



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL Y VERTICAL DE FUNDA
PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS.”**

AUTOR: CRISTIAN JAVIER ANTAMBA MIÑO

DIRECTOR: ING. CHRISTIAN VÁSQUEZ

IBARRA, ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003656830		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Antamba Miño Cristian Javier		
DIRECCIÓN:	San Pablo barrio la Unión		
EMAIL:	icantambam@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2918744	TELÉFONO MÓVIL:	0960453069

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL Y VERTICAL DE FUNDA PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS.
AUTOR (ES):	Antamba Miño Cristian Javier
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
FECHA: AAAAMMDD	2018-Febrero-14.
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Christian Vásquez

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Cristian Javier Antamba Miño con cédula de identidad No. 1003656830, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Firma:  _____

Nombre: Cristian Javier Antamba Miño

Cédula: 1003656830

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Cristian Javier Antamba Miño, con cédula de identidad Nro. 1003656830, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

Firma:  _____

Nombre: Cristian Javier Antamba Miño

Cédula: 1003656830

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASCESOR

El señor Cristian Javier Antamba Miño ha trabajado en su totalidad en el desarrollo del proyecto de tesis "**SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL Y VERTICAL DE FUNDA PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS**", previo a la obtención del título de Ingeniería Mecatrónica, trabajo que lo realizo con interés profesional y responsabilidad, es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Ing. Christian Vásquez
DIRECTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de manera especial a mi madre, por ser el apoyo incondicional en todo momento y ejemplo de perseverancia, porque gracias a ella puedo ver mi meta realizada, fue ella la que nunca dejo de creer en mí y me dio ánimo en los momentos difíciles de esta etapa de mi vida, a ti madre mi infinito agradecimiento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme brindado de salud y la fuerza necesaria, permitiéndome cumplir con esta meta tan anhelada. A mis compañeros de tesis Fernando Aguirre y Andrés Mantilla que más que compañeros son mis grandes amigos con los que se compartió momentos inolvidables en el transcurso de este proyecto, también a mi ingeniero Christian Vásquez por su guía, y finalmente al Sr. Jaime Romero por facilitarnos realizar este proyecto en su microempresa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	ii
CONSTANCIAS.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE; Error! Marcador no definido.	
DECLARACIÓN.....	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASCESOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
1.4 ALCANCE.....	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5

2.1 MÁQUINAS EMPACADORAS	5
2.1.1 MÁQUINAS EMPACADORAS SEMIAUTOMÁTICAS	7
2.1.2 MÁQUINAS EMPACADORAS AUTOMÁTICAS	7
2.2 PELÍCULAS PLÁSTICAS.....	8
2.2.1 PP HOMOPOLÍMERO	9
2.2.2 PP COPOLÍMEROS	9
2.3 TRANSFERENCIA DE CALOR.....	11
2.4 DEFLEXIÓN DE VIGAS	14
2.5 VIGAS Y ESFUERZOS DE FLEXIÓN.....	15
2.6 FACTOR DE SEGURIDAD	16
CAPÍTULO III	17
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	17
3.1 MÉTODOS DE SELLADO DE PELÍCULAS PLÁSTICAS	17
3.1.1 SELLO POR CUCHILLA CALIENTE.	17
3.1.2 SELLO POR MORDAZAS CALIENTES.	18
3.1.3 SELLO POR IMPULSO.	20
3.1.4 SELLO POR GAS CALIENTE.....	21
3.1.5 SELLO POR ULTRA FRECUENCIA.....	21
3.2 MECANISMOS DE SISTEMAS DE SELLADO	22
3.2.1 MEDIANTE UN CILINDRO NEUMÁTICO.....	22
3.2.2 MEDIANTE SERVOMOTOR.....	23
3.2.3 MEDIANTE DOS CILINDROS NEUMÁTICOS.	24
3.3 SISTEMA DE CONTROL DE LAS EMPACADORAS	25
3.3.1 POR RELÉS Y CONTACTORES.....	25
3.3.2 POR MICROCONTROLADOR.	26
3.3.3 POR CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	26
3.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	27

3.4.1 COSTO.....	27
3.4.2 CONTROL.....	27
3.4.3 MANUFACTURA.....	27
3.4.4 MANTENIMIENTO.....	28
3.4.5 CALIDAD DEL SELLADO.....	28
3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	28
3.5.1 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE SELLADO.....	28
3.5.2 SELECCIÓN DEL MECANISMO DE SELLADO.....	29
3.5.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA.	29
3.5 RESUMEN DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	30
CAPÍTULO IV.....	31
DISEÑO.....	31
4.1 SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL.....	31
4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DE LAS MORDAZAS.....	31
4.1.2 TRANSFERENCIA DE CALOR (RESISTENCIA-MORDAZA).	32
4.1.3 ENERGÍA NECESARIA PARA CALENTAR LA MORDAZA.	34
4.1.4 DIÁMETRO DEL CILINDRO.....	35
4.1.5 ESPESOR DE LA PLACA SOPORTE DE LA MORDAZA....	39
4.1.6 DIÁMETRO DE LOS EJES GUÍAS DE LAS MORDAZAS....	47
4.1.7 SISTEMA DE CORTE.....	51
4.1.8 ESQUEMA DEL SISTEMA DE SELLO HORIZONTAL.....	53
4.2 SISTEMA DE SELLADO VERTICAL.....	53
4.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA MORDAZA.....	53
4.2.2 TRANSFERENCIA DE CALOR (RESISTENCIA-MORDAZA).	54
4.2.3 ENERGÍA NECESARIA PARA CALENTAR LA MORDAZA.	56

4.2.4 EJES SOPORTE PARA EL SISTEMA DE SELLADO VERTICAL.....	57
4.2.5 DIÁMETRO DEL CILINDRO.....	60
4.2.6 ESQUEMA DEL SISTEMA DE SELLO HORIZONTAL.....	61
4.3 ANÁLISIS DE CARGAS DE LA ESTRUCTURA.....	62
CAPÍTULO V.....	65
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS.....	65
5.1 PRUEBAS DE TEMPERATURA DE SELLADO.....	65
5.2 PRUEBAS DE FUGAS DE AIRE.....	67
5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	68
5.3.1 PRUEBAS CON CARGA.....	68
5.3.1.1 Apertura del mecanismo de sellado horizontal.....	68
5.3.1.2 Sellado horizontal y vertical.....	68
5.3.1.3 Corte de las fundas.....	69
5.4 RESULTADOS DE PRUEBAS.....	69
5.5 COSTOS.....	70
5.5.1 COSTOS DIRECTOS.....	70
5.5.2 COSTOS INDIRECTOS.....	75
5.5.3 COSTO TOTAL.....	76
CAPÍTULO VI.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1 CONCLUSIONES.....	77
6.2 RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas de la lámina de polipropileno.	10
Tabla 2.2 Propiedades térmicas de lámina de polipropileno.....	10
Tabla 3.1 Selección de alternativa para el método de sellado	28
Tabla 3.2 Selección de alternativa para sistema de sellado	29
Tabla 3.3 Selección de alternativas para la etapa de control.....	29
Tabla 4.1 Presión de sellado de distintos materiales plásticos	35
Tabla 4.2 Masa de elementos involucrados en el sistema.....	36
Tabla 4.3 Cargas aplicadas en la placa soporte de la mordaza	44
Tabla 4.4 Cargas aplicadas en el eje guía de las mordazas.....	48
Tabla 4.5 Elementos del sistema de sellado vertical	57
Tabla 4.6 Cargas Aplicadas al eje soporte del sistema de sellado vertical..	58
Tabla 4.7 Cargas aplicadas en la estructura.....	62
Tabla 5.1 Muestras de calidad de sellado a diferentes temperaturas	65
Tabla 5.2 Conclusiones de temperatura de sellado	66
Tabla 5.3 Pruebas de fugas	67
Tabla 5.4 Costos directos del Sistema de sellado horizontal y vertical.....	70
Tabla 5.5 Costos directos compartidos.....	73
Tabla 5.6 Costos indirectos del sistema de sellado horizontal y vertical.....	75
Tabla 5.7 Costos indirectos compartidos	75
Tabla 5.8 Costo total de la maquina empacadora de snacks	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Empacadora Vertical.	5
Figura 2.2 Empacadora Horizontal.	6
Figura 2.3 Empacadora Manual.....	6
Figura 2.4 Empacadora Semiautomática.	7
Figura 2.5 Empacadora Automática.....	8
Figura 2.6 Esquema para la resistencia a la conducción en una pared plana.	11
Figura 2.7 Esquema para las resistencias a la convección y a la radiación en una superficie.....	12
Figura 2.8 Red de resistencias térmicas.....	13
Figura 2.9 Condiciones de frontera de una viga doblemente empotrada.....	15
Figura 2.10 Condiciones de frontera de una viga en voladizo.	15
Figura 3.1 Tipos de surcos de la mandíbulas de sellado.	18
Figura 3.2 Resistencia tipo cartucho.....	19
Figura 3.3 Controlador de temperatura.....	19
Figura 3.4 Niquelinas para sellado por impulso.	20
Figura 3.5 Sistema de sellado mediante un cilindro neumático.	22
Figura 3.6 Sistema de sellado mediante servomotor.....	23
Figura 3.7 Sistema de sellado mediante dos cilindro neumático.	24
Figura 4.1 Longitud de la mordaza horizontal.	31
Figura 4.2 Temperaturas presentes en la mordaza.	32
Figura 4.3 Esquema del sistema de sellado horizontal.....	36
Figura 4.4 Dimensiones de la placa soporte de la mordaza.	39
Figura 4.5 Sección de análisis de la barra soporte de la mordaza.....	40
Figura 4.6 Diagrama de cuerpo libre de la placa soporte de la mordaza.	40
Figura 4.7 Carga aplicada en la placa soporte de la mordaza.	44
Figura 4.8 Diagrama de fuerza cortante de la placa soporte de la mordaza.....	44
Figura 4.9 Diagrama de momento flector de la placa soporte de la mordaza.	45
Figura 4.10 Tensión axial y flexión de la placa soporte de la mordaza.	45
Figura 4.11 Factor de seguridad de la placa soporte de la mordaza.	45
Figura 4.12 Deflexión de la placa soporte de la mordaza.	46
Figura 4.13 Curva de convergencia de la placa soporte de la mordaza.	46
Figura 4.14 Diagrama de cuerpo libre del eje guía de las mordazas.	47
Figura 4.15 Carga aplicada en el eje guía de las mordazas.	48
Figura 4.16 Diagrama de fuerza cortante del eje guía.....	48
Figura 4.17 Diagrama de momento flector del eje guía.	49
Figura 4.18 Tensión axial y flexión del eje guía.	49
Figura 4.19 Factor de seguridad del eje guía.	49
Figura 4.20 Deflexión del eje guía.	50
Figura 4.21 Curva de convergencia del eje guía.....	50
Figura 4.22 Longitud de la cuchilla de corte.	51
Figura 4.23 Posición 1 de la cuchilla.....	51
Figura 4.24 Posición 2 de la cuchilla.....	52
Figura 4.25 Posición 1 de los soportes de la cuchilla.	52
Figura 4.26 Posición 2 de los soportes de la cuchilla.	52
Figura 4.27 Sistema de sellado horizontal.	53

Figura 4.28 Longitud de la mordaza vertical.	54
Figura 4.29 Sección transversal de la mordaza vertical.....	54
Figura 4.30 Carga aplicada al eje soporte del sistema de sellado vertical... 58	
Figura 4.31 Tensión axial y flexión del eje soporte para el sistema de sellado vertical.	58
Figura 4.32 Factor de seguridad del eje soporte para el sistema de sellado vertical.	59
Figura 4.33 Deflexión del eje soporte para el sistema de sellado vertical....	59
Figura 4.34 Curva de convergencia del eje soporte para el sistema de sellado vertical.	59
Figura 4.35 Mecanismo de sellado vertical.....	61
Figura 4.36 Cargas aplicadas en la estructura.....	62
Figura 4.37 Tensión axial y flexión de la estructura.	63
Figura 4.38 Factor de seguridad de la estructura.	63
Figura 4.39 Deflexión de la estructura.	64
Figura 4.40 Curva de convergencia de la estructura.	64

RESUMEN

El presente proyecto describe el diseño, construcción y automatización de un sistema de sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de snacks, mismo que se implementará en la línea de producción de la microempresa Marcita Trujillo, esto con la finalidad de aumentar la producción y calidad del producto.

Teniendo una idea general del funcionamiento y características de las máquinas empacadoras de productos alimenticios, se determinó los criterios de evaluación para elegir los diferentes mecanismos, tipos y control para el sistema de sellado horizontal y vertical con la finalidad de satisfacer las necesidades de la microempresa.

Una vez diseñados cada uno de los elementos mecánicos, eléctricos, neumáticos se procede a realizar la construcción y ensamblaje de los sistemas de sellado vertical y horizontal, consecuentemente se procede a realizar la automatización de los mismos mediante un controlador lógico programable (PLC), finalmente se realiza las pruebas de funcionamiento y ajustes para obtener un correcto funcionamiento.

ABSTRACT

This research describes the design, construction and automation of a horizontal and vertical labelling system for a snack packing machine, itself, which will be implemented in the production line of the micro-enterprise Marcita Trujillo, with purpose to increase production and product quality.

Having a general idea of operation and characteristics of food packaging machines, the evaluation criteria was determined to choose the different mechanisms, types and control for the horizontal and vertical labelling system with the purpose of satisfying the needs of the micro-enterprise.

Once each of the mechanical, electrical and pneumatic elements were designed, the construction and assembly of the vertical and horizontal labelling systems were carried out, then the automation was carried out by means of a programmable logic control (PLC), finally the functional tests and adjustments are made to obtain a correct operation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

A lo largo del tiempo se ha venido desarrollando y tecnificando máquinas destinadas al proceso de envasado, esto con el fin de mantener a productos sólidos como arroz, papas, snack, etc., libres de humedad y agentes contaminantes, es así, que gracias a la incorporación de nuevas técnicas y dispositivos de control para este tipo de máquinas, los métodos de envasado han evolucionado, desde ser un proceso netamente manual a ser un proceso totalmente automatizado.

El proceso de sellado del envase en la microempresa Snacks Marcita Trujillo se lo ha venido realizando mediante máquinas manuales, existiendo inconvenientes al momento de aplicar el sello en la funda de polipropileno debido a que se requiere una noción de tiempo y presión por parte del trabajador, de lo contrario si no aplica el tiempo y presión necesaria durante el proceso no se logrará un sellado uniforme en la lámina de polipropileno.

Los métodos para realizar el sellado del envase se ha venido tecnificando durante el transcurso del tiempo, siendo la manera más económica y sencilla el método de termosellado, el que consiste en aporte de calor y presión para realizar la unión de dos termoplásticos.

Los métodos de termosellado más relevantes en la industria del envasado para el sellado de fundas son el sello corto o cuchilla caliente, sello por impulso, sello con mordazas, siendo estos dos últimos los más utilizados debido a su asequibilidad y eficiencia, además existen otros métodos más avanzados como el sello por ultra frecuencia y ultrasonido.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la última década, las microempresas tienen la necesidad de incorporar máquinas automáticas para así mejorar sus procesos y alcanzar estándares de calidad de sus productos, además de satisfacer las necesidades del mercado nacional. Debido al alto costo de estas máquinas en el mercado y la orientación a gran escala de producción, hacen que exista la necesidad de realizar una máquina empacadora que se adapte a las condiciones de producción de la pequeña industria a un costo asequible, con la visión de incrementar la producción para satisfacer con la demanda insatisfecha.

