y ahorrando costos en la parte del operador. La tarea que le correspondía a un operador humano es reemplazado por un conjunto de componentes electrónicos.

#### *IV-C. Tipos de envasadoras de líquidos*

En contexto con el presente proyecto, la industria de las bebidas ha ido experimentado un crecimiento exponencial en conjunto con otras, atribuido a la demanda de este tipo de productos que además satisfacen una necesidad básica, razón por la cual es posible identificar cada vez más innovaciones que no solo permiten producir a mayor escala, sino que paralelamente van implementándose nuevas características que garantizan la diferenciación y rentabilidad para la industria de bebidas incluyendo el agua embotellada (Cevallos, et al., 2020).

Las máquinas de esta serie han sido probadas durante mucho tiempo y su rendimiento se ha ganado una muy buena reputación entre nuestros clientes debido a la fácil operación y el trabajo fluido con una baja tasa de fallas. Tal es la innovación que se puede identificar en este tipo de máquina automática de envasado de líquidos puede completarse otros procedimientos como por ejemplo todo el proceso de esterilización de película con radiación ultravioleta, impresión de fecha, llenado y sellado racionado y corte como una acción continua, sin dejar de lado la parte estética y segura.

Conforme pasa el tiempo las máquinas que son creadas para el llenado y envasado de líquidos van desarrollándose con multitud de características, como por ejemplo la usabilidad que puede ser menos compleja, las piezas de estas son mucho más resistentes conforme pasa el tiempo, diseños mucho más resistentes, fácil de limpiar, garantizando la higiene y seguridad del producto que es envasado.

En muchas industrias, los procesos de llenado y envasado son en la actualidad totalmente automatizados por lo cual están diseñadas para aumentar la productividad y optimizar los procesos de cada producto, obteniendo así una mejor efectividad y calidad con un manejo fácil de operar y mantener.

Estos tipos de envasadoras más utilizadas dentro del mercado son:

- Envasadora de baja Capacidad.
- Envasadoras Lineales.
- Envasadoras Rotativas.

*IV-C1. Envasadora de baja capacidad:* Se las identifica como máquinas de baja capacidad por motivo de que su producción por hora es reducida al tener un control manual. Estas máquinas se las utiliza en micro empresas que requieran pequeñas producciones debido a que buscan mejorar su producción con equipos económicos, sencillos y de fácil manejo.



Figura 1. Modelo de Baja Capacidad. [18]

*IV-C2. Envasadoras Lineales:* Este tipo llega a velocidades de producción moderada, a su vez no necesitan requerir piezas o accesorios para poder hacer cambios de formato de presentación, ofrecen un proceso eficiente y confiable debido a que operan de forma automática, estas se encuentran implementadas en empresas que requieran mediana producción.



Figura 2. Modelo de Envasadora Lineal. [18]

*IV-C3. Envasadoras Rotativas:* Este tipo de maquina son implementadas en las grandes industrias debido a su alto nivel de producción que las envasadoras lineales, estas llegan obtener grandes velocidades dependiendo del número de boquillas del equipo, poseen altas frecuencias de operación por el motivo que no necesitan detenerse, por lo cual el envase de producción entra vacío por un extremo y al dar la vuelta el envase se encuentra totalmente lleno.



Figura 3. Modelo de Envasadora Rotativa. [18]

A partir de la revisión de los diversos tipos de envasadoras, es posible concluir que existe una variedad importante de estos, lo que de alguna manera ha contribuido a la diversificación frente a la alta demanda de productos como el agua embotellada, por lo que al implementar el sistema automatizado para el llenado y envasado se deberá determinar la alternativa más eficiente.

#### *IV-D. Componentes Electrónicos*

Como todo sistema automatizado, estos por lo general constan de múltiples componentes que hacen posible el funcionamiento de estos, así como conforme a las innovaciones que se van implementando, garantizan que cada vez más surjan nuevas funciones que optimizan y hacen más eficientes los procedimientos de producción de determinados tipos de productos como por ejemplo lo referente al llenado y envasado de agua [13] A.Escaña.

Específicamente los componentes electrónicos pueden ser activos, pasivos, electromecánicos, de desarrollo, de automatización, cables y alambres, y dentro de cada uno de estos se identifican subcategorías de componentes como por ejemplo tiras de luz led, lámparas en miniatura, sensores, osciladores, interruptores, rectificadores, luces de señal, por mencionar algunos ejemplos [33] C.Quintáns. Sobre los componentes pasivos se identifican por ejemplo los inductores, condensadores, los cuales poseen un valor eléctrico específico que cambia incluso si se aplican voltajes eléctricos de diferentes niveles o polaridad. Siempre que la temperatura del componente no cambie como resultado.

Los componentes electromecánicos combinan procesos mecánicos y eléctricos, por lo que es posible identificar una amplia gama de estos, como pueden ser interruptores, botones, enchufes o conectores que emitan una señal eléctrica cuando se accionan mecánicamente. En el caso contrario, los electroimanes generan un par mecánico cuando se controlan eléctricamente, como por ejemplo los relés que funcionan según este principio. Cabe argumentar de acuerdo a lo expuesto por [22] J.Martín, los motores, los altavoces o los componentes acústicos también pertenecen al grupo de los componentes electromecánicos, mientras que las placas de circuitos impresos o circuitos impresos ofrecen a los componentes electrónicos el soporte mecánico necesario que se demanda en grandes industrias de producción en masas.

Dado a que la automatización es la clave del éxito en las industrias y la fabricación de productos diversos, incluyendo a la industria de envasado de agua y otros similares, esta es la única manera de lograr grandes cantidades de producto con una alta calidad de producción constante, esto dado a que las máquinas se controlan con la ayuda de controles programables y componentes que tienen las entradas de sensor y salidas de conmutación necesarias.

La amplia tecnología de medición y control, los sensores, controles industriales, los potentes contactores y relés industriales no dejan nada que desear cuando se trata de controlar todo el conjunto de elementos que conforman

equipos y herramientas como las envasadoras, incluyendo elementos tan potentes como los motores o cilindros eléctricos, de igual manera es posible en la actualidad identificar recursos mecánicos que permiten efectuar el mantenimiento remoto inteligente a través del acceso al sistema sin tener que estar en el sitio (Cañas, et al., 2019).

Particularmente los componentes a considerarse en este tipo de proyecto son:

*IV-D1. Controlador Lógico Programable :* Es una computadora industrial utilizada para automatizar procesos y su objetivo es desarrollar eficientemente todos los sistemas por medio de los componentes electrónicos. Los PLC se han convertido en herramientas fundamentales para el desarrollo tecnológico de las industrias y de todo el entorno social.



Figura 4. PLC S7-1200. [39]

*IV-D2. Fuente de Alimentación :* Dispositivo que distribuye o suministra voltaje demandado para el funcionamiento del sistema.



Figura 5. Fuente de Alimentación. [34]

*IV-D3. Variador de Frecuencia:* El variador de frecuencia tiene la función de controlar la velocidad de rotación de los motores de corriente alterna (AC).



Figura 6. Variador de Frecuencia. [36]

*IV-D4. Sensores:* Los sensores son una parte primordial en cualquier proceso de automatización, es un dispositivo idóneo que detecta magnitudes físicas o químicas, como la temperatura, radiación, velocidad, tamaño, cantidad, humedad, ph, etc, con el fin de transfórmalas en magnitudes eléctricas o señales.

*IV-D5. Tipos de sensores:* Existen en la actualidad varios tipos de sensores que son utilizados en ámbitos industriales, los cuales son:

■ **Sensor Capacitivo:**

Estos sensores son capaces de detectar la presencia de objetos metálicos y no metálicos, a más de detectar la presencia, este tipo de sensor se puede usar por ejemplo para detectar el nivel de llenado del líquido en un depósito, comprobación final de productos de envasado.

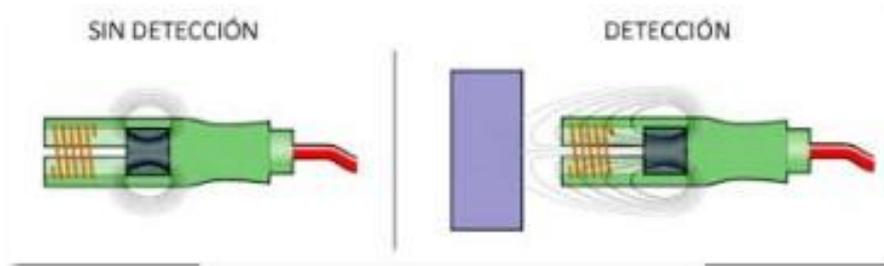


Figura 7. Sensor Capacitivo. [10]

■ **Sensor de Pulso:**

Estos tipos de sensores tienen la finalidad de detectar variaciones eléctricas provocados por una variante en la intensidad de un peso que se aplica, este sensor se lo puede utilizar en básculas con el fin de transmitir la información hacia un controlador de peso.

#### IV-E. Componentes Mecánicos

Las máquinas envasadoras de líquidos además del componente eléctrico poseen un componente mecánico que permite que la máquina ajuste las botellas de diferentes tamaños sin reemplazar piezas y, según el tipo de envasadora, en algunos casos también incluye un mecanismo denominado “Sin botella, sin llenado”, lo que implica que la máquina detendrá automáticamente el proceso cuando no haya ninguna botella disponible en la cinta transportadora [19] A.Ladra.

*IV-E1. Bandas Transportadoras:* Se utilizan bandas transportadoras para mover el flujo de envases (botellas o bidones) y/o productos terminados a diferentes alturas y ocupar el área de trabajo óptima que permita incrementar la eficiencia en el proceso de llenado. Este tipo de componentes por lo general se instalan en líneas industriales de embotellado y envasado y se integran en conjunto de otros componentes para llevar a cabo las tareas de llenado del envase [26] A.Miravete.

Las bandas transportadoras pueden diseñarse individualmente de acuerdo con las normas y requisitos de seguridad vigentes, así como de acuerdo con las especificaciones técnicas solicitadas por el cliente, en función de la capacidad de la línea de envasado, el tipo de producto y otros posibles requisitos adicionales, incluido las características de las instalaciones de producción existentes en el área de trabajo [26].

Cabe señalar que, para el llenado de bidones, se utilizan transportadores especiales para mover el flujo de botellas grandes de plástico de policarbonato o PET de hasta 19 litros o hasta 5 galones. Para este propósito se instalan en líneas industriales de embotellado y envasado, que consisten en unidades separadas de equipos de envasado específicamente diseñadas para transportar envases de este tamaño [8] J.Castañon.

*IV-E2. Tipos de Bandas Transportadoras:* Hay diversos tipos de bandas las cuales dependen el uso que se le vaya a dar en las empresas que las requieran, estas son:

- **Transportadora de cama de rodillos:**

Además de poseer un mecanismo que esta estructuralmente formado por un grupo de rodillos, cuenta con ejes fijados en un marco común con un intervalo entre ellos. Este tipo de transportadora, ha sido diseñada particularmente para mover carga diversa no a granel (productos de estructura dura, embalajes de cartón corrugado, tarimas, cajas, entre otros productos).

Esta formada de una base de rodillos. Se las utilizan para almacenar cajas vacías o llenas.



Figura 8. Banda Transportadora de rodillo. [4]

El ancho de los rodillos se elige de modo que el ancho de la carga sea ligeramente menor. La distancia entre rodillos adyacentes (paso) debe ser al menos  $1/3$  de la longitud de la carga más pequeña. La altura de la valla se determina en función de la estabilidad lateral del objeto que se mueve. Características como el material de los rodillos y la construcción, el tipo de valla, etc. dependen de los requisitos para el equipo: condiciones de operación, tipo de carga, requisitos de diseño, entre otros aspectos [37] J.Schröck.

■ **Banda Transportadora de correa plana:**

Una de las razones por las que este tipo de bandas son ampliamente utilizadas en diferentes industrias radica en su versatilidad, las opciones, configuraciones y otras características de la cinta transportadora se pueden combinar y personalizar para adaptarse a diferentes necesidades y aplicaciones. En este caso, independientemente de la configuración del transportador, la cinta es su componente principal, ya que permite el movimiento de las mercancías a granel, en bultos y en piezas que se colocan a distancia. La carga a granel se carga en la cinta a través de una bandeja guía o embudo y se descarga a través del tambor final o usando un arado o un eyector de tambor.

Esta contiene un conjunto de poleas motorizadas, mueve una correa plana de tela natural o sintética como poliéster, nylon u otros materiales las cuales ayudan a transportar el producto de un punto A hacia un punto B.



Figura 9. Banda Transportadora Plana. [4]

La vía de la banda transportadora en el plano horizontal es recta, y en el vertical puede estar inclinada o tener una configuración más compleja. Para las funciones de tracción y carga utiliza una correa que se mueve a lo largo de los rodillos transportadores estacionarios, doblándose alrededor de la transmisión, tensando y en algunas ocasiones, desviando los tambores. El ancho de bandas textiles en transportadores de correa plana puede ser de 300 a 2000 mm, la velocidad de las cintas es de 1,5-4,0 m/seg. [37].

■ **Banda Transportadora de caucho industrial:**

Las bandas de este tipo de transportadores pueden ser de caucho PVC liso, con raspadores o con superficie corrugada. Las cintas de caucho son fáciles de limpiar y también son adecuados para llevar objetos pequeños; además, pueden equiparse adicionalmente con sistemas de limpieza y cubetas especiales que evitan que el producto se derrame fuera de la cinta [37]



Figura 10. Banda Transportadora de caucho industrial. [4]

Este tipo se las instalan más en las zonas de construcción, agricultura, minería y canteras, porque tienen una gran vida útil, resistencia y flexibilidad. Mencionado antes el componente primordial es el caucho, ofreciendo una gran firmeza y durabilidad contra factores externos.

■ **Banda transportadora de cinta eslabonada:**

Una característica clave en el funcionamiento del transportador de cadena tubular es la naturaleza del refuerzo, considerando que se crea usando eslabones concatenados entre sí. En este caso el diseño está pensado de tal forma que la carga y movimiento de material se realice de forma inmediata a lo largo de ramales, lo que permite acelerar significativamente el flujo de trabajo. [37].



Figura 11. Banda Transportadora de cinta eslabonada. [4]

Este tipo se diferencia debido a que está compuesto por un solo lazo de sistemas eslabonados de cintas constituido por incontables piezas entrelazadas, por general de plástico duro. Se caracteriza por su gran desempeño, sencilla limpieza y son muy resistentes.

■ **Banda Transportadora de Cinta Curva:**

Este tipo de transportador en algunos casos se utiliza para conectar dos o más transportadores en áreas de espacio limitado o para mover el producto de una línea de producción a otra. Este tipo de banda transportadora es versátil y con su ayuda puede transportar todo tipo de productos y carga. Las partes laterales de la máquina pueden equiparse con laterales para evitar posibles rodamientos del producto. [37].

Están diseñadas para las empresas que no tienen un gran espacio en el interior de sus instalaciones, por su diseño flexible permite ampliar el espacio donde es la opción.



Figura 12. Banda Transportadora de cinta curva. [12]

*IV-E3. Caja Reductora:* La caja reductora sirven para poder reducir la velocidad a la que está diseñada el motor internamente está compuesta por engranajes que mediante la relación tiene una velocidad de salida mucho menor a la velocidad de entrada.



Figura 13. Caja reductora [25]

*IV-E4. Motor:* Los motores son máquinas capaces de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, dicho esto en magnetismo se lo conoce como la existencia de dos polos: norte (N) y sur (S), en donde para funcionar el motor vale de las fuerzas de atracción y de repulsión que hay entre estos dos polos produciendo el movimiento de rotación del motor. De acuerdo con esto, los polos magnéticos diferentes se atraen y los polos iguales se repelen.



Figura 14. Motor. [42]

Los motores eléctricos tienen cuatro componentes principales, estas son:

- **Estatador:**  
Se encarga de transmitir la potencia del motor.
- **Rotor:**  
Radica en girar o rotar dentro de la máquina, consiste en un electroimán que gira libremente entorno al eje.
- **Conmutador:**  
Se encarga de proporcionar adecuadamente la energía al rotor.
- **Escobillas:** Es la que se encarga de la conexión eléctrica entre la parte fija (estator) y de la parte giratoria del motor (rotor).

*IV-E5. Tipos de Motores:* Existen tres tipos de motores eléctricos, las cuales son:

- **Motores D.C:** Los motores de corriente continua (C.C) o motores de corriente directa (D.C), se utilizan en casos de motores accionadas por pilas o baterías donde deben tener este tipo de motor el mismo número de polos y carbonos en el rotor y estator. Se conocen tres tipos de motores de corriente directa que son: Serie, Paralelo y Mixto.
- **Motores A.C:** Los motores de corriente Alterna (A.C). Son en la actualidad los tipos de motores más utilizados en la industria, por motivo de que se lo usan en trabajos pesados y son más prácticos a la hora de manipularlos. Por su alimentación se dividen en tres tipos las cuales son: Monofásicos (1 fase), Bifásicos (2 fases) y Trifásicos (3 fases).
- **Motores Universales:** Los motores universales sirven especialmente para utilizarse en potencia, puede ser de motores de corriente directa (D. C) o de motores de corriente alterna (A.C), en general son motores sencillos y económicos, por lo que su aplicación es muy común utilizarlos en aparatos domésticos, por ejemplo: taladros portátiles, aspiradoras, licuadoras, etc.

*IV-F. Aspectos a considerar en el diseño de una máquina de llenado de líquidos personalizada*

La industria del agua embotellada es la única industria en la que casi todas las líneas de envasado que producen este producto pueden tener un aspecto similar. La mayoría de las instalaciones de agua embotellada suelen utilizar

una máquina de llenado de desbordamiento para llevar el agua al envase. Las máquinas de enjuague, que usan agua o aire para limpiar los desechos también son aplicables en esta industria, y la tapadora de husillo es la máquina que se utiliza con mayor frecuencia para apretar la tapa plana de rosca que se encuentra en la mayoría de las botellas de agua.

Otros equipos complementarios suelen incluir la máquina etiquetadora que se encarga de colocar la etiqueta alrededor de la botella que se comercializa al consumidor. No obstante, es importante considerar que no todas las botellas de agua son iguales, y algunas de las que poseen diseños o tamaños diferentes de la norma pueden usar diferentes equipos.

Cada proyecto de automatización del proceso de llenado de líquidos incluirá características específicas, que a su vez requerirán maquinaria de envasado para manejar estas características y requerimientos. Debido a que cada proyecto de envasado es diferente, cada llenadora de líquidos es, en cierto sentido, una máquina personalizada, puesto que se construye específicamente de acuerdo con los lineamientos requeridos para la empresa donde se pretende implementar. A continuación se mencionan algunas de las características de una envasadora de líquido que pueden cambiar de un proyecto a otro.

*IV-F1. Marco de llenado:* El marco utilizado para construir una máquina envasadora de líquido cambiará con las necesidades del proceso de envasado. Para la mayoría de las máquinas automáticas se utilizará un marco portátil estándar. Sin embargo, en algunos casos estos marcos pueden modificarse en determinadas circunstancias. Por ejemplo, las botellas grandes como los bidones pueden requerir una extensión de banda transportadora más amplia para soportar el colector de la máquina y llevar el producto a varias botellas durante cada ciclo de llenado.[37].

Por lo tanto, aunque un proyecto puede comenzar con un marco estándar, la máquina se diseñará a la medida para el tipo de llenado específico que se requiere. Si bien los marcos estandarizados pueden ajustarse a una línea transportadora existente y ponerse en producción, se pueden usar otros marcos para crear estaciones de llenado independientes, usando una pista deslizante en lugar de un transportador eléctrico y requiriendo que el operador coloque y retire las botellas.

*IV-F2. Tanques de llenado:* Dependiendo de la máquina de envasado que se construya, es probable que se requiera usar diferentes tanques, a veces en diferentes ubicaciones. Por ejemplo, una envasadora de desbordamiento utilizará un tanque de reabastecimiento o recirculación, el cual se utilizará para el producto que regresa de las boquillas de desbordamiento. Las máquinas de llenado por gravedad usarán un tanque de suministro de producto que descansará sobre la parte superior de las boquillas, mientras que otras máquinas de envasado pueden o no usar tanques para el suministro de producto. [37].

El tamaño, la ubicación y el material del tanque dependerán de varios factores diferentes, incluido el principio de llenado, el producto, las demandas de producción, entre otros. Por lo tanto, al igual que el marco de llenado, puede existir un tanque estándar para cada tipo de envasadora de líquidos, pero es probable que se produzcan cambios en función de las características únicas de cada proyecto.

*IV-F3. Vía de transporte del producto:* El producto debe llegar desde el tanque de retención o el tanque de suministro hasta las botellas y contenedores que se ubican en la banda transportadora. La ruta del producto son las tuberías, los tubos y las boquillas que se utilizan para lograr este objetivo. La ruta física que toma el producto puede diferir de una máquina a otra según el tipo de llenado y la ubicación del tanque, así mismo los materiales utilizados para la plomería y las tuberías también pueden cambiar para satisfacer las necesidades del producto.

Las máquinas sanitarias utilizarán accesorios sanitarios para conectar la plomería, los tubos y las boquillas. El material de la tubería en sí puede cambiar para evitar el desgaste indebido de un producto que puede descomponer el PVC, el teflón u otros materiales. Las boquillas son otro elemento que a menudo se adaptará a la medida

del proyecto en cuestión, considerando que los tamaños de las boquillas pueden cambiar según el tamaño de los contenedores o la abertura del contenedor y el principio de llenado. De la misma forma que en el caso de la tubería, el material de la boquilla se debe seleccionar para complementar el producto sin crear un desgaste excesivo. [37].

#### IV-G. Componentes Eléctricos

*IV-G1. Pulsadores:* Un pulsador eléctrico es aquel que permite o prohíbe el paso de la corriente eléctrica en el circuito.



Figura 15. Pulsadores. [16]

*IV-G2. Breaker:* Es un interruptor que se activa y desactiva forma manual o automática es un sistema de protección ya que este corta el flujo de corriente cuidando el resto de componentes y de igual forma cuida la vida humana ya que prohíbe el paso cuando hay sobrecarga o cortocircuito.



