



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DOSIFICADORA Y EMPACADORA  
SEMIAUTOMÁTICA PARA SNACKS CON UNA CAPACIDAD DE 1000 cm<sup>3</sup>**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de ingeniero en mecatrónica

**AUTOR:** KEVIN PAUL QUINTUÑA VAZQUEZ

**TUTOR:** BYRON RICARDO ZAPATA CHANCUSIG

**Quito-Ecuador**

**2023**

**I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Kevin Paul Quintuña Vazquez con documento de identificación No: 1750054312, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo, por lo que autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 3 de abril del año 2023

Atentamente,



.....

Kevin Paul Quintuña Vazquez

1750054312

## II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Kevin Paul Quintuña Vazquez con documento de identificación No: 1750054312, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor para el desarrollo de un Dispositivo tecnológico: “Diseño y construcción de una dosificadora y empacadora semiautomática para snacks con una capacidad de 1000 cm<sup>3</sup>”, 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, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 3 de abril del año 2023

Atentamente,



.....

Kevin Paul Quintuña Vazquez

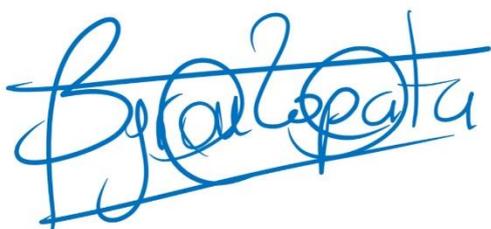
1750054312

### III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Byron Ricardo Zapata Chancusig con documento de identificación N°: 1723724876 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DOSIFICADORA Y EMPACADORA SEMIAUTOMÁTICA PARA SNACKS CON UNA CAPACIDAD DE 1000 cm<sup>3</sup>, realizado por Kevin Paul Quintuña Vazquez con documento de identificación N°: 1750054312, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de un Dispositivo tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 3 de abril del año 2023

Atentamente,



.....

Ing. Byron Ricardo Zapata Chancusig, MSc.

1723724876

#### **IV. AGRADECIMIENTO**

Agradezco a dios por darme salud, la fortaleza para seguir con mis estudios.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional en todo momento, por enseñarme todos los valores y virtudes.

A los docentes que supieron apoyarme y guiarme por el camino correcto del conocimiento.

A la Universidad Politécnica Salesiana por orientarme en el trascurso de mi formación académica, por proporcionarme las herramientas y recursos necesarios para lograr mi objetivo.

## **V. DEDICATORIA**

A mis queridos padres, quienes son el motor de mi vida, por ser el apoyo incondicional y ser mi inspiración. Sin su amor, dedicación y sacrificio, no habría podido alcanzar este proyecto el cual les ayudará a seguir progresando en su vida laboral. A mis profesores, quienes han sido los mentores en esta formación académica, además, por haber enriquecido de conocimiento valioso para mi vida laboral. A mi familia, por haber sido cómplices y ayudarme en todo momento. A Irene, quien ha sido el apoyo incondicional y brindarme refugio en los momentos difíciles. A todos ustedes, estoy completamente agradecido.

## VI. ÍNDICE DE CONTENIDO

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	iii
III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iv
IV. Agradecimiento .....	v
V. Dedicatoria .....	vi
VI. ÍNDICE de contenido .....	I
VII. ÍNDICE DE TABLAS.....	V
VIII. ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
IX. RESUMEN .....	X
X. ABSTRACT .....	XI
XI. JUSTIFICACIÓN.....	XII
XII. Grupo objetivo.....	XIII
XIII. Objetivos .....	XIII
Objetivo general .....	XIII
Objetivos específicos.....	XIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1.1. Tipos de selladora y empacadora.....	1
1.1.1. Selladoras manuales .....	1
1.1.2. Selladoras horizontales y verticales .....	1
1.1.3. Empacadoras semiautomáticas.....	2
1.1.4. Empacadoras automáticas .....	3
1.2. Sistemas de dosificación.....	3
1.2.1. Dosificación por peso.....	3
1.2.2. Dosificación por volumen .....	4

1.3.	Sistemas de sellado .....	5
1.3.1.	Sellado por ultra frecuencia.....	5
1.3.2.	Sellado por mordazas .....	5
1.3.3.	Sellado por cuchilla caliente .....	5
1.4.	Formadores .....	5
1.5.	Sistemas de guiado y arrastre.....	6
1.6.	Materiales de Construcción .....	7
1.7.	Elementos de control eléctrico industrial.....	8
1.7.1.	Pulsadores .....	8
1.7.2.	Conmutador.....	8
1.7.3.	Relés.....	9
1.8.	Sistema neumático .....	9
1.8.1.	Cilindro neumático.....	10
1.8.1.1	Cilindro de simple efecto.....	10
1.8.1.2	Cilindro de doble efecto .....	10
1.8.2.	Electroválvula 5/2 .....	11
1.9.	Sistemas de control PLC.....	11
CAPÍTULO 2 .....		12
2.1.	Análisis y selección de alternativas de diseño .....	12
2.1.1.	Análisis de los sistemas de dosificación .....	12
2.1.2.	Sistema de formado para el empaque.....	14
2.1.3.	Sistemas de guiado y arrastre .....	16
2.1.4.	Sistemas de sellado y corte .....	19
2.1.5.	Análisis y selección de materiales.....	21
CAPÍTULO 3 .....		23
3.1.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....	23
	.....	23

3.1.1.	Diseño del empaque .....	23
3.1.2.	Diseño del sistema de dosificación .....	24
3.1.3.	Diseño y construcción de la Tolva de almacenamiento .....	26
3.1.4.	Diseño de los cilindros dosificadores.....	27
3.1.5.	Diseño del eje para el sistema de dosificación.....	28
3.1.6.	Diseño del conjunto formador.....	30
3.1.7.	Diseño del cuello formador .....	32
3.1.8.	Diseño del tubo integral .....	32
3.1.9.	Diseño de los soportes principales de dosificado.....	33
3.1.10.	Diseño del sistema de sellado.....	35
3.1.10.1	Sellado vertical .....	35
3.1.10.2	Diseño de la mordaza vertical .....	37
3.1.10.3	Diseño del soporte principal del sellado vertical.....	38
3.1.11.	Sellado horizontal .....	40
3.1.12.	Diseño de mordazas de cierre horizontal.....	42
3.1.13.	Diseño de la cuchilla de corte.....	42
3.1.14.	Diseño del eje principal de sellado horizontal.....	43
3.1.15.	Diseño de la estructura de la máquina .....	44
3.1.16.	Factor de seguridad en la estructura .....	46
3.1.17.	Elección de cilindros neumáticos .....	49
3.1.18.	Diseño del sistema neumático .....	50
3.1.19.	Diseño del sistema eléctrico de la máquina.....	51
3.1.20.	Diagrama de conexiones del motor a pasos.....	52
3.1.21.	Diagrama eléctrico para controladores de temperatura .....	52
3.1.22.	Diagrama de flujo de la máquina empacadora y dosificadora.....	54
3.1.23.	Diseño de la interfaz en el HMI.....	56
CAPÍTULO 4 .....		58

4.1.1.	Pruebas de los parámetros PID en el controlador de tempera.....	58
4.1.2.	Pruebas de sellado .....	59
4.1.3.	Análisis económico de la máquina.....	61
4.1.3.1	Construcción mecánica.....	61
4.1.3.2	Construcción eléctrica y de control .....	62
4.1.3.3	Mano de obra.....	63
4.1.3.4	Total del costo de la construcción de la máquina.....	63
XIV.	Conclusiones .....	64
XV.	Recomendaciones .....	65
XVI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
XVII.	anexos .....	68
Anexo 1	.....	68
Anexo 2	.....	69
Anexo 3	.....	70
Anexo 4	.....	71
Anexo 5	.....	72
Anexo 6	.....	73
Anexo 7	.....	74
Anexo 8	.....	75
Planos mecánicos.....		75

## VII. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Materiales ocupados en la industria alimenticia [10].....	7
Tabla 2.	Análisis de alternativas de sistemas de dosificación.....	12
Tabla 3.	Sistema de calificación para las alternativas de los sistemas de dosificación. 13	
Tabla 4.	Matriz de selección de la alternativa de los sistemas de dosificación.....	14
Tabla 5.	Análisis de alternativas del formado para el empaque.....	15
Tabla 6.	Sistema de calificación para las alternativas de formación del empaque ....	15
Tabla 7.	Matriz de selección de alternativas del sistema de formado .....	16
Tabla 8.	Análisis de alternativas del sistema de guiado y arrastre .....	17
Tabla 9.	Sistema de calificación para las alternativas de guiado y arrastre .....	18
Tabla 10.	Matriz de selección de alternativas del sistema de guiado y arrastre .....	18
Tabla 11.	Análisis de alternativas del sistema de sellado.....	19
Tabla 12.	Sistema de calificación para el sellado del empaque.....	20
Tabla 13.	Matriz de selección de alternativas para el sistema de sellado.....	20
Tabla 14.	Sistema de calificación para las alternativas de los materiales .....	21
Tabla 15.	Matriz de selección de alternativas para los materiales.....	22
Tabla 16.	Partes del sistema de dosificación .....	25
Tabla 17.	Partes del sistema de dosificación .....	31
Tabla 18.	Análisis del peso en el sistema de formado.....	34
Tabla 19.	Partes del sistema de sellado vertical .....	36
Tabla 20.	Detalle del peso del sistema de sellado .....	38
Tabla 21.	Partes del sistema de sellado horizontal .....	41
Tabla 22.	Detalle del peso del sistema de sellado .....	41
Tabla 23.	Representación de [kgf] a [N]. .....	49
Tabla 24.	Representación de los valores PID establecidos por el fabricante .....	54

Tabla 25.	Muestreo de temperatura vs tiempo .....	58
Tabla 26.	Análisis de sellado a temperatura constante .....	60
Tabla 27.	Análisis de costos de la construcción mecánica .....	61
Tabla 28.	Análisis de costos en la construcción eléctrica y de control.....	62
Tabla 29.	Análisis del costo de mano de obra .....	63
Tabla 30.	Análisis del costo total de máquina .....	63

## VIII. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sellador de funda [2].	1
Figura 2: Selladora continua FRB-770 horizontal [3]	2
Figura 3: Empacador vertical semiautomática [5].	2
Figura 4: Multicabezal automático de balanzas [5].	3
Figura 5: Dosificado por peso [7].	4
Figura 6: Dosificado por vasos telescópicos giratorios [8].	4
Figura 7: Partes del sellado por cuchilla caliente [9].	5
Figura 8: Formador para empacadoras verticales [3].	6
Figura 9: Sistema de guiado y arrastre [7].	6
Figura 10: Pulsador normalmente abierto y normalmente cerrado [12].	8
Figura 11: Posiciones de un conmutador [12].	9
Figura 12: Partes de un relé [13].	9
Figura 13: Cilindro simple efecto [15].	10
Figura 14: Cilindro de doble efecto [14].	10
Figura 15: Electroválvula neumática 5/2 [17].	11
Figura 16: Controlador lógico programable [11].	11
Figura 17: Diseño de empaque para 1000 [cm <sup>3</sup> ]	23
Figura 18: Diseño de empaque con sellos.	24
Figura 19: Vista del sistema de dosificación.	25
Figura 20: Medidas de la tolva de almacenamiento.	26
Figura 21: Cilindros de dosificación	28
Figura 22: Aplicación de cargas en el eje	29
Figura 23: Análisis de tensiones en el eje	29
Figura 24: Análisis de desplazamientos	30
Figura 25: Factor de seguridad.	30

Figura 26:	Vista del conjunto formador.....	31
Figura 27:	Diseño del cuello formador .....	32
Figura 28:	Tubo integral. ....	33
Figura 29:	Diseño de los soportes principales de dosificado .....	33
Figura 30:	Tensiones de vonMises de los soportes .....	34
Figura 31:	Desplazamientos de los soportes .....	35
Figura 32:	Diseño del sistema de sellado vertical.....	36
Figura 33:	Diseño de la mordaza vertical. ....	37
Figura 34:	Diseño de la mordaza vertical. ....	38
Figura 35:	Análisis de desplazamientos en soporte principal de sellado .....	39
Figura 36:	Análisis de la deformación untaría en el soporte principal de sellado .....	39
Figura 37:	Factor de seguridad del soporte principal de sellado.....	40
Figura 38:	Diseño del sistema de sellado horizontal.....	40
Figura 39:	Diseño de la mordaza vertical .....	42
Figura 40:	Diseño de la cuchilla de corte.....	43
Figura 41:	Análisis de desplazamiento en el eje principal de sellado.....	43
Figura 42:	Limite elástico para el eje principal de sellado .....	44
Figura 43:	Factor de seguridad del eje principal de sellado.....	44
Figura 44:	Análisis detenciones en la estructura.....	45
Figura 45:	Análisis de desplazamiento de estructura.....	45
Figura 46:	Diagrama de cargas .....	46
Figura 47:	Momento flector máximo .....	46
Figura 48:	Factor de seguridad en la estructura. ....	48
Figura 49:	Diseño del diagrama neumático .....	50
Figura 50:	Representación del diagrama eléctrico de las electroválvulas.....	51
Figura 51:	Diagrama eléctrico.....	52
Figura 52:	Diagrama de conexión del controlador del motor a pasos.....	52

Figura 53:	Diagrama de conexión de cátodo común.....	52
Figura 54:	Diagrama eléctrico del controlador de temperatura del sellado horizontal 53	
Figura 55:	Diagrama eléctrico del controlador de temperatura del sellado vertical ..	53
Figura 56:	Implementación de los controladores de temperatura. ....	54
Figura 57:	Diagrama de flujo del Proceso de la máquina empacadora.....	55
Figura 58:	Pantalla de inicio en el HMI.....	56
Figura 59:	Pantalla de configuración en el HMI.....	57
Figura 60:	Implementación del HMI en el gabinete .....	57
Figura 61:	Muestreo PID del sellado vertical .....	59
Figura 62:	Muestreo PID del sellado horizontal .....	59
Figura 63:	Pruebas de sellado .....	60
Figura 64:	Sellado adecuado .....	61
Figura 65:	Composición química y mecánicas del acero AISI 304 .....	68
Figura 66:	Composición mecánica del acero AISI 304 .....	68
Figura 67:	Fuerza teórica de los cilindros .....	68
Figura 68:	Diagrama de conexiones de Microstep.....	69
Figura 69:	Cuadro de especificaciones del motor a pasos .....	69
Figura 70:	Cuadro de operaciones del motor a pasos .....	69
Figura 71:	Diagrama de conexión del motor a pasos.....	70
Figura 72:	Microstep Resolution.....	70
Figura 73:	Data Sheet del motor a pasos.....	71
Figura 74:	Puertos de comunicación del HMI kinco .....	72
Figura 75:	Cuadro de conexión de la comunicación Rs 232.....	72
Figura 76:	Datos del fabricante del controlador de temperatura.....	73
Figura 77:	Datos del fabricante del controlador de temperatura.....	73
Figura 78:	Catalogo del tubo Cuadrado Dipac.....	74

## **IX. RESUMEN**

El presente trabajo de titulación se enfoca en el diseño y construcción de una máquina empacadora y dosificadora de snacks. Se inició con un estudio previo de los sistemas actuales en la dosificación, sellado y formado de la funda, con el fin de identificar y seleccionar las características adecuadas para este proyecto. Luego de evaluar diferentes alternativas, se procedió a realizar el diseño de cada uno de los sistemas que componen la máquina, incluyendo el sistema de dosificación, sellado y formado de la funda.

Se fabricaron todos los elementos mecánicos de la máquina. Para luego proceder con el ensamblaje mecánico, eléctrico y de control. Además, se realizó el sistema neumático de la máquina, que incluía la instalación de las válvulas, los cilindros y los tubos necesarios para controlar los movimientos mecánicos y la presión del aire utilizado en el proceso de sellado.

También se realizó la programación para el funcionamiento de la máquina, utilizando softwares como el TiaPortal. Asimismo, se desarrolló una interfaz en el HMI (Human Machine Interface) para permitir una fácil operación de la máquina por parte del usuario. Esta interfaz permitirá a los operadores realizar ajustes y cambios en la configuración de la máquina como la dosificación, el sellado, longitud de la funda, entre otros. Así como también monitorear su funcionamiento en tiempo real.

Finalmente, se realizan diversas pruebas en cada uno de los sistemas que componen la máquina como el dosificado, sellado y formado de la funda. Con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento.

## **X. ABSTRACT**

The present degree work focuses on the design and construction of a snack packing and dosing machine. It started with a previous study of current systems in dosing, sealing, and forming the bag, to identify and select the appropriate characteristics for this project. After evaluating different alternatives, the design of each of the systems that make up the machine was carried out, including the dosing, sealing, and forming system of the bag.

All the mechanical elements of the machine were manufactured. Then, the mechanical, electrical, and control assembly was carried out. In addition, the pneumatic system of the machine was made, which included the installation of valves, cylinders, and tubes necessary to control the mechanical movements and the pressure of the air used in the sealing process.

Programming was also carried out for the operation of the machine, using software such as TiaPortal. Likewise, an interface was developed in the HMI (Human Machine Interface) to allow easy operation of the machine by the user. This interface will allow operators to adjust and changes in the configuration of the machine such as dosing, sealing, bag length, among others. As well as monitoring its operation in real-time.

Finally, various tests are carried out on each of the systems that make up the machine such as dosing, sealing, and bag forming. To ensure proper functioning.

## **XI. JUSTIFICACIÓN**

Existen varias razones por las cuales construir una máquina de empaçado, esta combina el proceso de formado, dosificado y sellado, por este motivo se reducen los tiempos en la producción, logrando el aumento de la eficiencia, trabajando más rápido y en jornadas continuas de producción. Además, tendrá un impacto positivo en la calidad del producto al mantenerlo fresco por más tiempo.

Con esta máquina se logra reducir los errores, por medio de una dosificación volumétrica. Finalmente, al realizar esta máquina se obtendrá diversos tamaños de funda, por medio de la interfaz HMI, a partir de esto se puede generar diversos productos.

## **XII. GRUPO OBJETIVO**

Este proyecto está destinado al propietario de un restaurante de mariscos en donde se empacan snacks, que forman parte de los platos que se elaboran en el establecimiento.

## **XIII. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una dosificadora y empacadora semiautomática para snacks con una capacidad de 1000 [cm<sup>3</sup>].

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los sistemas actuales para el empaquetado de snacks, para la aplicación adecuada en esta máquina con la aplicación de materiales, equipos y herramientas necesarias.
- Diseñar un sistema mecatrónico con ayuda de software, para la corrección de los puntos críticos en los procesos mecánicos, eléctricos y de control.
- Construir la máquina empacadora a partir del diseño obtenido, con ayuda de herramientas adecuadas a este proyecto.
- Verificar el funcionamiento de la máquina mediante pruebas, para la comprobación del proceso de empaquetado.

# CAPÍTULO 1

En este capítulo se representarán los diferentes procesos de dosificación y sellado de productos que existe en el mercado para los snacks. Además, se conocerá los materiales adecuados en la fabricación de equipos en la industria alimenticia de acuerdo con la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).

## 1.1. Tipos de selladora y empacadora

### 1.1.1. Selladoras manuales

Estas máquinas son utilizadas en la primera línea de producción como se muestra en la figura 1. Estas selladoras generalmente son de uso doméstico en donde se utiliza fundas ya formadas, la principal característica de esta máquina es que su proceso de sellado es manual, por lo tanto, depende de un operario que invierta tiempo para la producción y su costo de implementación es mínima a corto plazo [1].



*Figura 1: Sellador de funda [2].*

### 1.1.2. Selladoras horizontales y verticales

Estas máquinas son utilizadas en líneas de producción continua, donde necesitan de un operador que ingrese la funda preformada con el producto. Su proceso de sellado es mediante el movimiento de bandas de teflón que arrastran a la funda para pasar por mordazas con una temperatura controlada tal y como se muestra en la figura 2. Este tipo de máquinas son versátiles debido a que pueden sellar varios tamaños de fundas con distintos materiales [3].



Figura 2: Selladora continua FRB-770 horizontal [3]

### 1.1.3. Empacadoras semiautomáticas

Están utilizadas en medianas y pequeñas empresas, donde el producto es empacado mediante una combinación de procesos manuales y automáticos [2], como se muestra en la figura 3. El proceso de formado de fundas es realizado por la máquina a partir de una bobina de plástico, mientras, la dosificación requiere de un operario que controle las medidas a dosificar, haciendo que esta línea de producción sea más efectiva y barata [4].



Figura 3: Empacador vertical semiautomática [5].

#### **1.1.4. Empacadoras automáticas**

Estas máquinas están enfocadas para producciones grandes, donde su proceso formado de fundas, dosificado y sellado es de forma autónoma, como se muestra en la figura 4. Además, este tipo de maquinaria solo necesita de un operador para la inspección final del producto sin embargo, sus costos de instalación son elevados y están destinados un solo producto [6].



*Figura 4: Multicabezal automático de balanzas [5].*

### **1.2. Sistemas de dosificación**

Los sistemas de dosificación ayudan suministrar el producto en fundas de manera uniforme y precisa, mediante procesos semiautomáticos y automáticos. Existe diversas formas de dosificar un producto, entre ellas están las siguientes: [7].

#### **1.2.1. Dosificación por peso**

La dosificación por peso puede ocupar una tolva de pesaje o un multicabezal como se puede observar en la figura 5, en donde el producto desciende por un mecanismo de cinta transportadora o por un canal vibrante, el cual evita la rotura del producto haciendo que estos sistemas sean ideales para trabajar con productos sólidos irregulares, como por ejemplo snacks, granos, café, etc. [7].

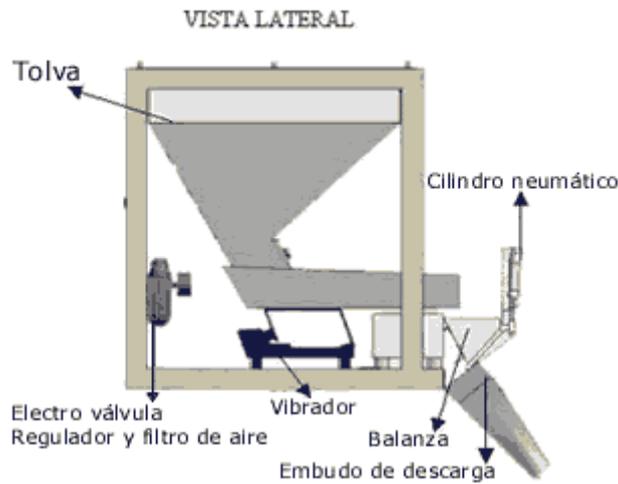


Figura 5: Dosificado por peso [7].

### 1.2.2. Dosificación por volumen

Este sistema de dosificación utiliza un volumen definido el cual se rellena por medio de un pistón, tornillo sin fin o vasos telescópicos giratorios. Estos vasos son alimentados por una tolva y posteriormente se descarga por la gravedad o por algún tipo de accionamiento, como se muestra en la figura 6. Además, estos sistemas son ampliamente ocupados en líneas de producción muy demandadas [8].



Figura 6: Dosificado por vasos telescópicos giratorios [8].

### 1.3. Sistemas de sellado

El sistema de sellado es el proceso de soldado de un termoplástico, donde se utiliza calor y presión por medio de dos barras, con el fin de realizar el termosellado en distintos plásticos[6]. La mayoría de las selladoras utilizan resistencias eléctricas como fuente de calor. Existen diferentes métodos de sellado que son:

#### 1.3.1. Sellado por ultra frecuencia.

Utiliza dos electrodos que genera una alta frecuencia, donde se genera un campo magnético y se produce el suficiente calor para fundir y sellar el termoplástico. Los materiales que se utilizan en este método es el cloruro de polivinilo (PVC) [6].