La construcción de una máquina empacadora de snacks, para la microempresa Marcita Trujillo se la realiza en conjunto con mis compañeros Fernando Aguirre y Jairo Mantilla, con el propósito de que dicha máquina se acople y logre mejorar el nivel de producción de la microempresa, llevándola de 54 a un mínimo de 70 empaques por hora, además de ser de un costo asequible. La automatización de este proceso ayudará a mejorar aún más la calidad del producto y la eficiencia del proceso de empaqueo, ya que este proceso al momento se lo realiza de manera manual y por una u otra circunstancia es más complicado controlar la calidad del producto.

La construcción de la empacadora permitirá aportar al desarrollo de la automatización industrial en la microempresa, permitiendo mejorar los procesos de manufactura usados, para así lograr a futuro cumplir con estándares de calidad para introducirse en los grandes supermercados.

Realizando el análisis costo beneficio del empaqueo automático, la inversión inicial se la recuperará en un tiempo aproximado de 6 meses, esto se debe al aumento en la producción y al aumento del precio que tendrá el producto al introducirlo a los supermercados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir el sistema de sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de snacks.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Seleccionar las diferentes alternativas previas al diseño del sistema de sellado de funda.
- Diseñar el sistema de sellado horizontal y vertical de funda en base a las necesidades de la microempresa snacks Marcita Trujillo.
- Construir el sistema de sellado horizontal y vertical de funda de la máquina empacadora de snacks.
- Implementar el control de funcionamiento del sistema de sellado horizontal y vertical de funda para la máquina empacadora.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de sellado horizontal y vertical de funda.
- Realizar ajustes para el correcto funcionamiento del sistema de sellado horizontal y vertical de funda.

1.4 ALCANCE

- La máquina empacadora de snacks, será el elemento final de la línea de producción de la microempresa Marcita Trujillo, la misma que se la realizará en acero inoxidable A304 las partes que tengan contacto directo con el producto, el resto se la realizará en acero al carbono.
- El proyecto contempla un sistema de sellado horizontal y vertical de la lámina de polipropileno para así formar la funda y terminar el proceso de empaquete, obteniendo el producto final que estará listo para ser distribuido y posteriormente adquirido por el consumidor.

- El sistema de sellado horizontal constará de un sistema de corte de funda, para separar las fundas que contengan el producto.
- El sistema de sellado constará de un control de temperatura para las mordazas.
- El sistema de sellado de funda tendrá la capacidad de empacar 70 fundas de papas chips en una hora.
- Sincronización de todos los sistemas para el funcionamiento de la máquina de empacado.
- Dentro de los documentos principales, constará del manual de funcionamiento, mantenimiento y detección de fallas de toda la máquina.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MÁQUINAS EMPACADORAS

Las máquinas para empacar productos alimenticios permiten facilitar el proceso de envasado de productos sólidos, líquidos y polvos, ya sea en envases como botellas, vasos, películas flexibles, estuches, etc. Existen máquinas empacadoras que pueden ser de tipo manual, semiautomáticas, automáticas, estas pueden clasificarse a su vez por su forma en verticales y horizontales como se observa en las *figuras 2.1* y *figuras 2.2* respectivamente.

Las máquinas empacadoras automáticas se realizan con el propósito de cumplir con los niveles de producción de las grandes empresas, es el caso de las máquinas empacadoras multicabezal las cuales pueden realizar entre 40 a 120 empaques por minuto dependiendo de su capacidad pueden brindar hasta un nivel de producción mayor, logrando así optimizar tiempo y recursos, estas pueden tener incorporado diferentes tipos de sistemas como la parte de dosificación, formador de funda y sistema de sellado.



Figura 2.1 Empacadora Vertical. ¹

¹ <http://www.empac.com.mx/envasadora-vertical-aut.html>



Figura 2.2 Empacadora Horizontal.²

2.1.1 MÁQUINAS EMPACADORAS MANUALES

Son máquinas en las que el operario tiene que realizar todas las actividades que conlleva el proceso de envasado de manera manual, desde ubicar la funda preformada entre las mordazas o niquelinas calientes hasta culminar aplicando el sello sobre la misma. Las máquinas manuales necesitan una funda preformada para realizar el proceso de envasado debido que el sello se lo aplica solo en uno de sus extremos.

Este tipo de empacadoras manuales como se muestra en la *figura 2.3* por lo general se utilizan para el envasado de productos que son elaborados de manera artesanal, donde los niveles de producción son a baja escala.



Figura 2.3 Empacadora Manual.³

² http://www.pidcodecolombia.com/?page_id=1591

³ <http://www.miempaque.com/directorio/productos.php?id=17>

2.1.1 MÁQUINAS EMPACADORAS SEMIAUTOMÁTICAS

Las máquinas empacadoras semiautomáticas tienen integrados algunos procesos que se los realiza de manera manual y otros de forma automática. En la *figura 2.4* se muestra una máquina semiautomática en la cual el proceso de formado de funda y la dosificación se lo realiza de manera manual, mientras que el proceso de sellado del envase se lo realiza mediante un pedal que activa un cilindro neumático.

Este tipo de máquinas son de gran ayuda para el proceso de envasado del producto, esto debido a que para las tareas de dosificación y empaque solo se necesita un operador. El nivel de producción está directamente relacionado con la habilidad y desempeño del operador (Iza Castro & Medina Carrillo, 2013, pág. 7).



Figura 2.4 Empacadora Semiautomática.⁴

2.1.2 MÁQUINAS EMPACADORAS AUTOMÁTICAS

Una máquina empacadora automática integra sistemas mecánicos, neumáticos, electrónicos los cuales están controlados por un sistema autómatas, este último sistema se lo integra con el objetivo de tener una máquina en la cual el operario este únicamente para el control del buen funcionamiento de la máquina (Iza Castro & Medina Carrillo, 2013). El sistema

⁴ http://www.pactur.com/es/empaquetadoras_angulares.html

de control de este tipo de máquinas automáticas, se lo puede realizar mediante, microcontroladores o un controlador lógico programable (PLC).

Las máquinas empacadoras automáticas *figura 2.5*, constan de tres sistemas principales que son el de dosificación, sellado de funda y formador de funda, al constar con un sistema de formado de funda no requiere de fundas preformadas, ayudando así a optimizar recursos. A este tipo de máquina puede incorporarse codificadores para así imprimir sobre la funda plástica información como fecha de elaboración o caducidad del producto.



Figura 2.5 Empacadora Automática.⁵

2.2 PELÍCULAS PLÁSTICAS

Muchos tipos de plásticos que son utilizados en la industria del envasado de alimentos como el polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS), esto debido

⁵ <http://www.astimec.net/maquina-empacadora.html>

a que “son fácilmente procesables en máquina y se pueden modificar sus propiedades dependiendo de las propiedades requeridas: rigidez, elasticidad calor, degradabilidad, etc.” (Kaczmarek, 2003).

“Los envases de polipropileno tienen infinitas aplicaciones en la industria alimenticia y pueden ser de utilidad para todo tipo de bebidas y alimentos sólidos” (Cerrillo, 2012). En la *Tabla 2.1* y *Tabla 2.2* se presenta las propiedades mecánicas y térmicas del polipropileno respectivamente.

El polipropileno (PP) es producido por polimerización del propileno y se encuentra comercialmente en dos clases como homopolímeros y copolímeros.

2.2.1 PP HOMOPOLÍMERO

Es un polímero termoplástico parcialmente cristalino que se obtiene de la polimerización del propileno, los homopolímeros poseen buenas propiedades dieléctricas, su resistencia a la tensión es excelente en combinación con la elongación permitiendo ser biorientado. Los homopolímeros son ampliamente utilizados para la extrusión de lámina, envases soplados, tuberías, polipropileno biaxialmente orientado (BOOP), multifilamentos, es recomendado para aplicaciones de llenado en caliente (esentia , 2016).

2.2.2 PP COPOLÍMEROS

Los copolímeros están formados por 1.5 a 7% en peso de etileno, el cual previene la alta cristalinidad dando como resultado una mejor claridad, flexibilidad y una temperatura de fundición menor (Quintana Pincay, 2007, pág. 29). Este tipo de plásticos son utilizados para empaques de mejor transparencia, y que requieran buena resistencia al impacto o en procesos de extrusión de soplado inyector estirado soplado entre otras.

Tabla 2.1**Propiedades mecánicas de la lámina de polipropileno.**

PROPIEDADES	PP	PP
	HOMOPOLIMERO	COPOLIMERO
Módulo elástico en tracción (GPa)	1,1 - 1,6	0,7 - 0,9
Alargamiento de rotura a la tracción %	100 – 600	450 - 900
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 – 42	28 - 38
Módulo de flexión (GPa)	1,19 – 1,75	0,42 – 1,40
Dureza Shore D	72 -74	67 – 73

Fuente: (idePlas Laminas y Termoformados, 2016)

Tabla 2.2**Propiedades térmicas de lámina de polipropileno**

PROPIEDADES	PP	PP
	HOMOPOLIMERO	COPOLIMERO
Punto de fusión (°C)	160 – 170	130 - 168
Temperatura de transición vítrea (°C)	-10	-20
Temperatura máxima de uso (°C)	100	100

Fuente: (idePlas Laminas y Termoformados, 2016)

Cuando la película de polipropileno se estira tanto en dirección de la máquina como en la dirección transversal, obtenemos un polipropileno denominado polipropileno biaxialmente orientado (BOPP) (Packsys, 2016). Este tipo de polipropileno ha ganado terreno en la industria del envasado, debido a que ofrece una mejor barrera de protección para evitar la entrada o salida de humedad es así que se orienta principalmente a la industria de los snacks, chocolates, caramelos (Packaging, 2010).

2.3 TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor puede darse de distintas maneras ya sea por conducción, convección o radiación, a estos se los puede analizar de manera estacionaria es decir que la temperatura no varía con el tiempo, y no estable o transitoria, cuando lo hace, ya sea en una pared plana, un cilindro o esfera. La conducción de calor se lo puede considerar como unidimensional cuando la transferencia de calor por conducción es significativa solo en una dimensión y por ende despreciable en las dos restantes, bidimensional cuando la conducción es despreciable en la tercera dimensión y tridimensional cuando no es despreciable en ninguna de las dimensiones (Cengel & Ghajar, 2011).

Las siguientes fórmulas representan la razón de transferencia de calor para pared plana por conducción, convección y radiación mediante el concepto de resistencia térmica.

Conducción.

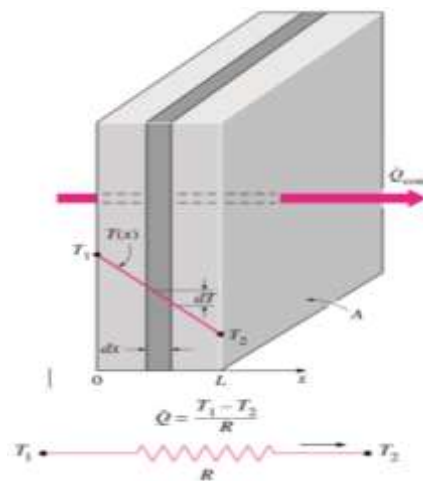


Figura 2.6 Esquema para la resistencia a la conducción en una pared plana.⁶

$$Q_{cond.} = \frac{T_1 - T_2}{R_{cond.}} \quad (Ec. 2.1)^7$$

⁶ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 137)

⁷ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 137)

Donde:

$$R_{cond.} = \frac{L}{kA} \quad (\text{Ec. 2.2})^8$$

Convección.

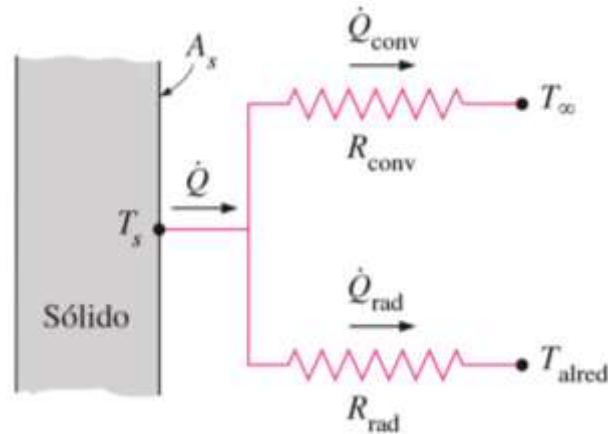


Figura 2.7 Esquema para las resistencias a la convección y a la radiación en una superficie.⁹

$$Q_{conv.} = \frac{T_s - T_{\infty}}{R_{conv.}} \quad (\text{Ec. 2.3})^{10}$$

Donde:

$$R_{conv.} = \frac{1}{hA_s} \quad (\text{Ec. 2.4})^{11}$$

Radiación.

$$Q_{rad.} = \frac{T_s - T_{alred.}}{R_{rad.}} \quad (\text{Ec. 2.5})^{12}$$

Donde:

$$R_{rad.} = \frac{1}{h_{rad.}A_s} \quad (\text{Ec. 2.6})^{13}$$

⁸ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 137)

⁹ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 138)

¹⁰ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 137)

¹¹ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 138)

¹² (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 138)

¹³ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 138)

En el caso de una red de resistencias térmicas para la transferencia de calor a través de una pared plana.

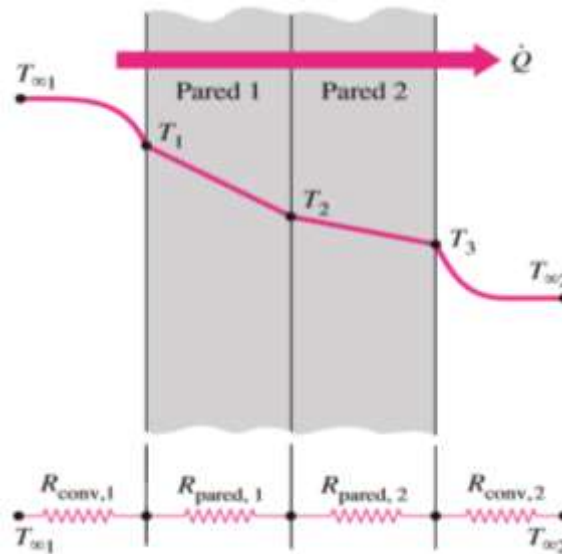


Figura 2.8 Red de resistencias térmicas.¹⁴

Donde:

$$Q = \frac{T_{\infty 1} - T_2}{R_{conv,1} + R_{cond,1}} \quad (Ec. 2.7)^{15}$$

Para la transferencia de calor en configuraciones comunes como cilindros, cubos, discos, esferas, etc. La fórmula de la razón de transferencia de calor por conducción será:

$$Q = Sk(T_1 - T_2) \quad (Ec. 2.8)^{16}$$

Donde S es el factor de forma de conducción que será distinto para cada elemento dependiendo de su forma geométrica.

¹⁴ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 142)

¹⁵ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 142)

¹⁶ (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 179)

2.4 DEFLEXIÓN DE VIGAS

La deflexión de una viga es de interés particular en el diseño cuando se requiere un valor máximo admisible para la deflexión o también para el análisis de vigas hiperestáticas. En viga con una carga distribuida $w(x)$, la curva elástica se la obtiene directamente de $w(x)$, mediante cuatro integraciones sucesivas, y las constantes introducidas en el proceso se determinan de los valores de V, M, θ y y (Beer, Johnston, Dewolf, & Mazurek, 2010, pág. 531).

Donde:

$$\begin{aligned}
 EI \frac{d^4 y}{dx^4} &= -w(x) \\
 EI \frac{d^3 y}{dx^3} &= V(x) = - \int w(x) dx + C_1 \\
 EI \frac{d^2 y}{dx^2} &= M(x) = - \int dx \int w(x) dx + C_1 x + C_2 \\
 EI \frac{dy}{dx} &= EI\theta(x) = - \int dx \int dx \int w(x) dx + \frac{1}{2} C_1 x^2 + C_2 x + C_3 \\
 EI y(x) &= - \int dx \int dx \int dx \int w(x) dx + \frac{1}{6} C_1 x^3 + \frac{1}{2} C_2 x^2 + C_3 x + C_4 \quad (\text{Ec. 2.9})^{17}
 \end{aligned}$$

Donde:

$w =$ Carga distribuida.