Figura 16. Breaker. [17]

*IV-G3. Luz Piloto:* Es un sistema de señalización para que los operadores y personal puedan observar el estado de la máquina, debido a la norma IEC60204-1, las luces tienen su propio código.



## LUCES PILOTO

Figura 17. Luces Piloto. [16]

*IV-G4. Relé:* Es un dispositivo de conmutación internamente tiene un imán que permite o corta el paso de la corriente solo es para el uso de bajas corrientes.



Figura 18. Relé. [32]

*IV-G5. Bornera de paso:* Componente de conexión eléctrica, se los implementa para conectar dos o mas conductores en control de procesos de automatización.



Figura 19. Borne de Paso

*IV-G6. Contactor:* Es un dispositivo de conmutación idéntico al relé a diferencia que el contactor puede manejar corrientes mucha más alta que los relés estándar.



Figura 20. Contactor. [35]

#### IV-H. Componentes Neumáticos

*IV-H1. Actuadores:* Los actuadores industriales son unidades de accionamiento que funcionan con aire comprimido en la que dos pistones que giran en sentido contrario realizan un movimiento de giro de 90°. Por lo general, ofrecen menos precisión y resolución que las etapas de precisión, del orden de milímetros en lugar de micras. Están reforzados para ofrecer un funcionamiento fiable incluso en entornos hostiles. Están disponibles con carcasas con clasificación IP, por ejemplo. En lugar de guías lineales, pueden presentar simplemente bloques de Delrin que se deslizan sobre rieles de metal desnudo. Cuando los bloques se desgastan en el transcurso de varios años, se reemplazan. [9].

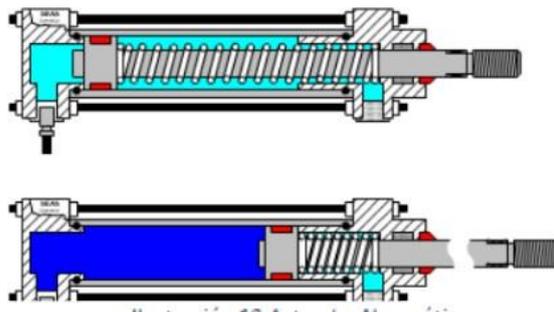


Figura 21. Cilindro Simple efecto. [21]

En lo que respecta específicamente a los beneficios de estos, como se ha descrito previamente, todos los tipos posibles de válvulas de cierre pueden automatizarse con la ayuda de actuadores automáticos, esto es particularmente ventajoso cuando se trata de sistemas que son relevantes para la seguridad (p. ej., en la producción de petróleo y gas) y donde se imponen altas exigencias a la confiabilidad.

Para funcionar, un accionamiento automático necesita una red de aire comprimido que genere, almacene y prepare aire comprimido de proceso. Por regla general, estas redes funcionan con una presión de 4 a 8 bar. El accionamiento está controlado por una válvula solenoide. Esta electroválvula regula el suministro de aire comprimido a una de las dos cámaras mediante un impulso eléctrico, controlando así si el accionamiento debe moverse cerrado.º .abierto”. [11] F.Entrena.

Los actuadores neumáticos de fracción de vuelta se utilizan en plantas de procesos industriales en las industrias química, petroquímica, de tecnología alimentaria y farmacéutica, etc. Dondequiera que ya esté instalada una red de

aire comprimido o donde, por ejemplo, por razones de protección contra explosiones, los accionamientos eléctricos no se pueden usar o solo se pueden usar con mayor esfuerzo.

*IV-H2. Electrovalvulas de Aire 5/2:* Las válvulas de 5/2 vías desempeñan un papel fundamental en el control de actuadores neumáticos de doble efecto, como cilindros neumáticos, cilindros sin vástago, pinzas y actuadores rotativos, al proporcionar la capacidad de utilizar aire comprimido para lograr movimientos en ambas direcciones.



Figura 22. Electrovalvula [41]

*IV-H3. Compresor:* El compresor absorbe aire, lo acumula, lo comprime y finalmente lo expulsa.



Figura 23. Compresor [20]

*IV-H4. Electroválvulas:* Las electroválvulas son dispositivos que permite controlar el flujo de líquidos a través de un conducto como por ejemplo tuberías.

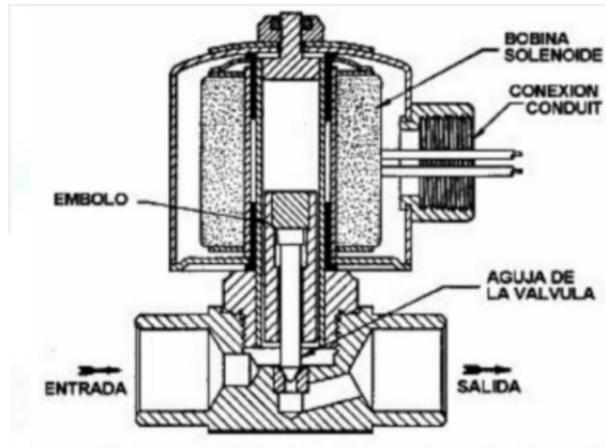


Figura 24. Electroválvula [5]

#### IV-I. Proceso de Taponado

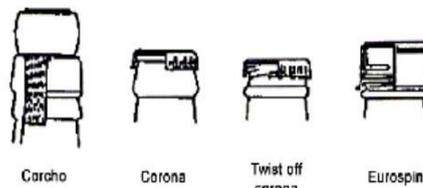


Figura 25. Tipos de Roscas [21]

Una vez que finalizó el proceso de llenado del envase, el siguiente paso será taponarlo.

En este proceso interceden tres pasos que son esenciales para contribuir un mejor funcionamiento del tapado, las cuales son:

- **Posicionador de Tapado:** Este puede ser de tipo mecánico o mediante vibración, se encarga de llevar el tapón al dosificador, la forma del tapón que se quiere utilizar dependerá a elección de uno mismo.
- **Dosificador de Tapones:** Mencionado antes, después de que el tapón llegue al dosificador, este se encarga de transportar el tapón al envase.
- **Taponador:** El taponador permite ejecutar el tapado del envase. Existen dos tipos principales que son, el taponado por presión y el taponado por rosca.

#### IV-J. Tipos de Sellado

- **Tapado por Presión:**

Este tipo se lo usa para botellas con roscas tipo corona y en las corcho se las puede taponar mediante un pistón neumático o por una rueda loca traccionada con la misma máquina, esto se selecciona a criterio.

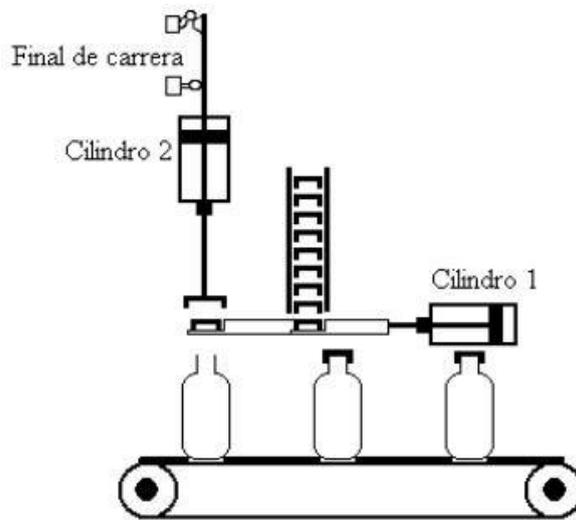


Figura 26. Taponado por Presión [21]

- Tapado por Roscado:** Este tapado se lo implementa en botellas con roscas tipo eurospin y también con la twist off corona se las puede taponar por la manera mecánica por ruedas, por cabezales actuados de manera mecánica, por cabezales actuados por motores neumáticos o por cabezales actuados por motores eléctricos, todo depende del tipo de inversión a darse.

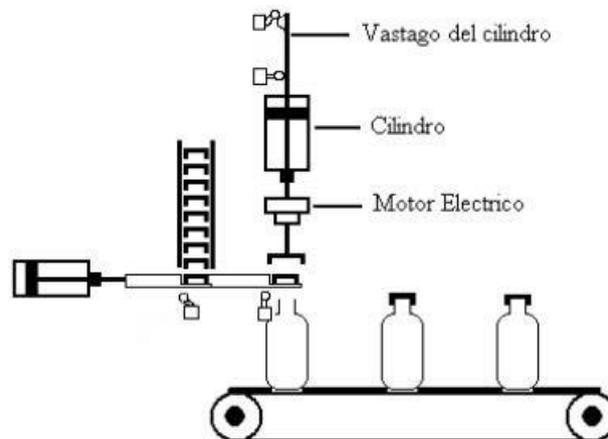


Figura 27. Taponado por Roscado [21]

#### IV-K. Software

*IV-K1. TIA PORTAL:* TIA PORTAL es el acrónimo en inglés para Totally Integrated Automation Portal, el cual es un software desarrollado para actividades de ingeniería, que permite establecer soluciones automatizadas a múltiples sectores industriales mundialmente. Particularmente al conocer las prestaciones de este programa, se evidencia la oportunidad de diseñar y poner en marcha procesos de automatización digital, donde se fomenta también la planeación digital y operaciones.

Con base a lo expuesto por [29] L.Perciña, con este tipo de programa por lo tanto se posibilita la oportunidad de:

- **Efectuar configuraciones.**
- **Programar.**
- **Realizar simulaciones.**
- **Efectuar diagnósticos más precisos.**

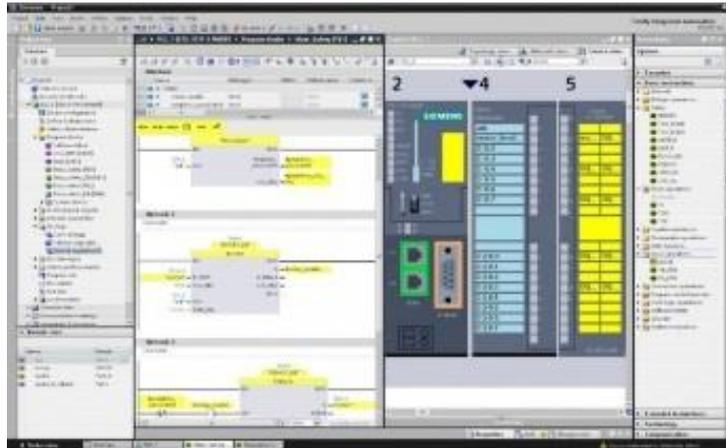


Figura 28. TIA PORTAL. [38]

Conforme pasa el tiempo y como ocurre con algunas otras versiones de este software, es posible ir identificando nuevas características de este tipo de programas, esto contribuye significativamente en la productividad, a la vez que se garantiza la optimización, eficiencia y consistencia de todo el proceso de diseño y producción. De igual manera, gracias a las actualizaciones de estos, es posible disponer de guías y textos que se estructuran conjuntamente con diagramas, esquemas funcionales, instructivos y por supuesto la programación de cadenas de procesos. [14] A.Fernández.

*IV-K2. Factory I/O:* Es el nombre bajo el cual se encuentra registrado el software de simulación 3D, el cual ha sido desarrollado con el objetivo de permitir la construcción y control de procesos dentro del contexto industrial, donde el aspecto que más destaca es la posibilidad de que este sea en tiempo real. Particularmente al conocer a profundidad este software, es posible reconocer algunos escenarios que se han diseñado a partir de referencias de escenarios industriales, además, cuenta con una base de 80 componentes que facilitan el diseño de los espacios simulados. [23].

Ampliando lo referencia a las ventajas de este software, es posible determinar que:

- **Permite el diagnóstico de averías.**
- **Mejoramiento de los tiempos de ciclo en los procesos productivos, donde consecuentemente se logra incrementar los niveles de productividad, incentivando a que las industrias sean más competitivas dentro del sector en el que se desenvuelven.**

- La aplicación permite evidenciar escenarios reales a nivel industrial con lo que se obtienen referencias mucho más claras sobre los costos, posibles daños que se pudiesen suscitar entre el personal o los equipos.



Figura 29. Factory I/O.  
[43]

IV-K3. *COFASO*: Es un software en el cual se puede diseñar planos eléctricos de forma industrial.



Figura 30. COFASO. [2]

IV-K4. *SolidWorks*: Es un software CAD para modelado en 2 y 3D, en el cual se puede diseñar componentes bajo medidas de forma industrial.



Figura 31. SolidWorks. [1]

IV-K5. *FLUIDSIM*: Con base a la información provista por [7] P.Carrillo, se logró identificar que esta aplicación permite la creación, simulación y estudio de los circuitos digitales, especialmente los de tipo electrohidráulicos, electroneumáticos y electrónicos. Cabe argumentar que esta aplicación se encuentra bajo un formato gratuito de alta potencia caracterizada por editores de circuitos y detalle de cada uno de los componentes presentados a través de fotos, animaciones y videos. En conjunto, todos estos atributos multimedia interactúan entre sí, siendo posible generar a los usuarios un recurso de autodesarrollo accesible.

Entre las ventajas que se identifican de esta aplicación, de acuerdo al punto de vista de [31] C.Prita, destacan:

- **Contiene varias opciones de visualización de sistemas y simulaciones para la ejecución de diversos procedimientos.**
- **Ofrece un entorno de aprendizaje intuitivo e integro a quienes lo usan, siendo posible la creación, simulación y corrección de diagramas y circuitos.**
- **Conforme se va actualizando esta aplicación las opciones respectivamente van mejorando, ofreciendo entornos de trabajo y simulaciones con calidad.**

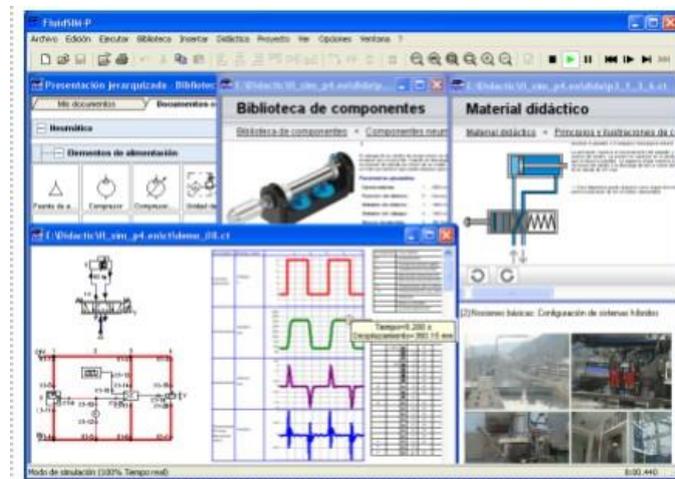


Figura 32. Fluidsim. [27]

Dado que la configuración experimental consta de componentes eléctricos y neumáticos, se debe crear un diagrama de circuito para ambos componentes del sistema en el programa Fluid Sim. Es aconsejable desarrollar primero el diagrama del circuito eléctrico y luego el neumático. De igual manera, de acuerdo a lo manifestado por [24] se precisa de los siguientes pasos para poner en marcha este software, los cuales se exponen brevemente a continuación:

- **Elegir los elementos que necesita.**
- **Insertar los símbolos de la fuente de alimentación.**
- **Asignación de las designaciones de marcador.**

## V. MARCO METODOLÓGICO

Dada la investigación se ha analizado que el sistema que se realizara es para una demostración académica y no para sistemas de producción, se tiene la idea clara de que el tipo de envasadora de baja capacidad será la adecuada debido a que esta es de menor costo y a su vez cumple con las condiciones requeridas, es automatizado y de un fácil manejo, es ideal para producciones de pocos lotes favoreciendo un menor consumo de electricidad.

El prototipo consta de 2 etapas, uno de llenado y el otro de tapado, para la estructura de soporte se usará acero inoxidable y en la parte para el tablero eléctrico se construirá con el material de acero galvanizado.

El controlador del sistema se implementará en un PLC S7-1200 el cual permite controlar el proceso, y este se situará dentro del tablero eléctrico que permite automatizar mi proceso, este nos ayuda a definir las variables del sistema las de entradas como las de salidas analógicas y digitales, dependiendo la cantidad de sensores o actuadores a utilizar en el prototipo, el controlador se encargará de activar o desactivar según la programación que se implemente.

Los procesos se podrán visualizar en el software Factory I/O que es donde se visualiza el funcionamiento del sistema de llenado y envasado y a su vez la programación se la visualizará en el TIA PORTAL.

El motor estará situado en la parte derecha de la estructura, la cual estará enlazada con el sistema de bandas que permitirá la trasladación de las botellas hasta llegar al sensor capacitivo, se detendrá el motor y hará el proceso de llenado mediante una electroválvula.

Se llenará la botella con agua hasta que el sensor capte la señal del nivel de llenado y este proceso se reanudará, las señales que detecta el sensor será receptada por el PLC.

## VI. FUNCIONAMIENTO

- Presionar botón de marcha.
- Enciende el motor y la botella es trasladada mediante la banda transportadora.
- La botella llega hasta el primer sensor capacitivo, el sensor recibe la presencia de la botella y se detiene el motor y sale el vástago del primer cilindro.
- La electroválvula se enciende y comienza a llenar la botella con agua hasta que el segundo sensor capacitivo recibe la señal de la detección del nivel en la botella.
- El segundo sensor detecta el nivel del agua se apaga la electroválvula se recoge el vástago del primer cilindro y se enciende el motor.
- Se enciende el motor y este hace que la botella avance hasta el segundo proceso.
- La botella llega para el proceso final del proceso.
- La botella llega y el tercer sensor capacitivo detecta la botella.
- Detecta la botella, se apaga el motor se sale el vástago del segundo cilindro que retiene la botella y a su vez sale el vástago del tercer cilindro para sellar la botella.

- Realiza el tapado, se recogen los vástagos de los dos cilindros y se enciende el motor.

## VII. PROGRAMACIÓN PLC

Declaramos las señales de entradas, salidas y marcas en el software Tia Portal para poder realizar la respectiva programación.

Tabla I  
TABLA DE VARIABLES DE PLC

PLC tags									
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	
1	Paro Emergencia	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Marcha General	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Paro	Default tag table	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Marcha	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Marcha Drive KM1	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Bot para Llenar	Default tag table	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Nivel Llenado ok	Default tag table	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Bot para Tapar	Default tag table	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Drive OK	Default tag table	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Drive Runing	Default tag table	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	SV Llenado	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Piston Llenado	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Piston Tapa	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Alarma Sistema	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Drive Status OK	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Bot Posicion Llenar	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Bot Pos Tapar	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Llenado OK	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Off piston Llenado	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Flanco Nivel Llenado	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	Flanco Posicion llenado	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	Flnaco Tapador	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	Off tapador	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

En esta parte tenemos un lenguaje especial para poder enlazar la programación con Factory I/O.

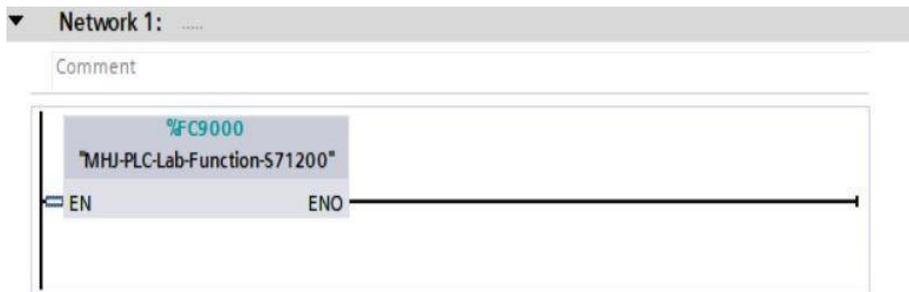


Figura 33. Fuente: Autores

En base a las variables declaradas programamos y colocamos las marcas que son para los sensores y la electroválvula.

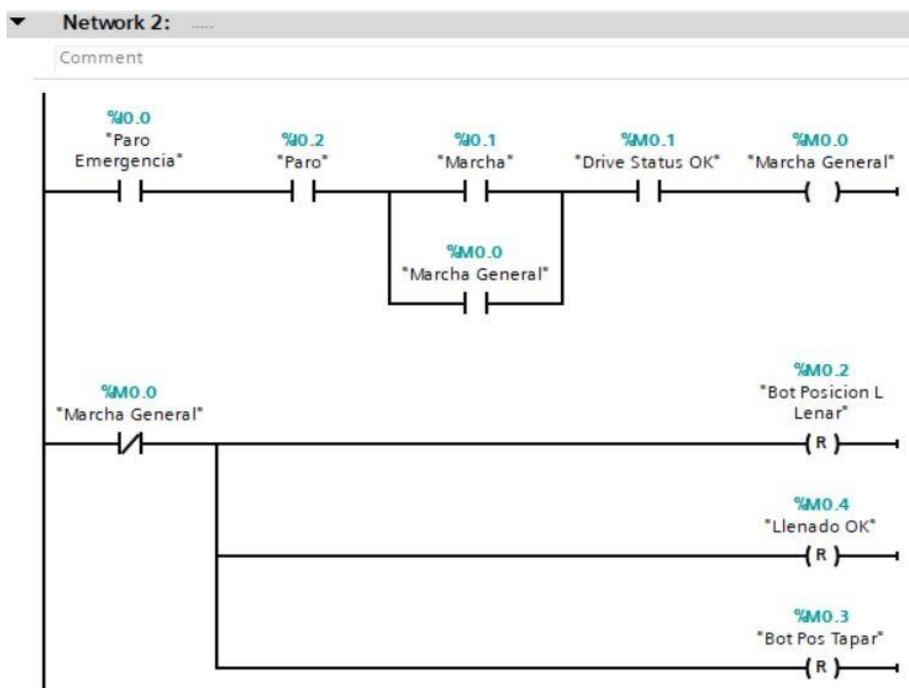


Figura 34. Fuente: Autores

En esta parte declaramos las salidas del Relé desde el Drive es un parámetro para el funcionamiento del motor.