#### 1.3.2. Sellado por mordazas

Este sistema tiene un par de mordazas de aluminio, acero o bronce que ayuda a la disipación del calor producida por la resistencia eléctrica. Para el control de la temperatura se utiliza un termopar que se conecta en la parte posterior, controlando la corriente que es suministrada por la resistencia. Este sistema es ampliamente ocupado para el sellado de plástico como el polipropileno [6].

#### 1.3.3. Sellado por cuchilla caliente

Este ocupa una mordaza afilada a alta temperatura que realiza el sellado y corte del empaque al mismo tiempo como se observa en la figura 7, por este motivo el área de sellado es mínima comparado con los demás. Este sistema suele ser ocupado para el sellado de líquidos como yogurt, leche, agua, etc.[6]

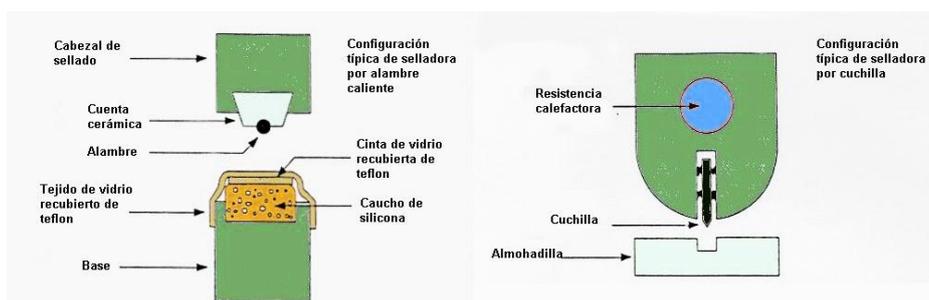


Figura 7: Partes del sellado por cuchilla caliente [9]

### 1.4. Formadores

Los formadores se encargan de dar forma a la funda, su geometría es circular o rectangular, donde el rollo del material ingresa desde la parte posterior y se enrolla a través del conducto dando forma al empaque, además éste se desplaza por varios sistemas

de arrastre, como por ejemplo motores a pasos o mordazas de desplazamiento. Los formadores se fabrican en función del tamaño de la funda requerida para el producto como se muestra en la figura 8 [3].



Figura 8: Formador para empacadoras verticales [3].

### 1.5. Sistemas de guiado y arrastre

El sistema de guiado y arrastre se encarga de guiar la película de plástico por medio de rodillos conjunto con los formadores, garantizando una tracción necesaria para que el material, como se puede observar en la figura 9. Este sistema es ampliamente ocupado en sistemas de producción continua y contienen un motor a pasos para que la longitud de la funda circule acorde a la medida establecida por el operario [7].

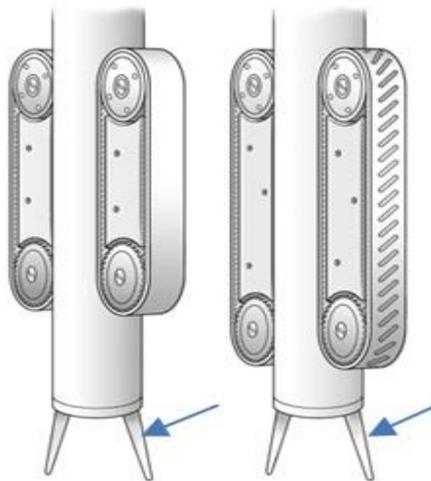


Figura 9: Sistema de guiado y arrastre [7].

## 1.6. Materiales de Construcción

Existe una gran variedad de materiales de construcción para equipos dedicados a la producción de alimentos, estos son regulados por entidades de sanidad o centros de salud pública, los cuales se encargan de verificar que dicho material sea adecuado para su utilización. Entre ellos tenemos los detallados en la tabla 1.

Tabla 1. *Materiales ocupados en la industria alimenticia [10]*

<b>Material</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Acero AISI 304</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la corrosión de agua ácidos e intergranular</li> <li>• No magnético</li> <li>• Acabado ASTM 2B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pierde sus propiedades al realizar algún tratamiento térmico</li> </ul>
<b>Acero AISI 304 L</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo contenido en carbono</li> <li>• No magnético</li> <li>• Mejores resultados en la soldadura y después pueden ser aplicados en entornos de corrosión severa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimiza la precipitación de carburo después de la soldadura</li> </ul>
<b>Acero AISI 201</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buenas propiedades de tensión al trabajar en frío</li> <li>• No es costoso en comparación a otros tipos de acero inoxidable</li> <li>• No magnético</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene poca resistencia a la corrosión leve</li> <li>• Con la soldadura pierde sus propiedades contra la corrosión</li> </ul>
<b>Acero AISI 430</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acabado 2B Y N4</li> <li>• Resistente a la corrosión</li> <li>• Estructura ferrítica estable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pierde sus propiedades ante la soldadura</li> <li>• Ferromagnético</li> </ul>
<b>Poliamida 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente a los agentes químicos</li> <li>• Alta resistencia mecánica</li> <li>• Buena resistencia a la fatiga</li> <li>• Buenas propiedades de deslizamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen menos resistencia en comparación con los metales</li> </ul>

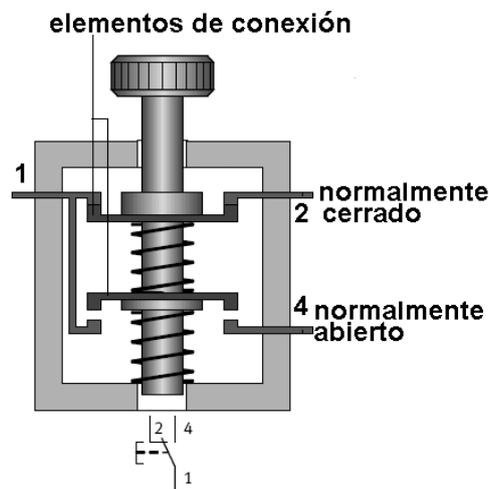
<b>Acrílico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene una resistencia 15 veces mayor que la del vidrio no templado</li> <li>• Se lo puede aplicar en el proceso de manufactura</li> <li>• No se astilla y es un excelente aislante eléctrico, además es más liviano que el vidrio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia media a sustancias químicas</li> <li>• Es susceptible a fisuras por esfuerzo</li> </ul>
-----------------	--	--

## 1.7. Elementos de control eléctrico industrial

Los componentes eléctricos permiten el control por medio de pulsadores, contactores, relés, conmutadores, temporizadores, etc.

### 1.7.1. Pulsadores

Los pulsadores son elementos electromecánicos de control que son accionados de forma manual para la conexión y desconexión, que pueden tener o no enclavamiento. Además, tienen dos configuraciones que son normalmente abierto (NA) y normalmente cerrado (NC) como se puede observar en la figura 10 [11].



*Figura 10: Pulsador normalmente abierto y normalmente cerrado [12].*

### 1.7.2. Conmutador

Este elemento electromecánico puede abrir un circuito y cerrar otro simultáneamente, tiene varias posiciones de accionamiento que le permiten cumplir diferentes funciones,

como por ejemplo, cambiar el estado de un proceso automático a manual, como se puede ver en la figura 11 [12].

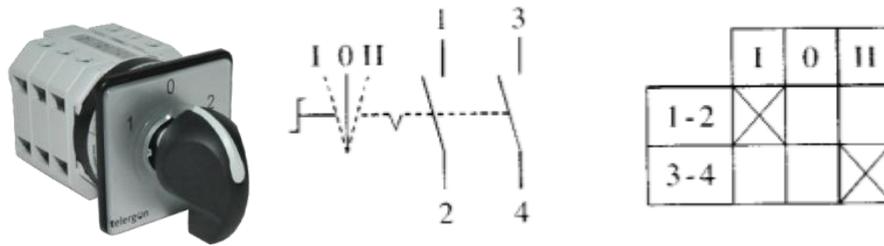


Figura 11: Posiciones de un conmutador [12].

### 1.7.3. Relés

Los relés son interruptores de conexión o desconexión que están accionados por un electroimán. Estos elementos son ocupados para la protección de motores y equipos expuestos a sobrecargas, como también ayuda a abrir o cerrar circuitos independientes y en la figura 12 se aprecia como están formado un relé mecánico [13].

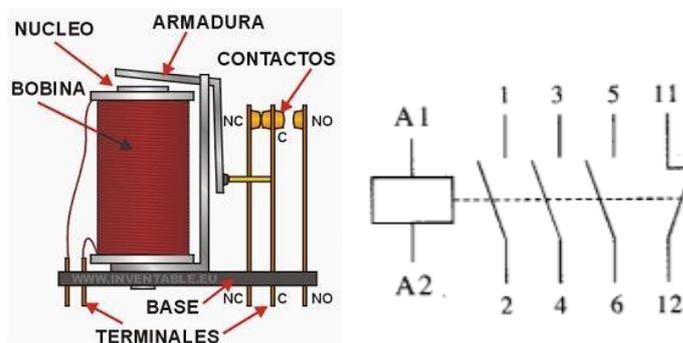


Figura 12: Partes de un relé [13].

### 1.8. Sistema neumático

Los sistemas neumáticos hacen uso del aire comprimido a presión para transformarlos en energía mecánica, además la neumática es ampliamente ocupada en la automatización debido a sus ventajas, las cuales son: el aire se obtiene de manera ilimitada, es fácil de transportar y almacenar, la velocidad de trabajo es alta y es antideflagrante, es decir no existe peligro de explosión [14].

A continuación, se presentarán los principales actuadores:

### 1.8.1. Cilindro neumático

Un cilindro es un actuador neumático que transforma la energía del aire comprimido en energía mecánica. Este tipo de accionamiento es lineal y los cilindros pueden ser:

#### 1.8.1.1 Cilindro de simple efecto

Para su activación se debe aplicar presión únicamente en un lado del émbolo y para su retroceso se da a partir de un muelle que empuja al émbolo a su posición original como se puede observar en la figura 13. La carrera en este tipo de cilindros tiene un límite no mayor de 100 [mm], debido a la construcción compleja del muelle [15].

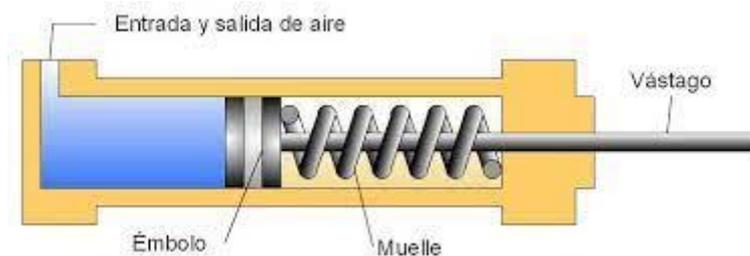


Figura 13: Cilindro simple efecto [15].

#### 1.8.1.2 Cilindro de doble efecto

El accionamiento en este tipo de cilindro no se lo realiza por un muelle, ya que estos son elementos mecánicos que se encuentran sometidos al desgaste y fatiga. Por lo contrario, estos son accionados por el aire a presión que ingresa a través del orificio de la cámara trasera, figura 14, haciendo que el vástago avance y para su retroceso se ingresa aire por la cámara delantera. La construcción máxima de estos pueden ser de hasta de 2000 [mm] [16].

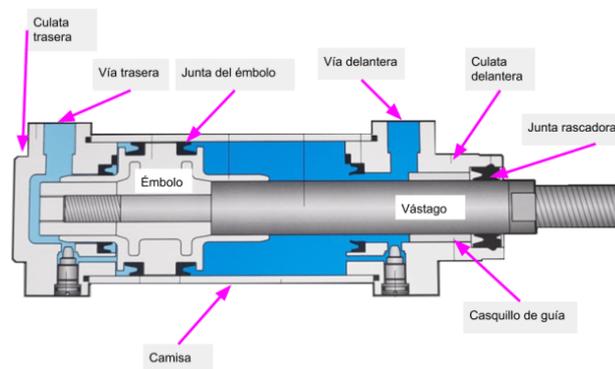


Figura 14: Cilindro de doble efecto [14].

### 1.8.2. Electroválvula 5/2

Este tipo de válvulas tiene dos posiciones como se observa en la figura 15. Esta se activa al suministrar corriente a través de la bobina, entonces el émbolo de la válvula se desplazará hacia la derecha donde el aire fluirá de 1 a 4 y de 2 a 3, si no se aplica corriente el émbolo retorna a su posición normal por la presión ejercida del muelle, haciendo que el aire circule de 1 a 2 y de 4 a 5 [17].

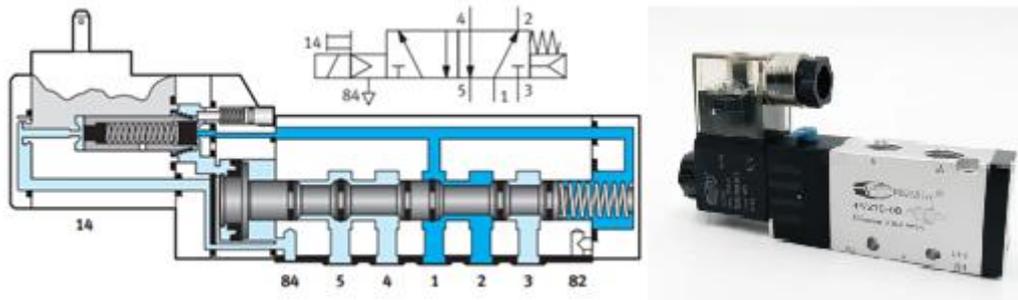


Figura 15: Electroválvula neumática 5/2 [17].

### 1.9. Sistemas de control PLC

El PLC (Controlador Lógico Programable) o también conocido como autómata programable es una computadora industrial que se ocupa para la automatización de procesos, con la finalidad de garantizar un trabajo efectivo en todos sus sistemas que lo componen, sin embargo su costo de instalación suele ser elevado [11].

El autómata programable puede realizar funciones por medio de instrucciones establecidas en su memoria, el cual realizara diferentes tareas como: lectura de sensores y escritura en las entradas para el accionamiento de actuadores. Estas características es diferente de cada modelo o marca [18].



Figura 16: Controlador lógico programable [11].

# CAPÍTULO 2

## 2.1. Análisis y selección de alternativas de diseño

De acuerdo con la investigación de los sistemas actuales para el empaqueo de snacks, se analizaron los diferentes procesos que requiere, como son: el sistema de control, dosificación, sellado, guiado y arrastre. Que se basará en las necesidades del usuario, además se obtendrá las ventajas y desventajas de cada sistema, con el fin de determinar el diseño apropiado con materiales, equipos y herramientas necesarias.

### 2.1.1. Análisis de los sistemas de dosificación

Para escoger el sistema de dosificación adecuado se analizó los sistemas ocupados en la dosificación como se especifica en la tabla 2, para luego seleccionar una alternativa que se adapte a este proyecto.

Tabla 2. Análisis de alternativas de sistemas de dosificación

	Nombre	Funcionamiento	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Dosificación por vasos volumétricos	Por medio de una tolva se dispersa el producto hacia el disco giratorio en donde se encuentra los vasos con un volumen fijo y a partir del giro del disco se distribuye hacia el siguiente sistema de sellado	Posee una excelente exactitud en productos de densidad baja. La velocidad de dosificado es alta ya que contiene diversos vasos volumétricos, además mediante control se puede variar su velocidad	Su construcción requiere costos altos en la mano de obra y de materiales
Alternativa 2	Dosificación por peso	A partir de un sistema de vibración se reparte el producto desde la tolva hacia una cesta con compuerta en donde se realiza el pesado del producto para posteriormente distribuir hacia el sistema de sellado.	La Dosificación del producto es exacta en productos de densidad baja y media. Contiene pocos elementos en su sistema	Es difícil de construir. Únicamente se ocupa en empaques tipo Almohadilla

Alternativa 3	Dosificación por cilindros	A partir de un sistema de vibración se dirige el producto hacia un vaso con volumen fijo y a partir de la acción de un motor se dirige el producto hacia el conducto para él sellado	Posee excelente exactitud para productos de densidad baja Para su construcción se requiere poco material El control del motor es sencillo	La velocidad de dosificado depende del tiempo de llenado del producto en el vaso.
---------------	----------------------------	--	---	---

A partir del análisis de alternativas se estableció criterios de evaluación con el sistema de calificación especificado en la tabla 3.

*Tabla 3. Sistema de calificación para las alternativas de los sistemas de dosificación.*

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-7	8-10
<b>Construcción</b>	Difícil	Normal	Fácil
<b>Costo fabricación</b>	Caro	Norma	Barato
<b>Dimensiones</b>	Grande	Mediano	Pequeño
<b>Disponibilidad de materiales</b>	Escaso	Normal	Abundante
<b>Exactitud de empaquetado</b>	Bajo	Normal	Alto
<b>Velocidad</b>	Bajo	Normal	Alto

A partir de los valores dados a cada indicador se procedió a calificar cada alternativa, como se establece en la tabla 4, con el fin de obtener la alternativa que se adapte mejor a este sistema.

Tabla 4. Matriz de selección de la alternativa de los sistemas de dosificación

<b>Análisis de alternativas</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Criterio</b>	<b>Alt. 1</b>	<b>Alt. 2</b>	<b>Alt. 3</b>	<b>Real</b>
<b>Calificación</b>					
<b>1</b>	Construcción	3	4	8	10
<b>2</b>	Costo fabricación	5	4	9	10
<b>3</b>	Dimensiones	3	7	7	10
<b>4</b>	Disponibilidad de materiales	8	8	10	10
<b>5</b>	Exactitud de empaquetado	9	10	9	10
<b>6</b>	Velocidad	10	6	8	10
<b>Sumatorio</b>		<b>38</b>	<b>39</b>	<b>51</b>	<b>60</b>
<b>índice porcentual</b>		<b>38/60</b>	<b>39/60</b>	<b>51/60</b>	<b>60/60</b>
<b>Orden de selección</b>		<b>63.33 %</b>	<b>65%</b>	<b>85%</b>	<b>100%</b>

A partir de los resultados obtenidos, se observa que la mejor opción es la alternativa 3 que tiene una calificación de 85%, donde la construcción es fácil y su bajo costo de fabricación hace que este sistema sea favorable para este proceso. Por lo cual, esta alternativa se planea tener una construcción sencilla que no requiere de mucho tiempo de fabricación y que la velocidad de trabajo sea acorde a las necesidades del operario.

### **2.1.2. Sistema de formado para el empaque**

Para la selección del método de formado para el empaque se analizó las existentes como se muestra en la tabla 5, de igual manera se da a conocer brevemente el funcionamiento, las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Tabla 5. Análisis de alternativas del formado para el empaque

	<b>Alternativas</b>	<b>Funcionamiento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Alternativa 1	Formador circular	El rollo de material ingresa desde la parte posterior y se enrolla a través del conducto mientras da forma al empaque, este se desplaza mediante el arrastre que genera un motor a pasos.	Se forman pocas arrugas en el plástico El coeficiente de fricción es mínimo para la circulación de la funda.	Su construcción es difícil.
Alternativa 2	Formador rectangular	El rollo del material ingresa desde la de parte posterior, al empaque mediante sus guías y el arrastre se da por un motor a pasos.	Este es ideal para la elaboración de empaques paralelepípedos. Existe mayor facilidad para el sistema de arrastre	Su construcción es difícil El empaque es susceptible a desgarres debido a que el formador es rectangular.

En la tabla 6 se determinó los criterios de evaluación para el formador entre ellos esta: el coeficiente de fricción, la susceptibilidad de desgarre cuando la funda y la complejidad en la construcción.

Tabla 6. Sistema de calificación para las alternativas de formación del empaque

<b>Valorización de criterios</b>	<b>Equivalencia de indicadores</b>		
	<b>1-3</b>	<b>4-7</b>	<b>8-10</b>
<b>Construcción</b>	Difícil	Normal	Fácil
<b>Costo fabricación</b>	Caro	Norma	Barato
<b>Dimensiones</b>	Grande	Mediano	Pequeño
<b>Desgarre del empaque</b>	Bajo	Normal	Alto
<b>Coefficiente de fricción</b>	Alto	Normal	Bajo

En la tabla 7, se representa la calificación con respecto a cada punto.

Tabla 7. *Matriz de selección de alternativas del sistema de formado*

<b>Análisis de alternativas</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Criterio</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Real</b>
		<b>Calificación</b>	<b>Calificación</b>	
<b>1</b>	Construcción	3	5	10
<b>2</b>	Costo fabricación	7	7	10
<b>3</b>	Dimensiones	7	7	10
<b>4</b>	Desgarre del empaque	9	5	10
<b>5</b>	Coefficiente de fricción	9	6	10
<b>Sumatorio</b>		<b>35</b>	<b>30</b>	<b>50</b>
<b>Índice porcentual</b>		<b>35/50</b>	<b>30/50</b>	<b>50/50</b>
<b>Orden de selección</b>		<b>70 %</b>	<b>60%</b>	<b>100%</b>

Con resultados obtenidos en la tabla 7, se observa que la mejor opción es la alternativa uno, ya que presenta un menor desgarre al momento de dar forma al empaque, como también tiene un menor coeficiente de fricción. Por otra parte, la forma circular del cuello formador permitiría la fácil circulación del snack para llegar al siguiente proceso de sellado.

### **2.1.3. Sistemas de guiado y arrastre**

En la tabla 8 se presentan las principales alternativas de guiado y arrastre para la funda, además se explica brevemente cual es el funcionamiento de cada uno.

Tabla 8. Análisis de alternativas del sistema de guiado y arrastre

	<b>Alternativas</b>	<b>Funcionamiento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Alternativa 1</b>	Arrastre por mordazas de sellado horizontal	El material de empaque es arrastrado mediante mordazas, además estas se abren y se cierran permitiendo el sellado del empaque.	El sistema de arrastre y sellado se unifican, el cual permite maximizar la producción.	Su sistema es costoso y de difícil elaboración.
<b>Alternativa 2</b>	Arrastre por rodillos	El material de empaque y se arrastrado por rodillos que tienen contacto directo con el plástico, estos funcionan con motor a pasos	Su sistema es simple y ofrece mayor precisión este sistema es adaptable a distintos tamaños empaque longitudinales.	Difícil control para el motor a pasos. Poca área de contacto con el material
<b>Alternativa 3</b>	Arrastre por bandas	El material de empaque es arrastrado mediante un sistema de bandas que están conectados con un motor a pasos	Su sistema y se adaptable a distintos tamaños de empaque Tiene más contacto con el material de empaque	Su sistema es de mayor costo que el arrastre por rodillos

A partir de las alternativas de guiado y arrastre se procedió a obtener los criterios de valorización como se establece en la tabla 9, donde se resalta los puntos importantes como la velocidad y el contacto con el material.

Tabla 9. Sistema de calificación para las alternativas de guiado y arrastre

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-7	8-10
Construcción	Difícil	Normal	Fácil
Costo fabricación	Caro	Norma	Barato
Dimensiones	Grande	Mediano	Pequeño
Disponibilidad de materiales	Escaso	Normal	Abundante
Exactitud de arrastre	Bajo	Normal	Alto
Velocidad	Bajo	Normal	Alto
Contacto con el material	Bajo	Normal	Alto

A partir de los criterios de evaluación se calificó a los puntos más importantes en la tabla 10.