$\theta =$ Pendiente en el punto x .

$E =$ Modulo de elasticidad del material.

$I =$ Momento de Inercia.

$y =$ Deflexión.

Las condiciones de frontera ayudan a simplificar el proceso del análisis de las vigas, mediante las siguientes afirmaciones.

¹⁷ (Beer, Johnston, Dewolf, & Mazurek, 2010, pág. 538)

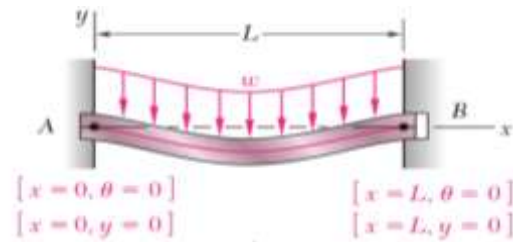


Figura 2.9 Condiciones de frontera de una viga doblemente empotrada.¹⁸

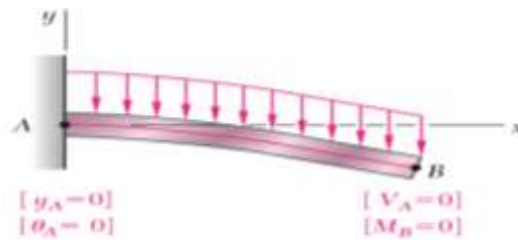


Figura 2.10 Condiciones de frontera de una viga en voladizo.¹⁹

2.5 VIGAS Y ESFUERZOS DE FLEXIÓN

Para el diseño de vigas rectas sometidas a flexión pura “el esfuerzo máximo de flexión máxima ocurre en las fibras interiores” (Norton, 1999, pág. 194), esto se expresa mediante la siguiente relación:

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} \quad (\text{Ec. 2.10})^{20}$$

Donde:

σ_{max} = Esfuerzo máximo.

M = Momento de flexión.

I = Momento de Inercia.

c = Distancia del eje neutro a la fibra externa.

¹⁸ (Beer, Johnston, Dewolf, & Mazurek, 2010, pág. 541)

¹⁹ (Beer, Johnston, Dewolf, & Mazurek, 2010, pág. 538)

²⁰ (Norton, 1999, pág. 194)

2.6 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad para materiales dúctiles bajo carga estática mediante el uso de esfuerzos queda representado por la siguiente relación:

$$N = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ec. 2.11})^{21}$$

Donde:

N = Factor de seguridad.

σ' = Esfuerzo admisible.

S_y = Límite elástico.

²¹ (Norton, 1999, pág. 331)

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 MÉTODOS DE SELLADO DE PELÍCULAS PLÁSTICAS

Existen diferentes métodos para realizar el sellado de películas plásticas, a continuación se presenta los métodos más utilizados en la industria del sellado.

3.1.1 SELLO POR CUCHILLA CALIENTE.

La unión de películas plásticas por el método de cuchilla caliente facilita el proceso de empaquetado, debido a que, al elevar la temperatura de la niquelina esta se comporta como una cuchilla, logrando obtener el sello y corte al mismo tiempo. “Al observar sello veremos que una pequeña contracción del material que ocurre por efecto del calor sobre la película y en muchos de los casos esto determinará la resistencia del sello” (Moreno Zapata, 2010, pág. 13).

Ventajas

- Bajo precio de implementación.
- Agilidad en el proceso debido a que sella y corta la película plástica al mismo tiempo.

Desventajas

- Este sello es muy estrecho y casi invisible por lo que es relativamente débil y no provee una buena barrera contra los microorganismos (Quintana Pincay, 2007, pág. 53).

3.1.2 SELLO POR MORDAZAS CALIENTES.

El método de sellado mediante mordazas calientes es una de las técnicas más simples para unir películas plásticas, consiste en aplicar calor y presión durante un tiempo determinado sobre las superficies a unir. En esta técnica de sellado la temperatura de las mordazas permanece constante durante todo el proceso.

Las mordazas de sellado no son planas sino que tienen un diseño aserrado ya sean horizontales o verticales como se muestra en la *figura 3.1*. Los ángulos de los surcos pueden variar.

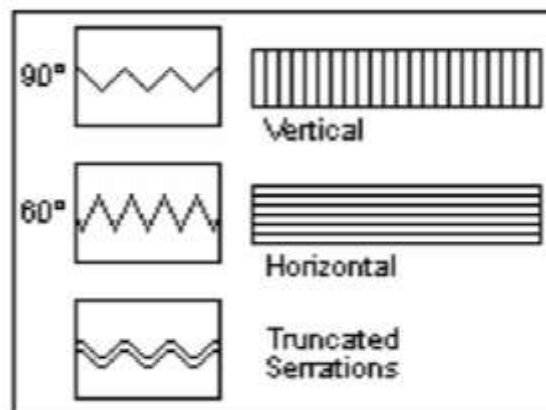


Figura 3.1 Tipos de surcos de la mandíbulas de sellado.²²

Los surcos verticales proveen mayor fuerza a los sellos en caliente, pero suelen tener problemas con fugas causadas por dobleces en el área de sellado en caliente, las mismas que se conocen como fugas de suero. Los surcos horizontales eliminan las fugas de suero pero brindan menor fuerza al sellado ya que corren paralelas a la fuerza de rasgado. (Quintana Pincay, 2007, pág. 57)

Ventajas

- El sello realizado mediante mordazas calientes con surcos horizontales evitan fugas de aire o líquidos.
- Los surcos minimizan el corte de la lámina durante el sellado.
- Fácil control de temperatura.

²² (Quintana Pincay, 2007, pág. 58)

- Larga vida útil en comparación a los sistemas de sellado que utilizan niquelinas.

Desventajas

- Necesita un sistema de corte para cortar la película plástica.
- Calentamiento de las mordazas no es instantáneo.
- Costo depende del material del que se elaboren las mordazas.

La temperatura de las mordazas depende de las resistencias eléctricas, por lo general utilizan resistencias eléctricas tipo cartucho de alta concentración como se muestra en la *figura 3.2*. Las mordazas deben ser fabricadas con un buen conductor térmico para así tener una buena conducción de calor.



Figura 3.2 Resistencia tipo cartucho.²³

El control de temperatura en las mordazas se lo realiza mediante controladores de temperatura digitales *figura 3.3*, permitiendo cambiar la salida sólo cuando la temperatura atraviesa el punto de ajuste.



Figura 3.3 Controlador de temperatura.²⁴

²³ http://www.dscbrazil-export.com.br/resistencia_cartucho.php

²⁴ http://buenos-aires.all.biz/control-de-temperatura-g12907#.WA2Fk_nhDIU

3.1.3 SELLO POR IMPULSO.

Este tipo de sellado emplea resistencias de banda plana o circulares que se calientan en periodos cortos de tiempo, es decir, esta se activa solo en el instante de aplicar el sello sobre el material y vuelve a enfriarse rápidamente (Manzano Sánchez & Rodriguez Salazar, 2013, pág. 51). El sellado de termoplásticos mediante esta técnica ofrece una unión más resistente y tiene una apariencia homogénea.

Este tipo de selladoras manejan tres variables: temperatura, tiempo y presión. La temperatura está dada por el tiempo de calentamiento de la resistencia que oscila entre 0 y 1 segundo, mientras que el tiempo se refiere al contacto que las mordazas tendrán con el material a sellar y trabajan conjuntamente con la presión que se aplique para así tener un sellado homogéneo.



Figura 3.4 Niquelinas para sellado por impulso.²⁵

Ventajas

- Unión hermética.
- Apariencia homogénea.
- Bajo costo de implementación.

Desventajas

- La niquelina tiene poco tiempo de vida útil.
- Es necesario recubrir la niquelina con una cinta de fluoropolímero para impedir que el plástico se adhiera a la misma.
- Alto costo de mantenimiento.

²⁵ <http://www.tossheatseal.com/components-heat-seal-supplies.php>

3.1.4 SELLO POR GAS CALIENTE.

La unión de materiales plásticos por este método de sellado consiste en calentar el material a sellar con un chorro de aire caliente o gas inerte. El gas inerte es adecuado para aplicaciones de soldadura donde es necesario evitar que reacciones químicas no deseadas alteren el producto, por lo cual este método se utiliza para sellar envases asépticos.

Ventajas

- Produce un sello hermético para evitar la introducción de microorganismos.
- Apariencia homogénea.
- Larga vida útil en comparación a los sistemas de sellado que utilizan niquelinas.

Desventajas

- Ocupa demasiado espacio dependiendo de su aplicación.
- Costo alto de implementación debido a sus equipos complejos.

3.1.5 SELLO POR ULTRA FRECUENCIA.

También conocido como sellado dieléctrico, consiste en colocar el termoplásticos entre dos electrodos a manera de dieléctrico, al estar sometido a corrientes de alta frecuencia provoca que las moléculas se trasladen de un lado a otro, lo cual produce calor debido a la fricción de las mismas, logrando así fundir y sellar el termoplástico (Moreno Zapata, 2010, pág. 11). El método de sellado por ultra frecuencia se utiliza para sellar materiales como el cloruro de polivinilo (PVC), poliamidas, poliuretanos entre otros.

Ventajas

- Soldadura hermética de alta calidad indispensable en bolsas clínicas de plasma o agua.
- Apariencia homogénea.

Desventajas

- Alto costo de implementación.
- Es más utilizada para aplicaciones de tipo industria como sello de blíster, toldo para camión, calzado, etc.

3.2 MECANISMOS DE SISTEMAS DE SELLADO

A continuación se presentara las diferentes alternativas que se puede implementar para realizar el sistema de sellado de la película plástica en la máquina empacadora.

3.2.1 MEDIANTE UN CILINDRO NEUMÁTICO.

Para realizar el sello horizontal de la película plástica se propone hacerlo mediante un solo cilindro neumático como se muestra en la *figura 3.5*, el que con la ayuda de unos brazos realizara la apertura y cierre de las mordazas al mismo tiempo. Una cuchilla situada en el interior de una de las mordazas será accionada mediante un micro cilindro neumático para realizar el corte de la funda y así separar el producto terminado con el que lo antecede.

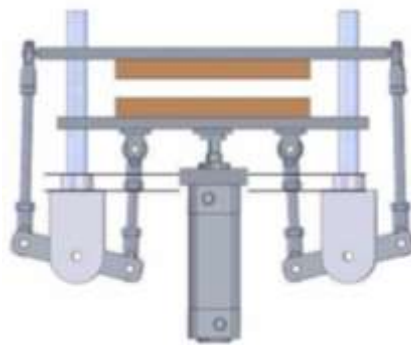


Figura 3.5 Sistema de sellado mediante un cilindro neumático.²⁶

Ventajas

- Bajo costo de implementación.
- Sencillo control de accionamiento.

²⁶ Moreno Zapata, 2010, pág. 82

- Ocupa un cilindro de la mitad de carrera debido al mecanismo de brazos reduciendo así costos de operación.

Desventajas

- Compleja elaboración del mecanismo de brazos.
- Sistema fijo no puede servir como sistema de arrastre de funda.
- Alto costo de mantenimiento y elaboración del mecanismo de brazos.

3.2.2 MEDIANTE SERVOMOTOR.

Este sistema de sellado de películas plásticas consiste en implementar un servomotor para realizar el movimiento de los brazos *figura 3.6*, los cuales realizarán la apertura y cierre de las mordazas. De la misma manera que en el sistema de sellado mediante un cilindro neumático se acopla el sistema de corte de funda al interior de una de las mordazas.

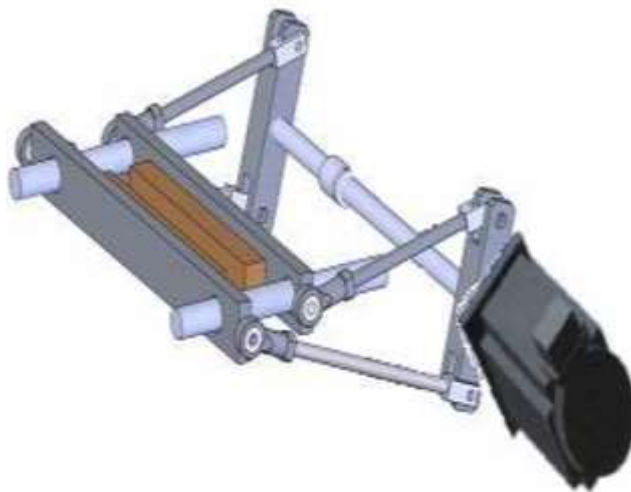


Figura 3.6 Sistema de sellado mediante servomotor.²⁷

Ventajas

- Exactitud en el control del movimiento de apertura y cierre de las mordazas.
- Fácil ensamblado.

²⁷ Moreno Zapata, 2010, pág. 83

- Menor espacio de trabajo en comparación con el sistema de sellado mediante uno y dos cilindros neumáticos.

Desventajas

- Alto costo de mantenimiento y elaboración del mecanismo de brazos.
- Sistema de sellado fijo.
- Necesario controlador para el motor.

3.2.3 MEDIANTE DOS CILINDROS NEUMÁTICOS.

El sistema de sellado mediante dos cilindros neumáticos elimina la necesidad de realizar un mecanismo para el movimiento de la segunda mordaza, este tipo de sistema cuenta con un marco que contiene dos ejes para guiar a las mordazas como se muestra en la *figura 3.7*. Al igual que las dos alternativas anteriores, se puede implementar el sistema de corte de funda en el interior de una de las mordazas.

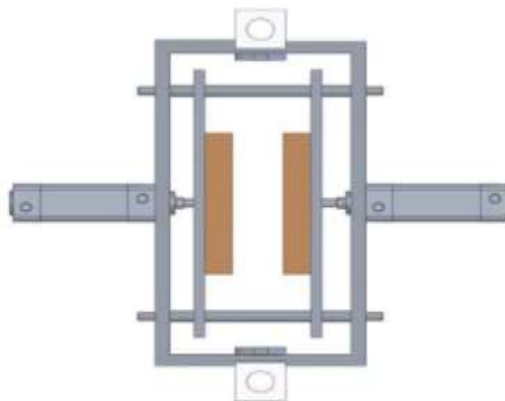


Figura 3.7 Sistema de sellado mediante dos cilindros neumáticos.²⁸

Ventajas

- Fácil ensamblaje.
- Bajo costo de mantenimiento y manufactura.
- Sencillo control de accionamiento.
- Bajo costo de implementación.

²⁸ Moreno Zapata, 2010, pág. 83

- Puede servir como sistema de arrastre de funda al mismo tiempo que sella la misma.

Desventajas

- Ocupa mayor cantidad de aire al tener dos cilindros lo que incurrirá en costos de operación.
- Mayor espacio de operación debido a los dos cilindros neumáticos.

3.3 SISTEMA DE CONTROL DE LAS EMPACADORAS

3.3.1 POR RELÉS Y CONTACTORES.

Los relés y contactores son dispositivos que sirven para impedir o habilitar el paso de la corriente, ya sea en el circuito de mando o etapa de potencia respectivamente, además de ofrecer la posibilidad de ser accionados a distancia. Los contactores suelen ser usados por lo general para el circuito de arranque y parada de motores, pero también se los puede utilizar para el control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos mediante la ayuda de elementos auxiliares de mando, como finales de carrera, sensores On/Off, temporizadores, etc.

Ventajas

- Los elementos de mando no son afectados por ruidos lo que asegura el correcto funcionamiento del proceso.
- Pueden maniobrar circuitos de mando sometidos a corrientes muy altas mediante señales de corriente pequeñas.

Desventajas

- No se puede cambiar el circuito de mando fácilmente.
- Excesivo cableado.
- Complejo diseño para la elaboración del sistema de control.