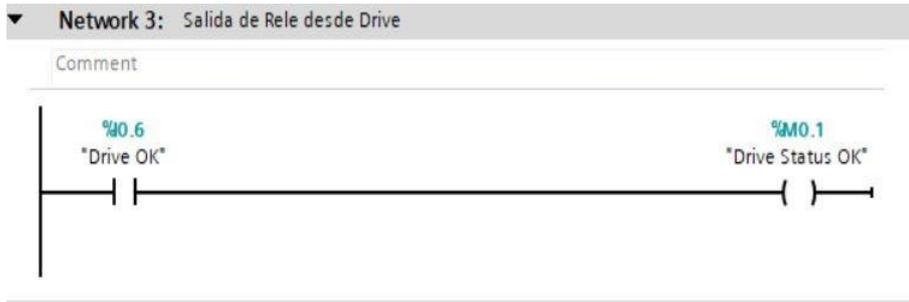


Figura 35. Fuente: Autores

Se llama a los temporizadores y se declara un pequeño tiempo para que se abra y cierre la electroválvula este para realizar el proceso de llenado.

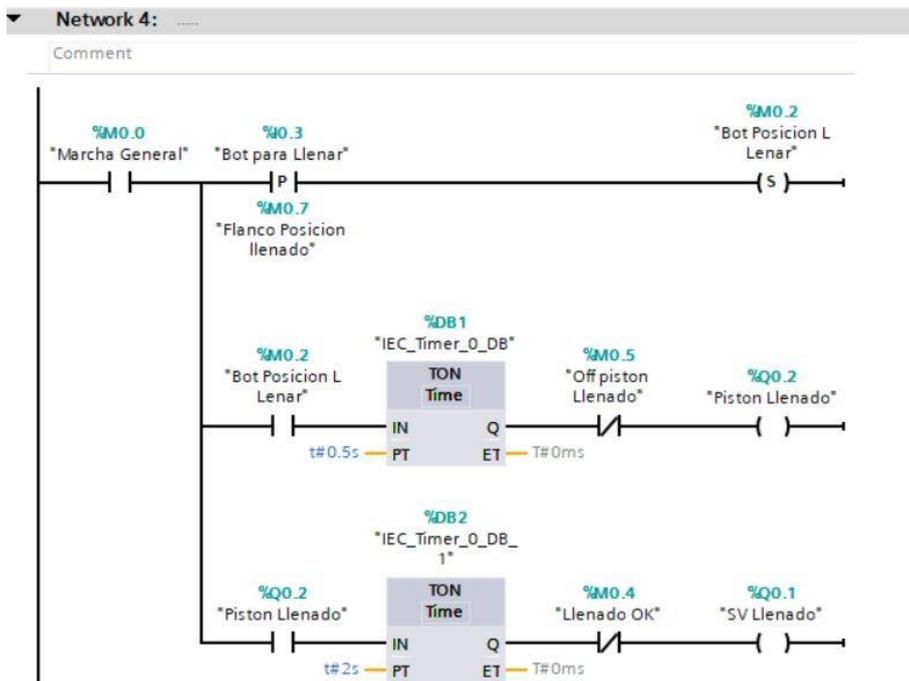


Figura 36. portal Fuente: Autores

En esta parte tenemos el sistema del tapado de la botella que se realiza a través de un cilindro.

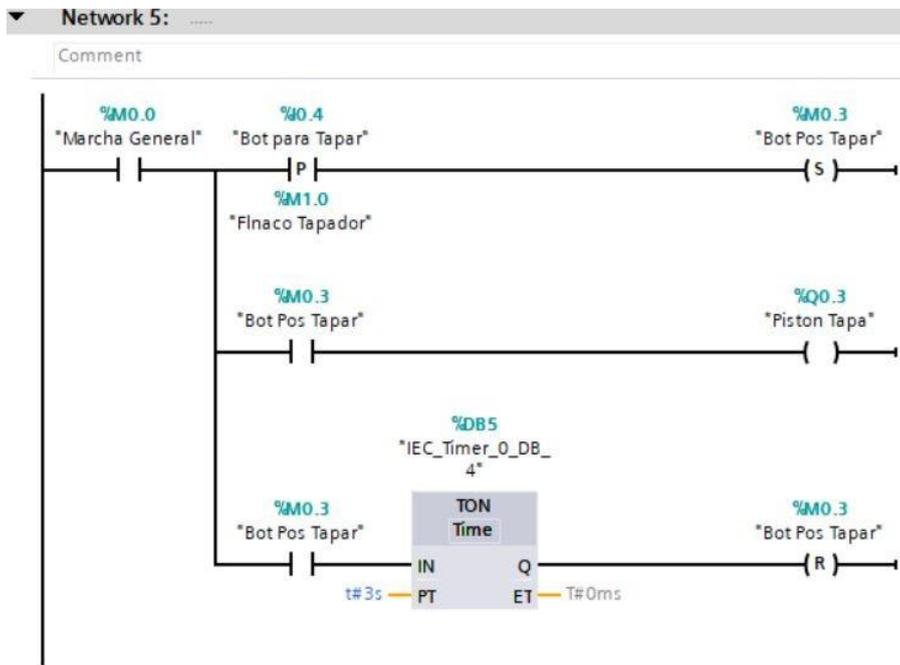


Figura 37. Fuente: Autores

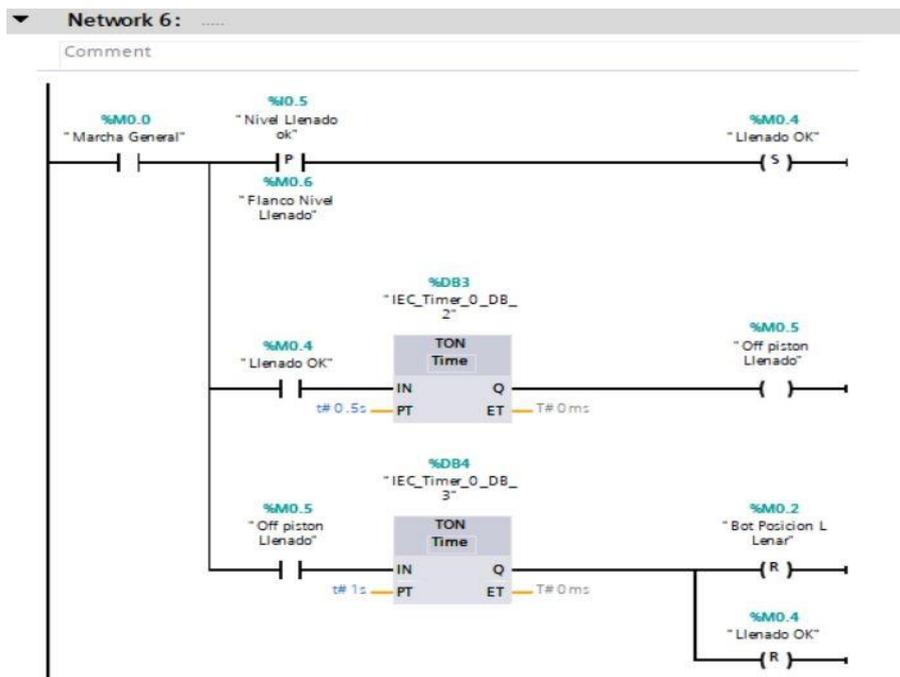


Figura 38. Fuente: Autores

Se declara las condiciones del accionamiento del variador para poder darle regular la velocidad del motor.



Figura 39. Fuente: Autores

### VIII. FACTORY I/O

En el software de Factory una vez se seleccionan los componentes a utilizar ya se quedan como entradas y salidas.

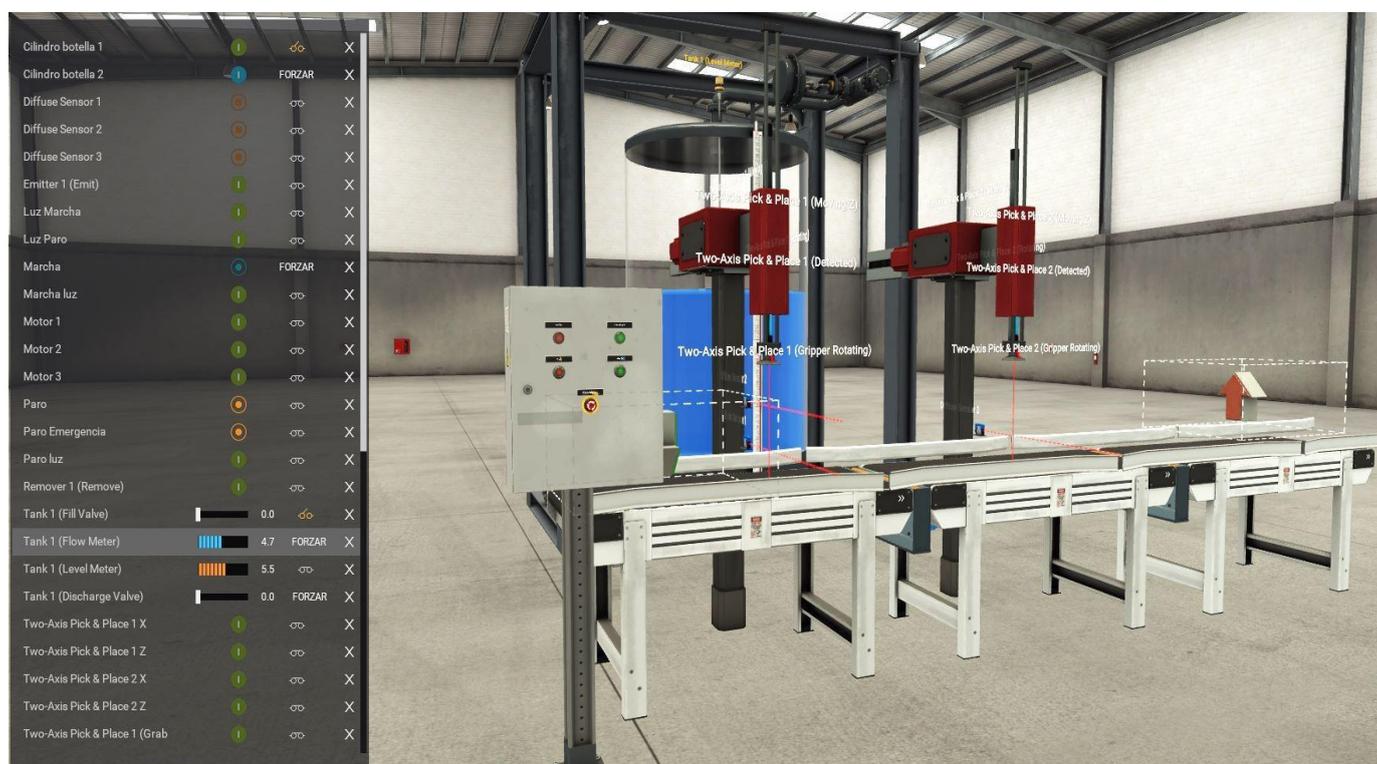


Figura 40. Fuente: Autores

## IX. PROGRAMACIÓN NEUMÁTICA

Se muestra el programa general del proceso neumático realizado en el programa en FluidSim.

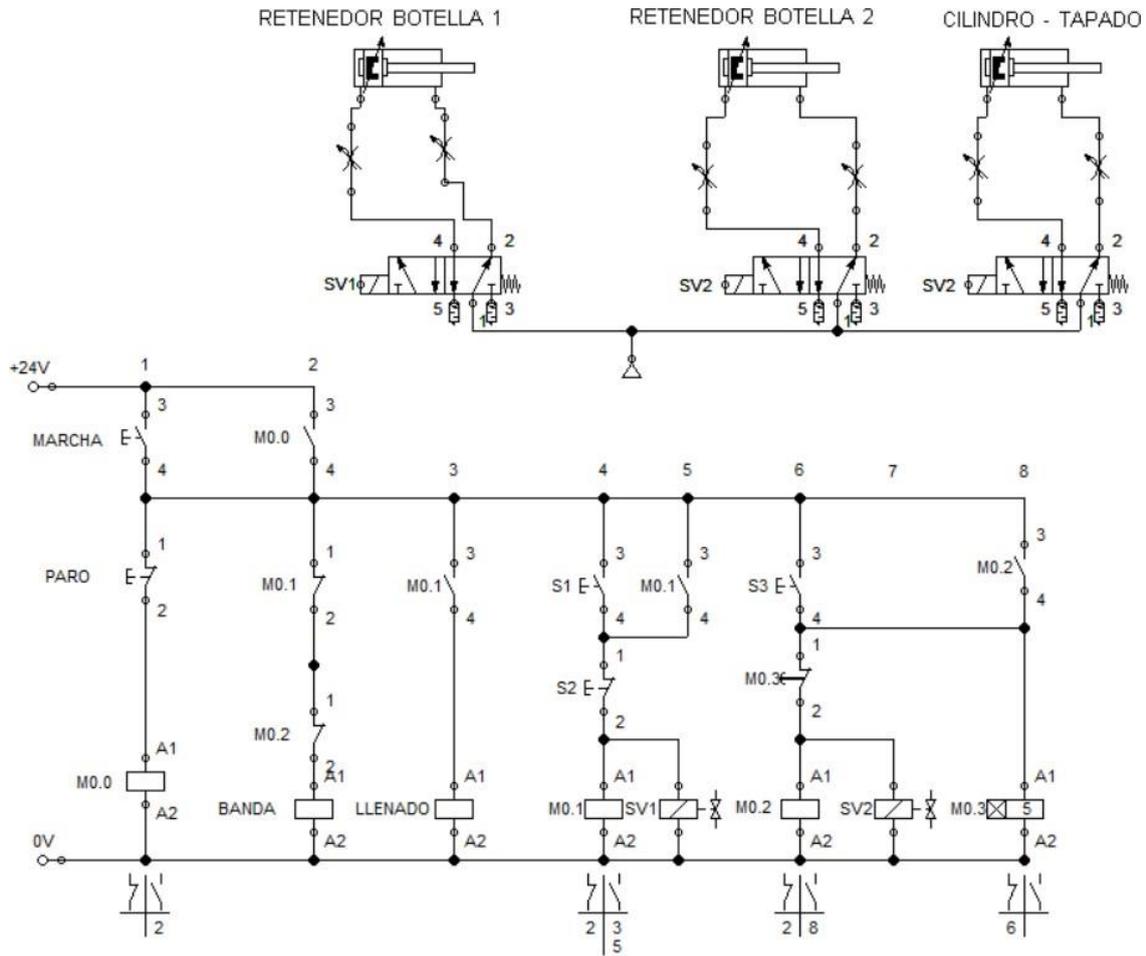


Figura 41. Fuente: Autores

Al presionar el botón de marcha, se comienza a mover la banda que transporta la botella hasta llegar al primer sensor, donde lo detecta y procede a iniciar el proceso de llenado.

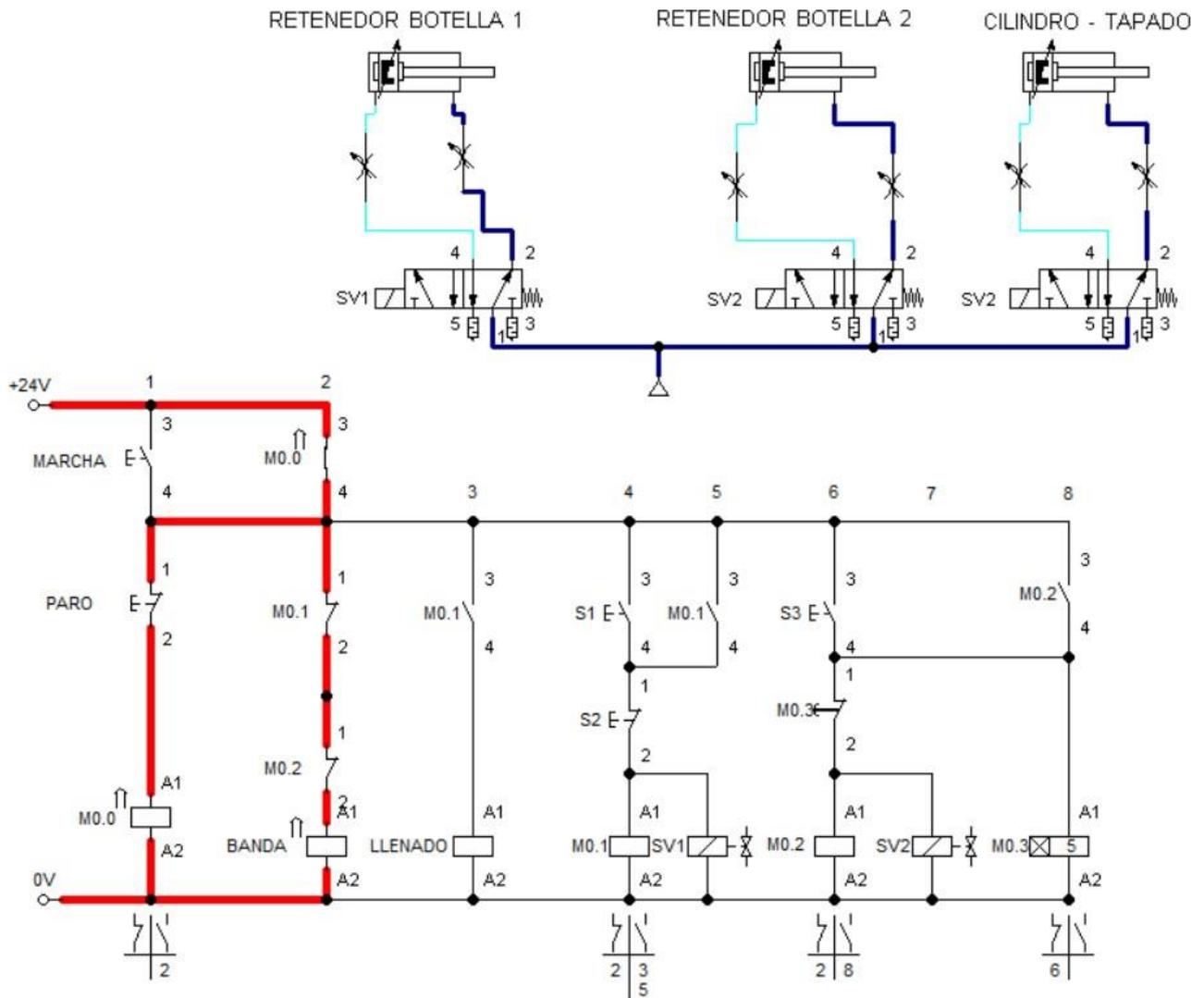


Figura 42. Fuente: Autores

Al detectar el primer sensor la botella, se detiene la banda, se enciende la electroválvula causando que el vástago del primer cilindro retenga la botella para comenzar el proceso de llenado, donde se comienza a llenar la botella hasta que el segundo sensor se active.

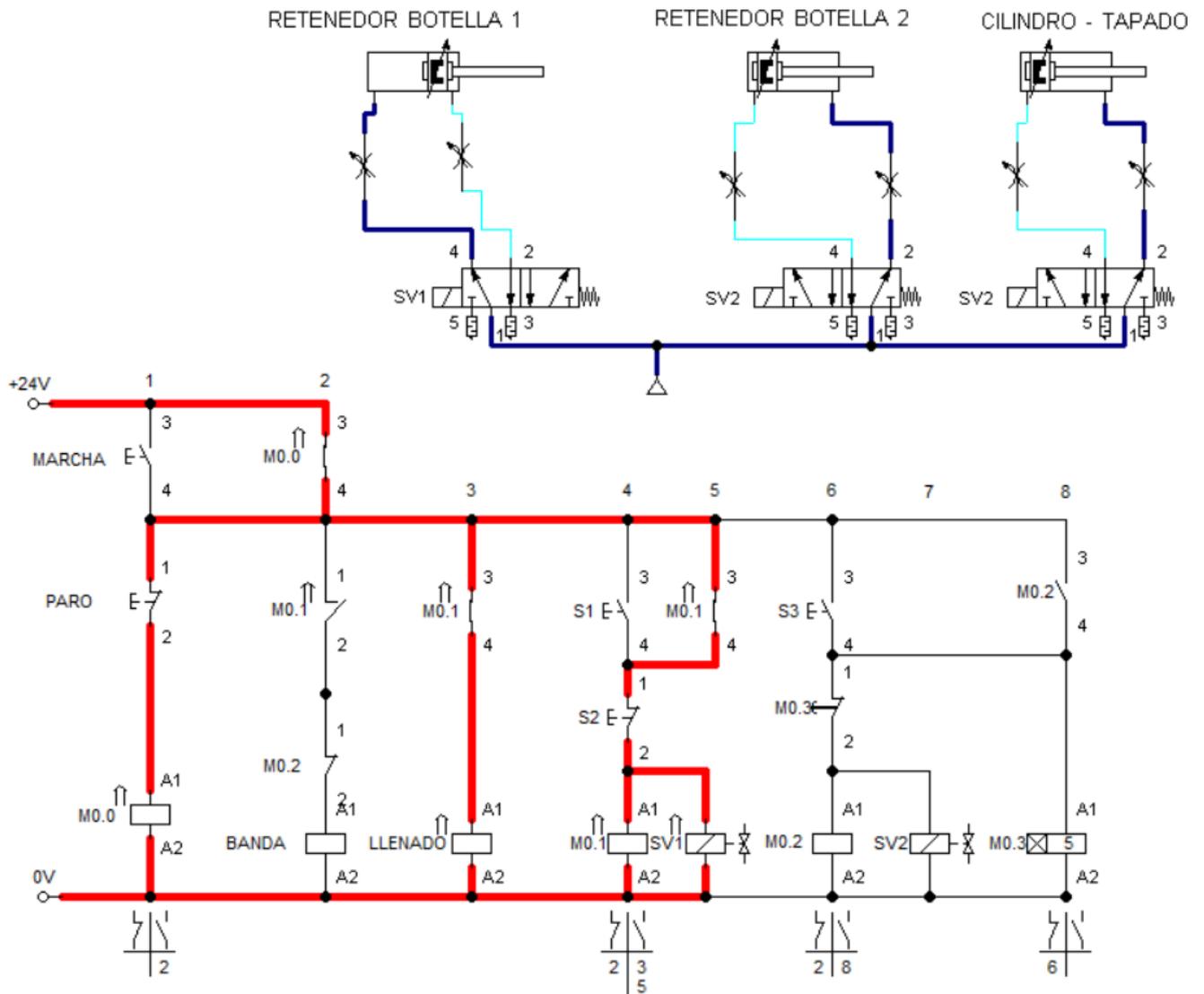


Figura 43. Fuente: Autores

En esta parte el segundo sensor se activa al detectar que la botella este llena, procediendo a cerrar la electroválvula de agua y a su vez el vástago del cilindro se regresa, comenzando nuevamente a moverse la banda transportándolo hacia el siguiente proceso.