Tabla 10. Matriz de selección de alternativas del sistema de guiado y arrastre

Análisis de alternativas					
Ítem	Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Real
Calificación					
1	Construcción	4	10	8	10
2	Costo fabricación	5	10	9	10
3	Dimensiones	4	8	7	10
4	Material	6	7	10	10
5	Exactitud de arrastre	6	8	9	10
6	Velocidad	8	9	9	10
7	Contacto con el material	9	5	10	100
<b>Sumatorio</b>		<b>42</b>	<b>57</b>	<b>62</b>	<b>70</b>
<b>índice porcentual</b>		<b>42/70</b>	<b>57/70</b>	<b>62/70</b>	<b>70/70</b>
<b>Orden de selección</b>		<b>60%</b>	<b>81.42%</b>	<b>88.57%</b>	<b>100%</b>

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 10, se puede visualizar que la alternativa 2 y 3 tienen un mayor puntaje. Además, la construcción del sistema de guiado

y arrastre de la alternativa 2 es más sencilla que la construcción de la alternativa 3, sin embargo, la alternativa 2 presenta un menor contacto con el empaque. En conclusión, la alternativa 3 presenta un mayor contacto con el material de tal manera que la exactitud de arrastre es la apropiada para esta máquina.

#### 2.1.4. Sistemas de sellado y corte

Se realizó un análisis de las alternativas ocupadas en los sistemas sellado, donde se determinó 3 alternativas relevantes para este proceso, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis de alternativas del sistema de sellado

	Alternativas	Funcionamiento	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Sellado por mordaza caliente a temperatura constante	Las mordazas se calientan a partir del calor producido por la resistencia eléctrica y mediante un pirómetro se realiza el control de la temperatura.	La temperatura de las mordazas se controla fácilmente. La vida útil de sus componentes es alta. El material de las mordazas evita que se pegue el empaque.	La fabricación de la mordaza requiere de tiempo y dinero.
Alternativa 2	Sellado por resistencia de niquelina	En la mordaza se encuentra una resistencia de niquelina, esto se calienta en periodos cortos de tiempo y su control se lo realiza en función del tiempo y la corriente suministrada	El costo de sellado es mínimo. Su instalación es fácil en cualquier equipo.	El tiempo de vida útil de la niquelina es bajo. El recubrimiento de teflón es susceptible a quemarse con temperaturas altas. El sellado es irregular.
Alternativa 3	Sellado por ultrasonido	Este sellado se lo realiza por vibraciones ultrasónicas alta	Es un sistema que ahorra energía y tiempo de sellado.	La implementación del sistema es cara.

		frecuencia, que permite el sellado.	Se puede sellar todo tipo de termoplásticos.	Utiliza niveles altos de voltaje y calor. Su instalación es difícil.
--	--	-------------------------------------	--	---

A partir de las alternativas presentadas se planteó la valorización de criterios, siendo relevante el sellado de empaque y control de temperatura, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Sistema de calificación para el sellado del empaque

Valorización de criterios	Equivalencia de indicadores		
	1-3	4-7	8-10
<b>Construcción</b>	Difícil	Normal	Fácil
<b>Costo fabricación</b>	Caro	Norma	Barato
<b>Dimensiones</b>	Grande	Mediano	Pequeño
<b>Disponibilidad de materiales</b>	Escaso	Normal	Abundante
<b>Sellado del empaque</b>	Bajo	Normal	Alto
<b>Vida útil</b>	Bajo	Normal	Alto
<b>Control de temperatura</b>	Bajo	Normal	Alto

A partir de los criterios de evaluación se calificó las alternativas en la tabla 13.

Tabla 13. Matriz de selección de alternativas para el sistema de sellado

Análisis de alternativas					
Ítem	Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Real
Calificación					
1	Construcción	6	9	4	10
2	Costo fabricación	7	9	4	10
3	Dimensiones	8	9	5	10
4	Disponibilidad de materiales	7	9	4	10

<b>5</b>	Sellado del empaque	10	7	10	10
<b>6</b>	Vida útil	10	4	10	10
<b>7</b>	Control de temperatura	10	5	10	100
<b>Sumatorio</b>		<b>58</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>70</b>
<b>índice porcentual</b>		<b>58/70</b>	<b>52/70</b>	<b>47/70</b>	<b>70/70</b>
<b>Orden de selección</b>		<b>82.85%</b>	<b>74.28%</b>	<b>67.14%</b>	<b>100%</b>

En la tabla 13, se obtiene como resultado que la alternativa 1 tiene mejores beneficios, los cuales son: el sello de la superficie es uniforme, no necesita de consumibles a corto plazo y el control de temperatura es fácil.

### 2.1.5. Análisis y selección de materiales

Se realizó un análisis de los posibles materiales a ocupar que están representados en la tabla 1. A partir de este se generó la matriz de selección presentada en la tabla 14, con el fin de determinar los materiales adecuados para subsistema de la máquina empacadora.

Tabla 14. Sistema de calificación para las alternativas de los materiales

<b>Valorización de criterios</b>	<b>Equivalencia de indicadores</b>		
	<b>1-3</b>	<b>4-7</b>	<b>8-10</b>
<b>Disponibilidad</b>	Escaso	Normal	Abundante
<b>Costo</b>	Caro	Norma	Barato
<b>Resistencia a la temperatura</b>	Bajo	Media	Alta
<b>Resistencia a la corrosión</b>	Bajo	Media	Alta

La tabla 14 contiene los principales criterios para determinar el material adecuado para este proyecto, tomando como el más relevante la resistencia a la corrosión y el precio.

Tabla 15. Matriz de selección de alternativas para los materiales

<b>Análisis de alternativas</b>								
<b>Ítem</b>	<b>Criterio</b>	<b>Alt. 1</b>	<b>Alt. 2</b>	<b>Alt. 3</b>	<b>Alt.5</b>	<b>Alt.6</b>	<b>Alt.7</b>	<b>Real</b>
<b>Calificación</b>								
<b>1</b>	Disponibilida d	10	9	8	8	9	10	10
<b>2</b>	Costo	3	3	5	5	7	7	10
<b>3</b>	Resistencia a la temperatura	7	9	7	8	3	3	10
<b>4</b>	Resistencia a la corrosión	10	8	8	7	10	10	10
<b>Sumatorio</b>		<b>30</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
<b>índice porcentual</b>		<b>30/40</b>	<b>29/40</b>	<b>28/40</b>	<b>28/40</b>	<b>29/40</b>	<b>30/40</b>	<b>40/40</b>
<b>Orden de selección</b>		<b>75%</b>	<b>72.5%</b>	<b>70%</b>	<b>70%</b>	<b>72.5%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>

Los resultados de la selección de alternativas de la tabla 15 dan a conocer que cada material es óptimo para distintas aplicaciones, en este caso para el desarrollo de esta máquina se ocupará acero AISI 304 las piezas que entre en contacto directo con el snack, conjunto con materiales como poliamida 6 y el acrílico, que serán aplicados en situaciones específicas.

# CAPÍTULO 3

## 3.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se presentará el diseño CAD de los sistemas que componen la máquina dosificado y empaquetado, como también los cálculos necesarios para su diseño. Finalmente se comprobará que el diseño sea el adecuado mediante el análisis de fuerzas en Solid Works con el fin de corregir los puntos críticos en las piezas. A partir de este diseño se procederá la construcción de este.

### 3.1.1. Diseño del empaque

Para el diseño del empaque se consideró el volumen del producto de 1000 [cm<sup>3</sup>] más el porcentaje de volumen vacío, con el fin de dar una perspectiva de un producto grande y su almacenamiento sea fácil, entonces se realiza el siguiente paquete con un volumen de 1480 [cm<sup>3</sup>], como se puede observar en la siguiente figura 17, donde las líneas a trazos representan los dobleces que tiene la funda. A partir de estas medidas se realizará el diseño del formador con una longitud de cuello de 420 [mm], además la altura del empaque será 260 [mm] cabe descartar que la altura puede variar por medio de un control en la pantalla HMI.

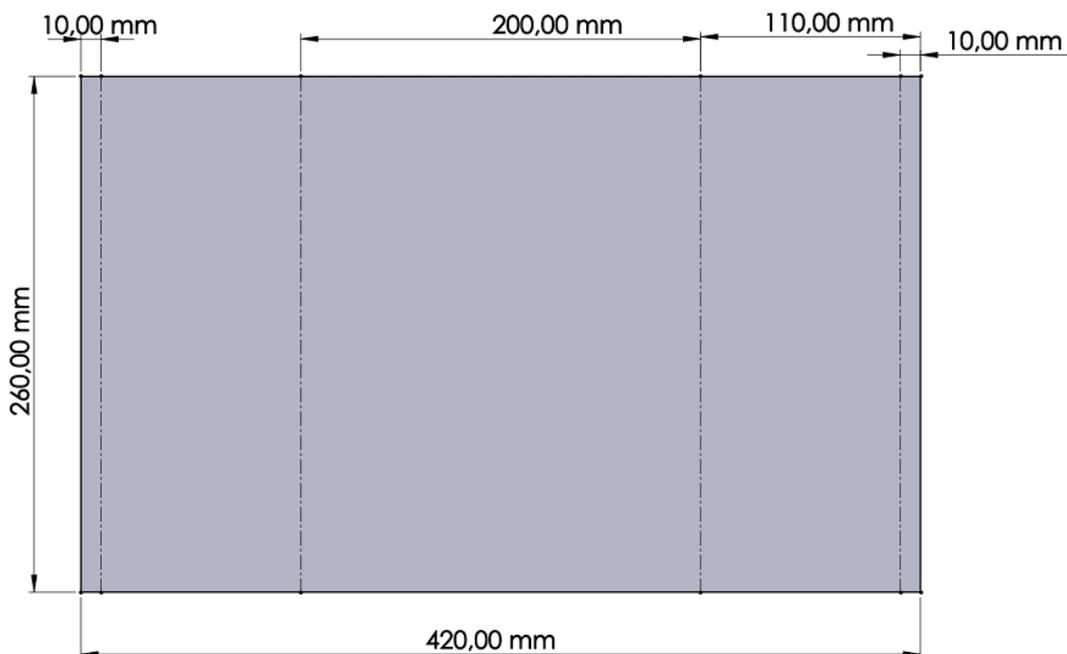
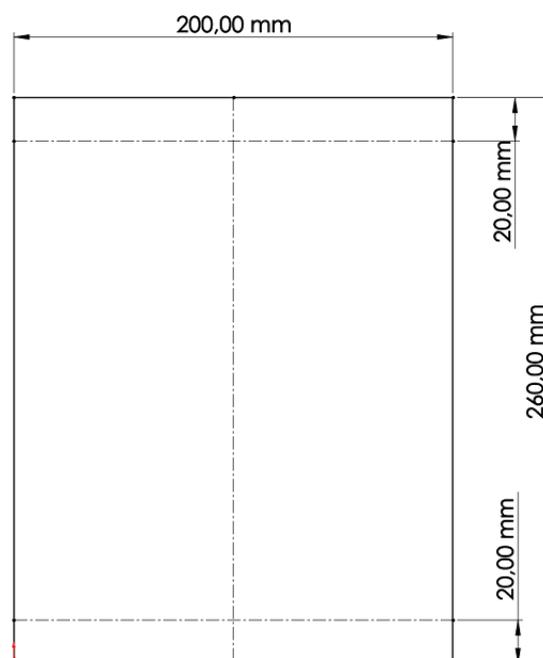


Figura 17: Diseño de empaque para 1000 [cm<sup>3</sup>]

En la figura 18 se puede apreciar los cierres necesarios para el empaque el cual está representado por líneas a trazos, que tendrá una mordaza de sellado vertical donde el tipo de sellado será de traslape debido al requerimiento del usuario y también un sello horizontal donde el ancho del sellado será de 10 [mm] mayor a 3.5 [mm] como establece la norma RTE INEN 253, a su vez se realizará el corte por medio de una cuchilla de acero inoxidable ASI 304.



*Figura 18: Diseño de empaque con sellos.*

### **3.1.2. Diseño del sistema de dosificación**

En la figura 19 se puede apreciar el sistema de dosificación, donde consta de una tolva de almacenamiento para el snack, seguido de los cilindros volumétricos que están sujetos sobre un riel, a partir de del movimiento de estos se realiza la dosificación el cual pasa a la segunda tolva que guiará el producto hacia el siguiente proceso.

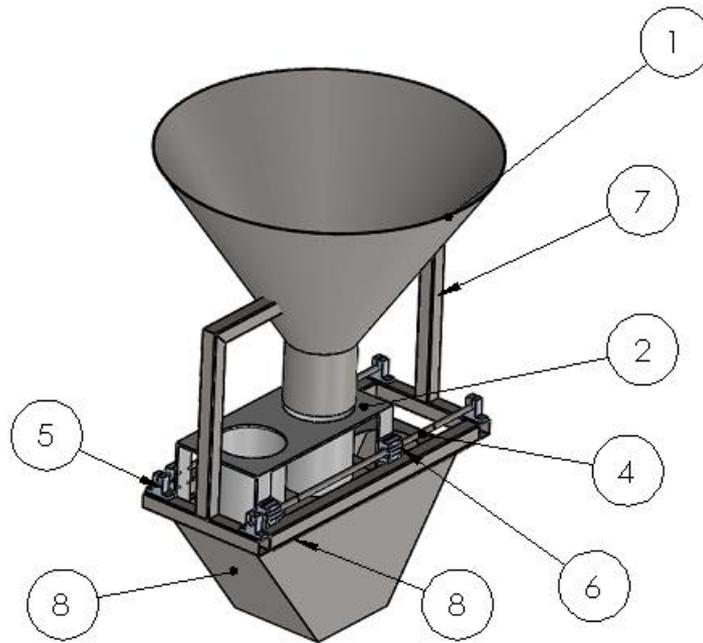


Figura 19: Vista del sistema de dosificación

En la tabla 16 se describen los elementos del sistema de dosificación, donde se usará pernos M5 para la sujeción, además, este sistema utilizará un motor a pasos nema 24 para mover los cilindros dosificadores.

Tabla 16. Partes del sistema de dosificación

Número	Parte	Detalle
1	Tolva de almacenamiento	Permite el almacenamiento del Snack
2	Cilindros dosificadores	Permite la dosificación del producto
3	Carril	Ayuda a la dosificación del producto
4	Eje de 8 [mm]	Permite el movimiento del cilindro dosificador
5	Soporte del eje	Sujeta la carga del eje y del cilindro dosificador
6	Rodamiento lineal	Facilita el movimiento del cilindro dosificador
7	Estructura del sistema de dosificación	Sujeta todos los elementos
8	Tolva de dosificación	Permite unir las dos porciones que realiza los cilindros de dosificación

### 3.1.3. Diseño y construcción de la Tolva de almacenamiento

Para el diseño de la tolva se consideró previamente el material, en este caso es el acero inoxidable ASI 304, este tendría una forma cilíndrica que facilita su construcción, para esto se utilizó las siguientes ecuaciones, las cuales permiten calcular por partes el volumen total de la tolva que está formado por dos cilindros y un cono expresada en la ecuación (3), como se observa en la figura 20.

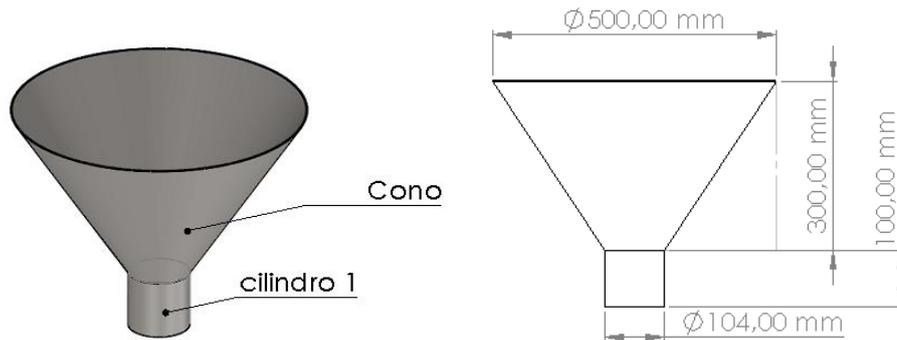


Figura 20: Medidas de la tolva de almacenamiento

Para la obtención del volumen del cilindro 1 de la tolva se tiene:

$$\begin{aligned} V_1 &= 2\pi(r_1)^2 * h_1 & (1) \\ V_1 &= 2\pi(5.2)^2 * 10.0 \\ V_1 &= 1699 [cm^3] \approx 1.70 [L] \end{aligned}$$

Donde:

- $V_1$ : Volumen del cilindro 1 [L]
- $h_1$ : altura del cilindro 1 [cm]
- $r_1$ : radio del cilindro 1 [cm]

Para la obtención del volumen del cono de la tolva se tiene:

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{h_2 * \pi}{3} (r_2^2 + r_1^2 + r_2 * r_1) \\ V_2 &= \frac{30 * \pi}{3} (25^2 + 5.2^2 + 25 * 5.2) & (2) \\ V_2 &= 2457 cm^3 \approx 24.57 [L] \end{aligned}$$

Donde:

- $V_2$ : Volumen del cono [L]

- $h_2$ : altura del cono [cm]
- $r_1$ : radio del cilindro 1 [cm]
- $r_2$ : radio del arco exterior [cm]

Para la obtención del volumen total de la tolva se tiene:

$$\begin{aligned} V_T &= V_1 + V_2 \\ V_T &= 1.7 + 24.57 \\ V_T &= 26.27 \text{ [L]} \end{aligned} \quad (3)$$

Donde:

- $V_T$ : Volumen de la tolva [L]
- $V_1$ : Volumen del cilindro 1 [L]
- $V_2$ : Volumen del cono [L]

### 3.1.4. Diseño de los cilindros dosificadores

El diseño del sistema de dosificación se consideró el volumen de 1000 [cm<sup>3</sup>] para esto se utilizó un tubo comercial de 10.16 [cm] de diámetro, a partir de estos valores se obtuvo la altura como se puede apreciar en la ecuación (5) para calcular el volumen del cilindro:

Cálculo de perímetro:

$$\begin{aligned} P &= 2\pi * r \\ P &= 2\pi * 5.08 = 31.91 \text{ [cm]} \end{aligned} \quad (4)$$

Cálculo de la altura del cilindro dosificador:

$$\begin{aligned} V &= 2\pi r^2 * h \\ h &= \frac{V}{r^2 * \pi} \\ h &= \frac{1000 \text{ [cm}^3\text{]}}{(5.08 \text{ [cm]})^2 * \pi} = 12.33 \text{ [cm]} \end{aligned} \quad (5)$$

Donde:

- P: Perímetro [cm]
- V: Volumen del cilindro dosificador [L]
- r: radio [cm]
- h: altura del cilindro dosificador [cm]

Además, se consideró ocupar dos cilindros A y B con el fin de llenar y vaciar el producto al mismo tiempo, es decir que en el cilindro A se introducirá el snack, mientras el cilindro B lo estará vaciando, esto se logra con el recorrido que realiza a través de la distancia recorrida desde el punto P1 hacia el punto P2 como se observan en la figura 21.

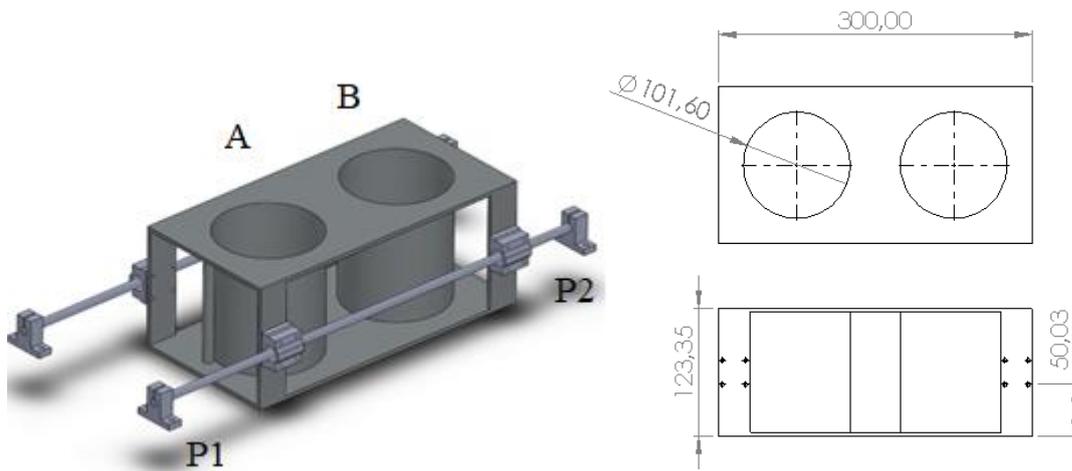


Figura 21: Cilindros de dosificación

### 3.1.5. Diseño del eje para el sistema de dosificación

Para el diseño del eje se analizó la deflexión con el peso del producto, la masa de los vasos volumétricos de 2,650 [kg] el cual se obtuvo a partir de las propiedades físicas del diseño CAD y los rodamientos lineales con su respectiva carcasa, dando un aproximado de 2,8 [kg], esta será una carga distribuida sobre el eje de 50 [cm] que es el recorrido necesario para la dosificación del producto, además este eje no transmiten ningún momento de giro por lo que estará sometido a un esfuerzo de flexión.

A partir de la masa obtenida se calcula el peso con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 W &= F = m * a \\
 F &= 2,8 [kg] * 9,81 [m/s^2] \\
 F &= 27,46 [N]
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Donde:

- W: Peso de los cilindros dosificadores [N]
- m: masa de los vasos volumétricos [kg]
- a: aceleración [m/s<sup>2</sup>]

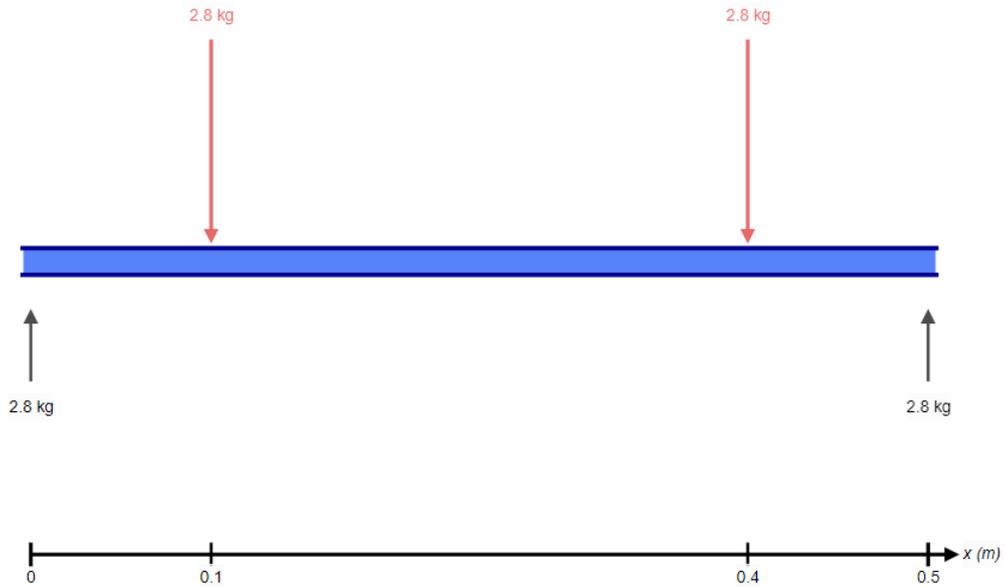


Figura 22: Aplicación de cargas en el eje

Para el diseño del eje se consideró como cargas puntuales como se ilustra en la figura 22, los cilindros de dosificación a partir de estos datos se realiza el análisis de fuerzas en el eje como se aprecia en la figura 23. Aquí se aprecia que el límite elástico es 206.80 [MPa] es decir que es adecuado para el peso de los cilindros dosificadores.