3.3.2 POR MICROCONTROLADOR.

Los microcontroladores son utilizados en gran cantidad de aplicaciones como la parte inteligente del sistema, como por ejemplo de máquinas, herramientas, indicadores y control de nivel, apertura automática de dispositivos, en sistemas industriales para contar elementos, etc. (Sotomayor O., 2009). Los microprocesadores prácticamente se los pueden implementar en lo que se pueda imaginar, con mayor o menor grado de dificultad, es así que se lo puede implementar como un control lógico programable (PLC) con ayuda de circuitos auxiliares.

Ventajas

- Bajo costos de implementación.
- Se puede designar tantas salidas como entradas desee, a lo contrario de un PLC que tiene designado sus entradas y salidas.

Desventajas

- Sensible a perturbaciones externas como ruido o descargas eléctricas.
- Se requiere de circuitos auxiliares para trabajar con corriente alterna.
- Compleja elaboración de la tarjeta de control.

3.3.3 POR CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Es un dispositivo electrónico programable diseñado para trabajar en entornos industriales hostiles, que sigue una secuencia lógica según lo programado. Los PLC son generalmente utilizados en el sector industrial en procesos de maniobra, control, señalización, etc. (Iza Castro & Medina Carrillo, 2013, pág. 16)

Ventajas

- Ocupa poco espacio en su instalación.
- Menor costo de mantenimiento.
- Control más preciso y mayor rapidez de respuesta que la lógica cableada.

Desventajas

- Costo inicial elevado.
- Requiere de módulos de expansión debido a sus limitadas entradas y salidas.

3.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Entre los parámetros de evaluación a considerar para la selección de alternativas tenemos:

3.4.1 COSTO.

Se refiere al costo que tendrá la elaboración del sistema de sellado, además de los costos de operación y mantenimiento. Este es un parámetro muy determinante para que la máquina tenga un costo competitivo dentro del mercado de la industria del empaçado.

3.4.2 CONTROL.

Toda máquina automática o semiautomática requiere un sistema de control el mismo se seleccionará evaluando parámetros de complejidad de programación o diseño de la lógica secuencial, de conexión y funcionamiento del mismo.

3.4.3 MANUFACTURA.

Este parámetro se refiere a la facilidad de transformar la materia prima en un producto totalmente terminado, además de la disponibilidad de contar con las herramientas necesarias para construir y ensamblar las partes del sistema de sellado.

3.4.4 MANTENIMIENTO.

Se refiere a la posibilidad de que los elementos reciban sus respectivas tareas de mantenimiento como limpieza, lubricación, o puedan ser reparados o reemplazados, esto con el fin de alargar la vida útil de los elementos del sistema de sellado.

3.4.5 CALIDAD DEL SELLADO.

Este criterio implica sobre la apariencia que tendrá el sello sobre la película plástica así como su hermeticidad.

3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.5.1 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE SELLADO.

Alternativa 1: Sello por cuchilla caliente

Alternativa 2: Sello por mordazas calientes

Alternativa 3: Sello por impulso

Alternativa 4: Sello por gas caliente

Alternativa 5: Sello por ultra frecuencia

Tabla 3.1

Selección de alternativa para el método de sellado

MÉTODOS DE SELLADO					
Alternativa	Costo	Calidad del Sellado	Manufactura	Mantenimiento	Promedio
1	2	1	2	1	1.5
2	2	2	3	3	2.5
3	1	2	2	2	1.75
4	1	3	2	2	2
5	1	3	2	2	2

Una de las razones más importantes porqué se eligió el método de sellado mediante mordazas calientes, es debido a que como requerimiento por parte de la microempresa se solicitó que el sello tenga una apariencia de surcos en los extremos del empaque y no existan fugas de aire, el material del cual estén hechas las mordazas puede ser de aluminio, acero inoxidable, bronce dulce siendo estos los más usados. El material del cual estén fabricadas las mordazas incidirá en el costo del sistema de sellado.

3.5.2 SELECCIÓN DEL MECANISMO DE SELLADO.

Alternativa 1: Mediante un cilindro neumático

Alternativa 2: Mediante servomotor

Alternativa 3: mediante dos cilindros neumáticos

Tabla 3.2

Selección de alternativa para sistema de sellado

MECANISMO DEL SISTEMA DE SELLADO					
Alternativa	Costo	Versatilidad	Manufactura	Mantenimiento	Promedio
1	2	2	1	2	1.75
2	1	2	2	1	1.5
3	2	2	3	3	2.25

3.5.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA.

Alternativa 1: Por contactores

Alternativa 2: Por microcontrolador

Alternativa 3: Por controlador lógico programable

Tabla 3.3

Selección de alternativas para la etapa de control

SISTEMA DE CONTROL					
Alternativa	Costo	Control	Manufactura	Mantenimiento	Promedio
1	2	1	1	1	1.25
2	3	2	1	2	2
3	1	3	3	3	2.5

3.5 RESUMEN DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Como resultado de la evaluación de cada una de las alternativas que existe en el mercado, se decide realizar el proyecto de SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL Y VERTICAL DE FUNDA PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS utilizando las mejores opciones que conformarán el sistema.

El sello de la lámina de polipropileno se lo realizará mediante mordazas calientes tanto para el sellado horizontal como para el vertical, las mordazas serán calentadas con resistencias tipo cartucho y su temperatura permanecerá constante mediante un controlador de temperatura a implementar. En el interior de una de las mordazas del sellado horizontal se alojará una cuchilla que permitirá realizar el corte de la funda de polipropileno la cual será accionada mediante un cilindro neumático.

El mecanismo de sellado horizontal se realizará mediante dos cilindros neumáticos, los que permitirán el deslizamiento de las mordazas sobre dos ejes guías del mecanismo para así sellar la lámina de polipropileno. Para mecanismo de sellado vertical se utilizará un cilindro neumático el cual realizará un pequeño movimiento para sellar verticalmente la lámina de polipropileno.

El control para cada uno de los sistemas que conformarán la máquina empacadora de snacks como son el sistema de dosificación, sistema de sellado horizontal y vertical, sistema de guiado y arrastre de funda se lo realizará mediante un controlador lógico programable.

CAPÍTULO IV

DISEÑO

4.1 SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL

4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DE LAS MORDAZAS.

El dimensionamiento de las mordazas se hace en base al ancho de la funda a sellar.

$$Longitud_{Mordaza\ Horizontal} > Ancho_{Funda}$$

$$Longitud_{Mordaza\ Horizontal} > 150\ mm$$

$$\therefore Longitud_{Mordaza\ Horizontal} = 200\ mm$$

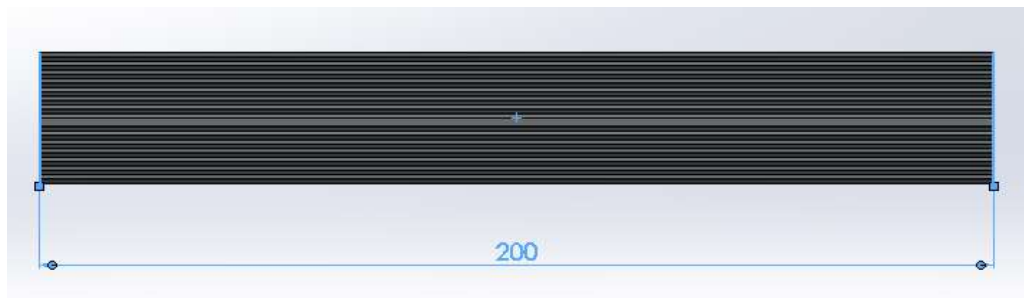


Figura 4.1 Longitud de la mordaza horizontal.

Para el ancho de la mordaza se considera la distancia del sello superior e inferior, además de la ranura donde se alojará la cuchilla para el corte de la película plástica.

$$A_{mh} = A_{ss} + A_{si} + A_r \quad (Ec. 4.1)$$

Donde:

$$A_{mh} = \text{Ancho de la mordaza horizontal (mm)}$$

$$A_{ss} = \text{Ancho del sello superior (mm)}$$

$$A_{si} = \text{Ancho del sello inferior (mm)}$$

$$A_r = \text{Ancho de la ranura (mm)}$$

$$A_{mh} = 15 + 13 + 2 = 30\ mm$$

4.1.2 TRANSFERENCIA DE CALOR (RESISTENCIA-MORDAZA).

Se realizará el cálculo de la transferencia de calor entre la resistencia y mordazas y se fijará como valor medio de sellado de la lámina de polipropileno de 150°C, *Tabla 2.2*.

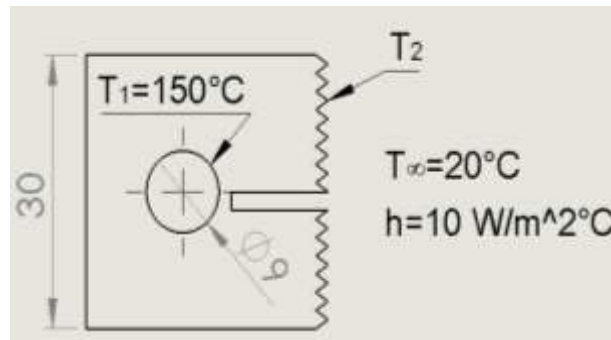


Figura 4.2 Temperaturas presentes en la mordaza.

Se puede observar las dimensiones y temperaturas implicadas en la mordaza de sellado horizontal, a continuación se procede a realizar el cálculo de la razón de la transferencia de calor. El material a utilizar es el latón debido a su buena conductividad térmica así como sus moderadas propiedades anticorrosivas.

$$K_{\text{Latón}} = 120 \frac{W}{m^{\circ}k} \text{ Ver anexo A, Tabla 1}$$

$$h_{\text{Aire}} = 10 \frac{W}{m^2^{\circ}C} \text{ Ver anexo A, Tabla 2}$$

$$L_{mh} = 200 \text{ mm} = 0.2 \text{ m}$$

$$w = 30 \text{ mm} = 0.03 \text{ m}$$

$$D = 9 \text{ mm} = 0.009 \text{ m}$$

$$L_{mh} = L_{rc}$$

$$A_{sh} = 4(L_{mh} * w) \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$A_{sh} = 0.024 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{2\pi L_{rc}}{\ln\left(1.08 * \frac{w}{D}\right)} \text{ Ver Anexo 1, Tabla 3} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

$$S = 0.981 \text{ m}$$

$$Q_{mh} = \frac{T_1 - T_\infty}{\frac{1}{K_{Latón} * S} + \frac{1}{h_{aire} * A_{sh}}} \quad (Ec. 4.4)$$

$$Q_{mh} = \frac{(150 - 20)^\circ k}{\frac{1}{120 \frac{W}{m^\circ k} * 0.981 m} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 \circ k} * 0.024 m^2}}$$

$$Q_{mh} = \frac{130^\circ k}{0.0085 \frac{^\circ k}{W} + 4.1667 \frac{^\circ k}{W}}$$

$$Q_{mh} = 31.1362 W$$

$$T_2 = - \frac{Q_{mh}}{K_{Latón} * S} + T_1$$

$$T_2 = - \frac{31.1362 W}{120 \frac{W}{m^\circ k} * 0.981 m} + 150^\circ k$$

$$T_2 = 149.736^\circ C$$

Donde:

Q_{mh} = Razón de transferencia de calor de la mordaza horizontal(W)

A_{sh} = Área de la superficie total de la mordaza horizontal(m²)

k = Coeficiente de conducción del material $\left(\frac{W}{m^\circ k}\right)$

h_{aire} = Coeficiente de convección del aire $\left(\frac{W}{m^2 \circ C}\right)$

L_{rc} = Longitud resistencia tipo cartucho(m)

L_{mh} = Longitud mordaza horizontal(m)

S = Factor de forma de conducción(m)

4.1.3 ENERGÍA NECESARIA PARA CALENTAR LA MORDAZA.

Se elevará la temperatura de cada una de las mordazas que realizarán el sellado horizontal de la lámina de polipropileno desde 20°C hasta 150°C, por lo tanto es preciso calcular la energía necesaria para llegar a dicha temperatura, y mediante esto llegar al valor de la resistencia eléctrica.

$$C_p = 375 \frac{J}{kg^{\circ}K} \text{ Ver anexo A, Tabla 1}$$

$$M_{mh} = 1.335 \text{ kg Tabla 4.2}$$

$$E_{mh} = M_{mh} * C_p * \Delta T \quad (\text{Ec. 4.5})$$

$$E_{mh} = 1.335 \text{ kg} * 375 \frac{J}{kg^{\circ}K} * (150 - 20)^{\circ}K$$

$$E_{mh} = 65081.25 \text{ J}$$

Donde:

E_{mh} = Energía necesaria para calentar la mordaza horizontal. (J)

C_p = Calor específico del material. $\left(\frac{J}{kg^{\circ}K}\right)$

ΔT = Variación de temperatura. ($^{\circ}K$)

M_{mh} = Masa de la mordaza horizontal. (Kg)

Se establece un tiempo de siete minutos para elevar la temperatura de la mordaza, y así obtendremos la potencia.

$$t = 7 \text{ min} = 420 \text{ seg}$$

$$\text{Potencia} = \frac{E_{mh}}{t} \quad (\text{Ec. 4.6})$$

$$\text{Potencia} = \frac{65081.25 \text{ J}}{420 \text{ seg}}$$

$$\text{Potencia} = 180.78 \text{ W}$$

Sumando la razón de transferencia de calor para obtener la potencia total para la resistencia.

$$P_{resistencia} = Potencia + Q_{mh} \quad (Ec. 4.7)$$

$$P_{resistencia} = (180.78 + 31.1362) W$$

$$P_{resistencia} = 188.568 W$$

De la relación de potencia eléctrica se despeja la resistencia.

$$P_{resistencia} = \frac{V^2}{R} \quad (Ec. 4.8)$$

$$R = \frac{120^2 Vol}{188.568 W}$$

$$R = 76.37 \Omega$$

4.1.4 DIÁMETRO DEL CILINDRO.

Es preciso conocer la fuerza necesaria para sellar la funda de polipropileno y las fuerzas por fricción del mecanismo para así obtener el diámetro del cilindro.

Tabla 4.1

Presión de sellado de distintos materiales plásticos

PRESIÓN DE SELLADO					
Material	Densidad (kg/dm³)	Resistencia a la tensión (kg/cm²)	Resistencia compresión (kg/cm²)	Temperatura de sellado (°C)	Presión de sellado (kgf/cm²)
HDPE	0.94-0.96	10-35	1	100-180	0.575-0.635
LDPE	0.91-0.93	4-16	1	110-180	0.564-0.620
PP	0.90	30-35	3	110-190	0.610-0.635

Fuente: Prodescom (citado en Rodriguez & Tipantacig, 2013, pág. 114)

Es necesario saber el valor de masa de los elemento involucrado en el sistema de sellado, para el cálculo del peso que moverá el cilindro.

Tabla 4.2

Masa de elementos involucrados en el sistema

MASA DE ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE SELLADO		
Elemento	Material	Masa(gr)
Placa soporte de la mordaza	Acero Inox. 304	1341.02
Mordaza	Latón	1335.35
Bocines	Latón	2*(60.58)
Placa acople Cilindro – Placa soporte de la mordaza	Acero Inox. 304	216.78
Total		3014.31

A continuación se presenta un esquema del sistema de sellado horizontal, y se realiza el cálculo de las fuerzas que intervendrán en su movimiento.