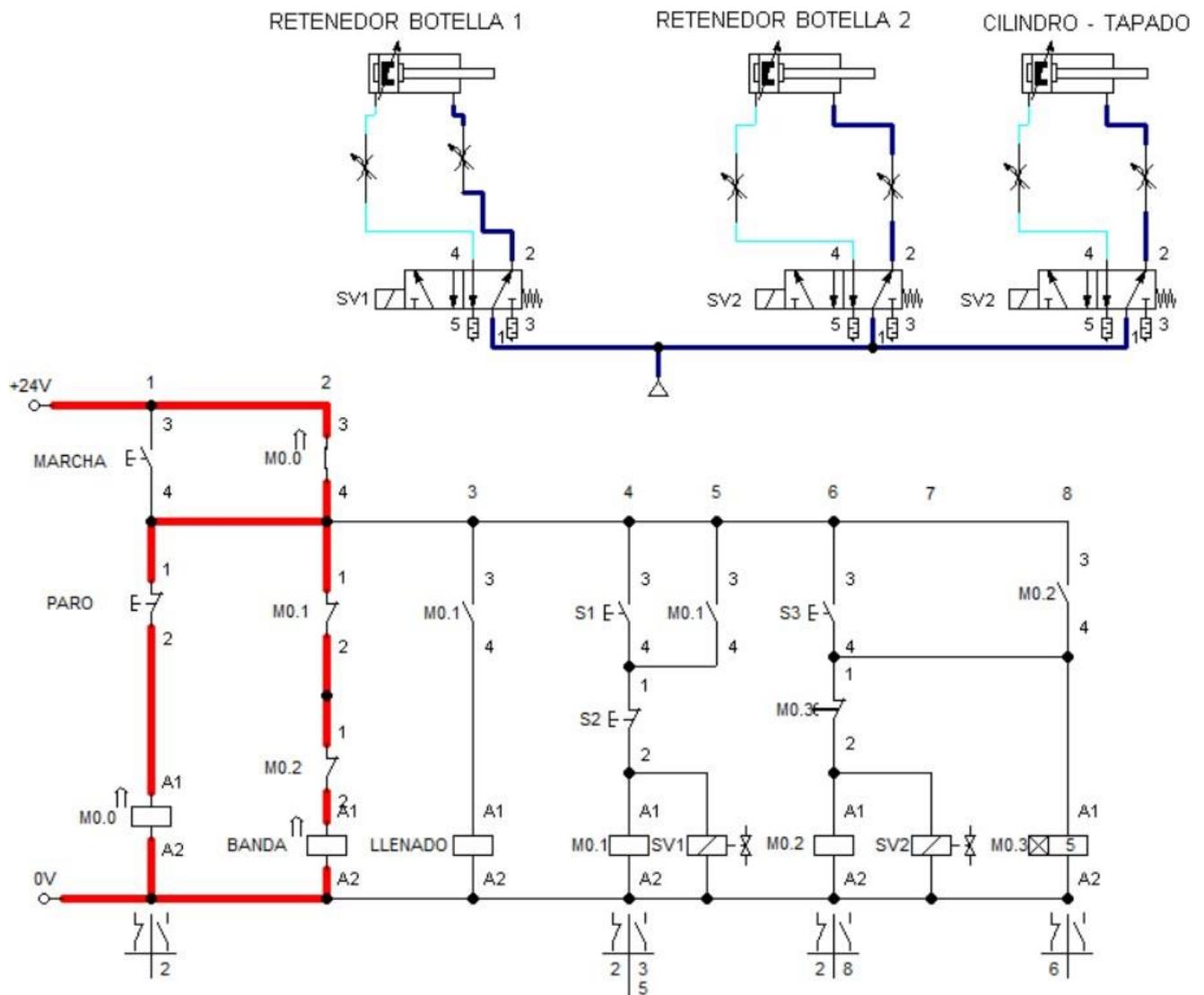


Figura 44. Fuente: Autores

En esta parte después del proceso de llenado, se comienza a realizar el tapado de botella, detectando el tercer sensor la botella, el segundo y tercer cilindro se activan al mismo tiempo, mediante reguladores de caudal el segundo cilindro sale primero a retener la botella mientras que el tercer cilindro que realizara el proceso de tapado sale el vástago y se procede a tatar la botella, mediante un temporizador vuelven los vástagos a su posición inicial y se comienza a mover la banda con la botella tapada.

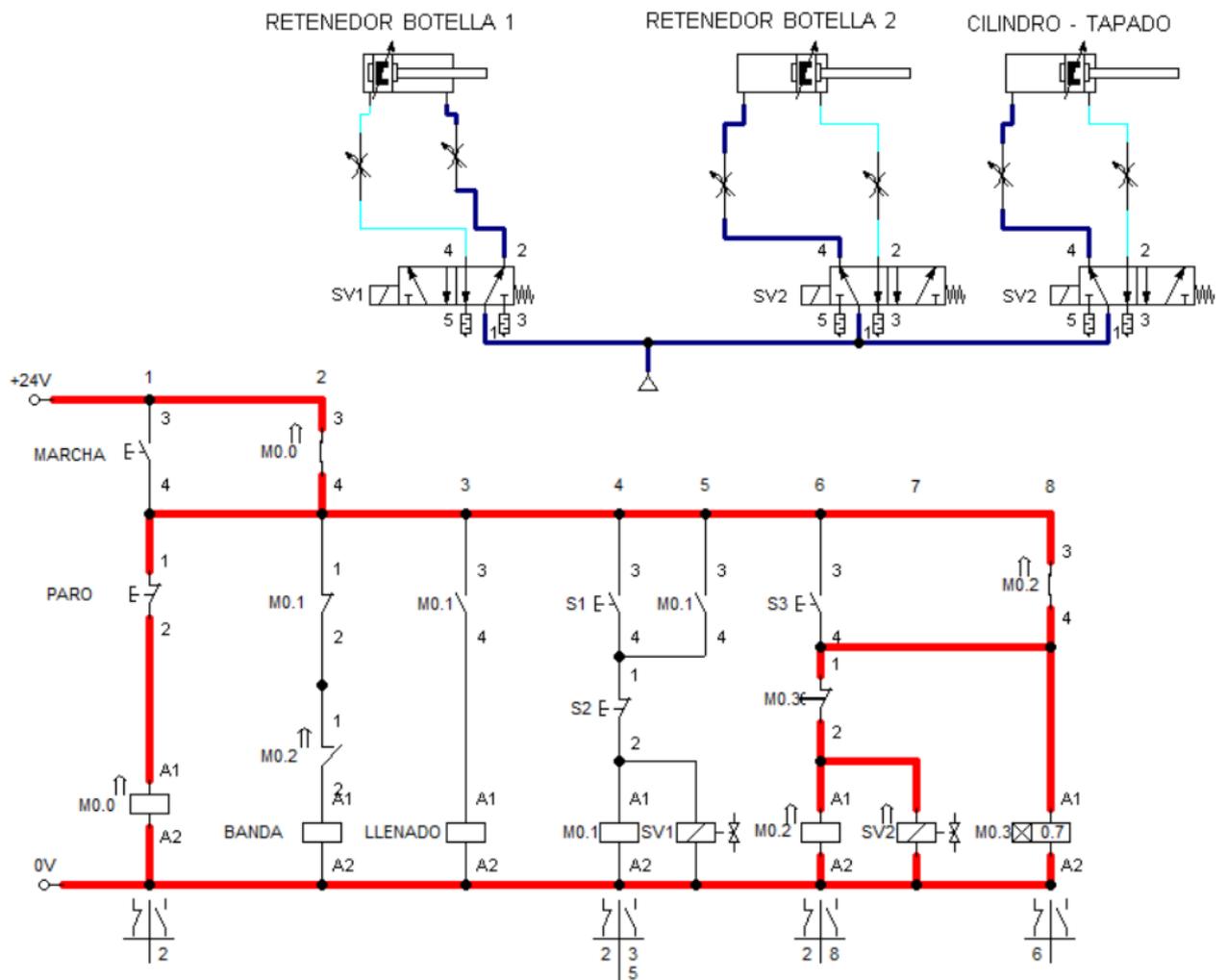


Figura 45. Fuente: Autores

En esta parte después del proceso de tapado, la banda sigue con la botella tapada y termina el proceso.

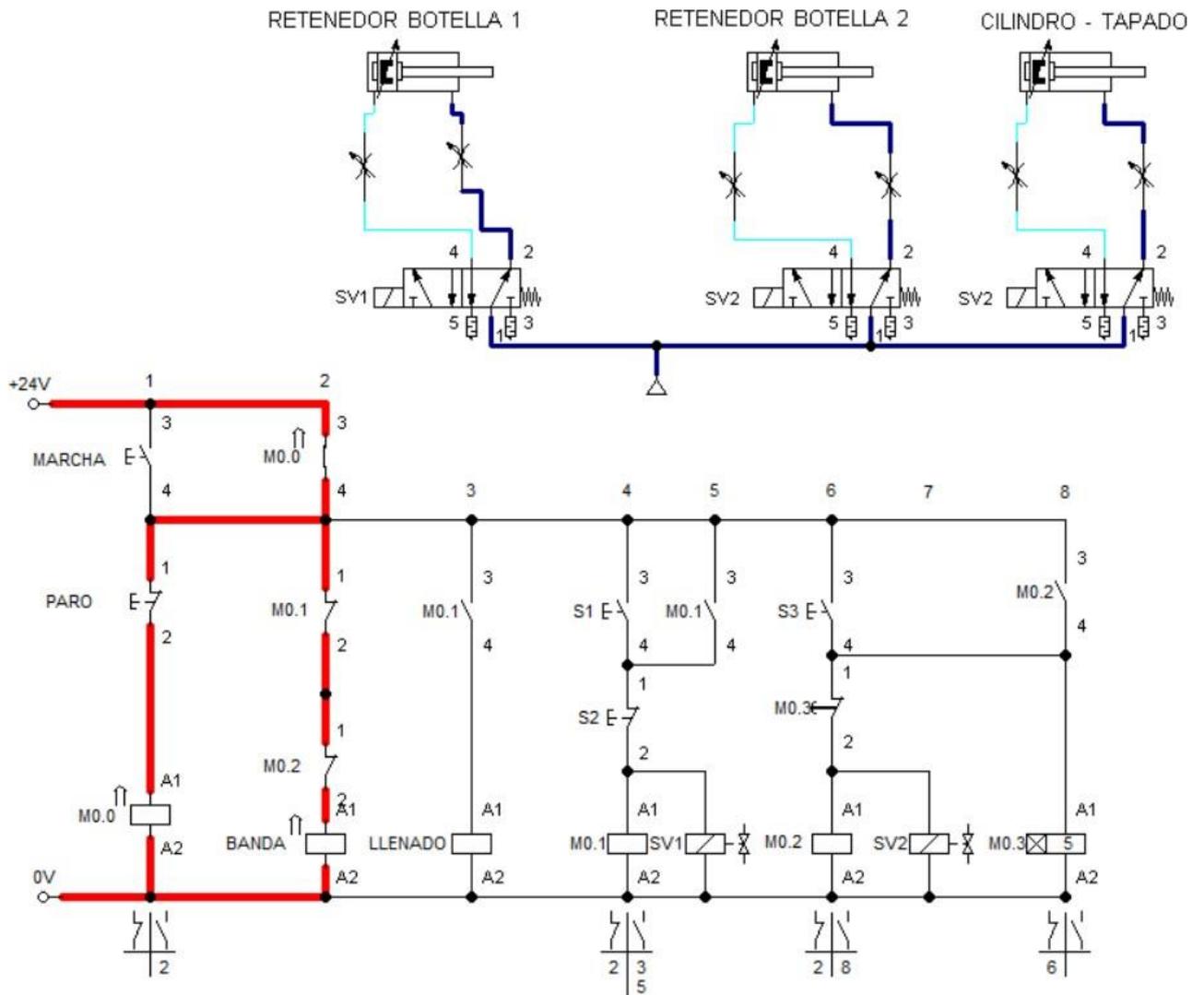


Figura 46. Fuente: Autores

## X. DIAGRAMA DE FLUJO

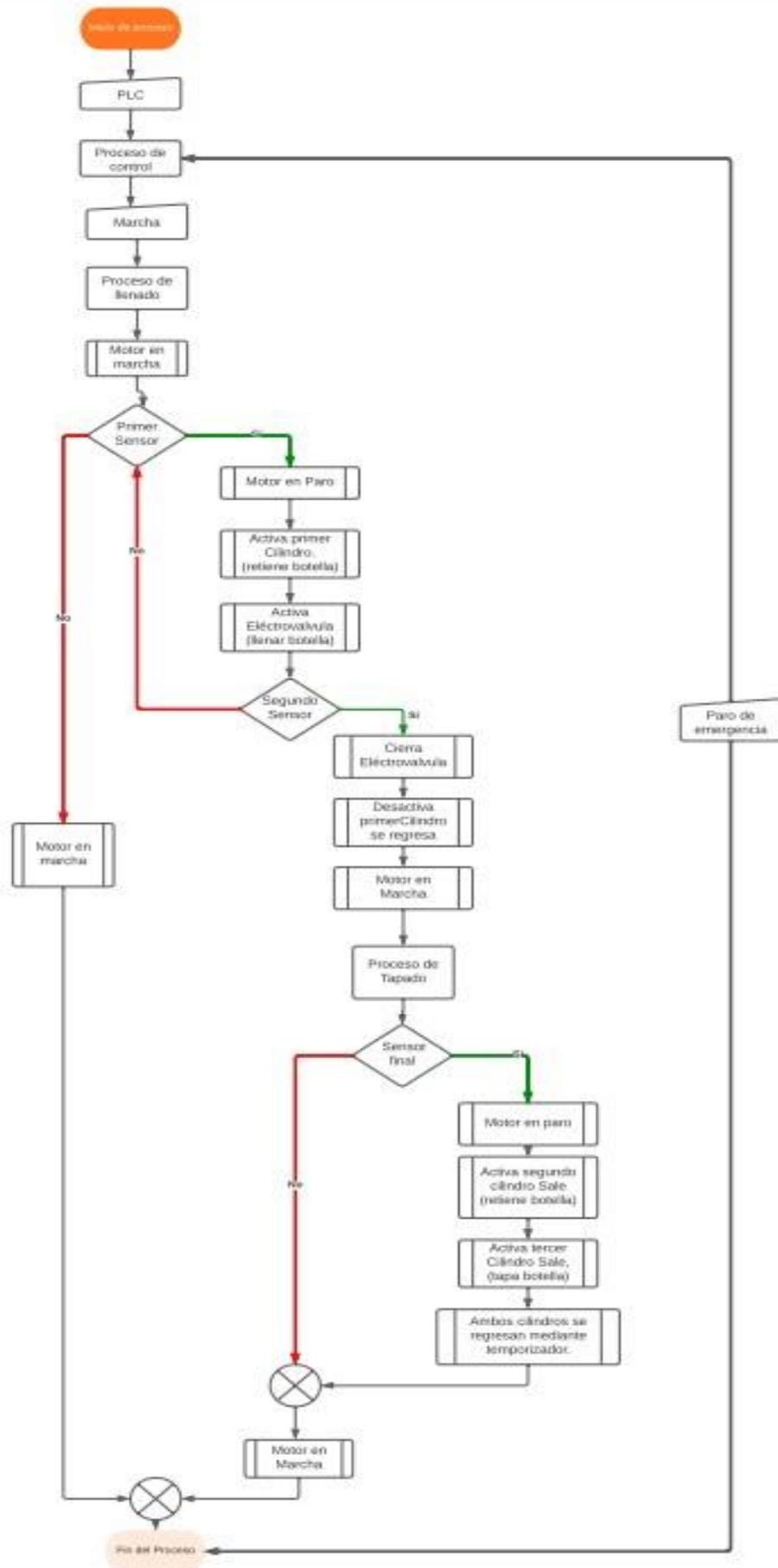


Figura 47. Diagrama de Flujo

## XI. CÁLCULOS

*XI-1. Botella:* La banda debe transportar una masa de 0.020 Kg = 20 gramos lo cual pesa una botella de 500 ml. El peso de 500 ml es 500 g.

$$Pt = 500g + 20g = 520g.$$

La botella tendrá un peso total de 520 gramos en total.

*XI-2. Motor:* El criterio en base a seleccionar el motor será:

- De bajas revoluciones: Debido a que el proceso que este realizara´ sera´ el desplazamiento de una botella.
- De frecuencia de 60 hz: Es la frecuencia que se utiliza en latinoamérica.
- De baja Potencia: En este caso uno de 0.5 hp ya que no hara´ un gran esfuerzo.

*XI-3. Variador de Frecuencia:* Los datos que se tendrá que tener en cuenta para seleccionar el variador es en base del motor y estas son las siguientes:

- Voltaje Nominal: 220v-240v.
- Revoluciones: 1710 rpm.
- Potencia: 0.5 hp.
- Frecuencia: 60Hz.

Por ende el variador hay que ver qué tensión es la que va a ingresarle si es monofásica (trabaja con 220v-240v) o trifásica esta está formada por tres fases y tres corrientes (trabaja un voltaje de 380v- 400v).

Tabla II  
CONFIGURACIÓN DEL VDF- MOTOR

Configuración de Variador de frecuencia - Motor		
P02- 01	POTENCIA	0.37285 Kw
P02- 02	FRECUENCIA NOMINAL DEL MOTOR	60 Hz
P02- 03	VELOCIDAD RPM	1710 rpm
P02- 04	TENSIÓN NOMINAL	220 V
P02- 05	CORRIENTE NOMINAL	2.20 A
P00- 06	REF. VELOCIDAD	Default->0 (Teclado); User->1 (Potenciómetro)
P00- 13	INVERSIÓN DE GIRO	1

*XI-4. Volumen del Tanque:* Es importante saber la capacidad del tanque.

$$V = \pi * h * r^2$$
$$v = \pi * 12,5cm * 14^2$$
$$v = 7696,9cm^3$$
$$v = \frac{7696,9}{1000} = 7,6969l \Rightarrow 7,7l$$

XI-5. *Fuerza de cilindro Neumático:* Es importante saber para poder seleccionar correctamente el cilindro a usar.

- D= Diámetro del cilindro=40mm<sup>2</sup>.
- d= diámetro del vástago=20mm<sup>2</sup>.
- P= presión= 6 bar.
- Área de avance:

$$A_{avance} = \pi * \frac{D^2_{cilindro}}{4}$$

$$A_{avance} = \pi * \frac{40^2[mm^2]}{4} = 1256,6$$

- Área de retroceso:

$$A_{retroceso} = \pi * \frac{D^2_{cilindro} - d^2_{vástago}}{4}$$

$$A_{retroceso} = \pi * \frac{40^2[mm^2] - 16^2[mm^2]}{4} = 1055,58$$

- Fuerza de avance:

$$F_{avance} = A_{avance} * \frac{P}{10}$$

$$F_{avance} = 1256,6 * \frac{6[bar]}{10}$$

$$F_{avance} = 753,96N \Rightarrow 75,4Kg$$

- Fuerza de retroceso:

$$F_{retroceso} = A_{retroceso} * \frac{P}{10}$$

$$F_{retroceso} = 1055,58 * \frac{6[bar]}{10}$$

$$F_{retroceso} = 633,34N \Rightarrow 63,33Kg$$

XI-6. *Consumo de aire del cilindro neumático:*

- d: 40 mm = 0.04m.
- l: 40mm = 0.04m.
- ciclo= 60.
- P= 6 bar.

$$A = \frac{\pi * 0,04^2}{4}$$

$$A = 0,001256$$

$$V = A * l$$

$$V = 0,001256 * 0,04 = 0,00005024 - > 1bar$$

$$consumo_6 = V * P$$

$$consumo_6 = 0,001256 * 6 = 0,0003014m^3$$

$$conversión = 0,0003014m^3 * 1000 = 0,3014l$$

$$ciclo = 0,3014 * 60 = 18,084$$

## XII. ANÁLISIS ESTÁTICOS

### XII-A. Análisis estáticos de piezas

Este análisis lo realizó el software SolidWorks en el que se hizo el diseño estructural del tema de tesis a tratar.