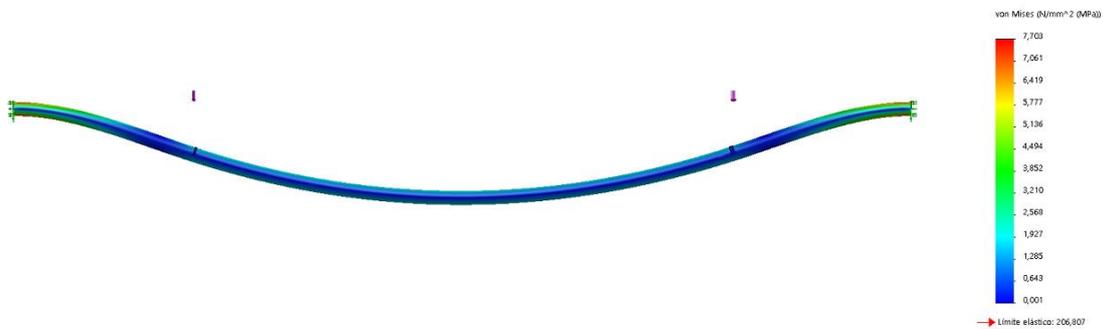


Figura 23: Análisis de tensiones en el eje

En la figura 24 se observa los desplazamientos del eje con respecto a una carga de 2.8 [kg], donde se puede apreciar que el desplazamiento máximo es de 0.06 [mm]. por la que se concluye que el eje es el apropiado para el trabajo de dosificación.

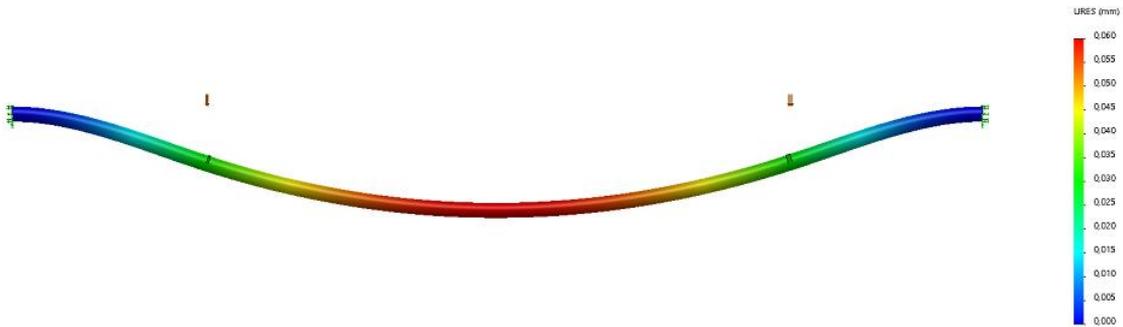


Figura 24: Análisis de desplazamientos

Finalmente, se analizó el factor de seguridad en el eje, como se puede observar en la figura 25, donde se obtiene como el factor mínimo de seguridad de 4.89.

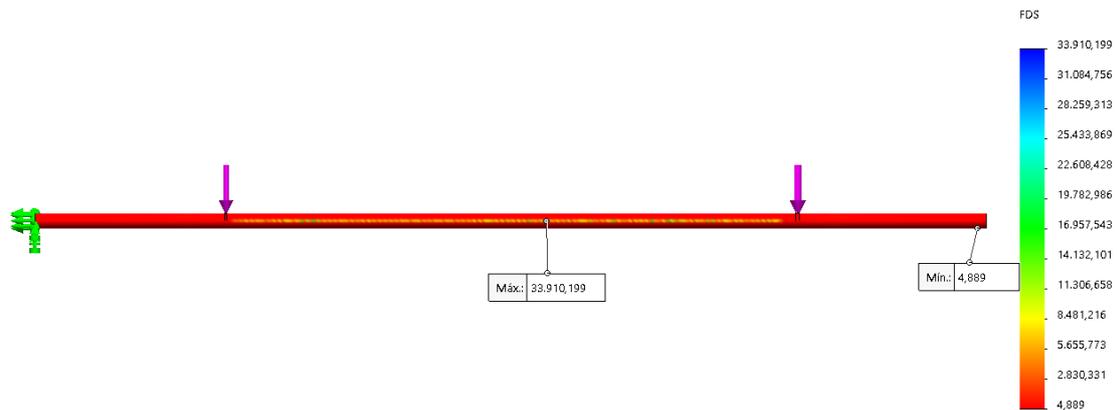


Figura 25: Factor de seguridad

### 3.1.6. Diseño del conjunto formador

El conjunto formador guiará la lámina de plástico a través de una serie de rodillos hasta llegar al cuello formador, donde se dará forma hasta el siguiente proceso de sellado. En la figura 26 se puede apreciar el diseño del conjunto formador, el cual se ubicará en la parte superior del sellado horizontal. Además, este constará de un tubo integral que ayudará a guiar el producto hasta el final de la funda sellada, también, en este se apoyará la mordaza de sellado vertical.

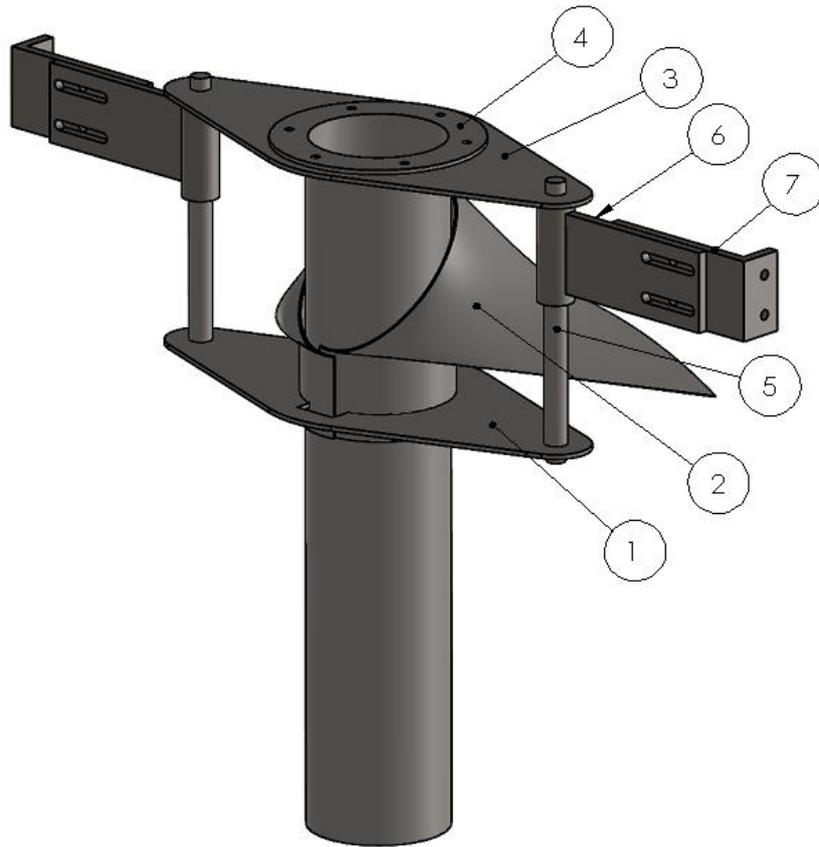


Figura 26: Vista del conjunto formador.

En la tabla 17 se describen los elementos del sistema de formado de la funda.

Tabla 17. Partes del sistema de dosificación

Número	Parte	Detalle
1	Soporte del cuello formador	Sujeta al cuello formador y da forma a la base
2	Cuello formador	Da forma a la funda a través de su cuello
3	Soporte del tubo integral	Sujeta al tubo integral y al soporte del cuello formador
4	Tubo integral	Conduce el producto hacia el siguiente proceso
5	Eje	Eje principal de sujeción
6	Soporte principal de dosificado	Esta unido al sistema de dosificación
7	Soporte secundario	Esta unido a la estructura de la máquina

### 3.1.7. Diseño del cuello formador

A partir de la selección de alternativas, se diseñó el cuello formador para el ingreso de una lámina de plástico de 420 [mm] de 40 micras de polipropileno por la parte posterior (A), como se puede observar en la figura 27, con esta medida se dará forma a la funda hasta la zona (B), cerrando con un traslape de 10 [mm] en su sello vertical y finalmente se obtendrá una funda de 200 [mm] de ancho.

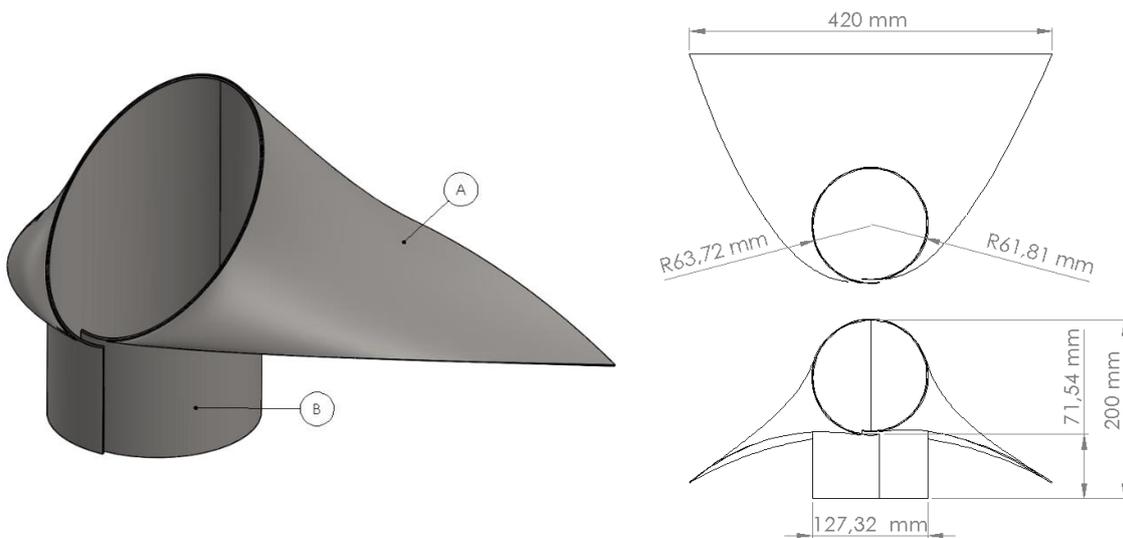


Figura 27: Diseño del cuello formador

### 3.1.8. Diseño del tubo integral

Después de realizar el cuello formador se realizó el diseño del tubo integral, este debe de tener un diámetro menor con el fin de ingresar por medio del cuello formador. Además, la separación entre paredes es de 2 [mm] con la finalidad de que pueda circular libremente la lámina. En la figura 28 se representa el diseño del tubo integral.

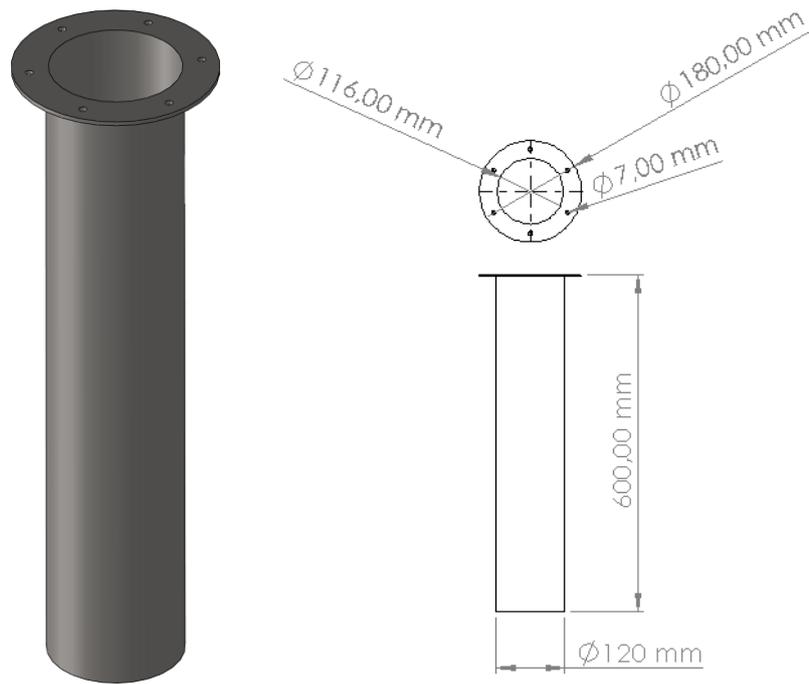


Figura 28: Tubo integral.

### 3.1.9. Diseño de los soportes principales de dosificado

Para el diseño de los soportes principales de dosificado se analizó todas las cargas de este sistema, en la tabla 18, se especifica el peso de cada una de ellas, para luego realizar el diseño y la simulación en SolidWorks, como se observa la figura 29.

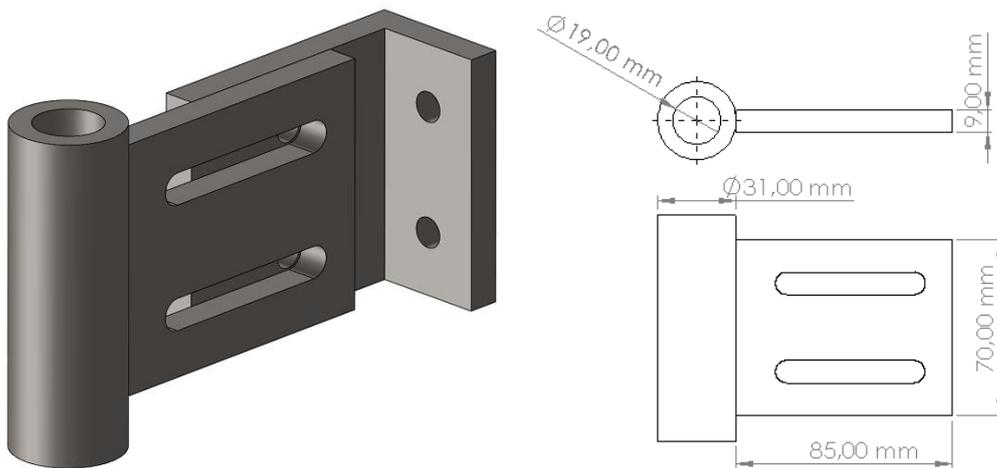


Figura 29: Diseño de los soportes principales de dosificado

Tabla 18. Análisis del peso en el sistema de formado

Número	Parte	Peso [kg]
1	Soporte del cuello formador	1.41
2	Cuello formador	1.10
3	Soporte del tubo integral	1.44
4	Tubo integral	4.00
5	Eje	1.2
Total, peso		9.15

A partir del peso obtenido, se realizó la simulación en SolidWorks, para verificar que el espesor y las dimensiones de esta pieza sean las adecuadas para soportar el conjunto formador, como se observa en la figura 30. Dónde, se observa que el límite elástico de esta pieza es de 3569 [kg/cm<sup>2</sup>], por lo tanto, los soportes no tendrán riesgo de ruptura.

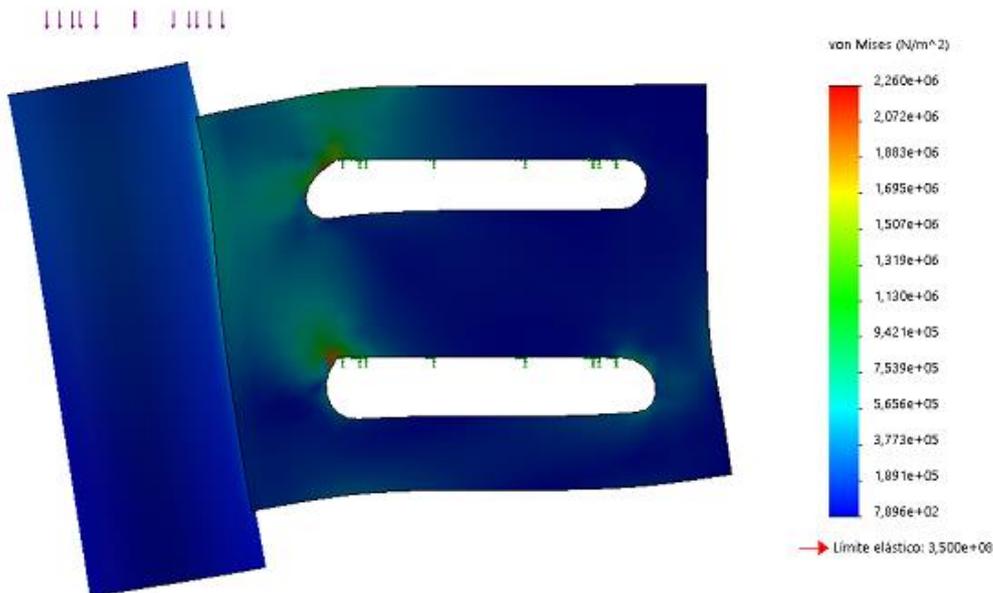


Figura 30: Tensiones de vonMiles de los soportes

En la figura 31, se ilustra el desplazamiento del soporte, este tiene la mayor de formación de 0.0004 [mm], de esta manera se concluye que no existirá deformaciones que puedan afectar el formado de la funda.

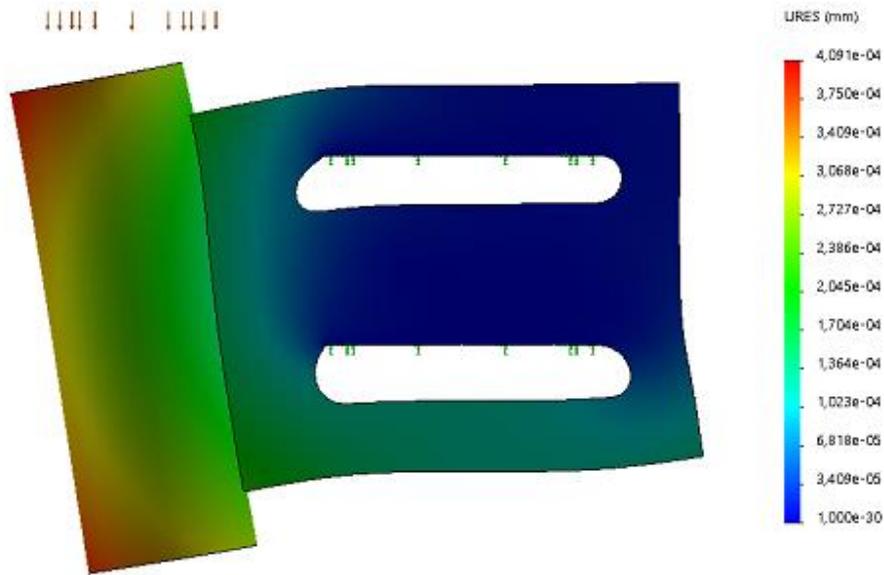


Figura 31: Desplazamientos de los soportes

### 3.1.10. Diseño del sistema de sellado

El sellado consiste en realizar un termo sellado intermitente, a partir de la acción de un cilindro neumático y el control de temperatura que se aplica en la mordaza, con el fin de asegurar un sello hermético en la funda, evitando fugas del producto o el ingreso de contaminantes que lo afecten. Por otra parte, se tomó en cuenta en cuenta la presión y el tiempo de sellado ya que son parámetros que pueden variar la calidad de este. A continuación, se presenta el diseño del sistema sellado vertical y horizontal para realizar una funda con un sello tipo I.

#### 3.1.10.1 Sellado vertical

El sello vertical es el encardado de juntar el traslape de 10 [mm] que se logró con el cuello formador, por ende, irá junto al sistema de formado y con el mecanismo de arrastre de la funda. A continuación, en la figura 32 se aprecia el mecanismo de sellado vertical.

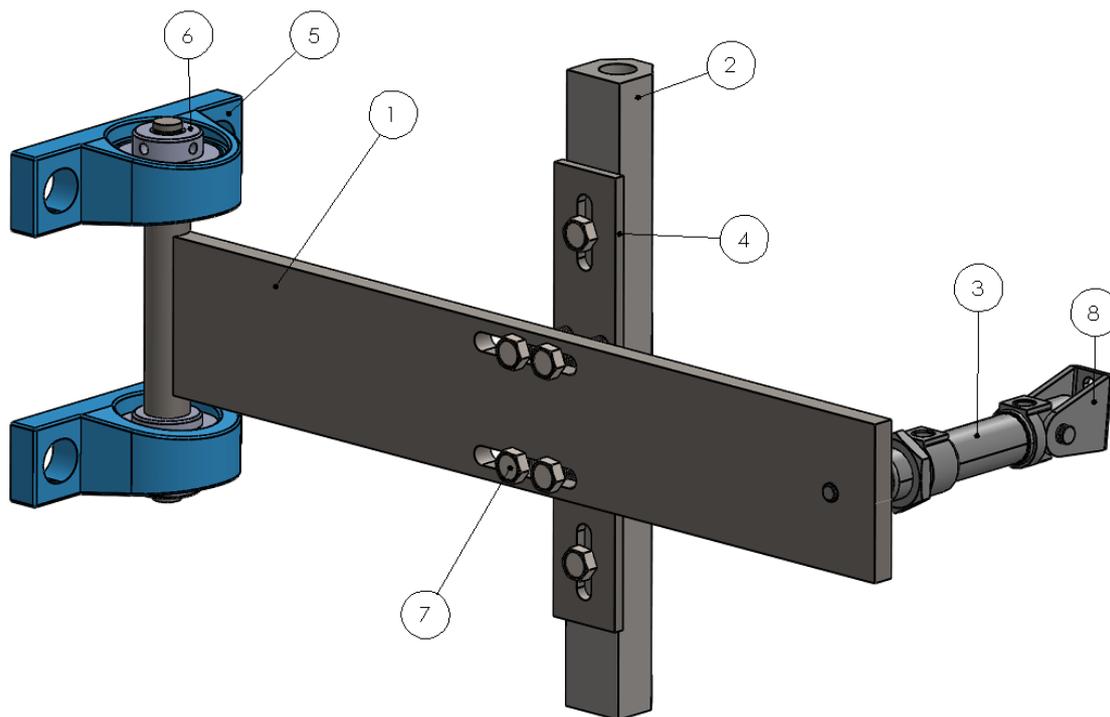


Figura 32: Diseño del sistema de sellado vertical

Los elementos que conforman el sellado se describen en la tabla 19. Este sistema es accionado por un cilindro neumático que mueve la mordaza vertical de adelante hacia atrás, además, consta de dos chumaceras que ayuda a soportar y guiar el movimiento.

Tabla 19. Partes del sistema de sellado vertical

Número	Parte	Detalle
1	Soporte principal del sellado vertical	Soporta la carga de las mordazas y transmite el movimiento del cilindro neumático
2	Mordaza vertical	Sella la funda por termo transferencia
3	Cilindro neumático	Se acciona para un sellado continuo
4	Soporte secundario de la mordaza	Contiene ranuras para la calibración en las pruebas de funcionamiento
5	Soporte de chumacera	Este va sujeto con la estructura de la máquina
6	Rodamiento UC 201-8	Facilita el movimiento del soporte principal
7	Perno M8 x 40 [mm]	Sujeta las mordazas
8	Soporte para pivote	Une al cilindro neumático con la estructura de la máquina.