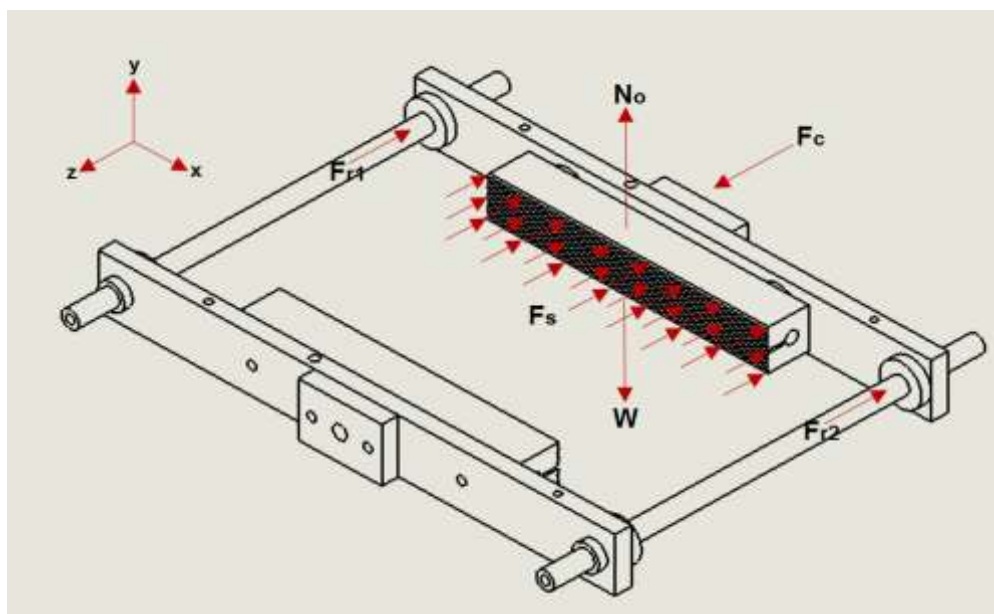


Figura 4.3 Esquema del sistema de sellado horizontal.

$$A_{efs} = \text{Área}_{si} + \text{Área}_{ss} \quad (\text{Ec. 4.9})$$

$$A_{efs} = (15 * 200) \text{ mm}^2 + (13 * 200) \text{ mm}^2 = 56 \text{ cm}^2$$

$$P_{sh} = \frac{F_{sh}}{A_{efs}} \quad (\text{Ec. 4.10})$$

$$F_{sh} = 0.610 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} * 56 \text{ cm}^2$$

$$F_{sh} = 335.995 \text{ N}$$

Donde:

$$A_{efs} = \text{Área efectiva de sellado}(\text{cm}^2)$$

$$\text{Área}_{si} = \text{Área del sello inferior.}(\text{mm}^2)$$

$$\text{Área}_{ss} = \text{Área del sello superior.}(\text{mm}^2)$$

$$P_{sh} = \text{Presión de sellado horizontal.} \left(\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$F_{sh} = \text{Fuerza de sellado horizontal.}(\text{N})$$

Ahora se procede a realizar la sumatoria de fuerzas del sistema para calcular la fuerza del cilindro.

$$\sum F_y = 0 \quad (\text{Ec. 4.11})$$

$$N_o = W$$

$$N_o = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.01435 \text{ Kg}$$

$$N_o = 29.57 \text{ N}$$

$$F_r = 0.51 \text{ Ver anexo A, Tabla 4}$$

$$\sum F_z = 0 \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$2F_r + F_{sh} = F_{ch}$$

$$F_{ch} = 2 * (0.18 * 29.57) \text{ N} + 334.995 \text{ N}$$

$$F_{ch} = 365.157 \text{ N}$$

La elección de la presión de aire para el funcionamiento de los distintos sistemas que conforman la máquina empacadora de snacks, se basa en las características del compresor con el que cuenta la microempresa, siendo la presión mínima de funcionamiento de cinco bares antes que el compresor vuelva a cargarse, por consiguiente el valor de presión antes mencionado será con el que se diseñará los elementos neumáticos.

$$S_h = \frac{F_{ch}}{P_{am}} \quad (\text{Ec. 4.13})$$

$$S_h = \frac{365.157 \text{ N}}{0.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$S_h = 730.314 \text{ mm}^2$$

$$d_{csh} = \sqrt{\frac{4 * S_h}{\pi}} \quad (\text{Ec. 4.14})$$

$$d_{csh} = \sqrt{\frac{4 * 730.314 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$d_{csh} = 30.494 \text{ mm}$$

Del catálogo de AirTAC se escoge un cilindro ISO SI D32MM C75MM que es el inmediato superior que se encuentra.

$$\therefore d_{csh} = 32 \text{ mm}$$

$$S_h = \frac{\pi * d_{csh}^2}{4}$$

$$S_h = \frac{\pi * (32 \text{ mm})^2}{4}$$

$$S_h = 804.248 \text{ mm}^2$$

$$\therefore F_{ch} = P_{am} * S_h$$

$$F_{ch} = 0.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 804.248 \text{ mm}^2$$

$$F_{ch} = 482.549 \text{ N} \approx 483 \text{ N}$$

Donde:

d_{csh} = Diámetro del cilindro de sellado horizontal. (mm)

S_h = Área del embolo del cilindro horizontal. (mm²)

P_{am} = Presión de aire de la máquina. $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$

F_{ch} = Fuerza del cilindro horizontal (N)

F_r = Fuerza de rozamiento. (mm²)

4.1.5 ESPESOR DE LA PLACA SOPORTE DE LA MORDAZA.

Para las dimensiones de la placa soporte de la mordaza del sello horizontal, se considera el largo de la mordaza, el espacio requerido para el mecanismo de corte y el espacio de variación entre el borde de la placa soporte y los ejes que servirán de guía para el sistema.

$$L_{psm} = Longitud_{Mordaza Horizontal} + 2 * X_{sc} + 2 * X_{eje} \quad (Ec. 4.15)$$

$$L_{psm} = 200 \text{ mm} + 2 * 60.5 \text{ mm} + 2 * 24.5 \text{ mm}$$

$$L_{psm} = 370 \text{ mm}$$

$$A_{psm} > A_{mh}$$

$$A_{psm} > 30 \text{ mm}$$

$$\therefore A_{psm} = 40 \text{ mm}$$

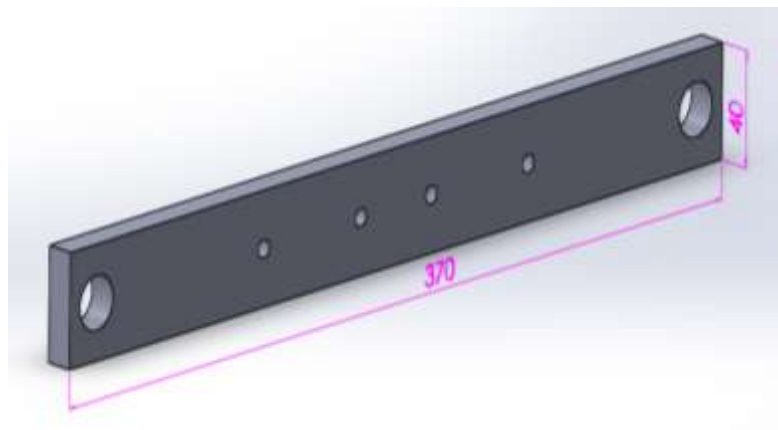


Figura 4.4 Dimensiones de la placa soporte de la mordaza.

Donde:

L_{psm} = Longitud de la placa soporte de la mordaza. (mm)

X_{eje} = Espacio de variación al borde debido a los ejes. (mm)

A_{psm} = Ancho de la placa soporte de la mordaza. (mm)

X_{sc} = Espacio del sistema de corte. (mm)

Se realiza el análisis estático de la placa soporte para proceder a calcular el espesor requerido para evitar la deflexión debido a la fuerza del cilindro. Se realiza el análisis de la sección que se muestra en la *figura 4.5* como una barra doblemente empotrada.

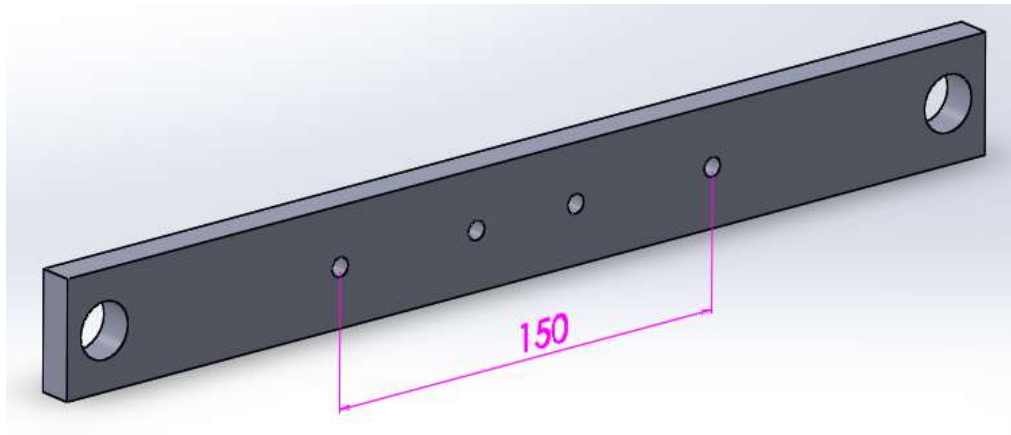


Figura 4.5 Sección de análisis de la barra soporte de la mordaza

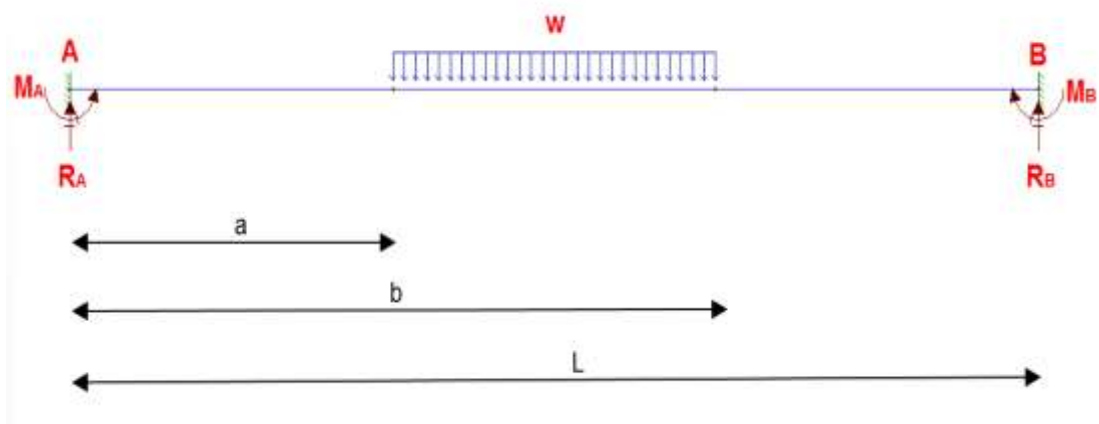


Figura 4.6 Diagrama de cuerpo libre de la placa soporte de la mordaza.

$$w = \frac{F_c}{X_w}$$

$$w = \frac{483 \text{ N}}{0.05 \text{ m}} = 9660 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$a = 0.05 \text{ m}$$

$$b = 0.1 \text{ m}$$

$$L = 0.15 \text{ m}$$

$$w = w(x - a)^0 - w(x - b)^0$$

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = -w(x) = -w(x - a)^0 + w(x - b)^0$$

$$EI \frac{d^3 y}{dx^3} = V(x) = -w(x - a)^1 + w(x - b)^1 + R_A$$

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x) = -\frac{w}{2}(x - a)^2 + \frac{w}{2}(x - b)^2 + R_A x + M_A$$

$$EI \frac{dy}{dx} = EI\theta(x) = -\frac{w}{6}(x - a)^3 + \frac{w}{6}(x - b)^3 + \frac{R_A}{2}x^2 + M_A x + C_1 \quad (\text{Ec. 4.16})$$

$$EIy(x) = -\frac{w}{24}(x - a)^4 + \frac{w}{24}(x - b)^4 + \frac{R_A}{6}x^3 + \frac{M_A}{2}x^2 + C_1 x + C_2 \quad (\text{Ec. 4.17})$$

Condiciones de frontera:

$$\text{if } (x > a) \rightarrow (x - a); \text{ else } x - a = 0$$

$$\text{if } (x > b) \rightarrow (x - b); \text{ else } x - b = 0$$

$$[x = 0; \frac{dy}{dx} = 0]$$

$$EI \frac{dy}{dx} = -\frac{w}{6}(x - a)^3 + \frac{w}{6}(x - b)^3 + \frac{R_A}{2}x^2 + M_A x + C_1$$

$$C_1 = 0$$

$$[x = 0; y = 0]$$

$$EIy(x) = -\frac{w}{24}(x - a)^4 + \frac{w}{24}(x - b)^4 + \frac{R_A}{6}x^3 + \frac{M_A}{2}x^2 + C_1 x + C_2$$

$$C_2 = 0$$

$$[x = L; \frac{dy}{dx} = 0]$$

$$EI \frac{dy}{dx} = -\frac{w}{6}(L - a)^3 + \frac{w}{6}(L - b)^3 + \frac{R_A}{2}L^2 + M_A L + C_1$$

$$-\frac{w}{6}(L-a)^3 + \frac{w}{6}(L-b)^3 + \frac{R_A}{2}L^2 + M_A L = 0 \quad (\text{Ec. 4.18})$$

$[x = L; y = 0]$

$$EIy(x) = -\frac{w}{24}(L-a)^4 + \frac{w}{24}(L-b)^4 + \frac{R_A}{6}L^3 + \frac{M_A}{2}L^2 + C_1L + C_2$$

$$-\frac{w}{24}(L-a)^4 + \frac{w}{24}(L-b)^4 + \frac{R_A}{6}L^3 + \frac{M_A}{2}L^2 = 0 \quad (\text{Ec. 4.19})$$

Multiplicando (Ec. 4.18) * $-\frac{L}{2}$ y sumando con la (Ec. 4.19).

$$-\frac{L}{2}\left(-\frac{w}{6}(L-a)^3 + \frac{w}{6}(L-b)^3\right) - \frac{w}{24}(L-a)^4 + \frac{w}{6}(L-b)^4 - \frac{R_A}{12}L^3 = 0$$

Despejando R_A de la ecuación anterior y realizando las operaciones.

$$R_A = w \left(\frac{(b^4 - a^4)}{2L^3} + \frac{(a^3 - b^3)}{L^2} + (b - a) \right) \quad (\text{Ec. 4.20})$$

$$R_A = 241.5 \text{ N}$$

Despejando M_A de la (Ec. 4.18).

$$M_A = \frac{\left(\frac{w}{6}(L-b)^3 - \frac{w}{6}(L-a)^3 - \frac{R_A}{2}L^2\right)}{L}$$

$$M_A = -8.72 \text{ N.m}$$

La placa soporte será construida con acero inoxidable AISI 304 que corresponde para grado alimenticio.

$S_y = 206 \text{ MPa}$ Ver Anexo A, Tabla 5

$E = 190 \text{ GPa}$ Ver Anexo A, Tabla 6

$N = 3$ Ver Anexo A, Tabla 7

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{N} \quad (\text{Ec. 4.21})$$

$$\sigma_{adm} = \frac{206 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_{adm} = 68.3333 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_A * c}{I} \quad (\text{Ec. 4.22})$$

Para un rectángulo:

$$\sigma_{max} = \frac{M_A * \frac{h}{2}}{\frac{A_{psm} * h^3}{12}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 * M_A}{A_{psm} * \sigma_{max}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 * 8.72 \text{ N.m}}{0.04 \text{ m} * 68.3333 \text{ MPa}}}$$

$$h = 4.375 \text{ mm}$$

Donde:

$h =$ Espesor de la placa soporte. (m)

Calculando la deflexión de la (Ec. 4.17):

[$x = 75 \text{ mm}$; $y = ?$]

$$EIy = -\frac{w}{24}(x-a)^4 + \frac{w}{24}(x-b)^4 + \frac{R_A}{6}x^3 + \frac{M_A}{2}x^2 + C_1x + C_2$$

$$EIy = -\frac{9660}{24}(75-50)^4 + \frac{9660}{24}(75-10)^4 + \frac{241.5}{6}75^3 - \frac{8.72}{2}75^2 + 0 + 0$$

$$EIy = -0.0077 \text{ N.m}$$

$$y = \frac{-0.0077 \text{ N.m}}{190 \text{ GPa} * \frac{(0.04 * 0.004375^3)m^4}{12}}$$

$$y = -0.1452 \text{ mm}$$

Se verifica los resultados obtenidos con un software de simulación.