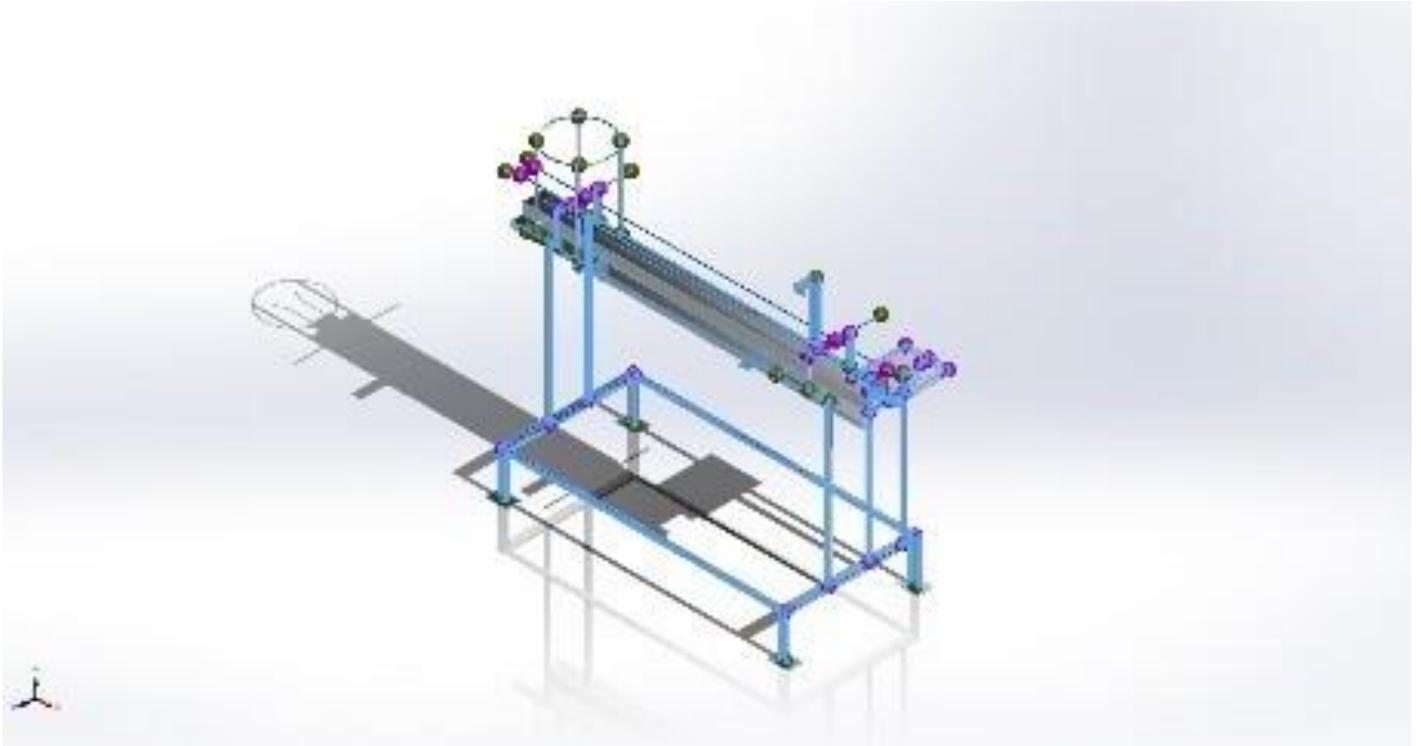


Figura 48. Diseño Estructural: Autores

Tabla III  
PROPIEDADES DEL MATERIAL

NOMBRE:	AISI 316L. Acero inoxidable
TIPO DE MODELO:	Isotrópico elástico lineal
CRITERIO DE ERRO PREDETERMINADO:	Tensión de von Mises máx.
LÍMITE ELÁSTICO:	$1,7e+08 \text{ N/m}^2$
LÍMITE DE TRACCIÓN:	$4,85e+08 \text{ N/m}^2$
MÓDULO ELÁSTICO:	$2e+11 \text{ N/m}^2$
COEFICIENTE DE POISSON:	0,265
DENSIDAD:	$8.027 \text{ kg/m}^3$
MÓDULO CORTANTE:	$8,2e+10 \text{ N/m}^2$
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA:	$1,65e-05 \text{ /Kelvin}$

XII-B. Cargas y sujeciones

Tabla IV  
TABLA DE SUJECIÓN

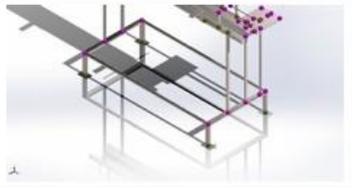
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	3,7132e-05	858,84	2,92482e-06	858,84
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	1e-33

Tabla V  
TABLA DE CARGA

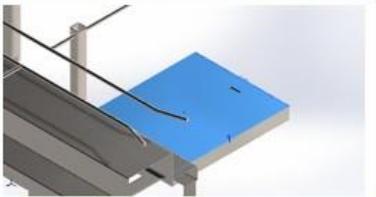
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 58,8399 N Momentos: ---; ---; --- N.m		
Fuerza-2		Entidades: 8 Viga(s) Referencia: Arista< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 100 N Momentos: ---; ---; --- N.m		

Tabla VI  
FUERZAS RESULTANTES

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	3,7132e-05	858,84	2,92482e-06	858,84

### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

### Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-1,03116e-05	-4,00543e-05	2,38419e-07	4,1361e-05

### Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-0,430911	2,06437e-07	0,0557467	0,434502

XII-C. Resultado Del Estudio

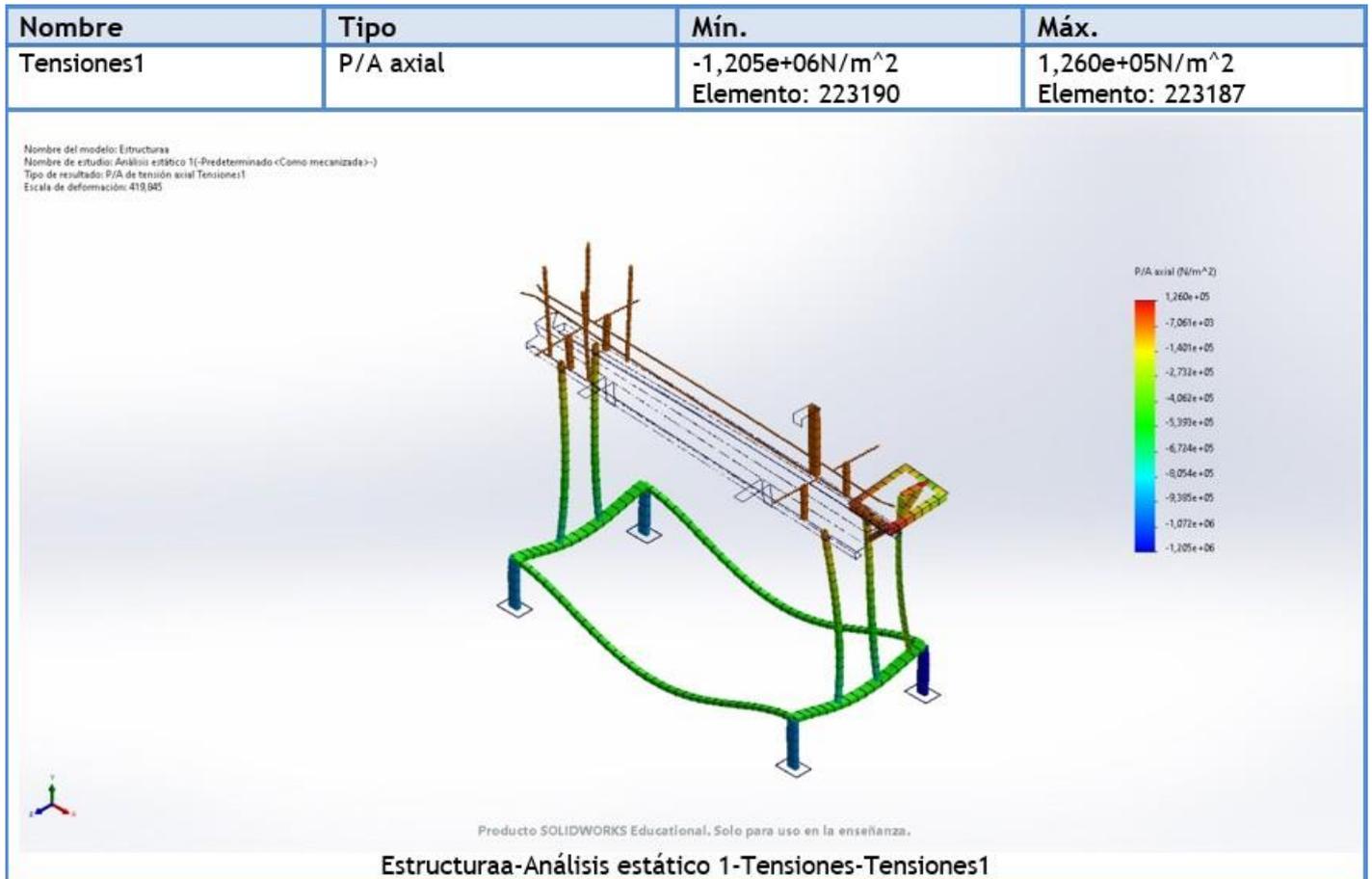
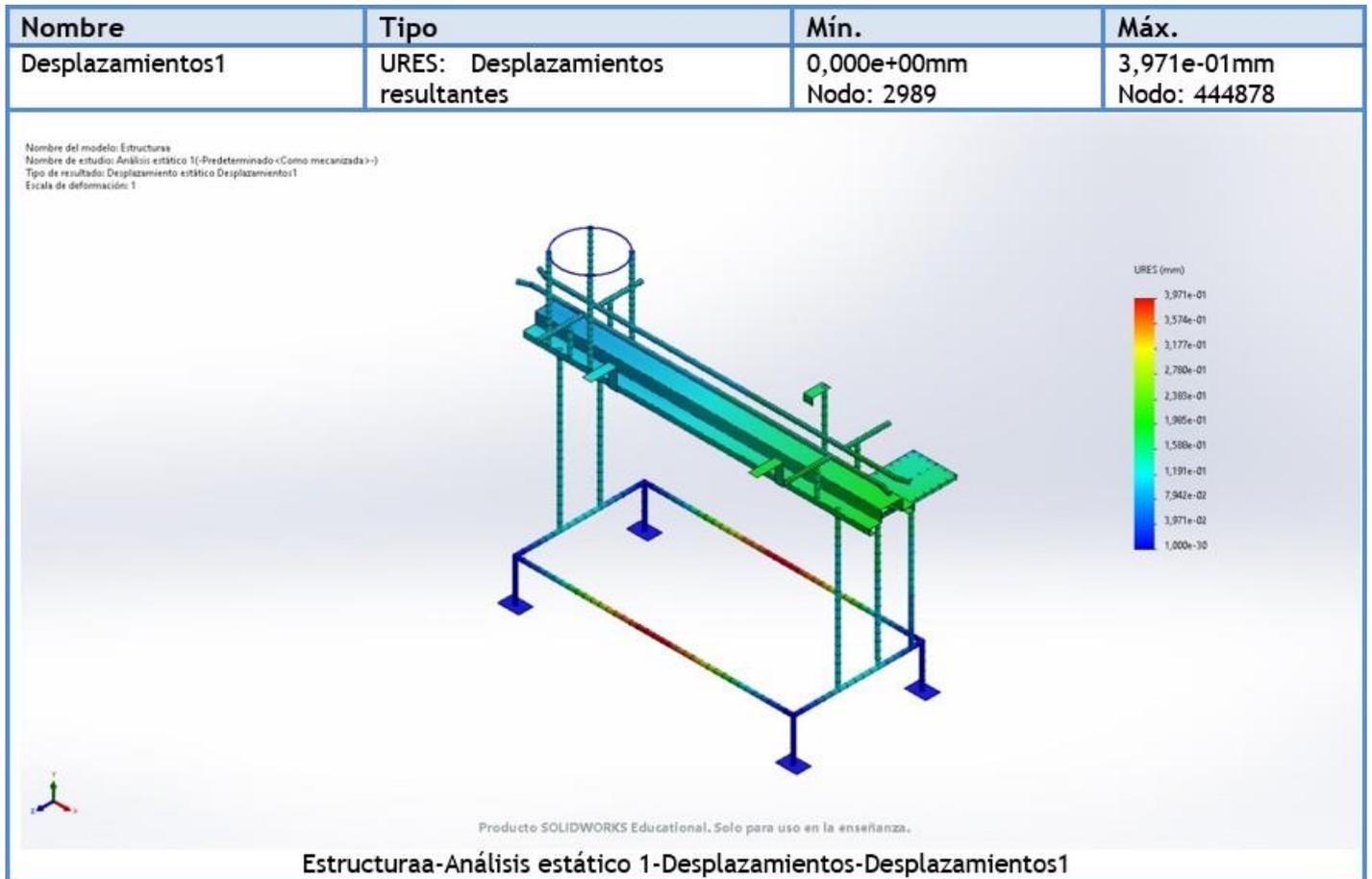


Figura 49. Tabla de carga Fuente: SolidWorks



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0,000e+00 Elemento: 5424	5,690e-05 Elemento: 449

Figura 50. Análisis de Desplazamiento Fuente: SolidWorks

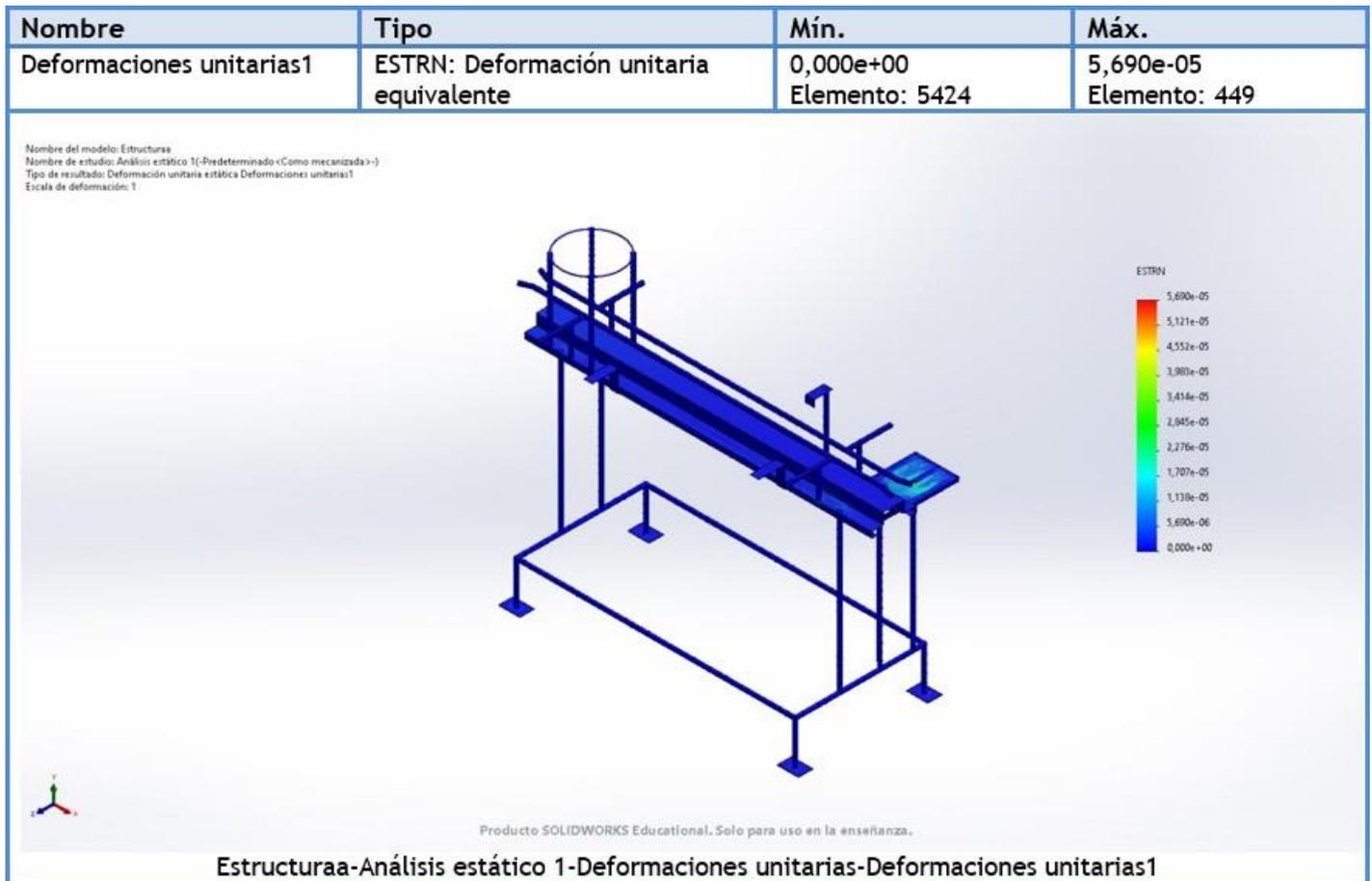


Figura 51. Análisis de Deformaciones Fuente: SolidWorks



Tabla VIII  
TABLA DEL CRONOGRAMA FINAL

Ocupaciones	Cronograma (TT2)																																			
	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Diseño estructural																																				
Compra de materiales estructural																																				
Avance Teórico																																				
Reunión con ayuda, Ing externo																																				
Compra de materiales para la parte de control																																				
Instalación de control																																				
Prueba de señal																																				
Compra de materiales para la parte del proceso																																				
Instalación de la parte del llenado																																				
Primera Presentación																																				
Correcciones de diseño																																				
Prueba del proceso de llenado																																				
Compra de materiales para el sellado																																				
Instalación de la parte del sellado																																				
Prueba del proceso de sellado																																				
Primeras pruebas y correcciones																																				
Avance Teórico																																				
Pruebas del proceso y correcciones																																				
Proceso finalizado																																				
Presentación del proyecto																																				

XIV. PRESUPUESTOS

XIV-A. Presupuestos Eléctricos

Tabla IX  
TABLA DE PRESUPUESTO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS P1.

<b>Componentes Eléctricos</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
PLC	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Fuente Alimentación PLC	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Sensor Prox Capacitivo	3	\$ 38,00	\$ 114,00
Breaker3x32A	1	\$ 9,20	\$ 9,20
Breaker 2x10A	1	\$ 5,70	\$ 5,70
Breaker 1x10A	1	\$ 2,95	\$ 2,95
Breaker 2x4A	1	\$ 6,50	\$ 6,50
Breaker 1x2A	1	\$ 2,92	\$ 2,92
Pulsador Hongo 40mm	1	\$ 2,83	\$ 2,83
Pulsador 22mm (Verde)	1	\$ 2,24	\$ 2,24
Pulsador 22mm (Rojo)	1	\$ 2,24	\$ 2,24
Luz Piloto 22mm (Rojo)	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Luz Piloto 22mm(Verde)	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Contactador 9A	2	\$ 12,75	\$ 25,50

Tabla X  
TABLA DE PRESUPUESTO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS P2.

<b>Relay 14 Pin</b>	4	\$ 8,12	\$ 32,48
<b>Base Relay</b>	4	\$ 2,75	\$ 11,00
<b>Bornera 2.5mm</b>	24	\$ 0,50	\$ 12,00
<b>Puente Bornera</b>	3	\$ 2,15	\$ 6,45
<b>Bornera Tierra</b>	3	\$ 1,10	\$ 3,30
<b>Cable Flexible #18 (Metro)</b>	100	\$ 0,18	\$ 18,00
<b>Cable Flexible #12 (Metro)</b>	20	\$ 0,58	\$ 11,60
<b>Variador De Frecuencia</b>	1	\$ 160,00	\$ 160,00
<b>Canaleta Ranurada 40x40mm (Metro)</b>	1	\$ 7,85	\$ 7,85
<b>Canaleta Blanco(Metro)</b>	1	\$ 3,75	\$ 3,75
<b>Amarra Natural 10cm</b>	1	\$ 0,85	\$ 0,85
<b>Libretín Marcador</b>	1	\$ 10,68	\$ 10,68
<b>Terminal Pin (Azul)</b>	100	\$ 0,06	\$ 6,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 1.163,04</b>

Tabla XI  
 TABLA DE PRESUPUESTO DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS

<b>Componentes Mecánicos</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Motor</b>	1	\$ 270,00	\$ 270,00
<b>Reductor para Motor</b>	1	\$ 150,00	\$ 150,00
<b>AISI 316(Material compuesto)</b>	1	\$ 700,00	\$ 700,00
<b>Mano de Obra</b>	1	\$ 400,00	\$ 400,00
<b>Banda Transportadora</b>	1	\$ 100,00	\$ 100,00
<b>Tablero Eléctrico</b>	1	\$ 40,00	\$ 40,00
<b>Ruliman</b>	4	\$ 5,00	\$ 20,00
<b>Riel Acero 35mm (Metro)</b>	2	\$ 2,10	\$ 4,20
<b>Botella (caja 33 unidades)</b>	1	\$ 20,00	\$ 20,00
<b>Acoplamiento entre Ejes</b>	2	\$ 20,00	\$ 40,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 1.744,20</b>

Tabla XII  
 TABLA DE PRESUPUESTO DE LOS COMPONENTES NEUMÁTICOS.

<b>Componentes Neumáticos</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Electroválvula 5-2 Bobina 24 VDC	3	\$ 33,11	\$ 99,33
Racor Recto 1/8 x 6 mm	8	\$ 0,92	\$ 7,36
Racor Tipo Banjo 1/4 x 6mm	6	\$ 3,72	\$ 22,32
Racor Recto 1/4 x 10mm	1	\$ 1,73	\$ 1,73
Racor Recto Hembra 1/4 x 6mm	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Cilindro doble efecto	3	\$ 96,61	\$ 289,83
Silenciadores (Neumática)	4	\$ 1,50	\$ 6,00
Manguera Neumática 6 mm(Metro)	12	\$ 1,50	\$ 18,00
Manguera Neumática 10 mm(Metro)	2	\$ 2,00	\$ 4,00
Placa para Base Manifool	1	\$ 6,75	\$ 6,75
Socket Base de Válvulas Manifoold	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Tapón Acero Inoxidable	1	\$ 1,32	\$ 1,32
		<b>Total</b>	\$ 483,64

## XV. ANEXOS

### XV-A. Análisis estáticos de ensamble

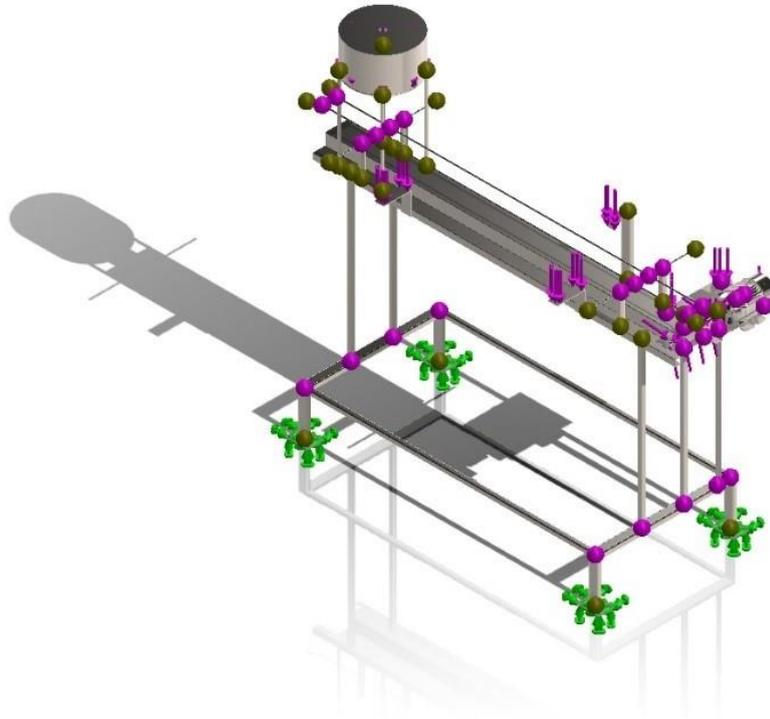


Figura 52. Diseño estructural del ensamble Fuente: Autores

### XV-B. Propiedad del Material

Tabla XIII  
PROPIEDADES DEL MATERIAL

NOMBRE:	AISI 316L. Acero inoxidable
TIPO DE MODELO:	Isotrópico elástico lineal
CRITERIO DE ERRO PREDETERMINADO:	Tensión de von Mises máx.
LÍMITE ELÁSTICO:	$1,7e+08 \text{ N/m}^2$
LÍMITE DE TRACCIÓN:	$4,85e+08 \text{ N/m}^2$
MÓDULO ELÁSTICO:	$2e+11 \text{ N/m}^2$
COEFICIENTE DE POISSON:	0,265
DENSIDAD:	$8,027 \text{ kg/m}^3$
MÓDULO CORTANTE:	$8,2e+10 \text{ N/m}^2$
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA:	$1,65e-05 \text{ /Kelvin}$

- Carga aplicada a piezas.