### 3.1.10.2 Diseño de la mordaza vertical

La distancia en el sello vertical puede variar dependiendo del tamaño de funda que el usuario requiera, además el área de sellado está dada por la norma RTE INEN 253, donde establece que el ancho de sellado debe de ser mayor de 3 [mm], en este caso al ser una funda grande se eligió 10 [mm] para asegurar la calidad del sello. Además, La longitud de sellado en la mordaza es de 260 [mm], ya que se consideró 20 [mm] adicionales en el diseño con el fin de ajustarse a las regulaciones de posición en las pruebas de funcionamiento.

De acuerdo con estas medidas se procedió a entrar el área de sellado vertical descrita en la ecuación (7).

$$A_S = h * b \quad (7)$$
$$A = 10 \text{ [cm]} * 26 \text{ [cm]} = 260 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Donde:

- $A_S$ : Área de sellado [cm]
- h: altura de sellado [cm]
- b: ancho de sellado [cm]

A partir de las medidas mencionadas se diseñó la siguiente mordaza vertical, con el material acero AISI 1010, además, se consideró la abertura para la resistencia termina de 16 [mm] x 270 [mm] de 220 [V] y 300 [W], representada en la figura 33.

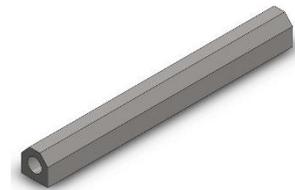


Figura 33: Diseño de la mordaza vertical.

### 3.1.10.3 Diseño del soporte principal del sellado vertical

Para el diseño soporte principal se consideró el peso de la mordaza, el soporte secundario y los pernos, estos datos se obtuvieron a partir del software de Solid Works, al establecer el material que tendrá cada una de estas piezas, el peso de cada elemento se detalla en la tabla 20.

Tabla 20. Detalle del peso del sistema de sellado

Número	Parte	Peso [kg]
1	Soporte principal del sellado vertical	2.7
2	Mordaza vertical	1.4
3	Cilindro neumático	0.3
4	Soporte secundario de la mordaza	0.25
5	Pernos	0.1
Total, peso		4.75

A partir del peso obtenido se procedió a realizar la simulación en SolidWorks con una carga aproximada de 4.75 [kg], como se observa en la figura 34. Donde se puede obtener el límite elástico de Von Mises.

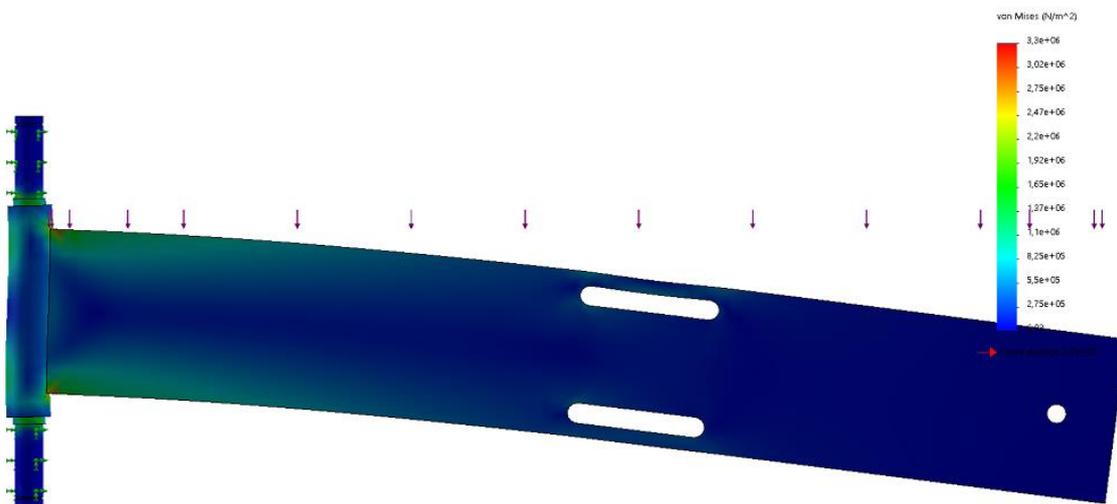


Figura 34: Diseño de la mordaza vertical.

En la figura 35 se analiza el desplazamiento del soporte donde se obtiene como desplazamiento máximo 0.01 [mm] en el eje y.

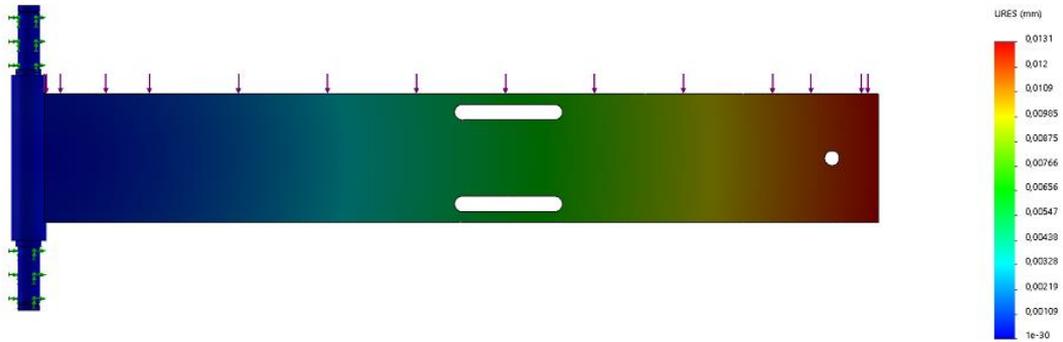


Figura 35: *Análisis de desplazamientos en soporte principal de sellado*

En la figura 36 se analiza la deformación unitaria equivalente donde se obtiene un máximo de  $1.36 \times 10^{-5}$  [mm].

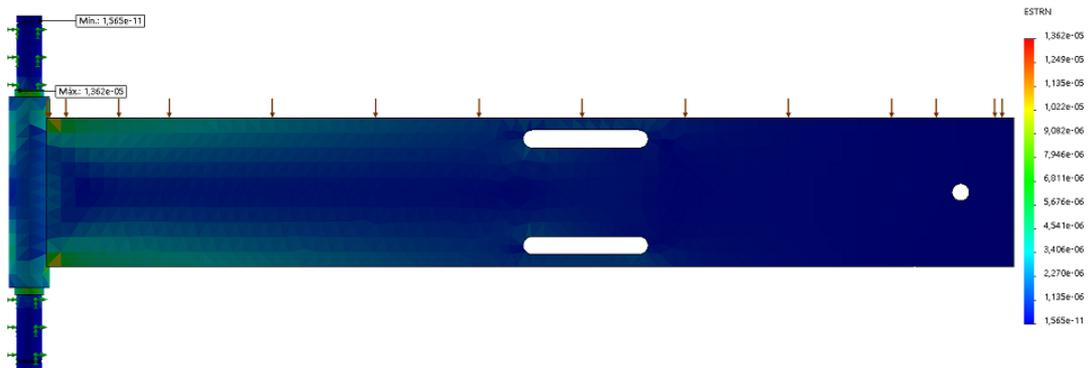


Figura 36: *Análisis de la deformación unitaria en el soporte principal de sellado*

En la figura 37, se observa el factor de seguridad de la pieza antes de la rotura, en donde se obtiene un factor de seguridad de 100.8, por lo tanto, este diseño no presenta ningún problema para su aplicación.

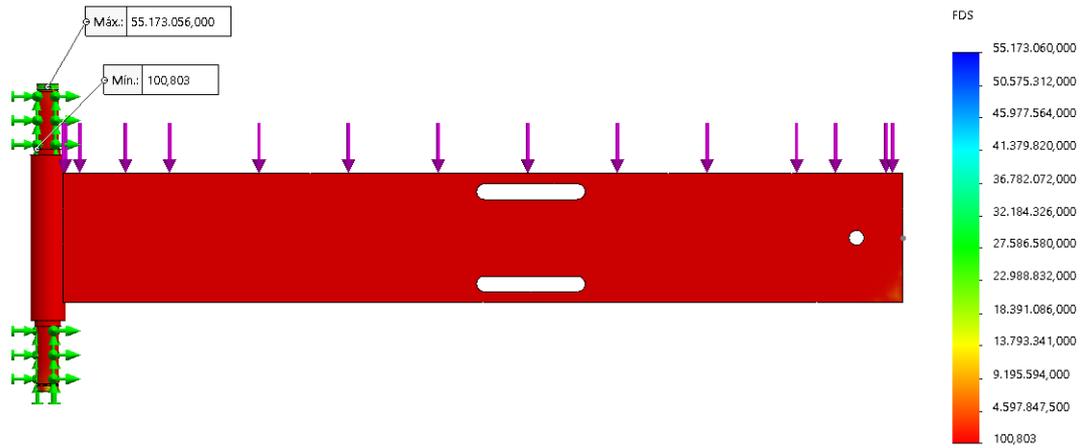


Figura 37: Factor de seguridad del soporte principal de sellado

### 3.1.11. Sellado horizontal

A partir del diseño de la funda con un ancho de 200 [mm], se realizó el mecanismo de sellado horizontal como se observa en la figura 38.

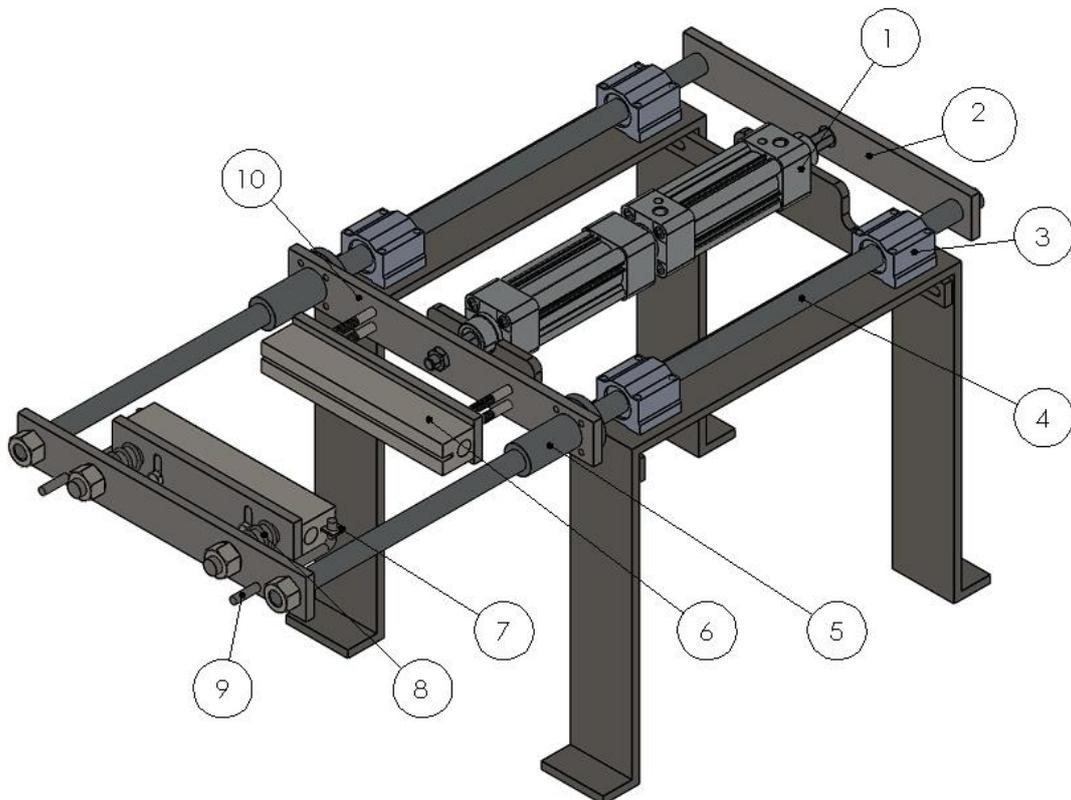


Figura 38: Diseño del sistema de sellado horizontal.

Este mecanismo funciona con 2 cilindros neumáticos para aplicar presión, logrando el sellado y el corte de la funda. Estos son controlados por una electroválvula que es gobernada por un PLC. En la tabla 21 se detalla las partes principales del mecanismo.

*Tabla 21. Partes del sistema de sellado horizontal*

<b>Número</b>	<b>Parte</b>	<b>Detalle</b>
1	Cilindro neumático	Ayuda a cerrar y abrir las mordazas y realizar el corte de la funda.
2	Placa de empuje posterior	Transmite el movimiento para la mordaza con cuchilla
3	Brida cuadrada con rodamiento lineal	Facilita el movimiento del eje
4	Eje 20 [mm]	Parte de la transmisión del sistema de sellado
5	Brida redonda con rodamiento lineal	Facilita el movimiento del eje
6	Mordazas 220 [mm]	Sella la funda por termo transferencia con relieve triangular
7	Cuchilla dentada	Facilita el corte de la funda
8	Muelle helicoidal	Facilita el retorno de la mordaza después de cortar la funda
9	Guía de cuchilla	Facilita la calibración del corte de la funda
10	Placa de empuje delantero	Transmite el movimiento para la mordaza

Además, en la tabla 22 se detalla el peso de cada componente, que se obtuvo a partir del software SolidWorks, el cual ayudará a la selección de los cilindros neumáticos.

*Tabla 22. Detalle del peso del sistema de sellado*

<b>Número</b>	<b>Parte</b>	<b>Peso [kg]</b>
1	Mordaza posterior	1.70
2	Mordaza delantera	1.88
3	Soporte de mordaza	0.78

4	Placa de empuje posterior	1.20
5	Placa de empuje delantero	1.16
6	Soporte de mordaza posterior	1.21
7	Soporte de mordaza delantero	0.78
8	Pernos y ejes	0.15
Total, peso		8.86

### 3.1.12. Diseño de mordazas de cierre horizontal

Los puntos para tomar en cuenta en el sellado horizontal son: el área de sellado, el tipo de rugosidad a transmitir en la funda, en este caso la rugosidad es triangular, además, para que sea un diseño simple se realizó el sellado superior e inferior en la misma mordaza, dejando una ranura para el ingreso de la cuchilla de 4 [mm], como se muestra en la figura 39.

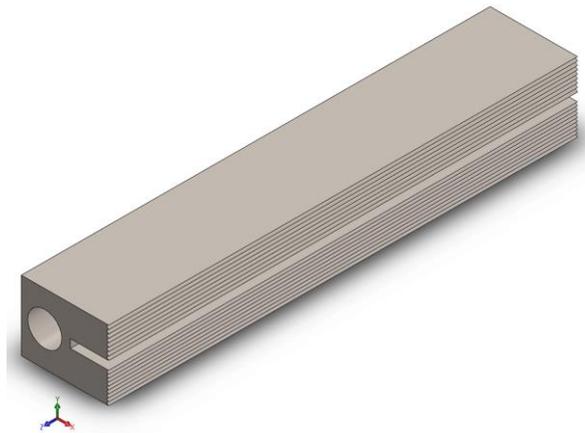


Figura 39: Diseño de la mordaza vertical

### 3.1.13. Diseño de la cuchilla de corte

La cuchilla de corte se diseñó a partir de la distancia de la mordaza horizontal más la longitud necesaria para las guías de calibración, también se consideró que el filo debe de ser tipo sierra como se muestra en la figura 40 con el fin de cortar con mayor facilidad la funda.



Figura 40: Diseño de la cuchilla de corte.

### 3.1.14. Diseño del eje principal de sellado horizontal

Para este diseño se analizó las cargas que tiene este sistema detalladas en la tabla 22, el cual es de 8.86 [kg]. A partir de este dato se partió con la simulación en el software en SolidWorks, en la figura 41 se expresa el diagrama de cargas. Donde se obtiene un desplazamiento máximo de 1.7 [mm].

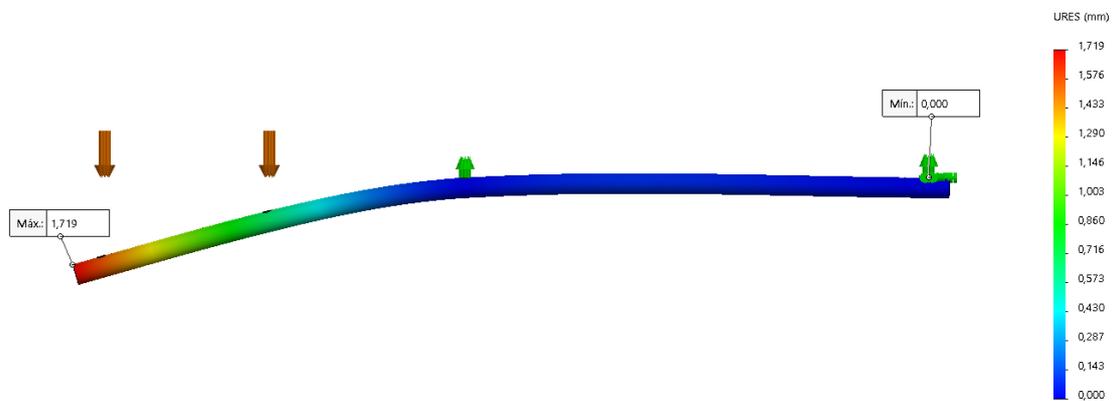


Figura 41: Análisis de desplazamiento en el eje principal de sellado

En la figura 42 se analizó el límite elástico, siendo para este caso de 514.92 [Mpa].

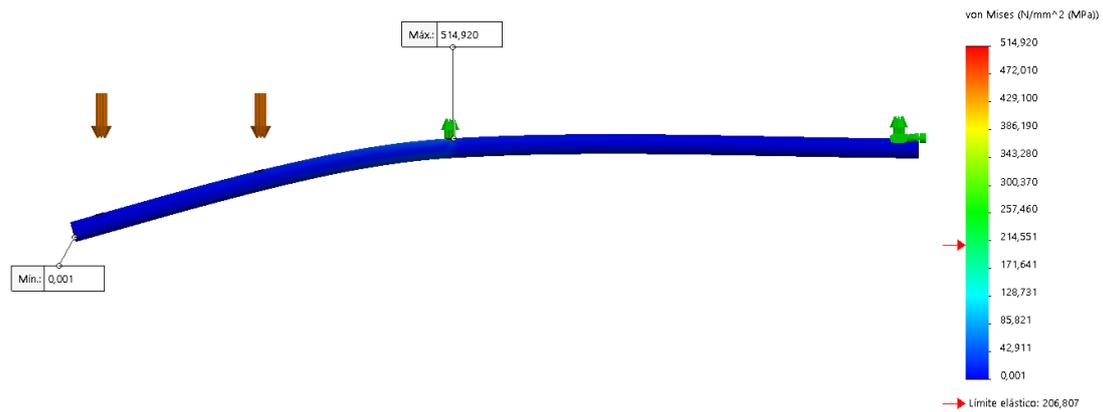


Figura 42: Limite elástico para el eje principal de sellado

En la figura 43, se analizó el factor de seguridad para este eje, siendo el mínimo de 14.44, con lo que se concluye que este diseño es apropiado para este mecanismo.

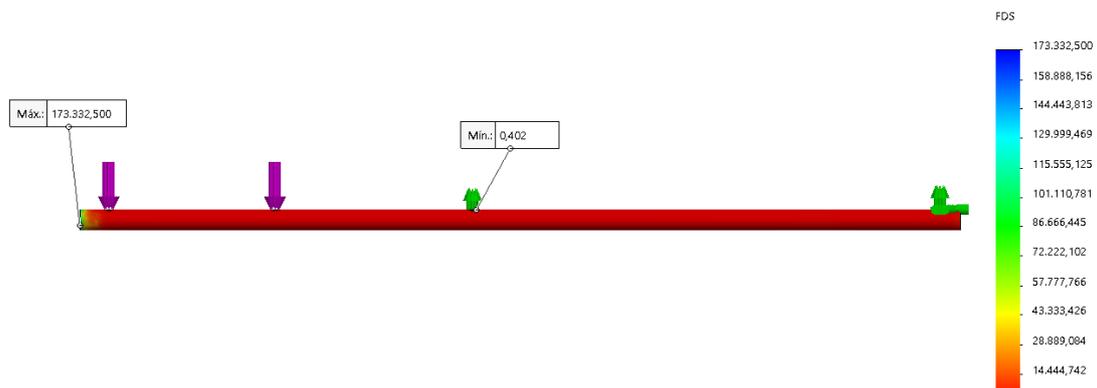


Figura 43: Factor de seguridad del eje principal de sellado

### 3.1.15. Diseño de la estructura de la máquina

A partir de los elementos necesarios para realizar el empaque se procedió a realizar el diseño de la estructura, en donde irá apoyado todos, el sistema de dosificación, el formado, el sellado vertical y horizontal. La estructura de la máquina se aprecia en la figura 44. Donde se puede observar que la tensión máxima es de 2108.84 [kg/cm<sup>2</sup>].

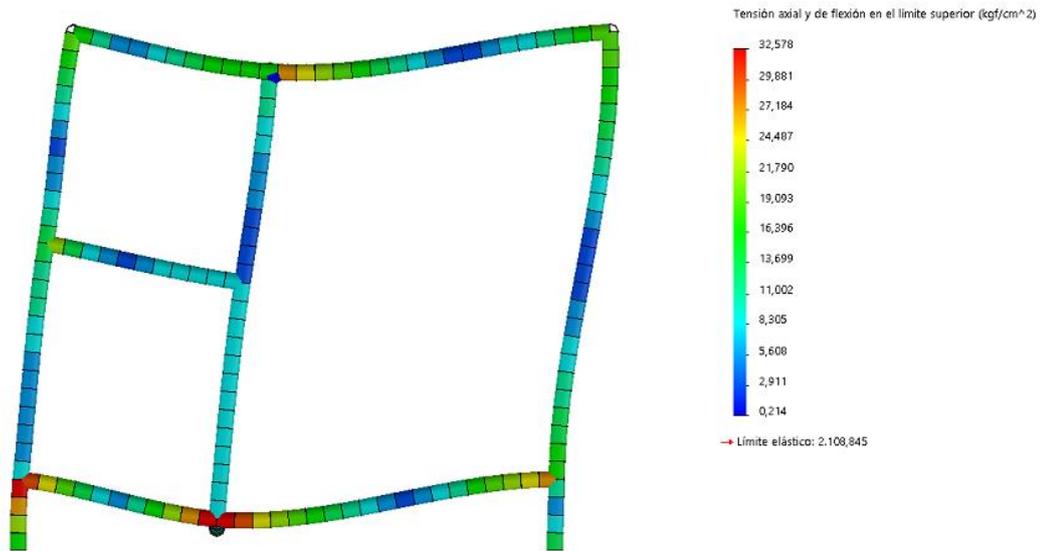


Figura 44: Análisis detenciones en la estructura

En la figura 40, se puede apreciar los desplazamientos que tiene la estructura siendo el mayor de 0.1 [mm]. con respecto a la carga del sistema de sellado horizontal.