Tabla 4.3

Cargas aplicadas en la placa soporte de la mordaza

ESPECIFICACIONES DE LA PLACA SOPORTE DE LA MORDAZA		
Material	Dimensiones(mm)	Carga W (N/m)
AISI 304	370x40x4.38	9660

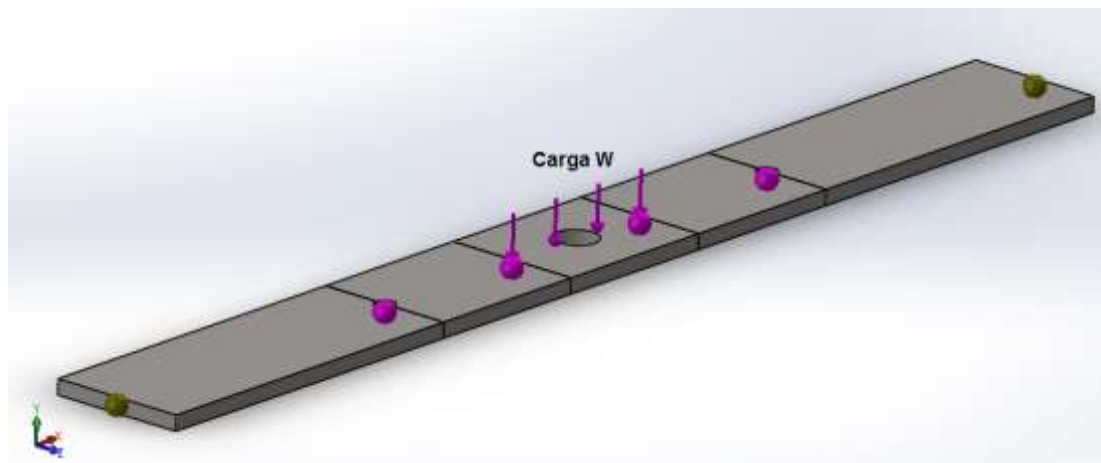


Figura 4.7 Carga aplicada en la placa soporte de la mordaza.

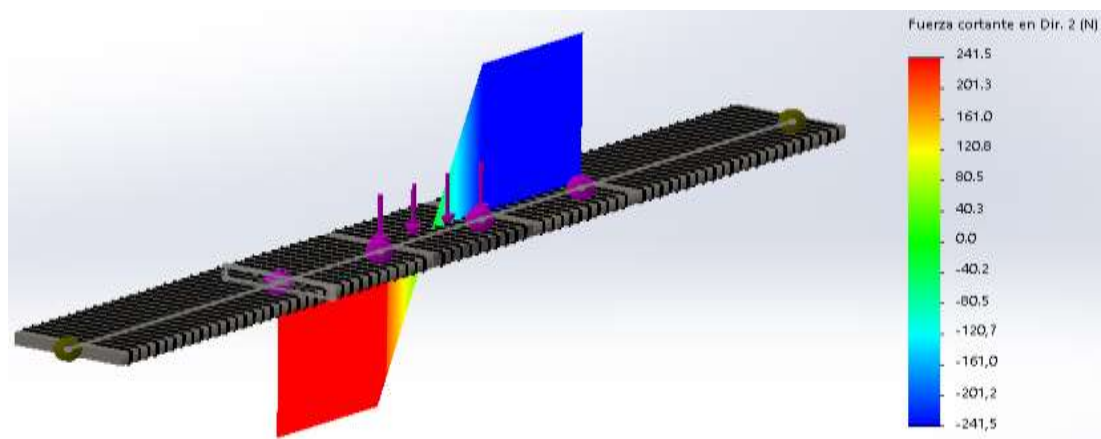


Figura 4.8 Diagrama de fuerza cortante de la placa soporte de la mordaza.

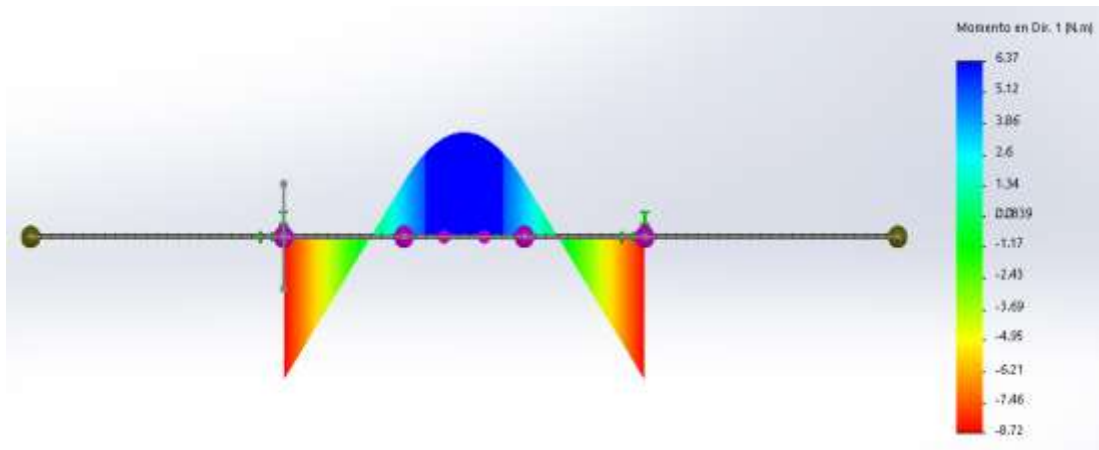


Figura 4.9 Diagrama de momento flector de la placa soporte de la mordaza.

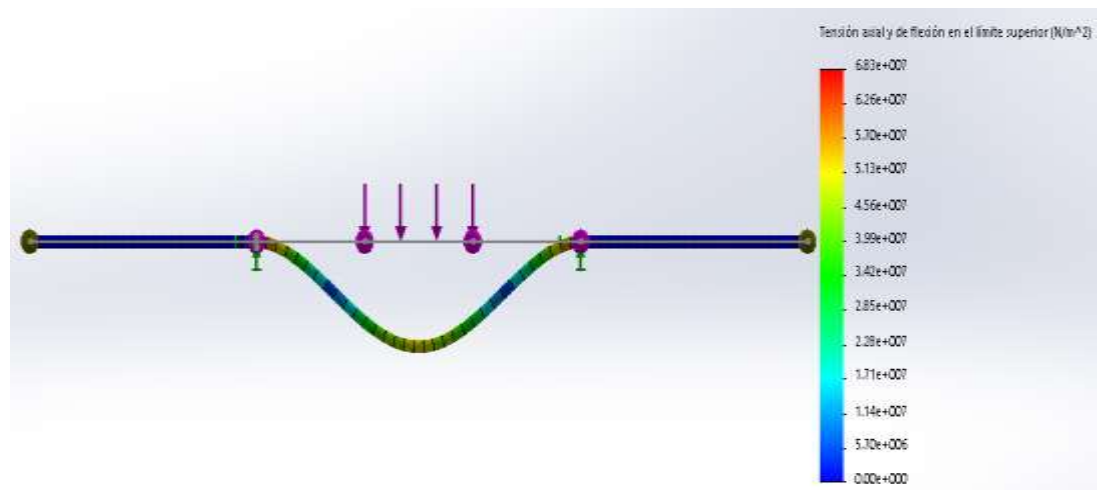


Figura 4.10 Tensión axial y flexión de la placa soporte de la mordaza.

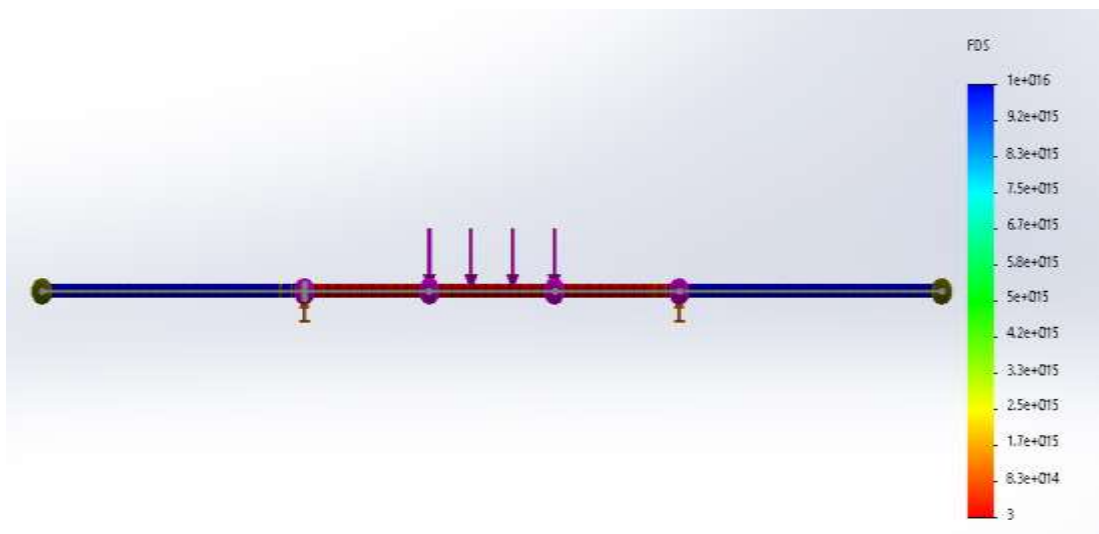


Figura 4.11 Factor de seguridad de la placa soporte de la mordaza.

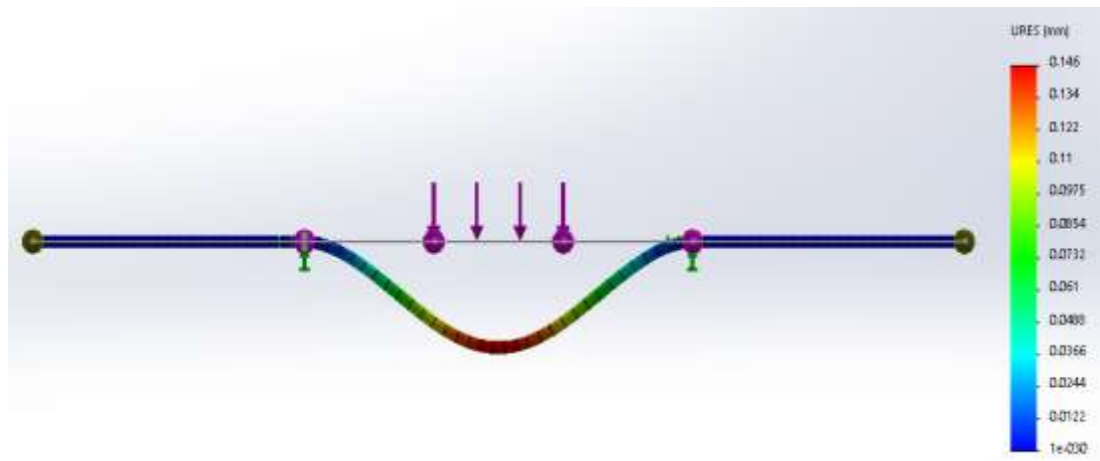


Figura 4.12 Deflexión de la placa soporte de la mordaza.

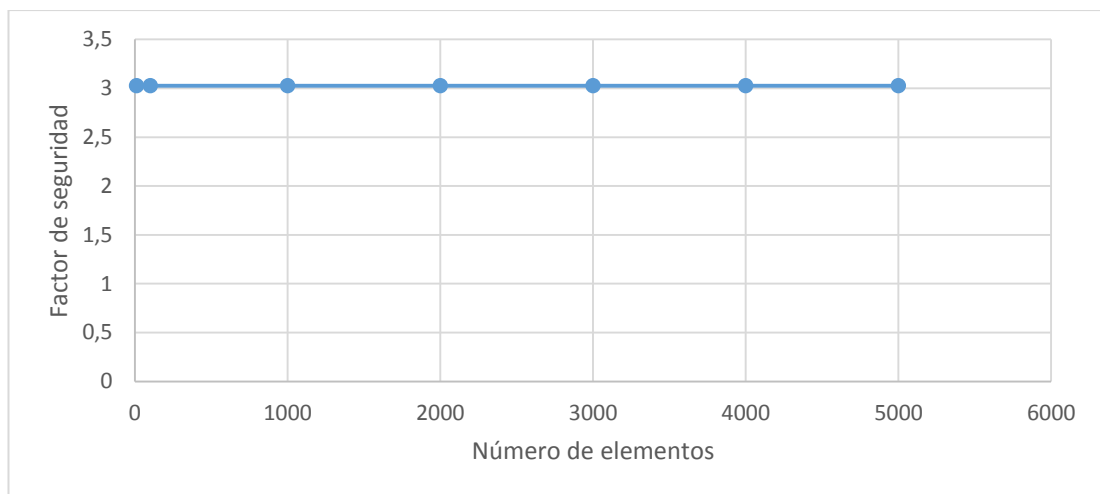


Figura 4.13 Curva de convergencia de la placa soporte de la mordaza.

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 5000 elementos, sin obtener variaciones significativas en los resultados, como se muestra en la *figura 4.13* relacionada a la curva de convergencia de la placa soporte de la mordaza.

En conclusión la placa soporte de la mordaza de acero inoxidable AISI 304 de dimensiones 370x40x4.38 mm, cumple con el valor del factor de seguridad de 3 con el que se realizó el diseño. El valor del límite elástico obtenido es de 68.3 MPa que se encuentra por debajo del valor del límite elástico del material, la deflexión máxima es de 0.15mm. Por disponibilidad en el mercado nacional se escoge una placa de acero inoxidable AISI 304 de 12 mm de espesor.

4.1.6 DIÁMETRO DE LOS EJES GUÍAS DE LAS MORDAZAS.

De la *figura 4.3* se realiza el diagrama de cuerpo libre para el eje guía de las mordazas.

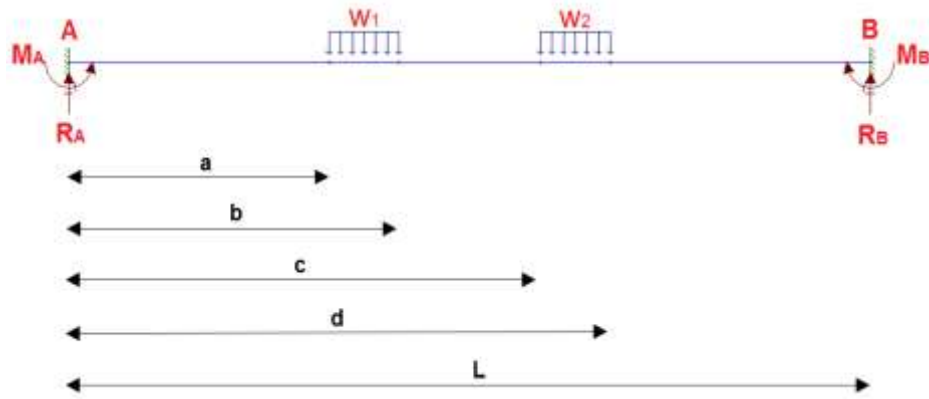


Figura 4.14 Diagrama de cuerpo libre del eje guía de las mordazas.

$$a = 0.093 \text{ m}$$

$$b = 0.118 \text{ m}$$

$$c = 0.1685 \text{ m}$$

$$d = 0.1935 \text{ m}$$

$$L = 0.2865 \text{ m}$$

La masa del sistema *tabla 4.2*, se divide para cada eje que servirá como guía para las mordazas y se la aproxima como factor de confianza.

$$\text{masa} = \frac{3.01431 \text{ Kg}}{2}$$

$$\text{masa} = 1.5071 \approx 2 \text{ kg}$$

$$w1 = \frac{2 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.025 \text{ m}}$$

$$w1 = 784.8 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$w1 = w2$$

El diseño del eje guía se lo realiza en acero inoxidable AISI 304 con un diámetro de 12.7 mm que es el que se encuentra disponible en el mercado.