Tabla XIV  
PROPIEDADES DEL MATERIAL

Cargas externas	
	Fuerza-MOTOR (:Por elemento: 58,8399 N:)
	Fuerza-LIQUIDO (:Total: 25,01063499 N:)
	Fuerza- CILINDRO NEUMATICO (:Por elemento: -14,709975 N:)
	Torsión-EJE (:Por elemento: 196,68 N.m:)

- Carga y Sujeciones.

Tabla XV  
TABLA DE SUJECIÓN

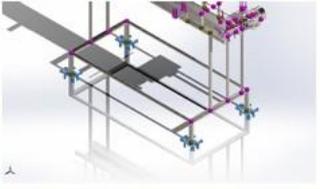
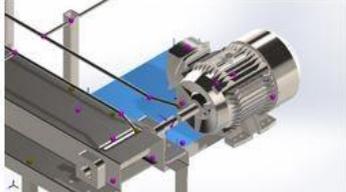
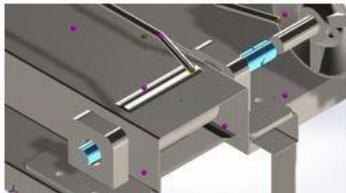
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	12,9762	95,1112	0,000418532	95,9923
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	1e-33

Tabla XVI  
TABLA DE CARGA

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-MOTOR		<p>Entidades: 1 cara(s)                      Tipo: Aplicar fuerza normal                      Valor: 58,8399 N</p>
Fuerza-LIQUIDO		<p>Entidades: 2 cara(s)                      Tipo: Aplicar fuerza normal                      Valor: 25,0106 N</p>
Fuerza-CILINDRO NEUMATICO		<p>Entidades: 3 cara(s)                      Referencia: Arista &lt; 1 &gt;                      Tipo: Aplicar fuerza                      Valores: ---; ---; -14,71 N                      Momentos: ---; ---; --- N.m</p>
Torsión-EJE		<p>Entidades: 1 cara(s)                      Tipo: Aplicar momento torsor                      Valor: 196,68 N.m</p>

■ Fuerzas Resultantes

Tabla XVII  
FUERZAS RESULTANTE

#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	12,9762	95,1112	0,000418532	95,9923

#### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

#### Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,00100708	-0,00320435	0,000152588	0,00336234

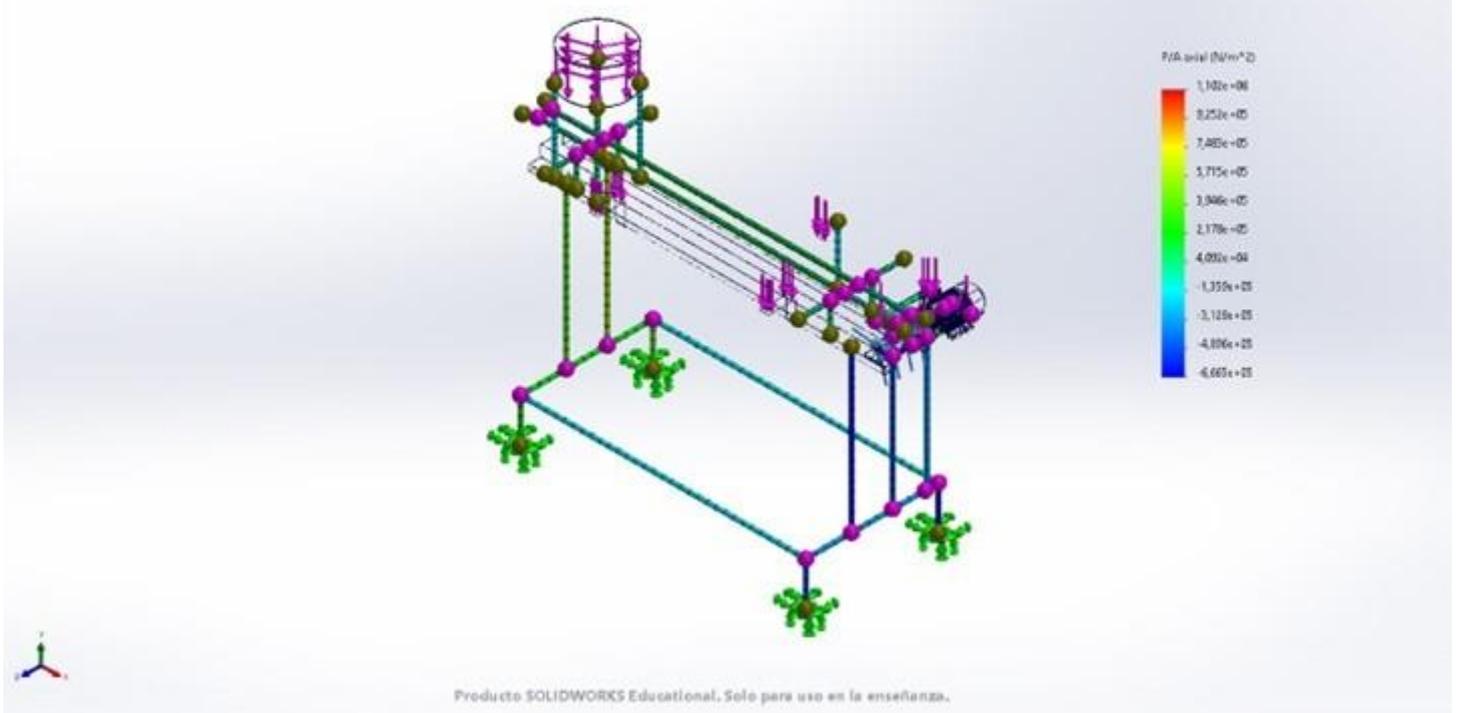
#### Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-1,07877	2,31596e-06	0,451089	1,16928

- Resultado Del Estudio

Figura 53. Análisis de carga Fuente: SolidWorks

Nombre del modelo: Ensamblaje  
Nombre de estudio: Análisis estático SI (Predeterminado)  
Tipo de resultado: FEA de tensión axial (Tensiones)  
Escala de deformación: 1



Nombre del modelo: Ensamble  
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Desplazamiento)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamiento 1  
Escala de deformación: 1

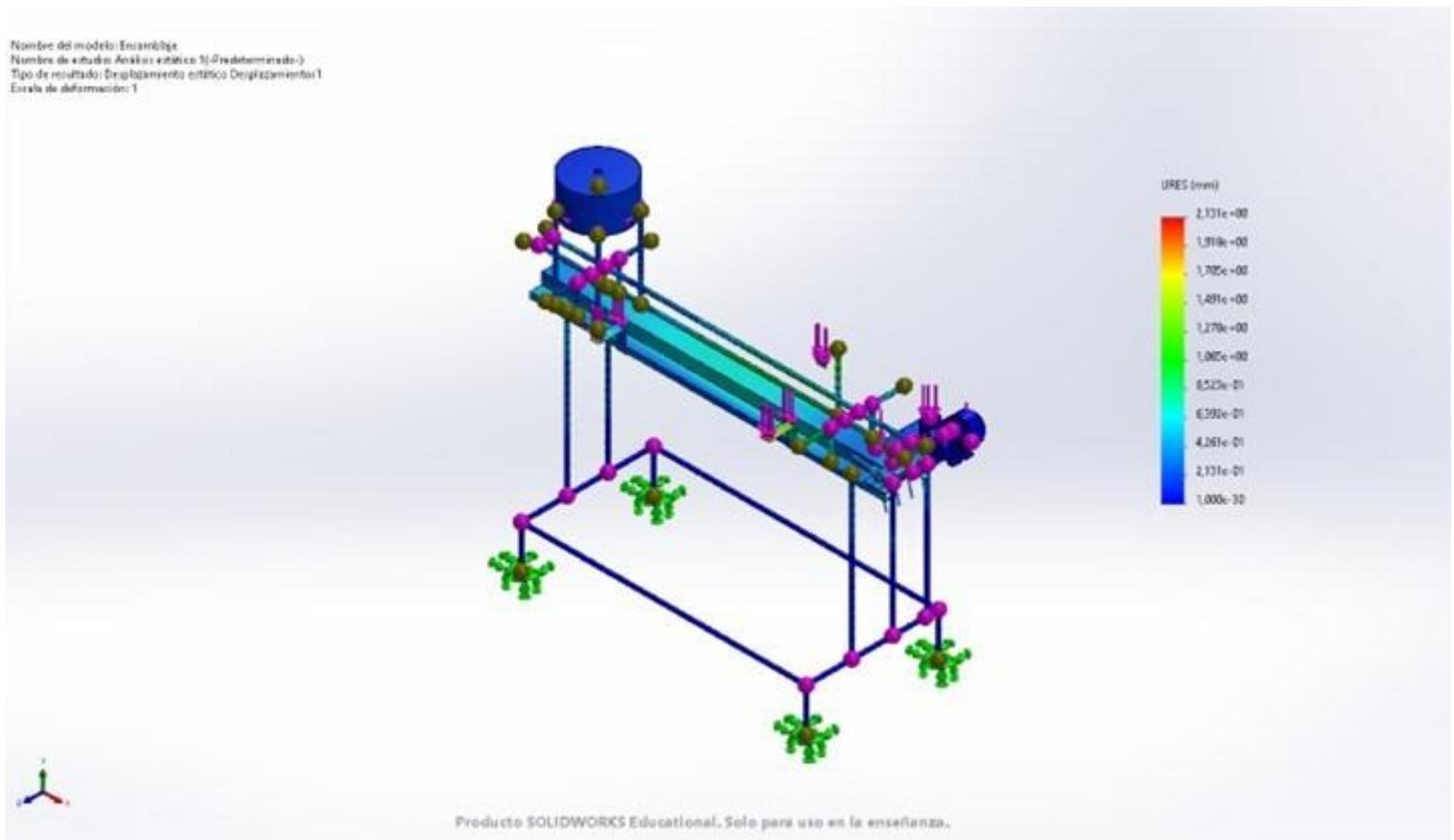


Figura 54. Análisis de Desplazamiento Fuente: SolidWorks

Nombre del modelo: Ensamblaje  
Nombre de estudio: Análisis estático (Predeformado)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria (Estrés) Deformaciones unitarias  
Escala de deformación: 90,5000

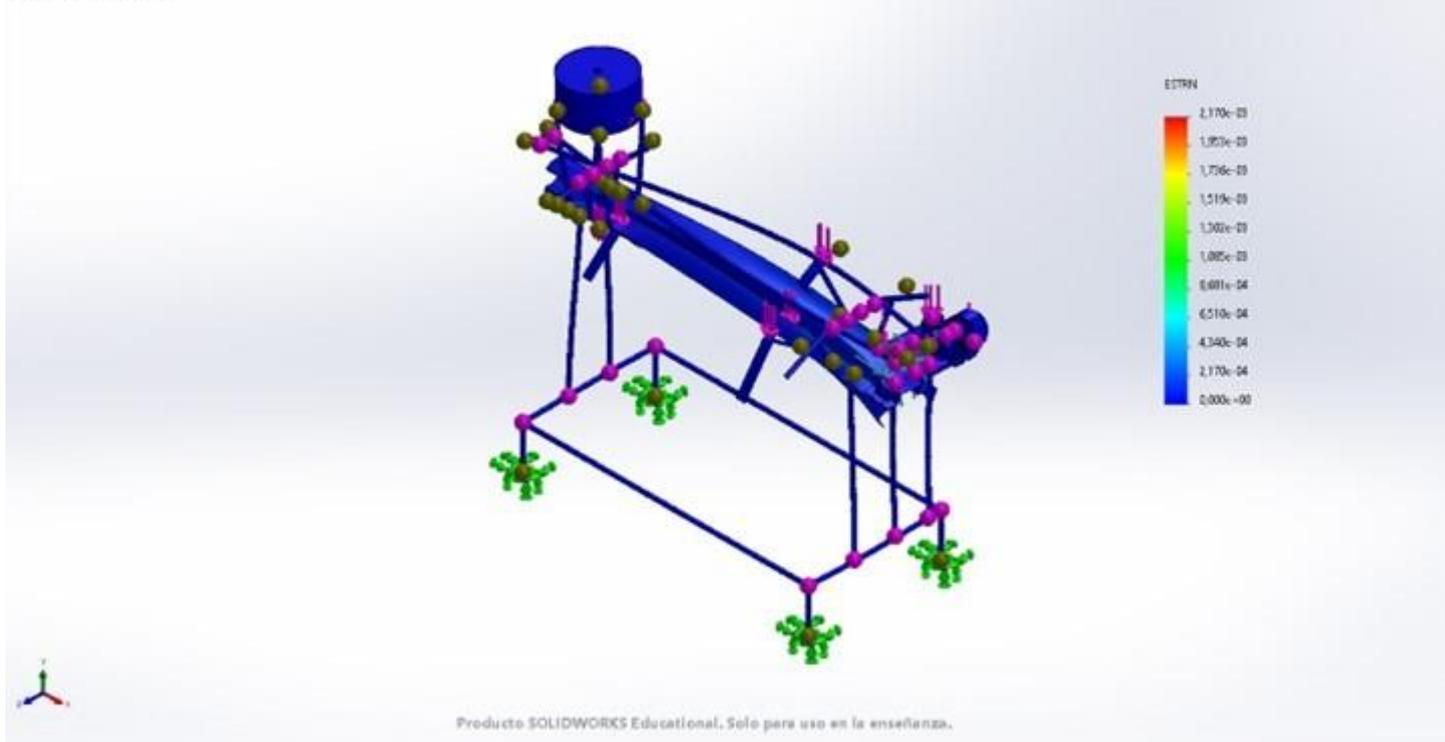


Figura 55. Análisis de Deformaciones Fuente: SolidWorks

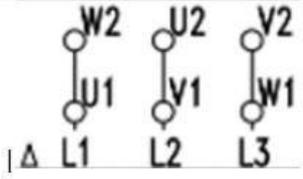
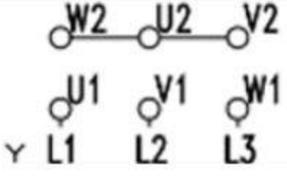
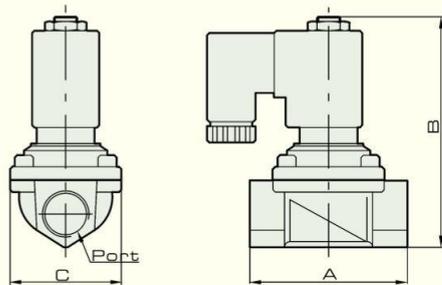
			
3~	0.50 HP	60HZ	1710 rpm
SF 1.25	SFA: 2.75/1.59	CODE K	TYPE ET
 <p>2.20 A 220V</p>		 <p>1.27 A 380 V</p>	

Figura 56. PLACA DE DATO DEL MOTOR

Overall Dimension

• PU



• Dimension

Model	Bore	A	B	C
PU 220-01	1/8	22	72	22
PU 220-02	1/4	35	75.5	25.4
PU 220-03	3/8	55	79.5	30
PU 220-04	1/2	66.5	101	48
PU 220-06	3/4	71	107	48
PU 220-08	1	96	120	70

Figura 57. Dimensiones Electroválvula

## Description

Model:PU220-04A DC24V

Valve Type:2/2 way Brass Solenoid Valve

Orifice:13 mm

CV Value: 4.00

Port Size:1/2" Femal NPT

Operation:Direct

Initial Status:Normal Close

Standard Voltage: DC 24V

Working Medium:Air, Water, Fuel (below 50 cSt)

Working Pressure:0 – 0.7 MPa / 0 – 100 psi

Max. Tested Pressure:1.6 MPa / 152 psi

Ambient Temperature:-5 – 80 °C 23 – 176 °F

Operation Fluid Viscosity: 50 CST

Body Material:Brass

Figura 58. Datasheet de Electroválvula



Figura 59. Variador

Function		Specification
Power input	Input voltage (V)	Single-phase 220(-15%) - 240(+10%) Three-phase 220(-15%) - 240(+10%) Three-phase 380(-15%) - 440(+10%)
	Input current (A)	Refer to 2.5
	Input frequency (Hz)	50Hz or 60Hz      Allowed range: 47-63Hz
Power output	Output voltage (V)	=the input voltage (error<5%)
	Output current (A)	Refer to 2.5
	Output power (kW)	Refer to 2.5
	Output frequency (Hz)	50Hz/60Hz, fluctuation:±5%
Technical control	Control mode	SVPWM
	Maximum output frequency	400Hz
	Adjustable-speed ratio	1:100
	Overload capability	150% of rated current: 1 minute 180% of rated current: 10 seconds 200% of rated current: 1 second
Peripheral interference	Key functions	Stop mode and anti-temperature of the bus
	Temperature measurement accuracy	Overtemperature point ±3°C
	Terminal switch input resolution	≤ 2ms
	Terminal analog input resolution	≤ 20mV
	Analog input	1 input 0-10V/0-20mA
	Analog output	1 input 0-10V/0-20mA
Running control	Digital input	5 common input
	Digital output	1 Y output (commonly used with digital output) and 1 programmable relay output
	Communication	485 communication
	Frequency setting	Digital setting, analog setting, multi-step speed setting, PID setting, MODBUS communication setting and so on Switch between different settings
	Automatic voltage adjustment	Keep output voltage stable when the grid voltage changes
	Fault protection	More than 10 fault protections
Others	Mountable method	Wall mountable
	Temperature of the running environment	-10-50°C If temperature is above 40°C, derate 1% for every additional 1°C.
	Cooling	Single/three-phase 220V 0.2-0.75kW natural cooling Single/three-phase 220V 1.5-2.2kW, three-phase 380V 0.75-2.2kW
	Pollution degree	2
	Braking unit	Embedded
	DC reactor	Not optional
	Braking resistor	Optional and external
	EMC filter	Optional C3 or C2 filter

Figura 60. Datasheet del variador



Figure similar

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8V DC, Program/data memory 100 KB

General information	
Product type designation	CPU 1214C DC/DC/DC
Firmware version	V4.5
Engineering with	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programming package</li> </ul>	STEP 7 V17 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V DC</li> </ul>	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rated value (DC)</li> <li>permissible range, lower limit (DC)</li> <li>permissible range, upper limit (DC)</li> </ul>	24 V 20.4 V 28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA; CPU only
Current consumption, max.	1 500 mA; CPU with all expansion modules
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V
It	0.5 A <sup>2</sup> s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V</li> </ul>	L+ minus 4 V DC min.
Power loss	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> </ul>	100 kbyte
Load memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> <li>Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.</li> </ul>	4 Mbyte with SIMATIC memory card
Backup	
<ul style="list-style-type: none"> <li>present</li> <li>maintenance-free</li> <li>without battery</li> </ul>	Yes Yes Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction

Figura 61. Datasheet del PLC



Figura 62. Electroválvula

Specification		
Model	4V210-06	4V210-08
Type	5/2	5/2
Flow rate	14mm <sup>2</sup> ( Cv=0.78 )	16mm <sup>2</sup> ( Cv=0.89 )
Media	Clean air	
Working type	Pilot	
Working pressure	0.15 ~ 0.8MPa	
Max. pressure	1.2MPa	
Ambient temp.	-5 ~ 50°C	
Voltage tolerance	±10%	
Power	AC:4.5VA DC:3W	
Insulation class Protection class	F class. IP65	
Terminal	Flying Lead Or Din43650B PIN	
Frequency	5 cycles/s	
Response time	0.05s	

Figura 63. Datasheet Electroválvula





## CONCLUSIONES

Se diseña una máquina automatizada de llenado y envasado de botellas de agua que facilita la producción y mejora la calidad del producto en comparación con los métodos realizados de diferentes micro empresas, reduciendo significativamente el tiempo del proceso de la mencionada labor.

En SolidWorks se realizaron simulaciones para analizar los esfuerzos de tensiones, dio como resultado que el material de acero inoxidable AISI 316 donde se utilizó para la fabricación de la base llevando al límite de tensión aplicada, esto representa que la estructura de la máquina puede soportar cargas sin sufrir deformidades.

La implementación del PLC, sensores capacitivos y cilindros de doble efecto, han demostrado ser un método efectivo y eficiente en el desarrollo de la máquina automatizada de llenado y envasado en comparación a los sistemas semi automatizados de diferentes micro empresas, el prototipo ha conseguido un incremento sustancial en la capacidad de producción y calidad de manera considerable, optimizando el tiempo. Estos hallazgos indican que la implementación de estos, influyen en la mejora de la producción dando una mejor calidad del producto.