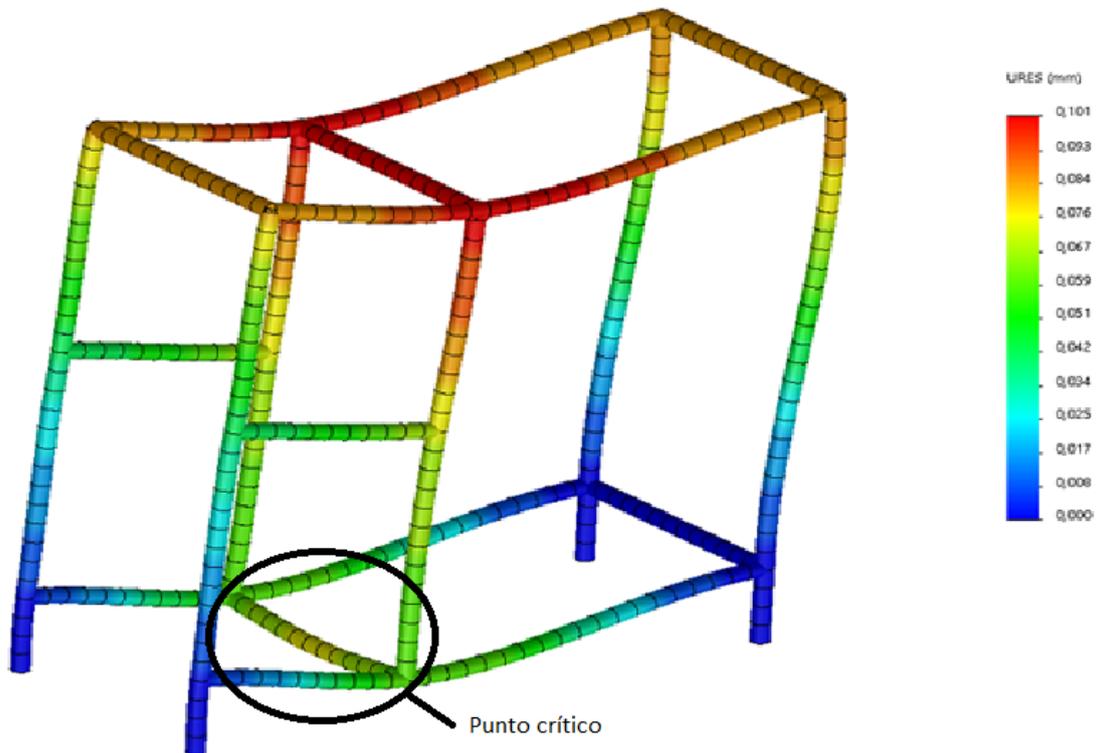


Figura 45: Análisis de desplazamiento de estructura

### 3.1.16. Factor de seguridad en la estructura

El factor de seguridad se obtuvo a partir del corte de la sección de in de 560 [mm], este punto se eligió a partir de los puntos críticos de la estructura determinada en la figura 45. En la figura 46 se analiza las cargas aplicadas en este tramo, las cuales son de 10 [Kg/f] o 98.06 [N]. Esta carga se distribuye en cuatro puntos. Por seguridad se coloca sobrecargas imprevistas de P1 de 30 [N] y P2 de 40 [N].

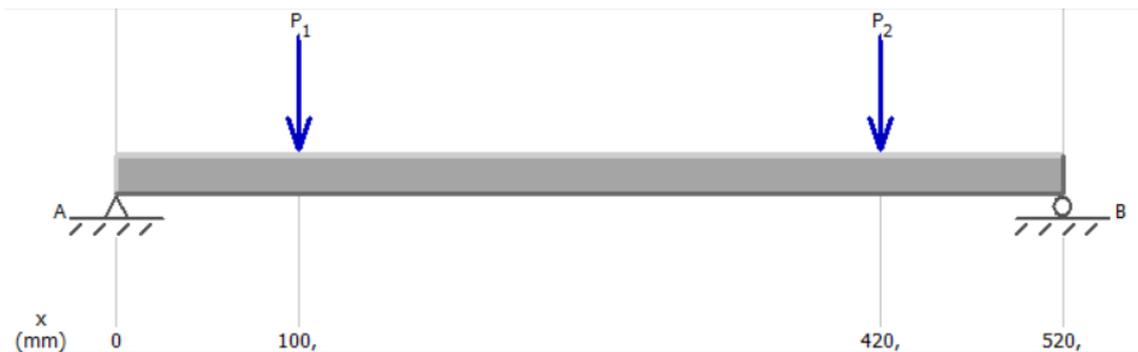


Figura 46: Diagrama de cargas

En la figura 47, se observa el momento flector máximo del punto crítico.

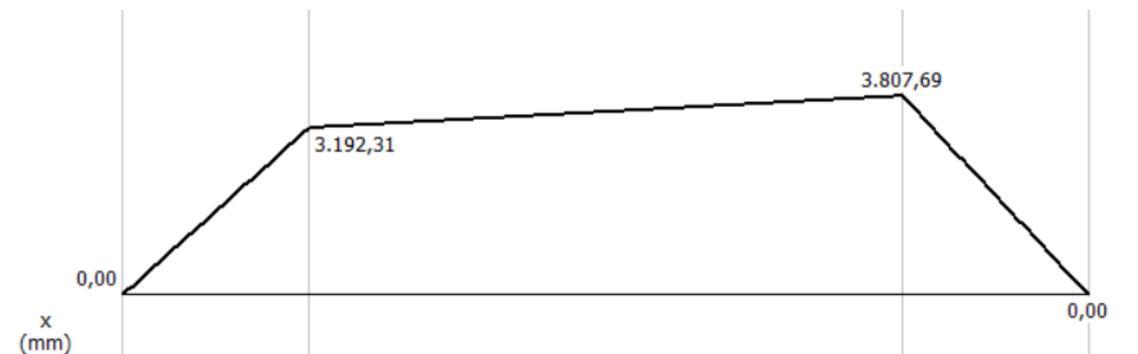


Figura 47: Momento flector máximo

A partir de la ecuación (8) se obtiene el módulo de sección para las cargas mencionadas:

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad (8)$$

$$0.6 S_y = \frac{M}{S}$$

$$S = \frac{M}{0.6 S_y}$$

$$S = \frac{3.82 [N * m]}{0.6 * (300 * 10^6 [N/m^2])}$$

$$S = 2.12 * 10^{-8} [m^3] \cong 0.0212 [cm^3]$$

Donde:

- $\sigma$ : esfuerzo admisible en flexión:  $0.6 S_y$
- M: momento flector máximo
- S: Modulo de sección
- $S_y$ : Resistencia del material

Como se puede apreciar el módulo de sección es de  $0.02 [cm^3]$  para esta carga, por lo tanto, por estética y por existencia en bodega del material se utilizó el tubo cuadrado inoxidable AISI 304 de  $1 \frac{1}{2} [in]$  x  $1.5 [mm]$ . A partir de Anexo 7, se obtuvo el módulo de sección de  $2.74 [cm^3]$ . A partir de este dato se encontró el factor de seguridad para este perfil.

$$\sigma_t = \frac{M}{S} \quad (9)$$

$$\sigma_t = \frac{3.82 [N * m]}{2.7410^{-6} * 10 [m^3]}$$

$$\sigma_t = 13.9 [MPa]$$

Donde:

- $\sigma_t$ : esfuerzo de trabajo
- M: momento flector máximo
- S: Modulo de sección
- $S_y$ : Resistencia del material

A partir del esfuerzo de trabajo para este material se partió a encontrar el factor de seguridad descrito en la siguiente ecuación (10):

$$f_s = \frac{0.6 S_y}{\sigma_t} \quad (10)$$
$$f_s = \frac{0.6 * (300[MPa])}{13.9 [MPa]}$$

$$f_s = 12.94$$

Por lo tanto, se obtiene un factor de seguridad de 12.94, por lo que se comprueba en el software de Solid Works el factor de seguridad es aproximado al obtenido en la ecuación (8), el cual se ilustra en la figura 48.

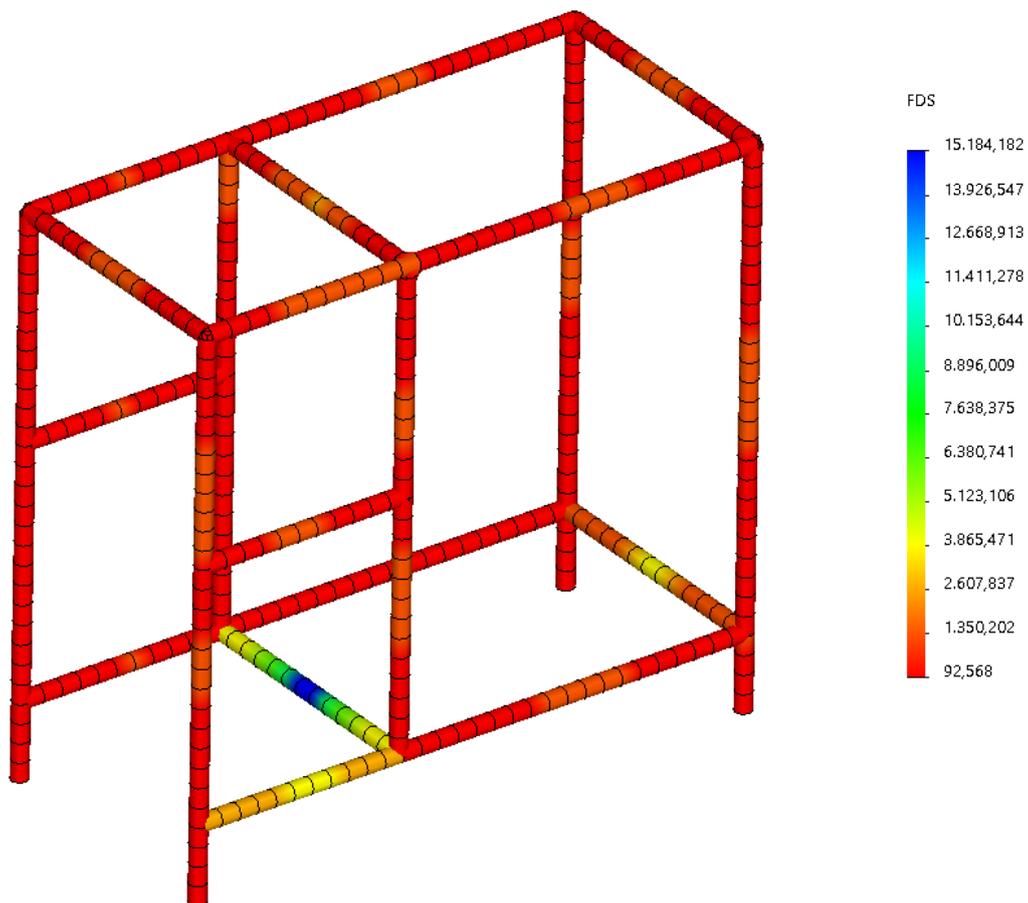


Figura 48: Factor de seguridad en la estructura.

### 3.1.17. Elección de cilindros neumáticos

Para la elección de los cilindros neumáticos, se partió del peso que estos van a mover, para el caso del sistema de sellado horizontal, que tiene un peso total 5,70 [kg] para el sello delantero y 4.8 [kg] para el sello posterior y su equivalencia representada en la tabla 23.

Tabla 23. Representación de [kgf] a [N].

[kgf]	[N]
5,70	55.89
4.8	47.07

A partir de estos datos y con una presión de 5 [Bar] se selecciona el diámetro del cilindro a partir de la ecuación (12). Además, para este caso el coeficiente de seguridad será de 50% debido a que este cilindro estará sometido a una carga en toda la carrera y se tomará en cuenta la fricción del 10%.

(11)

$$\text{Fuerza teórica} = \text{fuerza efectiva} * \text{coef. de seguridad}$$

$$\text{Fuerza teórica} = 55.89 [N] * 1.10 * 1.50 * 1.9$$

$$\text{Fuerza teórica} = 92.21 [N]$$

Donde:

- $D$ : Diámetro de cilindro
- $\text{Fuerza teórica} [N]$ : fuerza efectiva + coeficiente de seguridad
- Factor cálculo de área: 0,0785

A partir de esta fuerza teórica se procede a obtener, también se consideró la presión de sellado es de 120 [N]

$$D = \sqrt{\frac{\text{Fuerza teórica} [N] + \text{presión de sellado} [N]}{\text{Presión} [Bar] * 0.0785}} \quad (12)$$

$$D = \sqrt{\frac{92.21 [N] + 120[N]}{5[Bar] * 0.0785}}$$

$$]D = 23.32 [mm]$$

### 3.1.18. Diseño del sistema neumático

El diagrama neumático utilizado para la máquina, descrita en la figura 49, consta de la unidad de mantenimiento el cual, garantiza el correcto funcionamiento y prolonga la vida útil de los componentes y sistemas neumáticos.

La activación de los cilindros neumáticos en el sellado vertical y horizontal se realiza mediante el uso de electroválvulas biestables. Estas electroválvulas son capaces de mantener su posición sin requerir una señal de control constante.

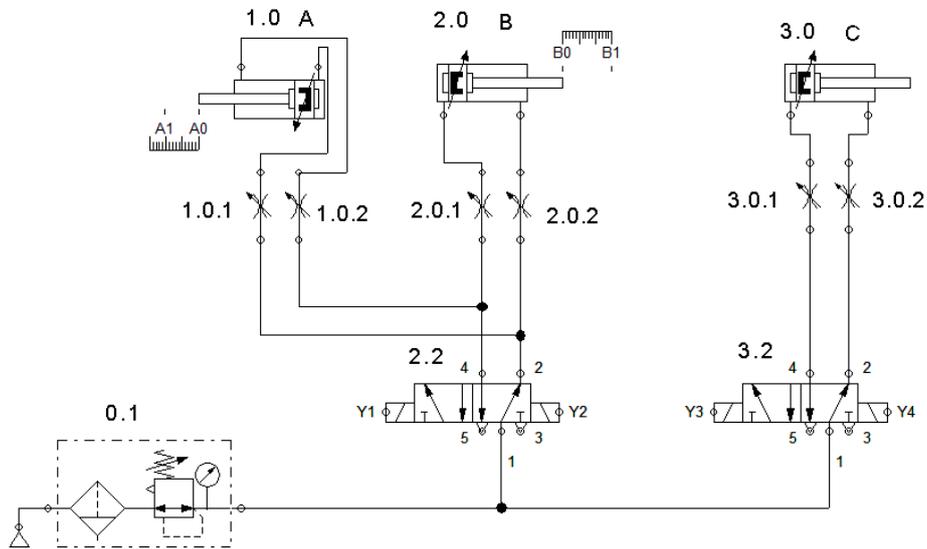


Figura 49: Diseño del diagrama neumático

En la figura 50, se presenta el diagrama eléctrico de cada válvula, estas se activan con 24 [VDC] que está dada por la señal de control del PLC, estas salidas son Q0.5, Q0.6 y Q0.7.

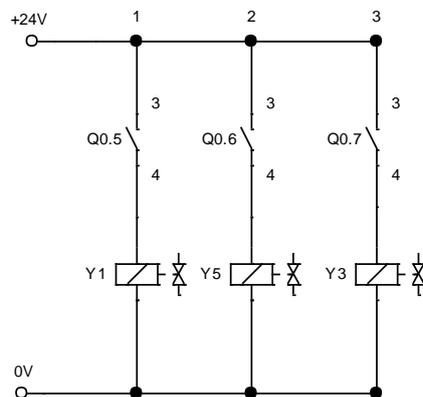


Figura 50: Representación del diagrama eléctrico de las electroválvulas

### 3.1.19. Diseño del sistema eléctrico de la máquina

En la figura 51 se presenta el diagrama que ilustra la conexión eléctrica de la máquina, que incluye la fuente de alimentación de 24 [VDC] para el PLC y 60 [VDC] para el motor a pasos, esta conexión está representada en el anexo 45. Por otra parte, para el control del usuario consta un interruptor principal de encendido, dos pulsadores para el arranque y parada del proceso, además constará de un paro de emergencia el cual cortará el suministro de energía a toda la máquina. También, se representa la conexión a los controladores de temperatura a 220 [V] y la conexión de la pantalla HMI. Finalmente, estas conexiones eléctricas ira montado en un tablero de 50x50x30 [cm], con la finalidad de organizar y proteger contra sobretensiones y cortos circuitos, garantizando la seguridad del operador.

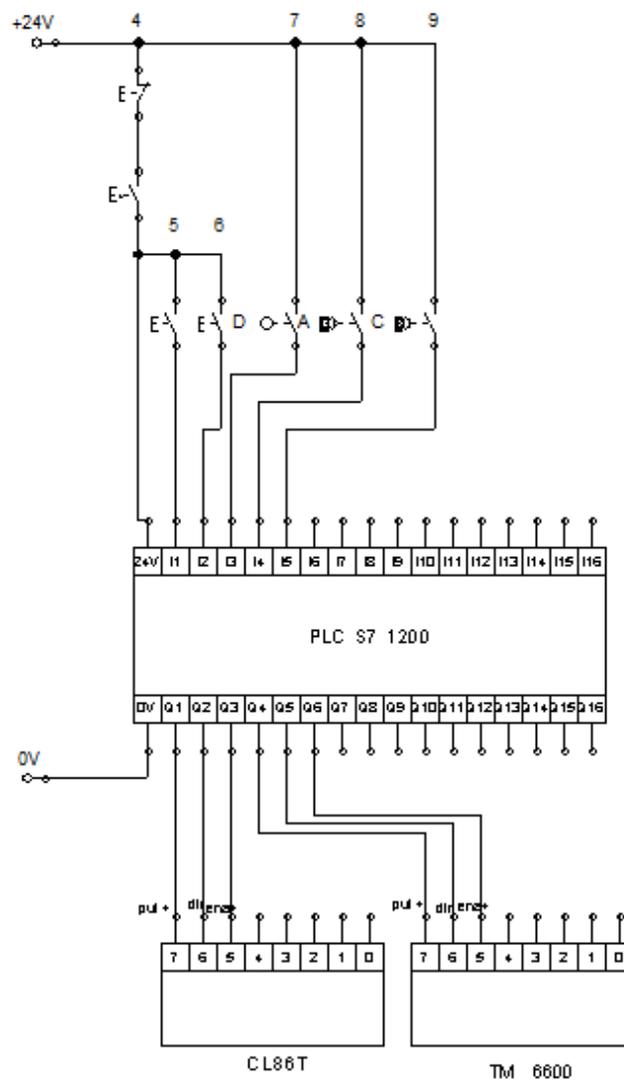


Figura 51: Diagrama eléctrico

### 3.1.20. Diagrama de conexiones del motor a pasos

En la figura 52 se ilustra el diagrama de conexiones para el motor a pasos, el cual estará conectada al controlador de motor a pasos TB6600, este se ocupará para el movimiento de la dosificación. El voltaje de alimentación es de 24 [VDC].

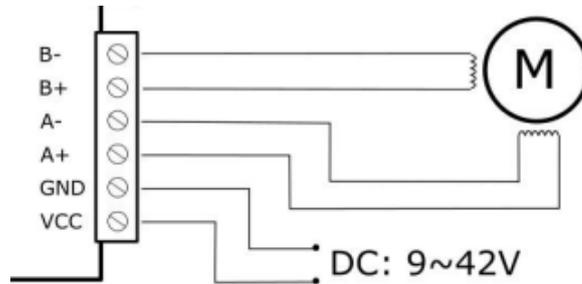


Figura 52: Diagrama de conexión del controlador del motor a pasos

En la figura 53, se ilustra el diagrama de conexiones del controlador del motor a pasos hacia el PLC S7 1200, además la conexión es de cátodo común y conectada con resistencias de 2 [kΩ], como especifica el fabricante.

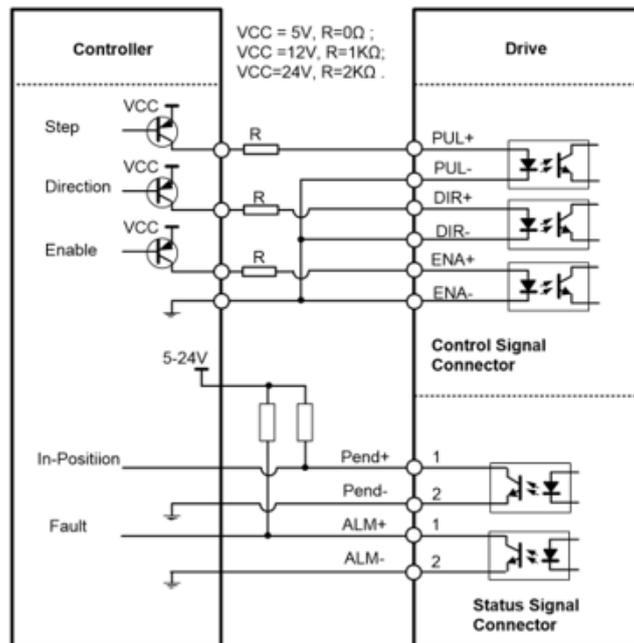


Figura 53: Diagrama de conexión de cátodo común

### 3.1.21. Diagrama eléctrico para controladores de temperatura

Los controladores de temperatura colocados en esta máquina son de la marca Rex-C100, el cual se encarga de medir la temperatura en las mordazas por medio de una termocupla tipo J. Luego la compara con el valor deseado o setpoint, y realizar ajustes en el sistema de calefacción del sistema de sellado, con el fin de llegar fácilmente al punto de sellado del polipropileno. En la figura 54 se aprecia el diagrama de conexión eléctrica implementado en el sellado horizontal de esta máquina

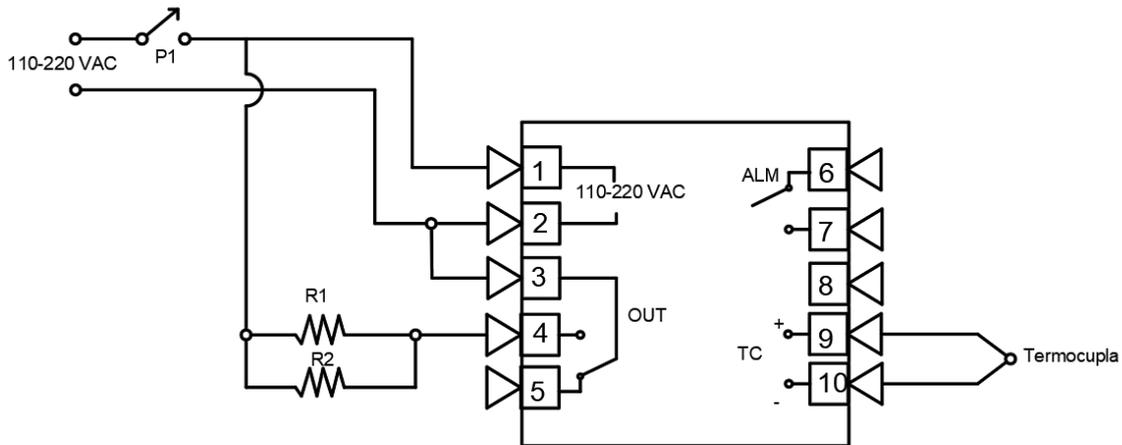


Figura 54: Diagrama eléctrico del controlador de temperatura del sellado horizontal

De igual manera, en la figura 55, en el sellado vertical se utilizó un control de temperatura, estos son independientes ya que la temperatura de sellado no es la misma para el sellado vertical como horizontal.

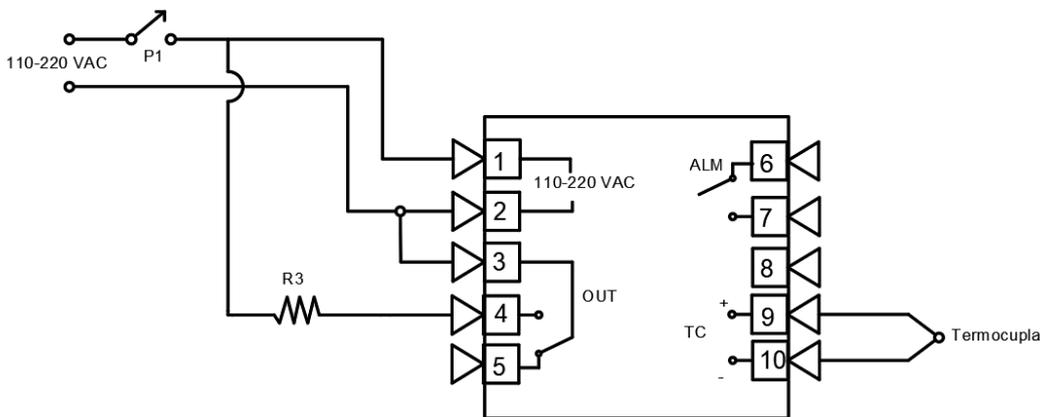


Figura 55: Diagrama eléctrico del controlador de temperatura del sellado vertical

Además, los valores de calibración de PID que están calibrados acorde al manual del fabricante. Estos valores están descritos en la tabla 24.