Tabla 4.4

Cargas aplicadas en el eje guía de las mordazas

ESPECIFICACIONES DEL EJE GUÍA DE LAS MORDAZAS		
Material	Dimensiones(mm)	Carga W1=W2 (N/m)
AISI 304	Ø12.7x308.5	784.8

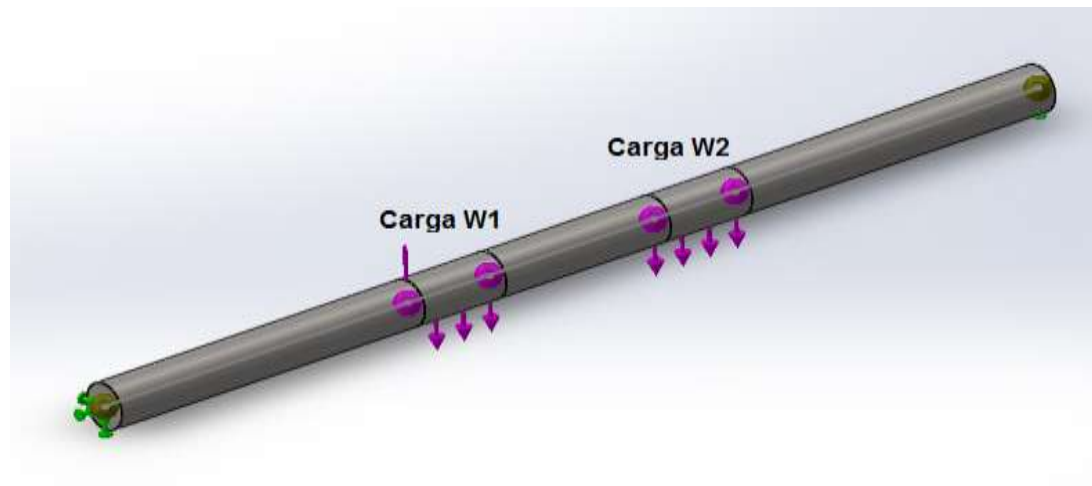


Figura 4.15 Carga aplicada en el eje guía de las mordazas.

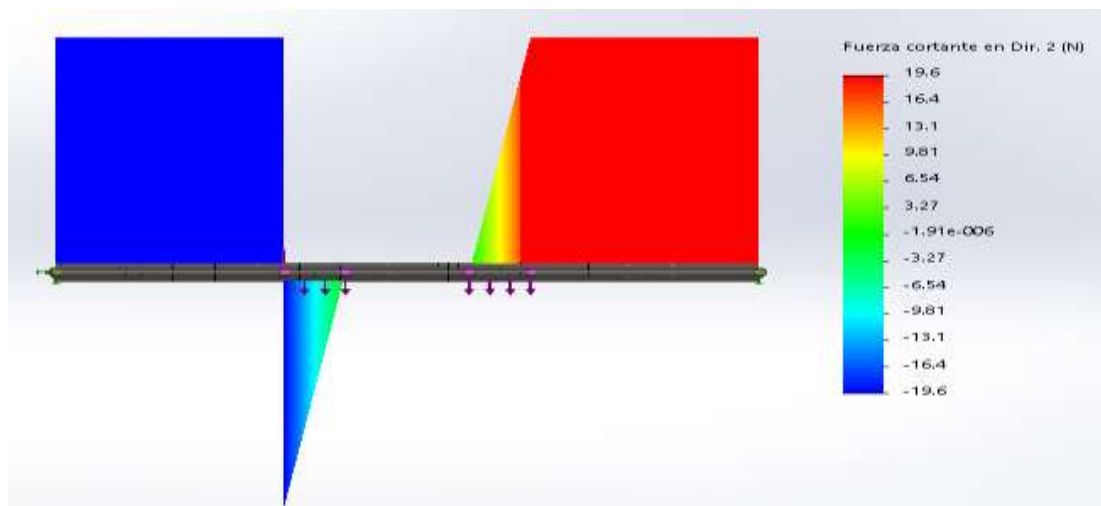


Figura 4.16 Diagrama de fuerza cortante del eje guía.

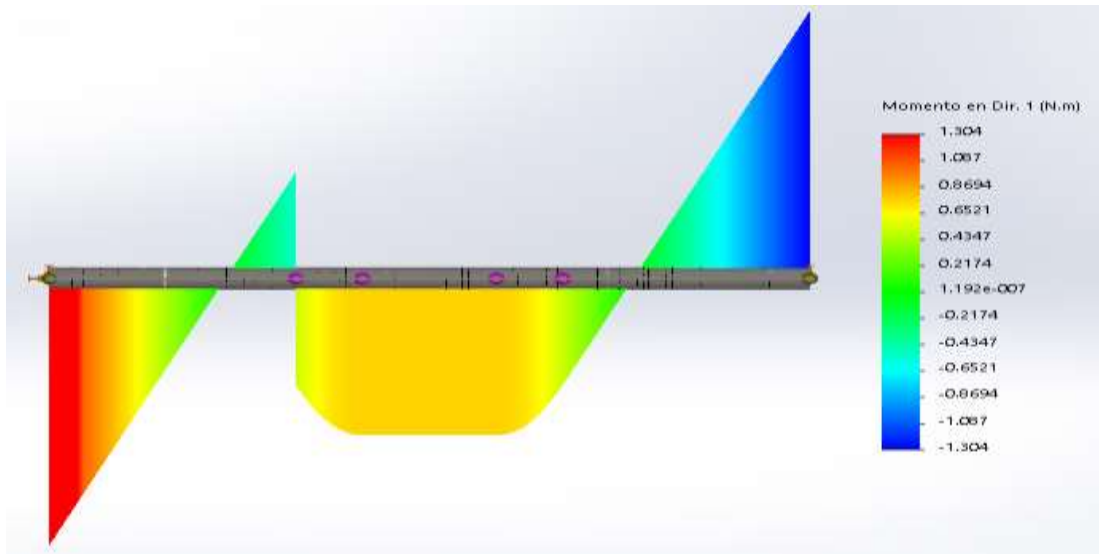


Figura 4.17 Diagrama de momento flector del eje guía.

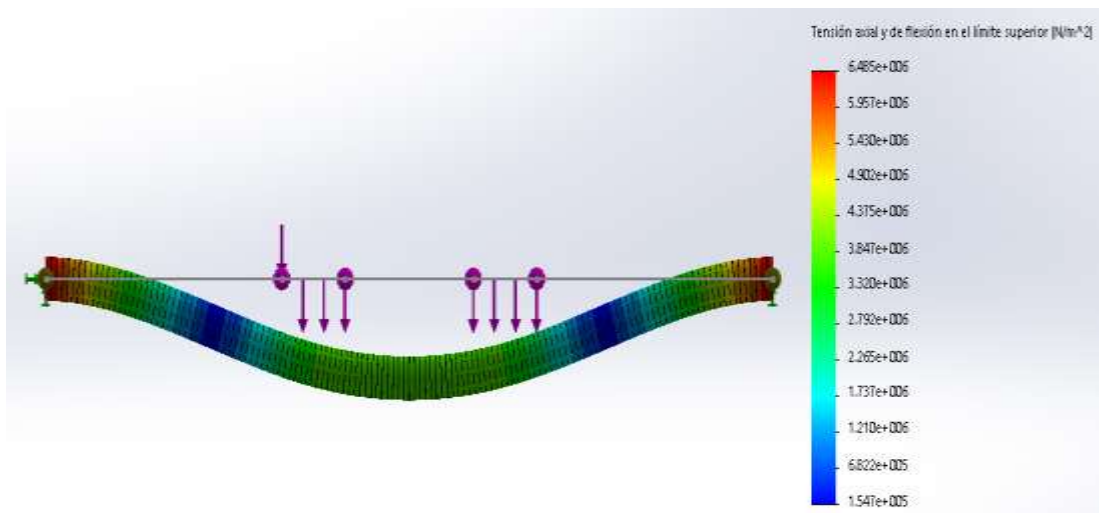


Figura 4.18 Tensión axial y flexión del eje guía.

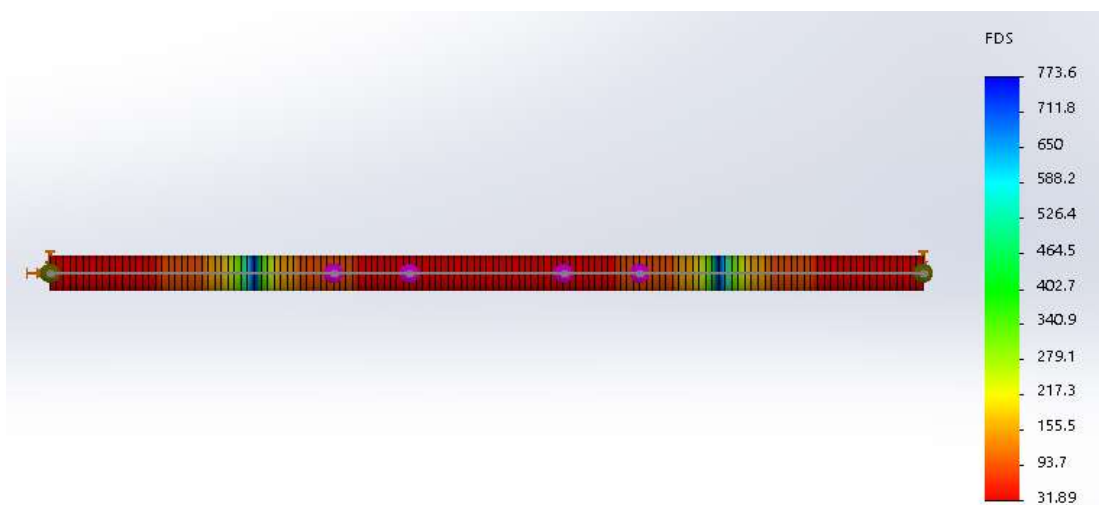


Figura 4.19 Factor de seguridad del eje guía.

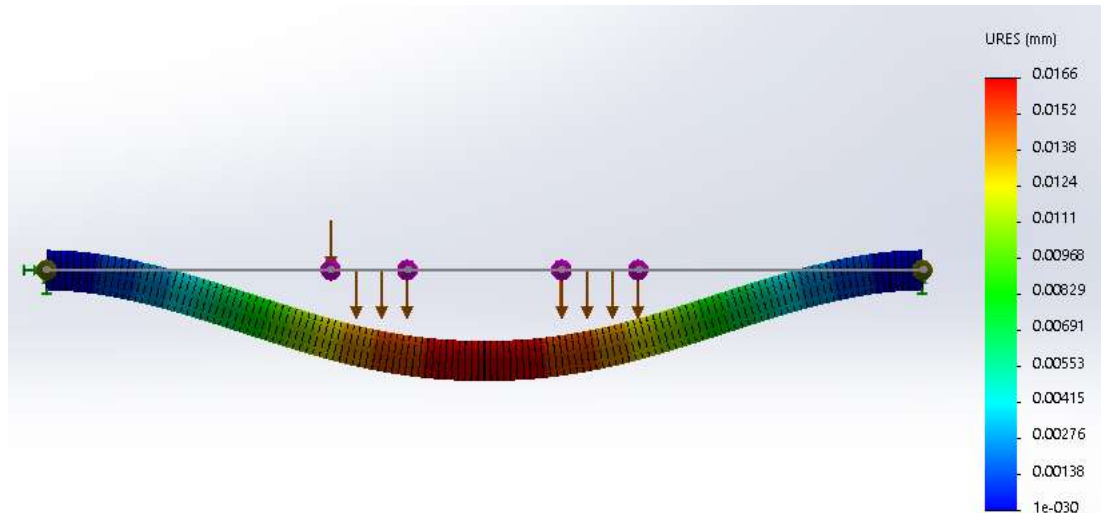


Figura 4.20 Deflexión del eje guía.

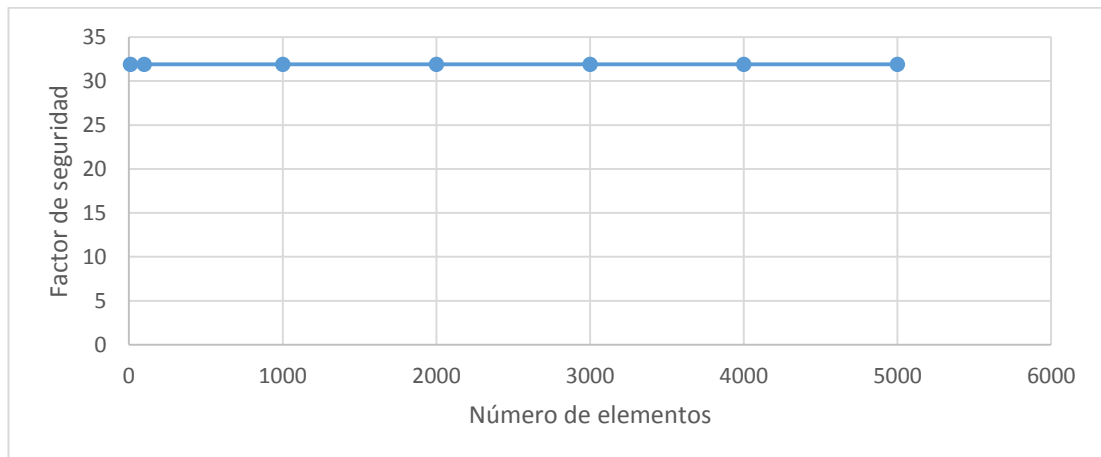


Figura 4.21 Curva de convergencia del eje guía.

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 5000 elementos, sin obtener variaciones significativas en los resultados, como se muestra en la *figura 4.21* relacionada a la curva de convergencia del eje guía de las mordazas.

El eje de acero inoxidable AISI 304 de 12 mm de diámetro cumple con la condición de tener un factor de seguridad mayor que uno, obteniendo un valor de 31, el límite elástico es de 6.48 MPa que se encuentra por debajo del valor del límite elástico del material. La deflexión máxima es de 0.02 mm con lo que se asegura que no exista una desalineación del sistema de sellado con la platina de apoyo para el sellado del formador de funda asegurando un correcto sellado.

4.1.7 SISTEMA DE CORTE.

La longitud de la cuchilla para el sistema de corte se lo realiza en base a la longitud de las mordazas y su altura se realizará en base a una cuchilla existente en el mercado.

$$Longitud_{Cuchilla} > Longitud_{Mordaza\ Horizontal}$$

$$Longitud_{Cuchilla} > 200\ mm$$

$$\therefore Longitud_{Cuchilla} = 250\ mm$$



Figura 4.22 Longitud de la cuchilla de corte.

Para evitar que la cuchilla que cortará la lámina de polipropileno choque con las mordazas tanto en la apertura como cierre del cilindro se diseña con un milímetro de seguridad.

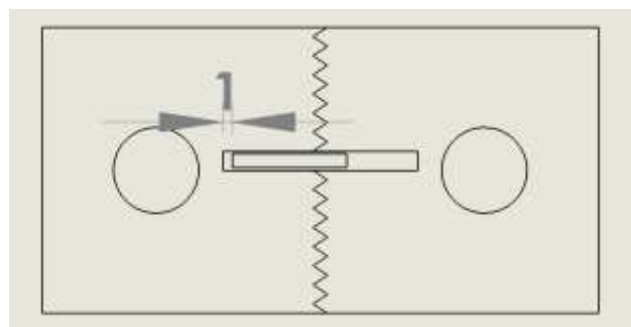


Figura 4.23 Posición 1 de la cuchilla.