## RECOMENDACIONES

- Es importante tomar las debidas medidas de seguridad al manipular el prototipo, como un paro de emergencia o un apagado automático evitando daños de la maquina y a su vez del usuario.
- Desarrollar un listado de los componentes que se van a emplear. Es importante elegir materiales resistentes a la corrosión, garantizando las normas de bioseguridad.
- Indagar sobre los procesos de llenado y envasado para que el usuario conozca el proceso, de esta forma podrá desarrollar su prototipo y asegurarse de que sea eficiente.
- Para enlazar Factory I/O con el programa es muy complicado, se necesita un lenguaje especial y configurar el la dirección IP.
- Es importante realizar pruebas del prototipo para identificar posibles problemas y solucionarlo logrando un correcto funcionamiento de la máquina.

## MANUAL DE USUARIO

Dentro del presente manual de procedimiento de operación se proporcionará información detallada y específica sobre el proceso al igual que el proceso de operación.

Tabla XVIII  
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA

Especificaciones	
Altura	1375.228 mm
Ancho	795 mm
Largo	1485.057 mm
Material	AISI 3161 Acero Inoxidable
Conexión Eléctrica	220 V
Potencia del motor	Motor trifásico de 0.5 hp
Velocidad de arranque	1710 rpm

### *Vista general de la máquina*

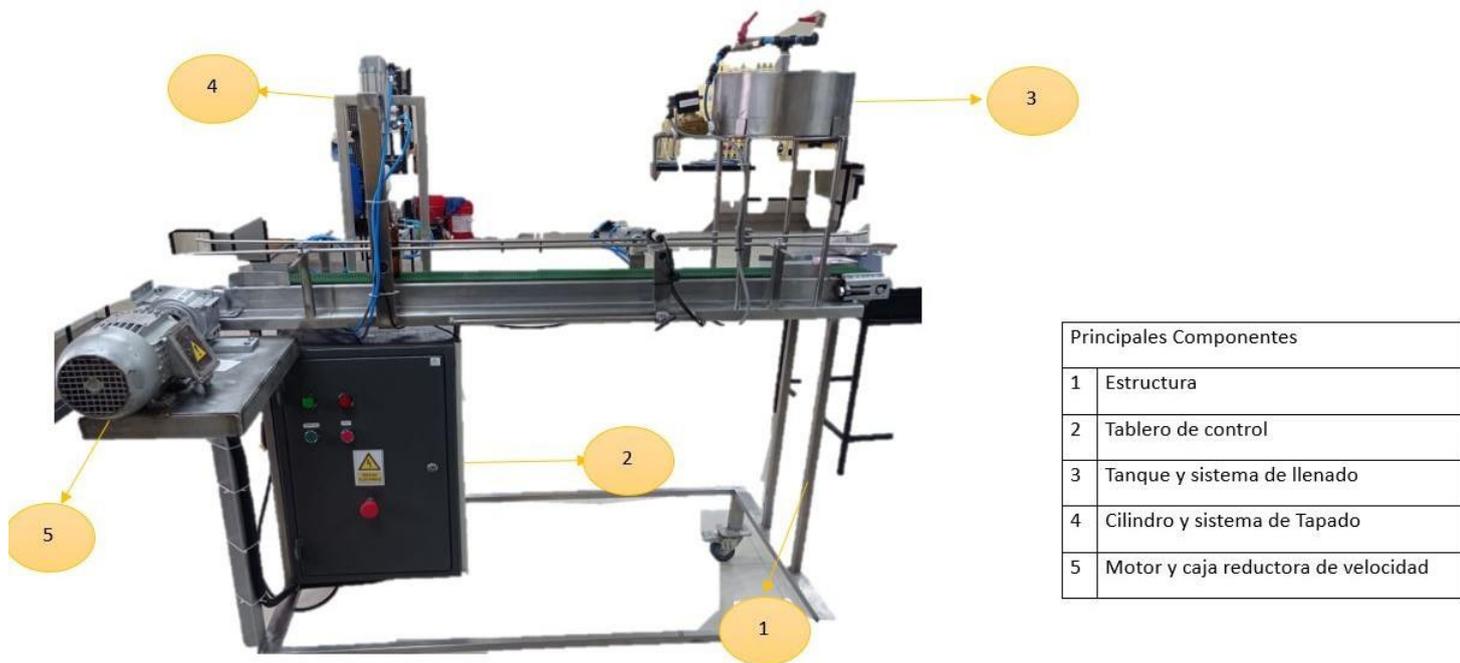


Figura 66. Componentes y detalles de la máquina

### Proceso de instalación de máquina

Para dar paso a la instalación de la máquina se debe considerar:

- La máquina debe estar ubicada en una superficie plana y nivelada.
- Estar cerca de una fuente de energía para su conexión de 220V.
- El lugar debe tener un compresor o tomas de aire para el correspondiente accionamiento de los mismos componentes.

#### Seguridad industrial:

- Asegurarse de que la máquina esté instalada y fijada correctamente.
- Entender el manual de instrucciones y los procedimientos de seguridad para la máquina.
- El operador no debe usar anillos, pulseras, y ningún de accesorios que pueda contaminar el producto o atascarse en la máquina.
- Verificar regularmente el estado de la máquina y las condiciones de trabajo antes de su uso. Si su estado no está apto para trabajar, no usarla, y solicitar una revisión técnica.
- Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos para que el operario de la misma, pueda mantener una distancia de seguridad con respecto al dispositivo.
- No permitir que personas no autorizadas o no capacitadas manejen la máquina.

#### Funcionamiento de la máquina:

- Preparación:  
Verificar el nivel del tanque.  
Verificar que el tanque este´ limpio.  
Verificar todas las conexiones eléctricas y mecánicas estén bien conectadas antes de la operación.
- Alimentación:  
Introducir los frutos a ser despulpados en la tolva de alimentación y asegurarse de que las frutas estén correctamente colocadas a un ritmo constante y evitar la obstrucción de la máquina.
- Neumático:  
Revisar las condiciones de las mangueras.  
Revisar las conexiones de las mangueras.
- Limpieza:  
El tanque debe ser limpiado y los componentes llevado al tipo de mantenimiento correspondiente después de su uso para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar la vida útil de los componentes.

Tabla XIX  
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICA

<b>Cronograma de Mantenimiento Mecánico</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Mensual</b>	<b>Trimestral</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
Inspección de la banda	X			
Inspección Motor	X			
Inspección Caja Reductora	X			
Inspección Pernos				
Cambio Banda				X
Cambio rodamientos			X	

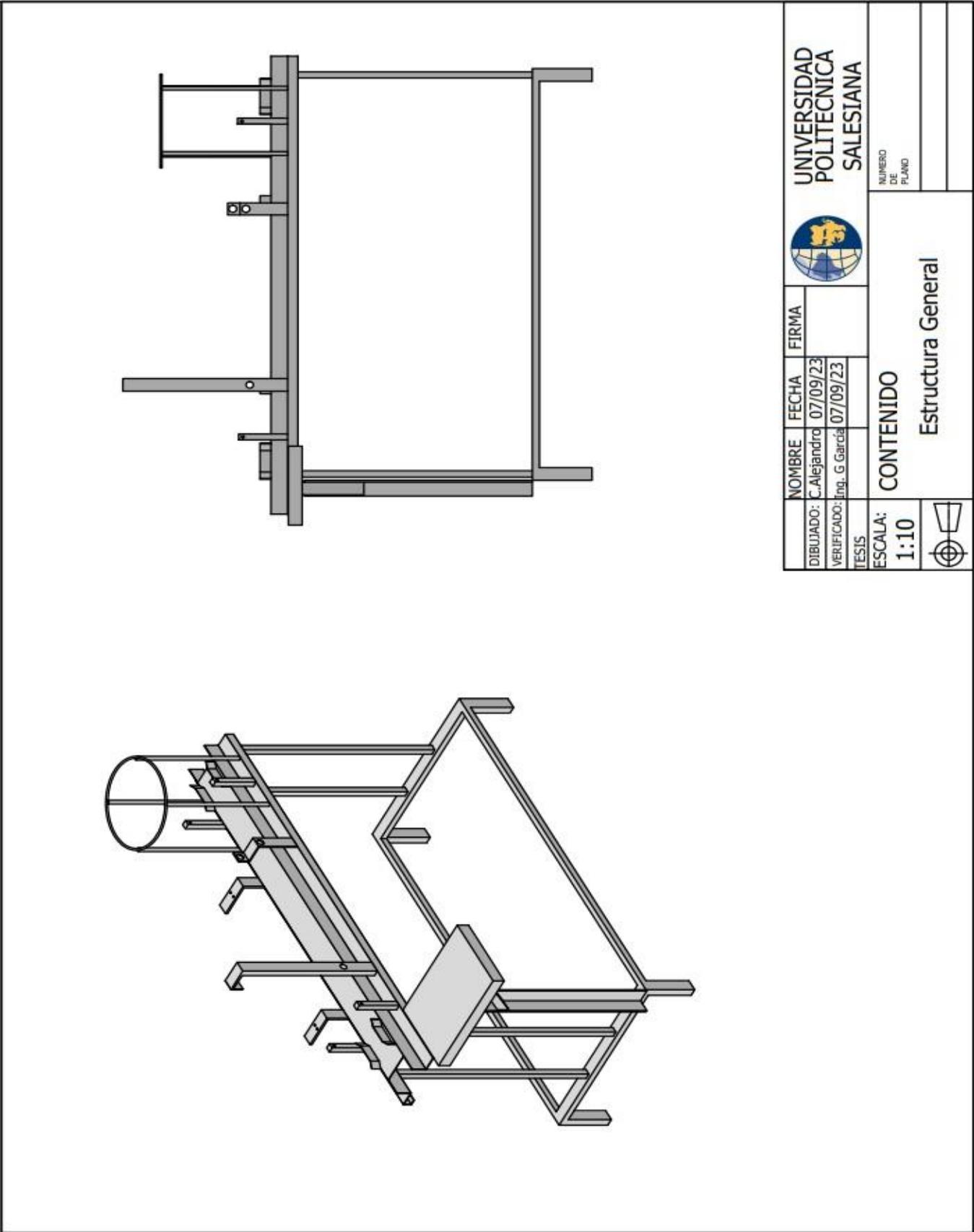
Tabla XX  
CRONOGRAMA DE LUBRICACIÓN

<b>Lubricación</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Diario</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Lubricación de chumacera			X	
Lubricación de Caja reductora			X	

Tabla XXI  
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

<b>Cronograma de Mantenimiento Eléctrico</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Trimestral</b>	<b>Anual</b>
Inspección de Tomacorriente	X			
Revisión de enchufe	X			
Revisión de cables		X		
Revisión conexión de motor			X	
Revisión tablero de control			X	
Medición de voltaje y amperaje del sistema eléctrico		X		

## XVI. PLANOS



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA				NUMERO DE PLANO	
NOMBRE	FECHA	FIRMA			
DIBUJADO: C. Alejandro	07/09/23				
VERIFICADO: Ing. G. García	07/09/23				
TESIS		CONTENIDO			
ESCALA: 1:10		Estructura General			
					

Figura 67. Estructura General

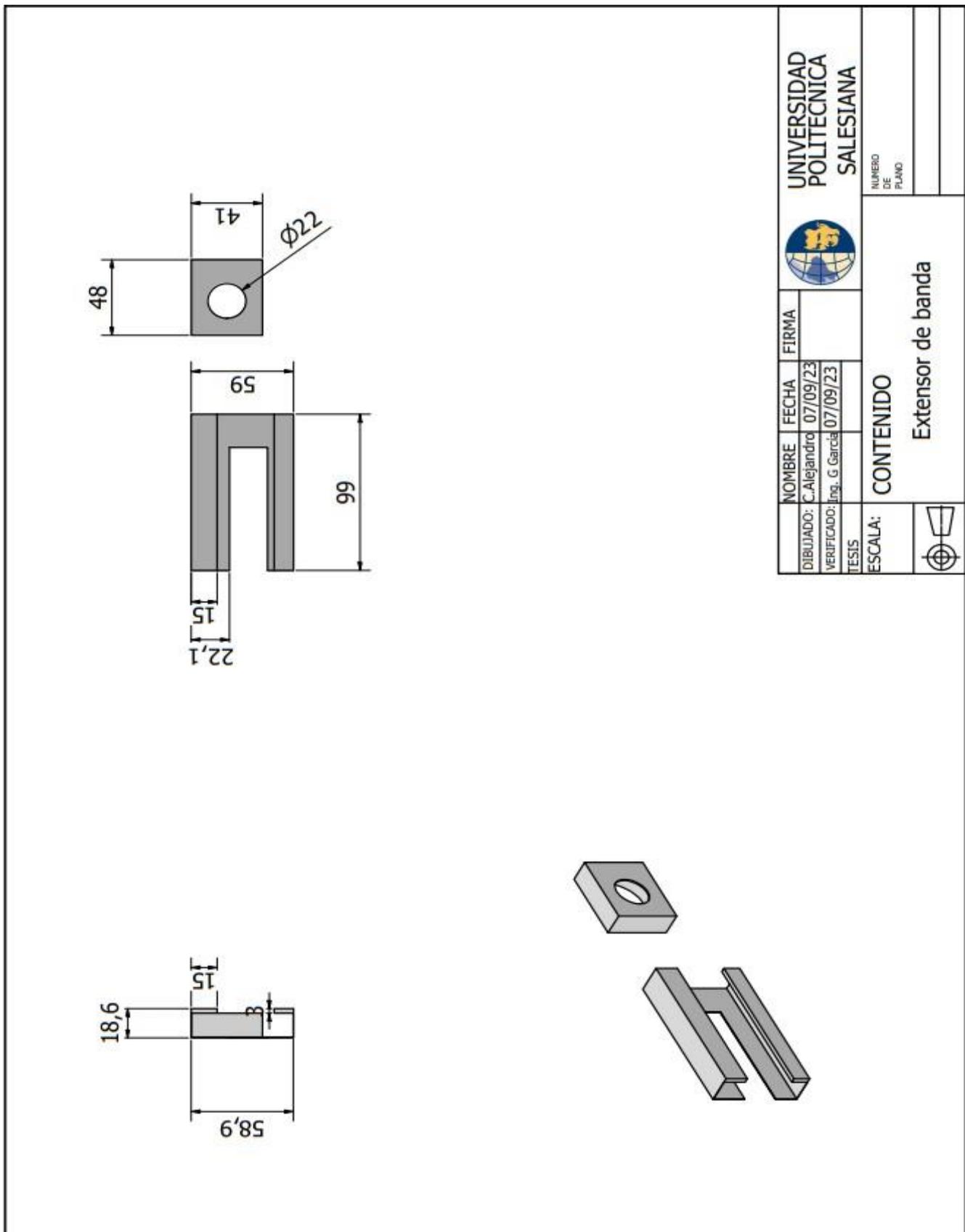
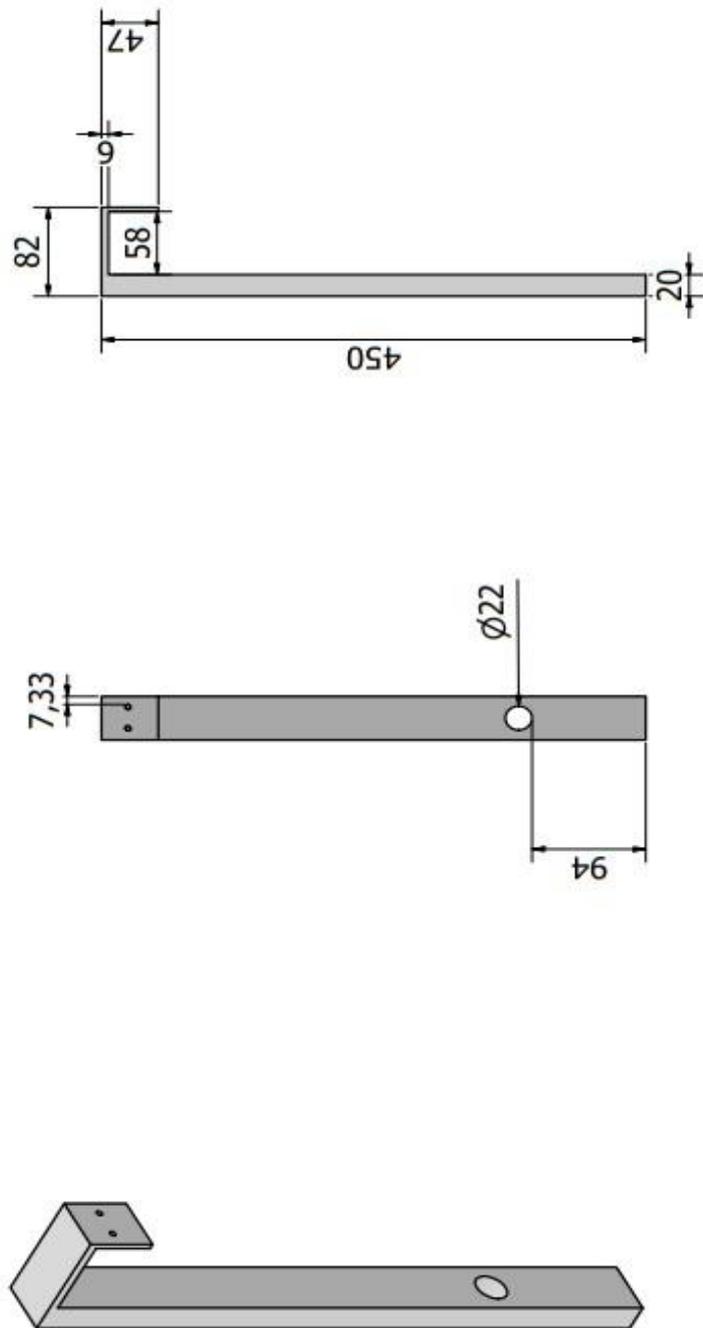


Figura 68. Extensor de banda





UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
			
NOMBRE	FECHA	FIRMA	NUMERO DE PLANO
DIBUJADO: C. Alejandro	07/09/23		
VERIFICADO: Ing. G. Garcés	07/09/23		
TESIS		CONTENIDO	
ESCALA:		Soporte Cilindro Taponador	
			