Tabla 24. Representación de los valores PID establecidos por el fabricante

Descripción	Explicación	Parámetros por defecto
P	Banda proporcional	30
I	Tiempo integral	240 [s]
D	Tiempo derivado	60 [s]
t	Periodo de trabajo	20 [s]

En la figura 56, se ilustra la implementación de los controladores de temperatura en el gabinete eléctrico.



Figura 56: Implementación de los controladores de temperatura.

### 3.1.22. Diagrama de flujo de la máquina empacadora y dosificadora

En la figura 57, se presenta un esquema que ilustra el proceso del empaquetado de snack, el proceso comienza con la puesta en marcha de la máquina, que incluye posicionamiento preciso de los motores a pasos del dosificado y los actuadores neumáticos del sellado. Además, se encienden los controles de temperatura para asegurar que el sello en la funda se mantenga a una temperatura adecuada durante todo el proceso.

Una vez que la máquina está en marcha, se comienza a introducir el producto en el sistema de dosificado. El producto pasa por los cilindros volumétricos para luego ser enviado hacia la funda ya preformada. Por otra parte, a través de sensores en los cilindros neumáticos se detecta la posición de las mordazas que realizan el sellado sincronizando con el dosificado, con el fin de evitar que el producto quede atascado. De esta manera se repite el proceso con cada funda.

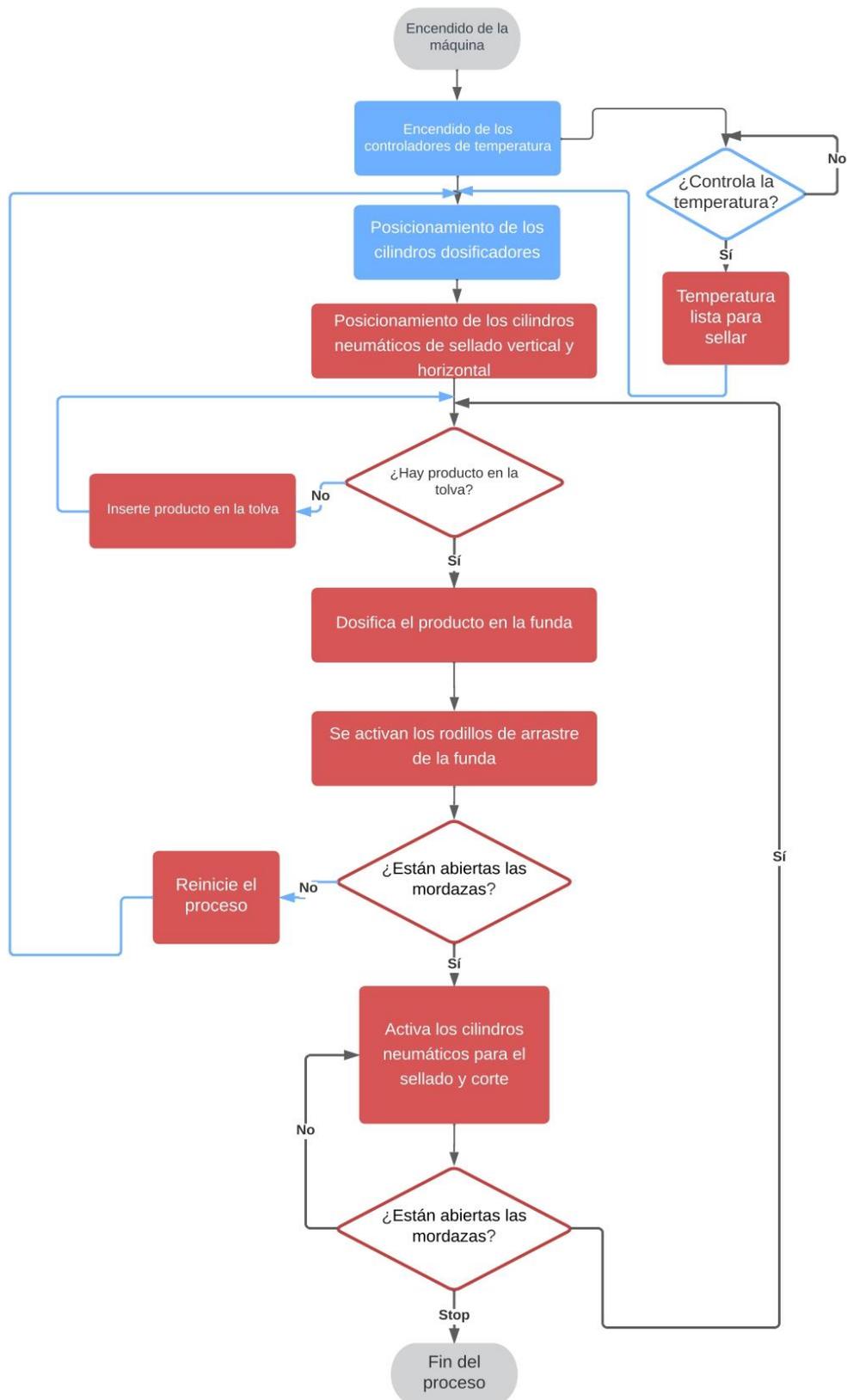


Figura 57: Diagrama de flujo del Proceso de la máquina empacadora

### 3.1.23. Diseño de la interfaz en el HMI

El HMI (Human Machine Interface) de esta máquina es un Kinco de 7 [in] de la serie Green, seleccionado por su bajo costo y sus características avanzadas para este precio. La conexión está dada a través de la interfaz ethernet, permitiendo una comunicación directamente con el PLC S7 1200, además, el diseño se lo realizó en el software Kinco Dtools.

El diseño de la interfaz del usuario se diseñó con la finalidad de observar la cantidad de empaques realizados, como también poder cambiar el largo de la funda. También se incluyó los pulsadores de star y stop para inicializar el proceso de empaqueo, como también la posibilidad de encender o apagar el sistema de dosificación, como se observa en la figura 58.

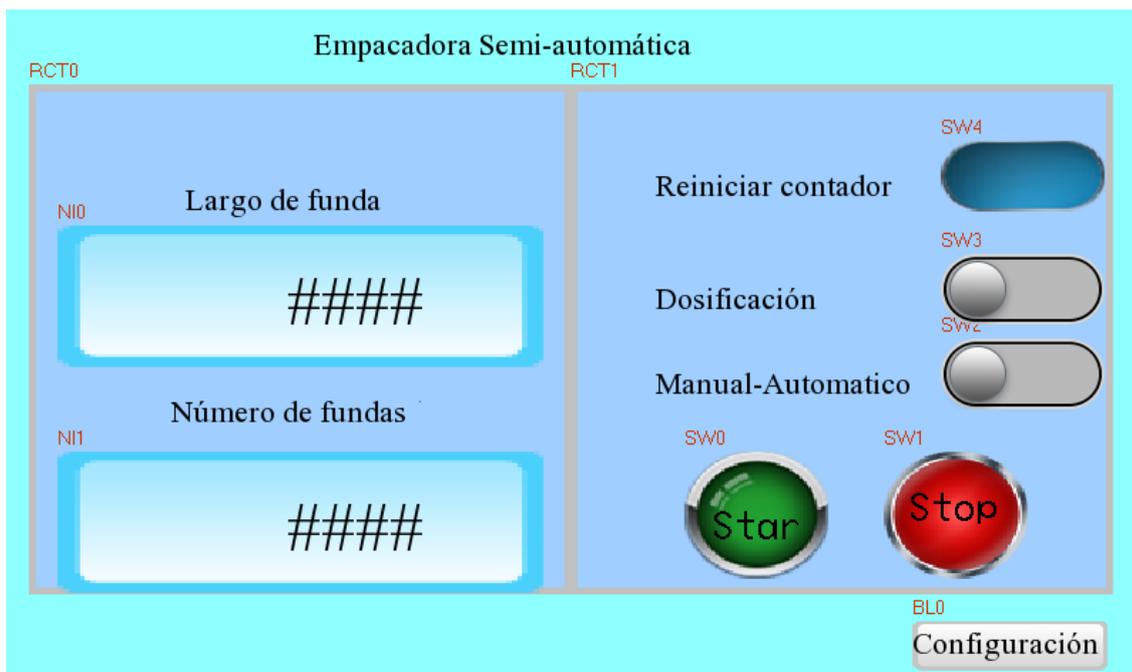


Figura 58: Pantalla de inicio en el HMI

En la figura 59, se muestra el panel de configuraciones, donde se puede ajustar el tiempo de sellado vertical y horizontal, además, se varía la velocidad de dosificación, el cual ayudará a la calibración del producto. Seguido de eso se incluyó el home manual para el dosificado.

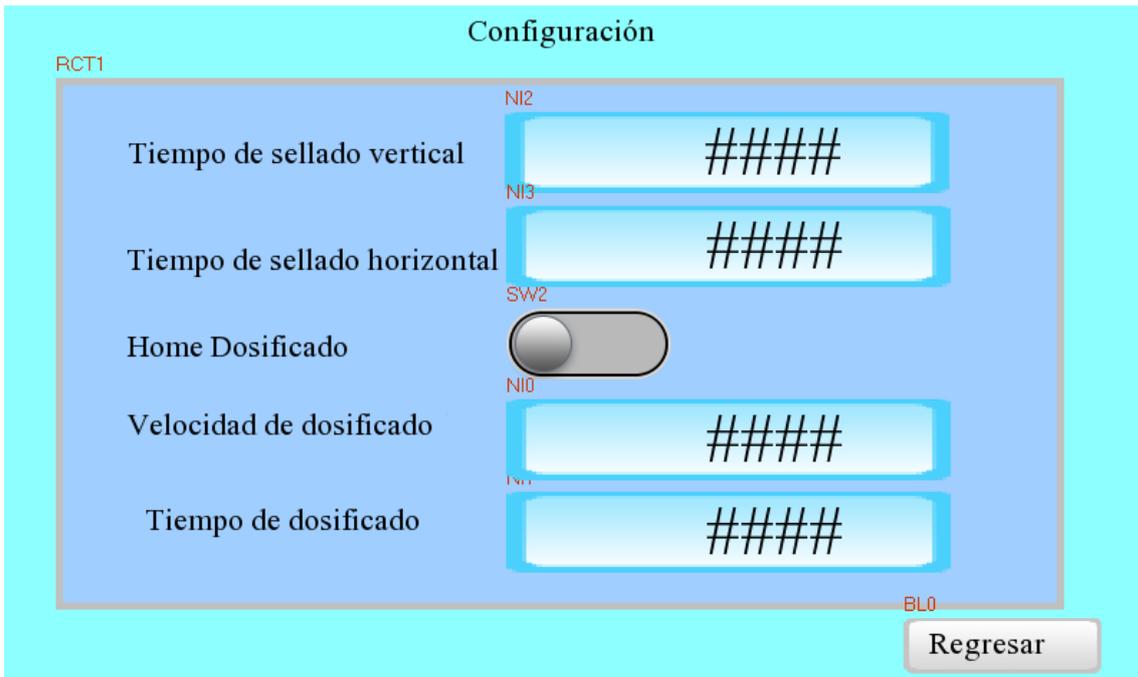


Figura 59: Pantalla de configuración en el HMI.

Finalmente, en la figura 60, se puede observar la implementación de la pantalla Kinco en el gabinete de conexiones de la máquina.



Figura 60: Implementación del HMI en el gabinete

# CAPÍTULO 4

## 4.1. Análisis y resultados

En este capítulo se analiza los resultados obtenidos en el sellado, también se analizó la presión y la temperatura de trabajo, mediante la realización de diversas pruebas.

### 4.1.1. Pruebas de los parámetros PID en el controlador de tempera

De acuerdo con el anexo, se ha realizado pruebas de control con los parámetros establecidos por el fabricante, con la finalidad de ver el control que se realiza en el sistema, de igual manera se analizó el tiempo que tarda en llegar a la temperatura establecida en el Setpoint es de 15 [min]. En la tabla se expresa tiempo vs temperatura, tomando datos cada 1 [min].

Tabla 25. Muestreo de temperatura vs tiempo

Tiempo [min]	Temperatura en sellos verticales [°C]	Temperatura en sellos horizontales [°C]
2	20	20
4	46	53
6	76	86
8	80	103
10	103	123
12	125	143
14	110	150
16	115	156
18	112	153
20	108	148
22	110	150
24	110	151
26	110	150

A partir del muestreo se comprobó que los parámetros establecidos por el fabricante son los adecuados para esta aplicación, en la figura 61 se representa la curva del control PID que realiza en controlador de temperatura para el sellado vertical.

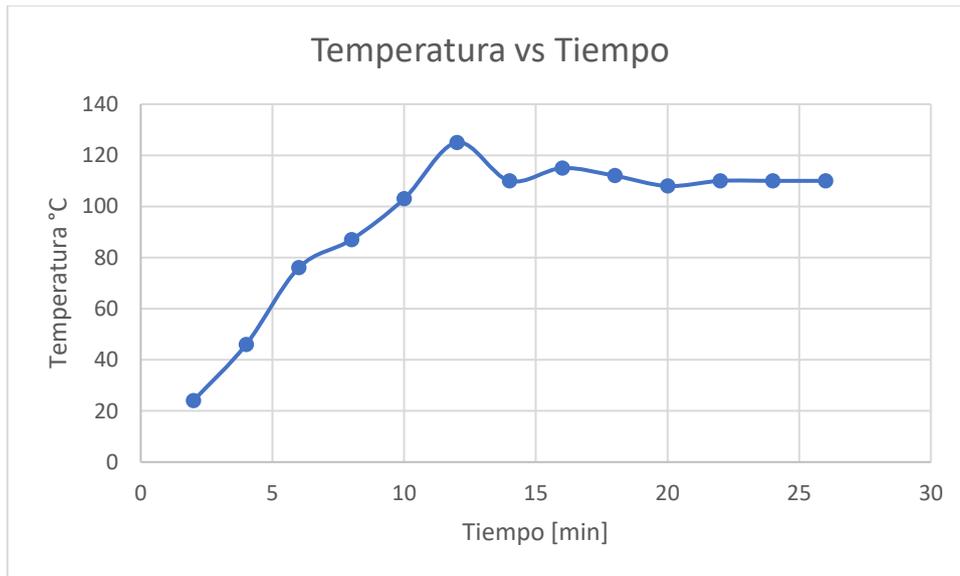


Figura 61: Muestreo PID del sellado vertical

En la figura 62 se representa, el muestreo obtenido por el controlador de temperatura para el sello horizontal, en donde se observa que el control a través de los valores establecidos por el fabricante son los adecuados.

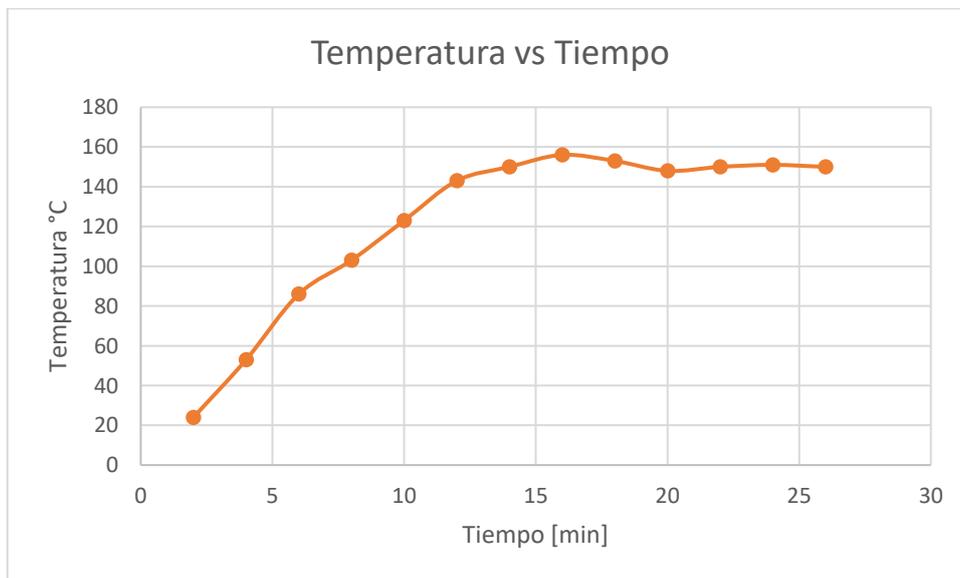


Figura 62: Muestreo PID del sellado horizontal

#### 4.1.2. Pruebas de sellado

El sellado depende de varios factores, incluyendo la temperatura, velocidad y la presión. Para conseguir el punto adecuado se realizan varias pruebas con el fin de ajustar el tiempo y la temperatura en función de la velocidad. A altas velocidades se requiere una temperatura más alta, mientras que a bajas velocidades se requiere una temperatura

menor. También, la presión de sellado se controla por medio de la presión ejercida en el cilindro, para este proyecto con un máximo de 6 bares. Sin embargo, para considerar la presión media, se utiliza la presión cuando la máquina está en funcionamiento, con el fin de garantizar uniformidad y fugas en el empaque. Por lo tanto, se realizó un monitoreo continuo del sellado vertical y horizontal, como también pruebas en el corte de la funda. En la figura 63 se puede apreciar el sellado realizado con menor velocidad y mayor temperatura, en conclusión, este sellado está por encima de su punto, a partir de este punto se realizó correcciones en el sellado.



*Figura 63: Pruebas de sellado*

Para obtener el punto adecuado en el sellado se realizó varias pruebas que están representadas en la tabla 24. Donde se expresa el tiempo de sellado, presión de trabajo y temperatura, hasta obtener el sellado adecuado. Además, se debe de considerar que el sello no se debe de romper antes de la funda

*Tabla 26. Análisis de sellado a temperatura constante*

<b>Tiempo de sellado [s]</b>	<b>Presión de sellado [Bar]</b>	<b>Temperatura de sellado [°C]</b>	<b>Calidad de sello</b>
1.5	5	150	Regular
1.25	5	150	Regular
1.00	5	150	Aceptable
0.75	5	150	Excelente

A partir de las calibraciones en la máquina, se obtuvo el sellado como se muestra en la figura 64, donde se puede apreciar el corte y el relieve triangular, también se aprecia el sello vertical, este es liso, es decir sin relieve.



*Figura 64: Sellado adecuado*

#### **4.1.3. Análisis económico de la máquina**

Se analizó los gastos económicos que tuvo la máquina, incluyendo los materiales, componentes eléctricos y manos de obra.

##### **4.1.3.1 Construcción mecánica**

En la tabla 27, se detallan la lista de elementos ocupados, con su costo correspondiente

*Tabla 27. Análisis de costos de la construcción mecánica*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio por unidad [\$]</b>	<b>Precio total [\$]</b>
1	Soportes de sellado	40	40
2	Soportes de cilindro	10	20

3	Mordazas	75	225
1	Soporte del cuello formador	45	45
1	Cuello formador	40	40
1	Soporte del tubo integral	45	45
1	Tubo integral	20	20
1	Eje	15	15
1	Soporte principal de dosificado	10	10
1	Soporte secundario	15	15
1	Tolva de almacenamiento	25	25
2	Cilindros dosificadores	10	20
1	Carril	8	8
2	Eje de 8 mm	4.50	9
4	Soporte del eje	4.50	9
4	Rodamiento lineal	6	24
1	Estructura del sistema de dosificación	25	25
1	Tolva de dosificación	20	20
1	Sistema de sellado horizontal	550	550
1	Estructura principal	250	250
1	Gabinete	65	65
2	Cilindros estándar 700 x40 [mm]	75	150
1	Mini cilindro 16 x 100 [mm]	45	45
<b>Total</b>			1650 \$

#### 4.1.3.2 Construcción eléctrica y de control

En la tabla 28 se detalla en precio de los componentes eléctricos y se obtiene el valor total.

Tabla 28. *Análisis de costos en la construcción eléctrica y de control*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio por unidad [\$]</b>	<b>Precio total [\$]</b>
1	PLC S7 1200 DC/DC/DC	550	550
1	HMI Kinco Series Green 7 [in]	180	180

1	Breaker bifásico	10	10
1	Motor a pasos Nema 24 y tarjeta control	49	49
1	Motor a pasos Nema 34 y tarjeta de control	240	240
25 m	Cable 18 y 14	0.50	12.5
1	Otros elementos	50	50
3	Válvulas biestables 3/2	45	135
<b>Total</b>			1226.5

#### 4.1.3.3 Mano de obra

La mano de obra se estableció a partir del sueldo básico de un ingeniero en Ecuador, el cual es de \$ 500, luego de esto se analizó el valor diario de que es de, a partir de este valor se obtiene el costo de la mano de obra descrita en la tabla 29.

Tabla 29. *Análisis del costo de mano de obra*

<b>Cantidad H</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio por unidad [\$]</b>	<b>Precio total [\$]</b>
240	Mano de obra	3.12	748.80
<b>Total</b>			748.80

#### 4.1.3.4 Total del costo de la construcción de la máquina

Para la obtención del costo final de la máquina empacadora, se realizó una sumatoria de cada uno de los costos mencionados anteriormente y estos están expresados en la tabla 30.

Tabla 30. *Análisis del costo total de máquina*

<b>Nombre del costo</b>	<b>Valor [\$]</b>
Costo de construcción mecánica	1650
Costo de construcción eléctrica y de control	1226.5
Costo de mano de obra	748.80
<b>Total</b>	3625.30

#### XIV. CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio del estado del arte referente a los diferentes sistemas que compone la empacadora como el sistema de sellado, dosificación y formado, obteniendo la mejor alternativa a partir de criterios de evaluación planteados. Con la finalidad de obtener una eficiente operación y una calidad adecuada en el producto final. De igual se consideró los parámetros de trabajo, como el material de la funda de polipropileno de 40 micras con una la longitud de funda de 260 [mm], como también el voltaje de trabajó de 220 [VAC].
- Se utilizó software para diseño CAD para crear todos los componentes de la máquina, con el objetivo de mejorar el diseño a través del análisis de tensiones, flexión y factores de seguridad. Este enfoque permite identificar y solucionar posibles problemas antes de la fabricación de la máquina. Con esto se obtuvo para un factor de seguridad 12.94 para la estructura, estos valores garantizan el correcto funcionamiento de la máquina para su posterior construcción.
- Se diseñó la interfaz de operación a través del HMI en donde se podrá modificar el largo de la funda, como también los parámetros de sellado.
- Se construyó la máquina empacadora de snacks a partir del diseño CAD, con ayuda de herramientas, como por ejemplo el torno, fresadora, además para la unión de los soportes se utilizó el proceso de soldadura TIG, una vez construido, se realizó el sistema neumático y eléctrico. Además, se realizó la programación de control para la máquina con un PLC S7 1200 y finalmente se realizó las conexiones del controlador para las resistencias eléctricas de 220 [VAC] de 300 [W].
- Mediante evaluación heurísticas se realizó las calibraciones de los controladores de temperatura con los valores mencionados en tabla 24, estos valores permitieron que el sellado vertical y horizontal sea adecuado para que el producto se mantenga hermético, además se ajustó el tiempo de sellado de 0.75 [s], detallado en la tabla 26, donde se mantuvieron los valores de temperatura 150 [°C] para el sello horizontal y 110 [°C] para el sello vertical.