Figura 70. Soporte de cilindro taponado

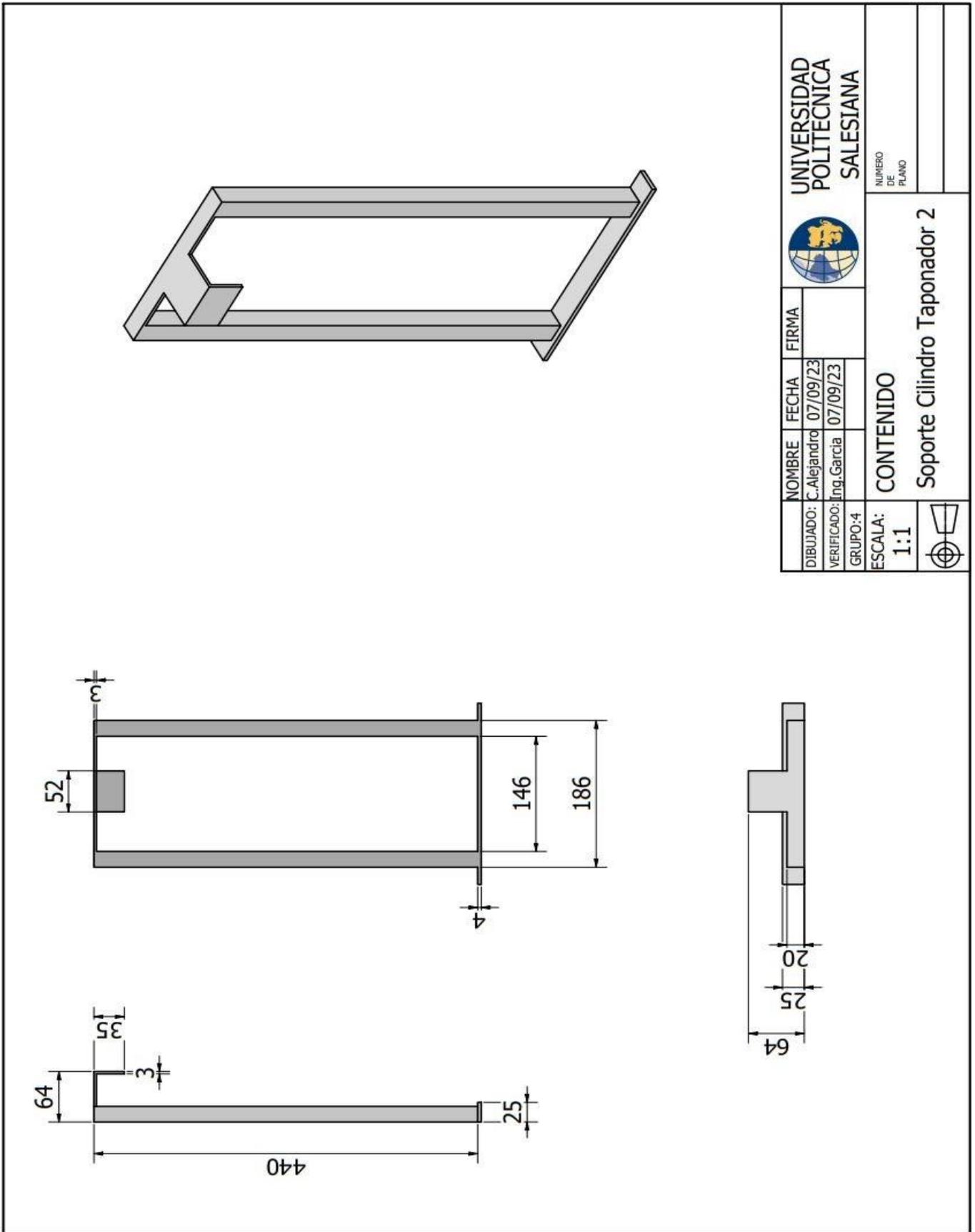


Figura 71. SopORTE de cilindro taponado 2

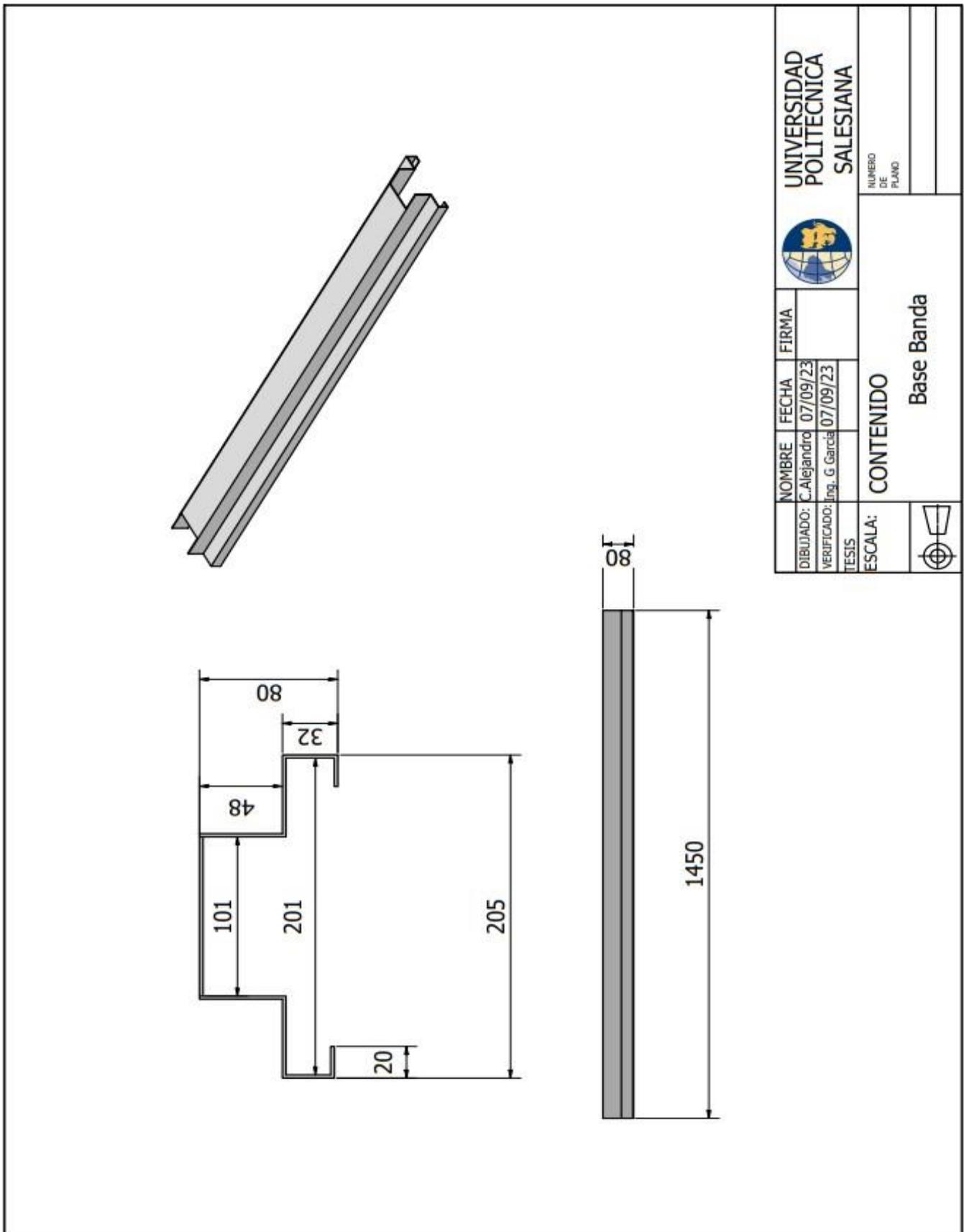


Figura 72. Base Banda



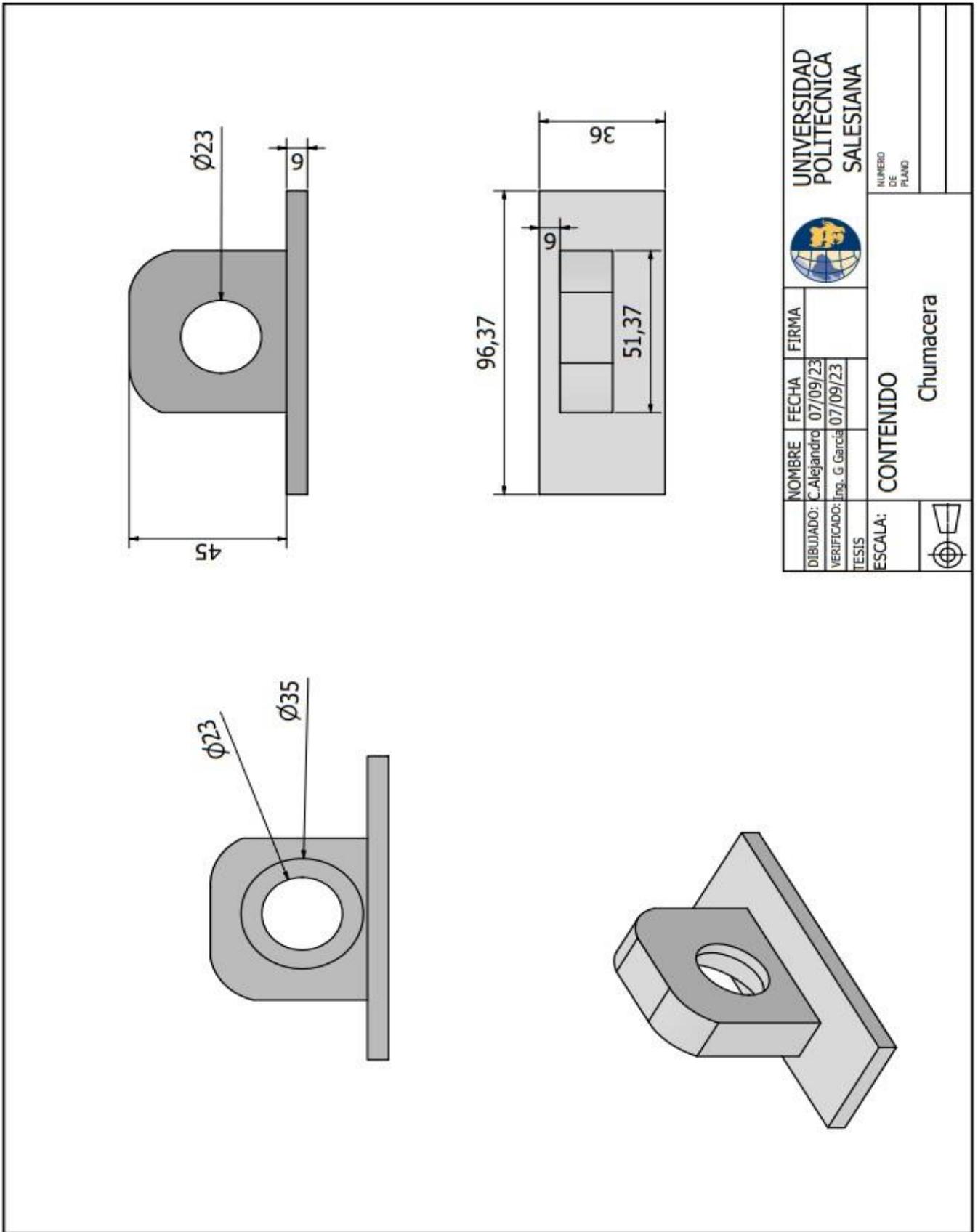
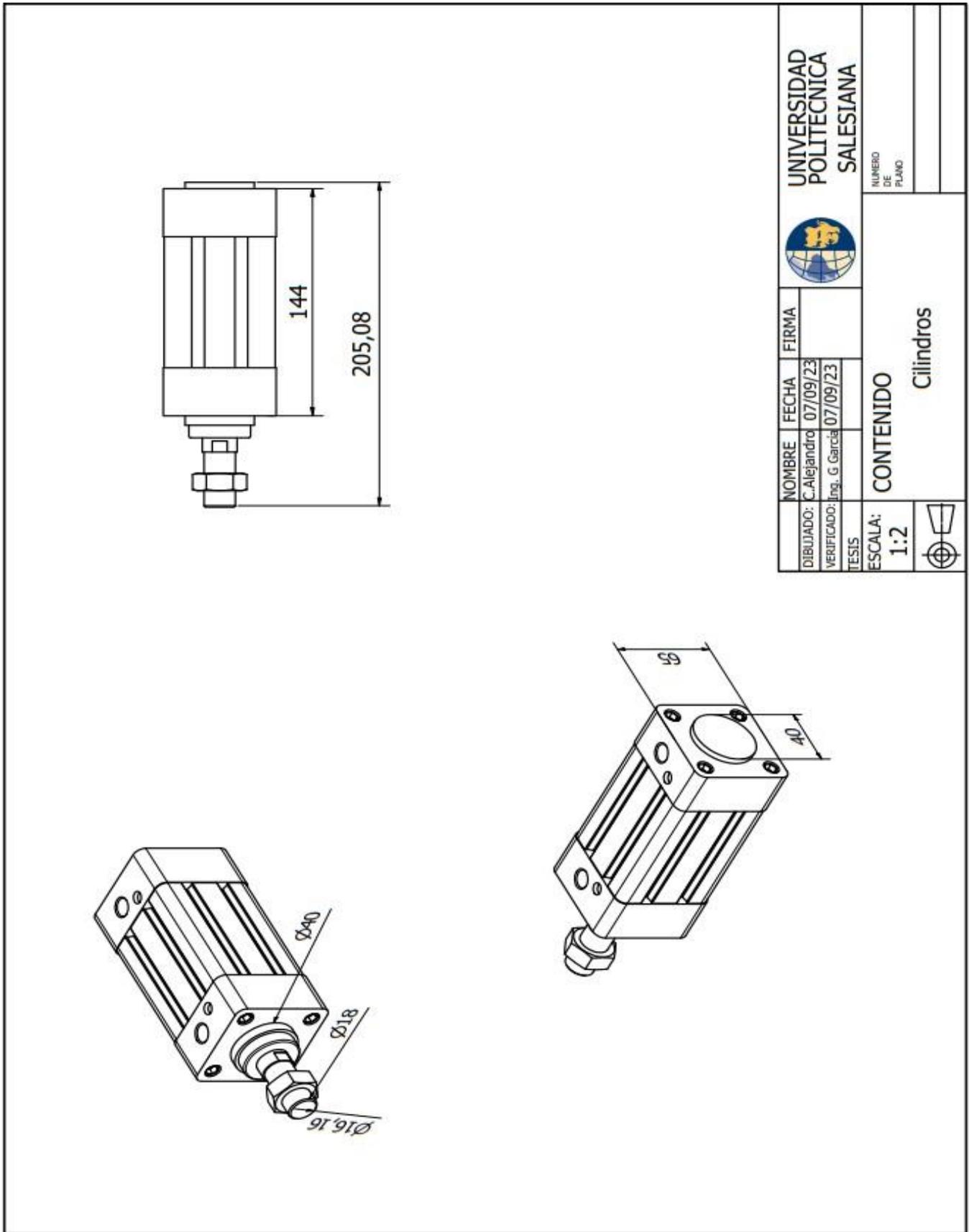


Figura 74. Chumacera



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA				NOMBRE: C. Alejandro FECHA: 07/09/23 FIRMA:		NUMERO DE PLANO:	
DIBUJADO: C. Alejandro VERIFICADO: Ing. G. Garcia TESIS		CONTENIDO Cilindros		ESCALA: 1:2			

Figura 75. Cilindro

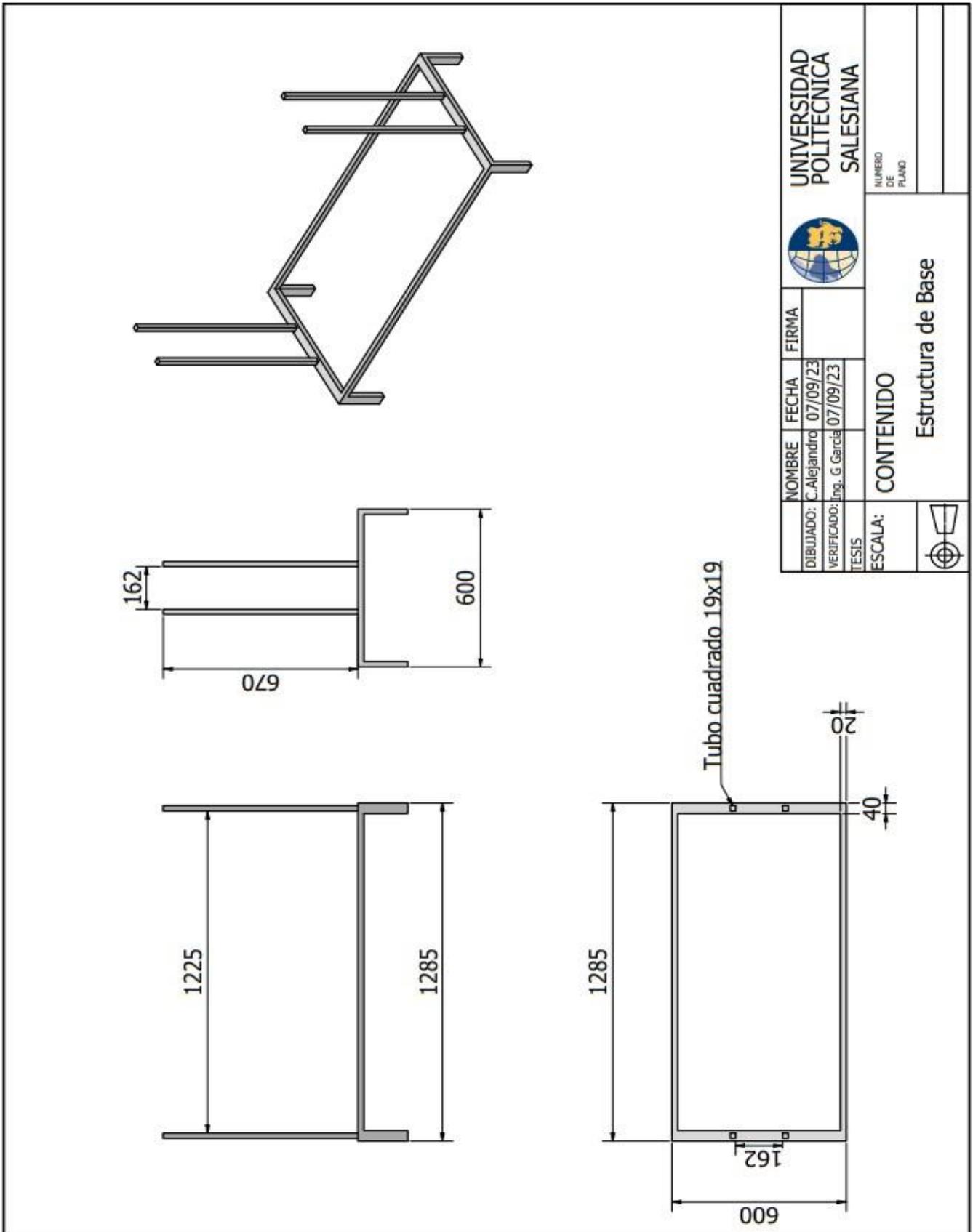


Figura 76. Estructura de Base

## REFERENCIAS

- [1] ". "100 marcas, "SolidWorks Logo," 1000marcas.net, dirección: <https://1000marcas.net/solidworks-logo/>.
- [2] ". "COFASO, "COFASO," Cursos, dirección: <https://enresi.com/cursos/cofaso/>.
- [3] D. Acevedo, *De la Planificación a la Automatización de Indicadores de Gestión y Resultados*. 2021.
- [4] T. AJ, *¿Cuáles son los tipos de bandas transportadoras que existen?* 2023. dirección: <https://www.ajtransmisiones.com/blog/tipos-de-bandas-transportadoras>.
- [5] Arco, "Electroválvulas: Qué es y para qué sirve," *Valvulasarco.com*. dirección: <https://blog.valvulasarco.com/electrovalvulas-que-es-y-para-que-sirve..>
- [6] M. Bollaín, *Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso*. Ediciones Díaz de Santos., 2019.
- [7] P. Carrillo, *Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2018.
- [8] J. Castañón, *Las máquinas*. 2020.
- [9] L. Cerda, *Automatismos neumáticos e hidráulicos*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2018.
- [10] E. EMBAJADORES., *sensor de proximidad capacitivo*, 2022. dirección: <https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/SSPXCA1/sensores/sensores-de-proximidad/sensor-proximidad-capacitivo-pnp>.
- [11] F. Entrena, *Automatismos industriales*. IC Editorial., 2018.
- [12] T. Equipos., *Tipos de bandas transportadoras*, 2022. dirección: <https://www.ajtransmisiones.com/blog/tipos-de-bandas-transportadoras>.
- [13] A. Escaño J.& García, *Sistemas eléctricos y electrónicos*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2021.
- [14] A. Fernández, *Generación automática del proyecto de control para máquinas modulares, utilizando XML, para plataformas TIA PORTAL*. Universidad País Vasco., 2017.
- [15] S. Gallardo, *Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2019.
- [16] P. Iguasnia, "ELEMENTOS DE CONTROL Y SEÑALIZACIÓN (LUCES PILOTO Y PULSADORES)," *Gonzaga & Rodriguez Cia. Ltda*. dirección: [https://electricoindustrial.com.ec/2021/03/15/elementos-de-control-y-senalizacion/..](https://electricoindustrial.com.ec/2021/03/15/elementos-de-control-y-senalizacion/)
- [17] Ineldec, *Breaker 20A Eléctrico Interruptor termomagnético enchufable*. dirección: [https://ineldec.com/producto/breaker-electrico-20-amp-interruptor-termomagnetico-enchufable/..](https://ineldec.com/producto/breaker-electrico-20-amp-interruptor-termomagnetico-enchufable/)
- [18] S. J. Esquerda, *Envasadoras-llenadoras genéricas*. dirección: <http://www.interempresas.net/Envase/FeriaVirtual/Producto-Llenadora-lineal-automatizada-Esquerda-176303.html>.
- [19] A. Ladra, *Daniel Martínez: El camino del ingeniero*. Penguin Random House Grupo Editorial Uruguay., 2019.
- [20] Leroymerlin.es., *Compresor de aire*. dirección: <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/paso-a-paso/como-funciona-un-compresor-de-20aire.html#:~:text=El%20compresor%20absorbe%20el%20aire,ser%20el%20C3%A9ctrico%20de%20combusti%C3%B3n..>
- [21] U. N. D. LOJA, *Á. de La Energía, L. A. S. Industrias, and Y. L. R. N. Renovables*, "UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA," dirección: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17030/1/Chiriboga%20Orellana%2C%20Jhonatan%20Patricio%2C%20Romero%20Sarango%2C%20Manuel%20Alberto.pdf..>
- [22] J. Martín, *Equipos eléctricos y electrónicos*. Editex., 2018.
- [23] ———, *Sistemas secuenciales programables*. Editex., 2021.
- [24] F. Mercado, *Sistemas programables avanzados*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2019.
- [25] E. C. de Mexico S.A. de C.V., *¿Cómo funciona un Reductor?* Dirección: <https://energiacontrolada.com/faq/Como-funciona-un-Reductor>.
- [26] A. Miravete, *Transportadores y elevadores*. Reverte., 2021.
- [27] Olmo., *Neumatica*, 2022. dirección: <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/descarga/neumatica.html>.
- [28] G. Ortiz, *Sistema de control automático del proceso de llenado de botellones de agua en la planta purificadora Ecoagua*. 2018. dirección: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28964/1/Tesis\\_t1511ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28964/1/Tesis_t1511ec.pdf).
- [29] L. Peciña, *Programación de controladores avanzados SIMATIC S7 1500 con TIA Portal*. Marcombo., 2020.
- [30] A. Perpiñán, *Sistema automatizado para el llenado de botellas en presentación de 5 litros de agua mineral*. 2020. dirección: <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/redieluz/article/view/35527>.

- [31] C. Prita S. & Mishra, *Advances in Mechanical Processing and Design: Select Proceedings of ICAMPD 2019*. Springer Nature., 2020.
- [32] “. Pro”, “Relés; pieza fundamental en la industria para el control de circuitos eléctricos,” dirección: <https://www.virtualpro.co/noticias/reles-pieza-fundamental-en-la-industria-para-el-control-de-circuitos-electricos..>
- [33] C. Quintáns, *Simulación de circuitos electrónicos*. Marcombo., 2021.
- [34] D. Ramírez, *Fuentes de alimentación*, 2011. dirección: [http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes\\_de\\_alimentacion.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes_de_alimentacion.pdf).
- [35] “. S.A”, “Contactores: ¿Que son y para que sirven?,” dirección: <https://motores-electricos.com.ar/contactores-que-son-y-para-que-sirven/>.
- [36] SP, “¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?,” *SP Sistemas de Ventilación*. dirección: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>.
- [37] J. Schröck, *Montaje, ajuste y verificación de elementos de máquinas*. Reverte., 2021.
- [38] SIEMENS, *Automation Software*, 2022. dirección: <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/industry-software/automation-software/tia-portal/software.html>.
- [39] —, *Controladores*, 2022. dirección: <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>.
- [40] J. Tacuri, *Diseño de un sistema de lavado y llenado de bidones de 20 L con agua purificada para una capacidad de 200 bidones por hora*. 2017. dirección: <https://dspace.espol.edu.ec/retrieve/101863/D-CD88589.pdf>.
- [41] TAMESON, “Comprensión de las válvulas neumáticas de 5/2 y 4/2 vías,” *Tameson.es*. dirección: <https://tameson.es/pages/valvula-neumatica-de-5-2-y-4-2-vias-como-funcionan..>
- [42] Transelec.S.A, *Motor Electrico*. dirección: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/>.
- [43] R. C. I. UNIVERSITIES, *Simulacion 3D Factory I/O*, 2022. dirección: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Factory-IO-Simulacion-3D-de-fabrica#:~:text=Factory%20IO%20es%20un%20software,proporcionando%20un%20entorno%20realista%20industrial.>