## XV. RECOMENDACIONES

- La temperatura y presión de sellado no son iguales para los diferentes materiales, por lo que se recomienda realizar pruebas de sellado para encontrar el punto adecuado en cada uno de estos parámetros.
- Para los snacks de tamaños irregulares se recomienda utilizar otro tipo de dosificación, como por ejemplo la dosificación por balanzas, este sistema permite dosificar productos irregulares, la desventaja de este es que su velocidad de trabajo es mínima comparado con la dosificación por vasos volumétricos.
- Se recomienda utilizar en el sistema neumático una presión mayor a 5 [Bar], si es mayor se puede obtener mayor velocidad de trabajo. Además, el corte de la funda no trabaja por debajo de esta presión.
- Se recomienda capacitar al operario, en los temas de uso y seguridad de la máquina. Ya que el sistema de sellado trabaja a altas velocidades, como también, su temperatura de trabajo es mayor a los 100 [°C], pudiendo causar fácilmente quemaduras.

## XVI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Francisco and M. Carrillo, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA CONTROLADA POR PLC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SNACKS DE LA EMPRES,” p. 194, 2013.
- [2] J. Zamora, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL PESAJE Y SELLADO DE FUNDAS DE HARINA DESDE 0.5 HASTA 2 LIBRAS, CON SUPERVISIÓN REMOTA PARA EL COMERCIAL JACQUELINE, UBICADO EN LA CIUDAD DE AMBATO,” 2019.
- [3] E. P. Moreno Zapata, “Maquina dosificadora de arroz,” p. 198, 2010.
- [4] E. G. Gualpa Cando and D. A. Rubio Rubio, “Diseño e implementación de una máquina semiautomática de pesado y sellado de productos granulados en el supermercado castro.,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, vol. 1, p. 101, 2018.
- [5] E. D. Herrera Bellodas and R. S. Lumbres Álvarez, “Diseño de una máquina vertical empacadora, dosificadora y selladora de accionamiento mecánico – neumático controlado por un PLC para fundas de arroz,” *Repos. Inst. - USS*, 2018.
- [6] K. Ge. F, ““DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA CONTROLADA POR PLC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SNACKS DE LA EMPRESA ECUAMEX S.A,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., 1967.
- [7] G. Aguirre, “Sistema de dosificación para una máquina empacadora de snacks,” *Univ. Técnica del Norte*, 2018.
- [8] V. Aguirre and F. Vinicio, “Sistema de dosificación de nachos para una maquina dispensadora,” 2020.
- [9] E. L. Middleton, “AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE ENVASADO VOLUMÉTRICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SNACKS DE LA EMPRESA COFICA EXPORT,” 2019.
- [10] DIPAC, “Dipac,” pp. 198–201, 2020.

- [11] M. R. Castro, “Instalación de Sistemas de Control Electrico Industrial,” *Cent. Desarro. para la Educ. Media, CEDEM*, vol. 7, no. 2, pp. 1–16, 2008.
- [12] L. Miguel and C. Filiu, “Automatismos industriales Paraninfo,” p. 443, 2014.
- [13] J. Ord, “Guía didáctica máquinas y control industrial,” no. April, 2021.
- [14] Antonio Creus Solé, *Neumática e Hidráulica*, MARCOMBO. Madrid-España, 2007.
- [15] P. S. S. y R. H. Alberto Brunete, “Introducción a la Automatización Industrial,” pp. 1–34.
- [16] F. J. C. Nistal, *Automatismos Eléctricos Neumáticos e Hidráulicos*, Paraninfo. Madrid, 2008.
- [17] D. S. Ebel, Siegfried Idler, Georg Prede, “Neumatica y Electroneumática.,” vol. 573031, 2009.
- [18] Ramón Piedrafita Moreno, *Ingeniería de la automatización industrial*. Madrid-España: Alfaomega, 2001.

## XVII. ANEXOS

### ANEXO 1

ASTM AISI	%C	%Mn MAX	%P MAX	%S MAX	%SI MAX	%Cr	%Ni	%Mo	%otros elementos
304	0.08 max	2.00	0.045	0.030	0.75	17.50 / 19.50	8.00 / 10.50	–	N 0.10 max
304L	0.030 max	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00 / 20.00	8.00 / 12.50	–	N 0.10 max

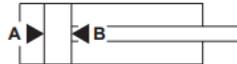
Figura 65: Composición química y mecánicas del acero AISI 304

Resistencia la Tracción Tensile Strength - Rm		Limite Elástico Yield Point Rp 0.2%		Alargamiento Elongation E=50mm	DUREZA HR <sub>B</sub> Max	DUREZA HB Brinell Max	ASTM AISI
Kg/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup> x	Kg/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup> Min	A% Min			
50 - 75	515	750	21	205	40	92	304
50 - 65	485	680	18	170	40	92	304L

Figura 66: Composición mecánica del acero AISI 304

### CILINDRO

mindman



### Fuerza teórica de los cilindros

Unidad: N

Diám. interior (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200		
Vástago (mm)	6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	35	40	50		
Área (mm <sup>2</sup> )	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12272	17671	31416	
	B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11310	16414	29453	
Presión de funcionamiento (MPa)	0,1	A	11	20	31	49	80	126	196	312	503	785	1227	1767	3142
		B	9	17	26	41	69	106	165	280	454	736	1131	1641	2945
	0,2	A	23	40	63	98	161	251	393	623	1005	1571	2454	3534	6283
		B	17	35	53	82	138	211	330	561	907	1473	2262	3283	5891
	0,3	A	34	60	94	147	241	377	589	935	1508	2356	3682	5301	9425
		B	26	52	79	124	207	317	495	841	1361	2209	3393	4924	8836
	0,4	A	45	80	126	196	322	503	785	1247	2011	3142	4909	7068	12566
		B	34	69	106	165	276	422	660	1121	1814	2945	4524	6566	11781
	0,5	A	57	101	157	246	402	629	982	1559	2514	3927	6136	8836	15708
		B	43	87	132	206	346	528	825	1402	2268	3682	5655	8207	14727
	0,6	A	68	121	188	295	482	754	1178	1870	3016	4712	7363	10603	18850
		B	51	104	158	247	415	634	989	1682	2722	4418	6786	9848	17672
	0,7	A	79	141	220	344	563	880	1374	2182	3519	5498	8590	12370	21991
		B	59	121	185	288	484	739	1154	1962	3175	5154	7917	11490	20617
	0,8	A	90	161	251	393	643	1006	1570	2494	4022	6283	9818	14137	25133
		B	68	138	211	330	553	845	1319	2242	3629	5890	9048	13131	23562
	0,9	A	102	181	283	442	724	1131	1767	2805	4524	7069	11045	15904	28274
		B	77	156	238	371	622	950	1484	2523	4082	6627	10179	14773	26508
	1,0	A	113	201	314	491	804	1257	1963	3117	5027	7854	12272	17671	31416
		B	85	173	264	412	691	1056	1649	2803	4536	7363	11310	16414	29453

Figura 67: Fuerza teórica de los cilindros

## ANEXO 2

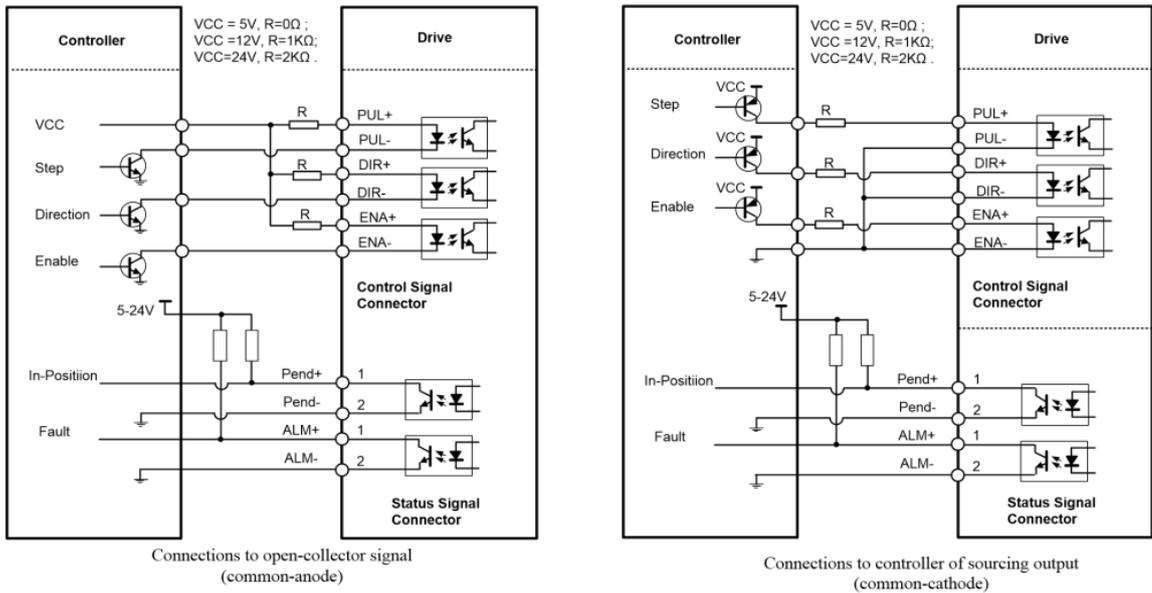


Figura 68: Diagrama de conexiones de Microstep

Parameter	Min	Typical	Max	Unit
Input Voltage	24	48	80	VDC
Output Current	0	-	8.2	A
Pulse Input Frequency	0	-	200	kHz
Logic Signal Current	7	10	16	mA
Isolation Resistance	500	-	-	MΩ

Figura 69: Cuadro de especificaciones del motor a pasos

Cooling	Natural Cooling or Forced cooling		
	Environment	Avoid dust, oil fog and corrosive gases	
Operating Environment	Storage Temperature	-20°C — 65°C (-4°F — 149°F)	
	Ambient Temperature	0°C — 50°C (32°F — 122°F)	
	Humidity	40%RH — 90%RH	
	Operating Temperature (Heat Sink)	70°C (158°F) Max	
	Storage Temperature	-20°C — 65°C (-4°F — 149°F)	
Weight	580 g (20.5 oz)		

Figura 70: Cuadro de operaciones del motor a pasos

### ANEXO 3

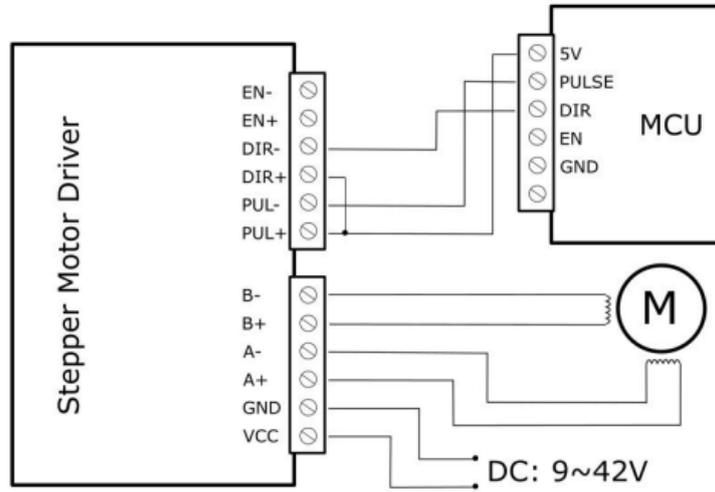


Figura 71: Diagrama de conexión del motor a pasos

Micro Step	Pulse/Rev	S1	S2	S3
NC	NC	ON	ON	ON
1	200	ON	ON	OFF
2/A	400	ON	OFF	ON
2/B	400	OFF	ON	ON
4	800	ON	OFF	OFF
8	1600	OFF	ON	OFF
16	3200	OFF	OFF	ON
32	6400	OFF	OFF	OFF

Figura 72: Microstep Resolution

## ANEXO 4

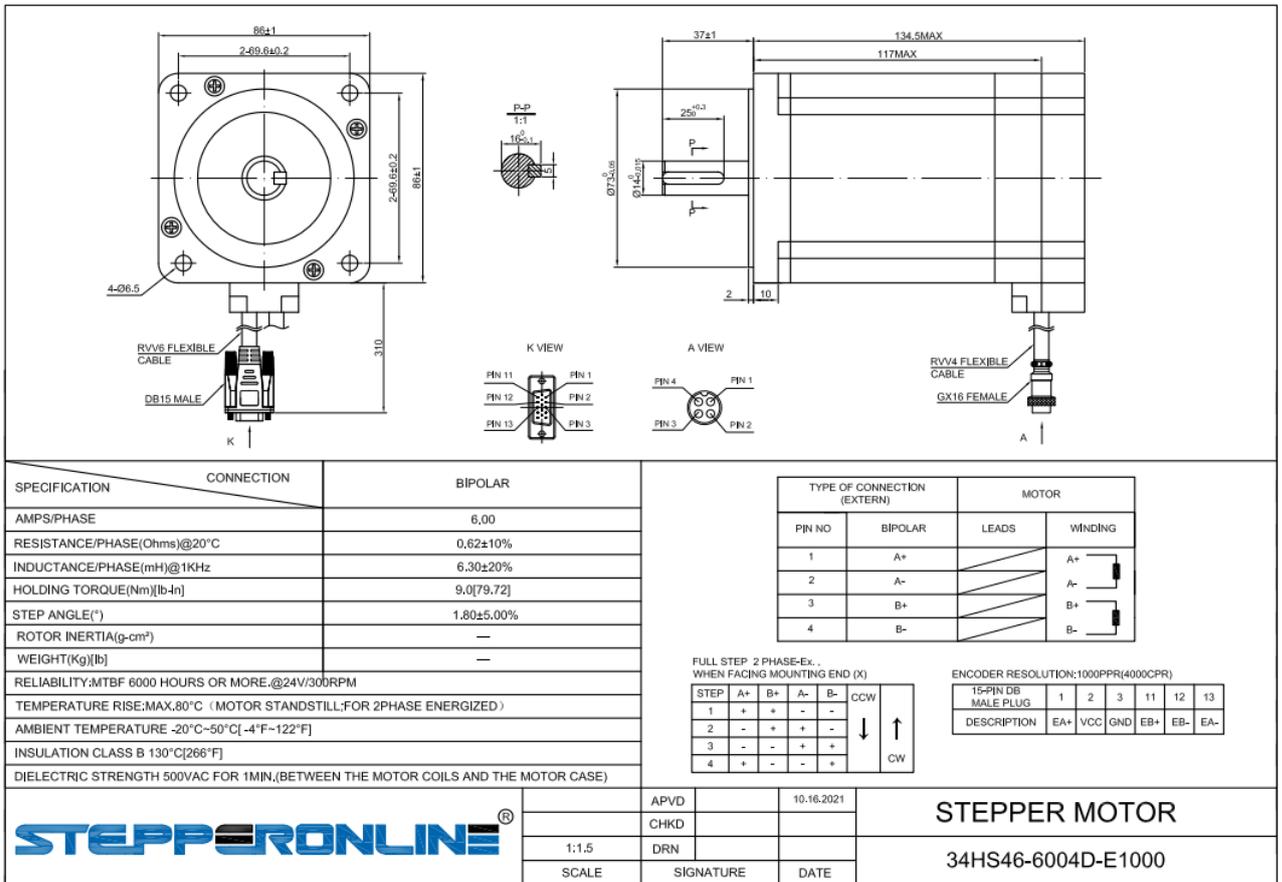
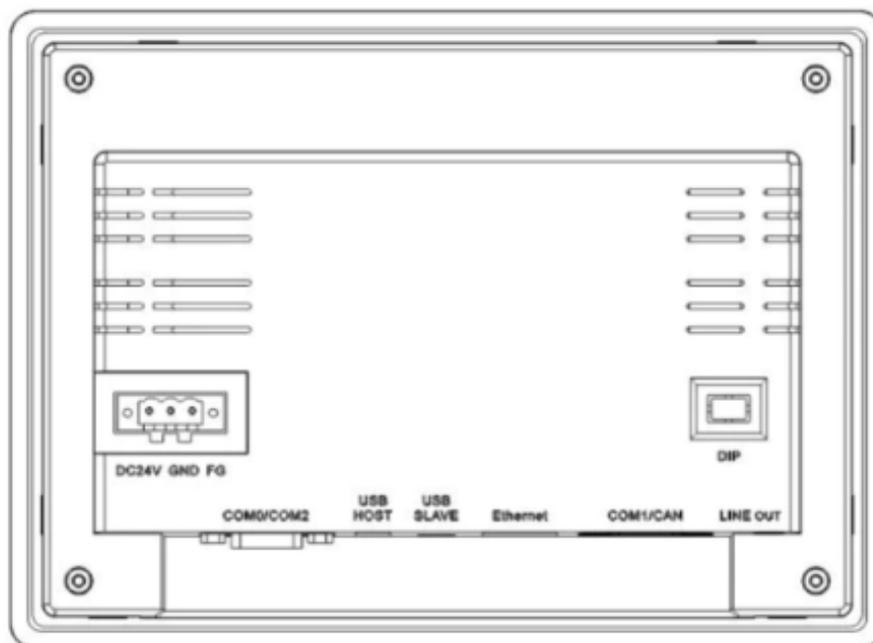


Figura 73: Data Sheet del motor a pasos

## ANEXO 5



*Figura 74: Puertos de comunicación del HMI kinco*

Pin	Signal	PLC (COM0) [RS-422]	PLC (COM0) [RS-485]	PLC (COM0) [RS-232]	PC/PLC (COM2) [RS-232]
1	Rx- (B)	RS422 R-	RS485 B		
2	RxD_PLC			RS232 RxD	
3	TxD_PLC			RS232 TxD	
4	Tx-	RS422 T-			
5	GND	Signal ground			
6	Rx+ (A)	RS422 R+	RS485 A		
7	RxD_PC				RS232 RxD
8	TxD_PC				RS232 TxD
9	Tx+	RS422 T+			

*Figura 75: Cuadro de conexión de la comunicación Rs 232*

## ANEXO 6

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
CT	Current transformer (CT) input value monitor	0.0 to 100.0 A [Display only]	Display input value from the current transformer. [Displayed only when the instrument has the heater break alarm (HBA)]	
AL1	Alarm 1 set value (ALM1)	TC/RTD inputs: Deviation alarm, Process alarm: -199.9 to +999.9 °C [°F] or -199.9 to +999.9 °C [°F]	Set the alarm 1 set value and alarm 2 set value.  For the alarm action type, refer to page 7.	TC/RTD inputs: 50 (50.0)
AL2	Alarm 2 set value (ALM2)	Voltage/Current inputs: Deviation alarm: -199.9 to +200.0 % Process alarm: -199.9 to +300.0 %	Alarm differential gap: TC/RTD inputs: 2 or 2.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	Voltage/Current inputs: 5.0

Figura 76: Datos del fabricante del controlador de temperatura

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
HbA	Heater break alarm (HBA) set value <sup>1</sup>	0.0 to 100.0 A	Alarm value is set by referring to input value from the current transformer (CT). Used only for single-phase.	0.0
LbA	Control loop break alarm (LBA) time <sup>2</sup>	0.1 to 200.0 minutes	Set control loop break alarm (LBA) set value.	8.0
LbD	LBA deadband <sup>3</sup>	TC/RTD inputs: 0 to 9999 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0 to 100 % of input span	Set the area of not outputting LBA. No LBA deadband functions with 0 set. Differential gap : TC/RTD inputs: 0.8 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.8 % of input span	0
ATU	Autotuning (AT)	0: AT end or cancel 1: AT start or execution	Turns the autotuning ON/OFF.	0
P	Proportional band	TC/RTD inputs: 1 (0.1) to span 0.1 °C [°F] resolution: Within 999.9 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.1 to 100.0 % of input span 0 (0.0): ON/OFF action	Set when PI, PD or PID control is performed. Heat/Cool PID action: Proportional band setting on the heat-side.  ON/OFF action differential gap: TC/RTD inputs: 2 (0.2) °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	TC/RTD inputs: 30 (30.0)  Voltage/Current inputs: 3.0
I	Integral time	1 to 3600 seconds (0 second: PD action)	Set the time of integral action to eliminate the offset occurring in proportional control.	240
D	Derivative time	1 to 3600 seconds (0 second: PI action)	Set the time of derivative action to improve control stability by preparing for output changes.	60
AR	Anti-reset windup (ARW)	1 to 100 % of heat-side proportional band (0 %: Integral action OFF)	Overshooting and undershooting are restricted by the integral effect.	100
F	Heat-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control output cycle. Heat/Cool PID action: Heat-side proportioning cycle	Relay contact output: 20 Voltage pulse output/ Trigger output for triac driving: 2
Pc	Cool-side proportional band	1 to 1000 % of heat-side proportional band	Set cool-side proportional band when Heat/Cool PID action.	100
db	Deadband	TC/RTD inputs: -10 to +10 °C [°F] or -10.0 to +10.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: -10.0 to +10.0 % of input span	Set control action deadband between heat-side and cool-side proportional bands. Minus (-) setting results in overlap.	0 or 0.0
t	Cool-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control cool-side output cycle for Heat/Cool PID action.	Relay contact output: 20 Voltage pulse output: 2
LCK	Set data lock (LCK)	0100: No set data locked (All parameters changeable) 0101: Set data locked (All parameters locked) 0110: Only the set value (SV) is changeable with the set data locked	Performs set data change enable/disable.	0100

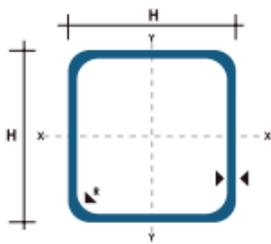
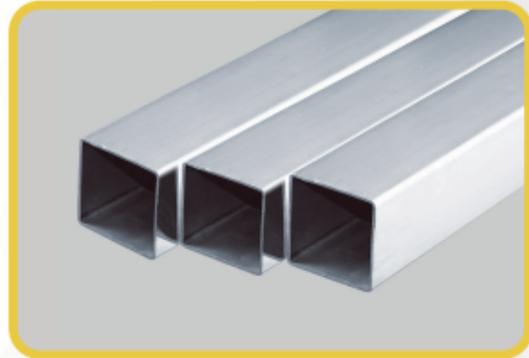
Figura 77: Datos del fabricante del controlador de temperatura

## ANEXO 7

# TUBO CUADRADO ACERO INOXIDABLE

### Especificaciones Generales:

Calidad:	AISI 304
Largo normal:	6,00 m
Dimensiones:	Desde 3/4 a 2"
Espesor:	Desde 1,2mm y 2mm



DIMENSIONES		PROPIEDADES		
□		ESPELOR (e)	PESO	ÁREA SECCIÓN
Pig.	mm	mm	Kg/mt	Pig <sup>2</sup>
3/4"	19,05	1,2	0,5505	0,057
1"	25,4	1,2	0,8765	0,077
1 1/4"	31,75	1,2	1,1354	0,096
1 1/2"	38,1	1,2	1,3752	0,1165
2"	50,8	2	3,0142	0,1559

### Nomenclatura

A= Área de selección transversal del tubo, pig<sup>2</sup>.  
H= Longitud lado

Figura 78: Catálogo del tubo Cuadrado Dipac

**ANEXO 8**  
**PLANOS MECÁNICOS**