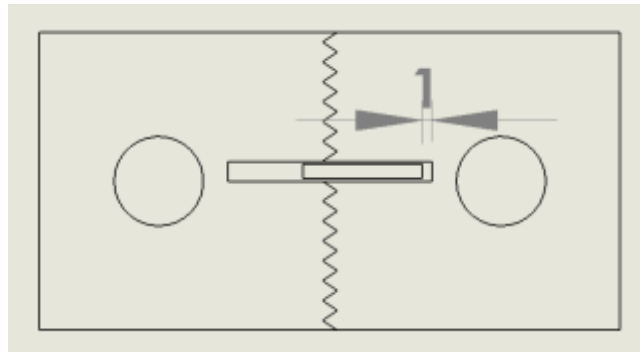


Figura 4.24 Posición 2 de la cuchilla.

Para que los soportes de la cuchilla cumplan con las condiciones de la *figura 4.23* y *figura 4.24* la longitud de los soportes de la cuchilla serían:

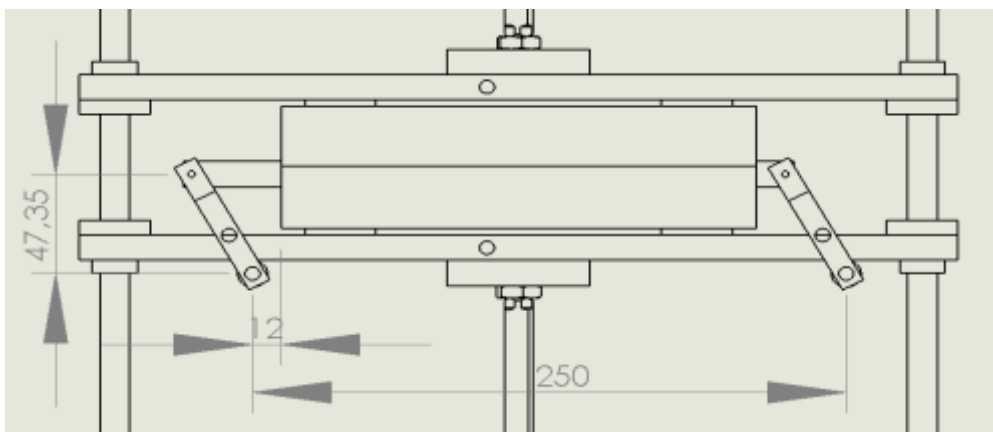


Figura 4.25 Posición 1 de los soportes de la cuchilla.

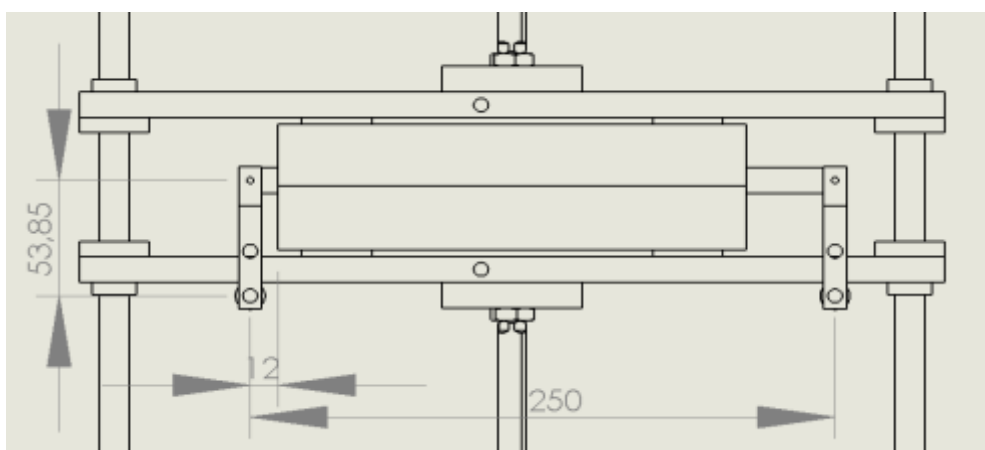


Figura 4.26 Posición 2 de los soportes de la cuchilla.

Del catálogo de AirTAC se escoge un cilindro ISO MI D16MM C10MM que es el inmediato.

4.1.8 ESQUEMA DEL SISTEMA DE SELLO HORIZONTAL.

Ensamblando las diferentes partes del sistema de sellado horizontal se obtendrá un mecanismo como se muestra en la *figura 4.27*.

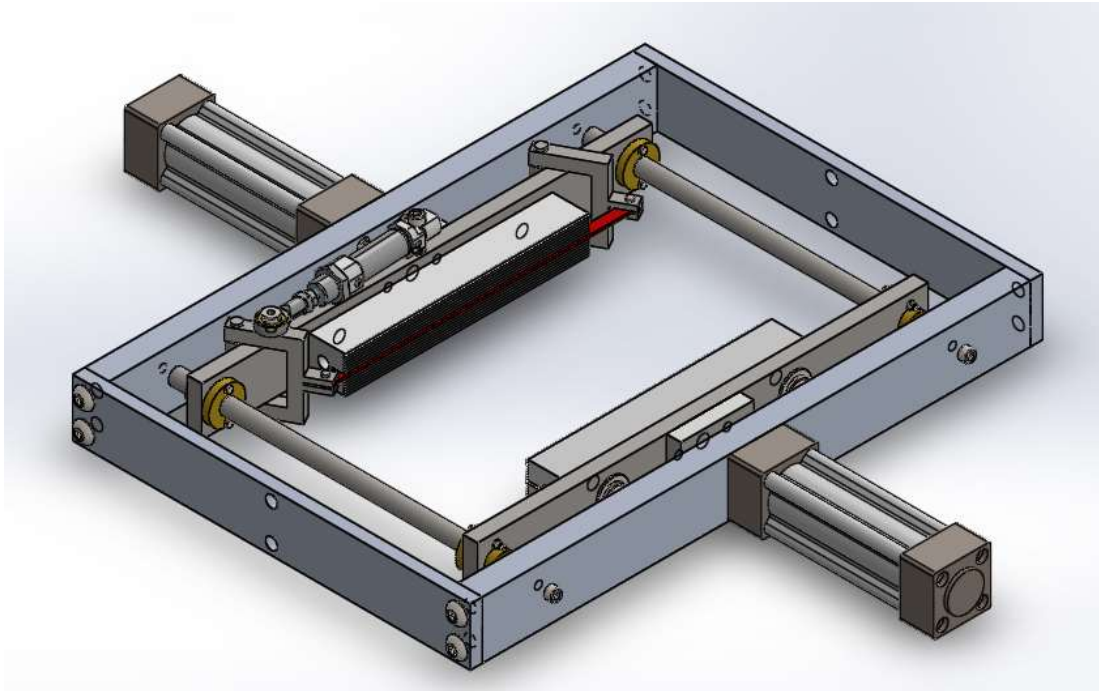


Figura 4.27 Sistema de sellado horizontal.

4.2 SISTEMA DE SELLO VERTICAL

4.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA MORDAZA.

El dimensionamiento de la mordaza para el sello vertical se hace en base al largo de la funda a sellar.

$$Longitud_{Mordaza\ Vertical} > Longitud_{Funda}$$

$$Longitud_{Mordaza\ Vertical} > 280\ mm$$

$$\therefore Longitud_{Mordaza\ Vertical} = 300\ mm$$

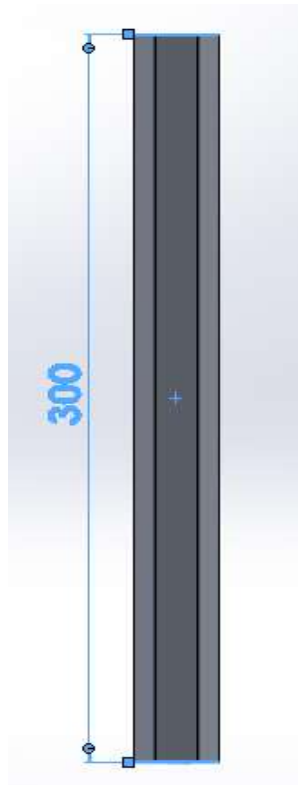


Figura 4.28 Longitud de la mordaza vertical.

El sello lateral de la funda será de 15 mm de ancho, por lo que la sección transversal de la mordaza tendrá forma de trapecio como se muestra en la figura 4.29.

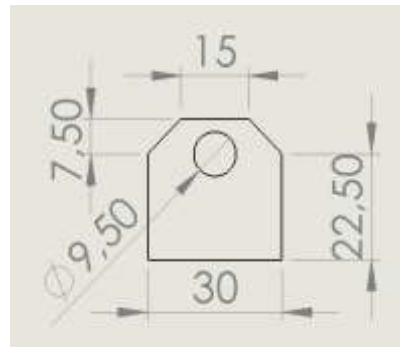


Figura 4.29 Sección transversal de la mordaza vertical.

4.2.2 TRANSFERENCIA DE CALOR (RESISTENCIA-MORDAZA).

$$K_{Aluminio} = 247 \frac{W}{m^{\circ}k} \text{ Ver anexo A, Tabla 1}$$

$$h_{Aire} = 10 \frac{W}{m^2^{\circ}C} \text{ Ver anexo A, Tabla 2}$$

$$L_{mv} = 300 \text{ mm} = 0.3 \text{ m}$$

$$A_{smv} = 15 \text{ mm} = 0.015 \text{ m}$$

$$x_{mv} = 7.5 \text{ mm} = 0.0075 \text{ m}$$

$$A_{sv} = L_{mv} * A_{smv} \quad (\text{Ec. 4.23})$$

$$A_{sv} = 0.0045 \text{ m}^2$$

$$Q_{mv} = \frac{T_1 - T_\infty}{\frac{x_{mv}}{K_{aluminio} * A_{sv}} + \frac{1}{h_{aire} * A_{sv}}} \quad (\text{Ec. 4.24})$$

$$Q_{mv} = \frac{(150 - 20)^\circ k}{\frac{0.0075 \text{ m}}{247 \frac{W}{m^\circ k} * 0.0045 \text{ m}^2} + \frac{1}{10 \frac{W}{m^2^\circ k} * 0.0045 \text{ m}^2}}$$

$$Q_{mv} = \frac{130^\circ k}{0.0067 \frac{^\circ k}{W} + 22.2222 \frac{^\circ k}{W}}$$

$$Q_{mv} = 5.8482 \text{ W}$$

$$T_2 = -\frac{Q_{mv} * L_{mv}}{K_{aluminio} * A_{sv}} + T_1$$

$$T_2 = 149.9605^\circ \text{C}$$

Donde:

Q_{mv} = Razón de transferencia de calor de la mordaza vertical(W)

X_{mv} = Espacio de transferencia de calor mordaza vertical(m)

A_{smv} = Ancho de la superficie de sellado de la mordaza vertical(m²)

A_{sv} = Área de la superficie de sellado de la mordaza vertical(m²)

L_{mv} = Longitud mordaza vertical(m)

4.2.3 ENERGÍA NECESARIA PARA CALENTAR LA MORDAZA.

Para realizar el sello vertical de la lámina de polipropileno es necesario elevar la temperatura de la mordaza desde 20°C hasta 150°C, para lo cual es necesario calcular la energía necesaria para llegar a dicha temperatura, y mediante esto llegar al valor de la resistencia eléctrica.

$$C_p = 900 \frac{J}{kg^{\circ}K} \text{ Ver anexo A, Tabla 1}$$

$$M_{mv} = 0.62431 \text{ kg Tabla 4.5}$$

$$E_{mv} = M_{mv} * C_p * \Delta T \quad (\text{Ec. 4.25})$$

$$E_{mv} = 0.62431 \text{ kg} * 375 \frac{J}{kg^{\circ}K} * (150 - 20)^{\circ}K$$

$$E_{mv} = 73044 \text{ J}$$

Donde:

$$E_{mv} = \text{Energía necesaria para calentar la mordaza. (J)}$$

$$M_{mv} = \text{Masa de la mordaza vertical. (Kg)}$$

Se establece el tiempo para que se caliente la mordaza será de cinco minutos, y así obtendremos la potencia para calentar la mordaza.

$$t = 5 \text{ min} = 300 \text{ seg}$$

$$\text{Potencia} = \frac{E_{mv}}{t} \quad (\text{Ec. 4.26})$$

$$\text{Potencia} = \frac{72945 \text{ J}}{300 \text{ seg}}$$

$$\text{Potencia} = 243.4809 \text{ W}$$

Sumando la razón de transferencia de calor para obtener la potencia total para la resistencia.

$$P_{resistencia} = Potencia + Q_{mv} \quad (Ec. 4.27)$$

$$P_{resistencia} = (243.4809 + 5.8482) W$$

$$P_{resistencia} = 249.3291 W$$

De la relación de potencia eléctrica se despeja la resistencia.

$$P_{resistencia} = \frac{V^2}{R} \quad (Ec. 4.28)$$

$$R = \frac{120^2 Vol}{249.3291 W}$$

$$R = 57.76 \Omega$$

4.2.4 EJES SOPORTE PARA EL SISTEMA DE SELLADO VERTICAL.

Por facilidad en el proceso de manufactura y accesibilidad en el mercado se realiza el diseño con un eje de diámetro de Ø5/8'x370mm de acero inoxidable AISI 304, el cual debe cumplir con condiciones de factor de seguridad y deflexión la cual no debe superar un milímetro para evitar la desnivelación de la mordaza de sellado vertical.

Tabla 4.5

Elementos del sistema de sellado vertical

MASA DE ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE SELLADO		
Elemento	Material	Masa(gr)
Conjunto soporte de la mordaza y cilindro	Aluminio	790.74
Mordaza	Aluminio	624.31
Bocín	Latón	13.67
Placa acople cilindro – mordaza	Acero Inox. 304	128.47
Cilindro		345
Tonillos y pasadores	Acero Inox. 304	98
Total		2000.19

Cada eje soportara la mitad de la masa de los elementos en conjunto es decir 1kg.

$$masa = \frac{2 Kg}{2} = 1 kg$$

$$F = 1Kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 9,81N$$

Tabla 4.6

Cargas Aplicadas al eje soporte del sistema de sellado vertical

ESPECIFICACIONES DEL EJE SOPORTE DEL SISTEMA DE SELLADO VERTICAL		
Material	Dimensiones(mm)	Carga F (N)
AISI 304	Ø15.8x370	9.81

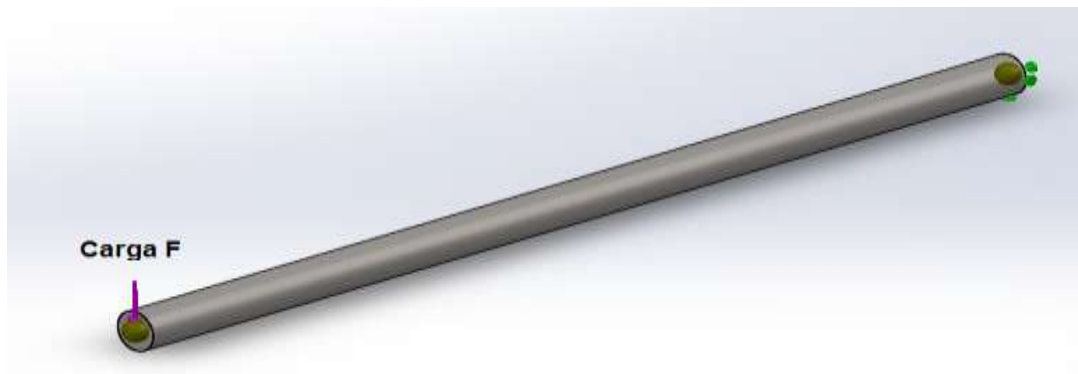


Figura 4.30 Carga aplicada al eje soporte del sistema de sellado vertical.

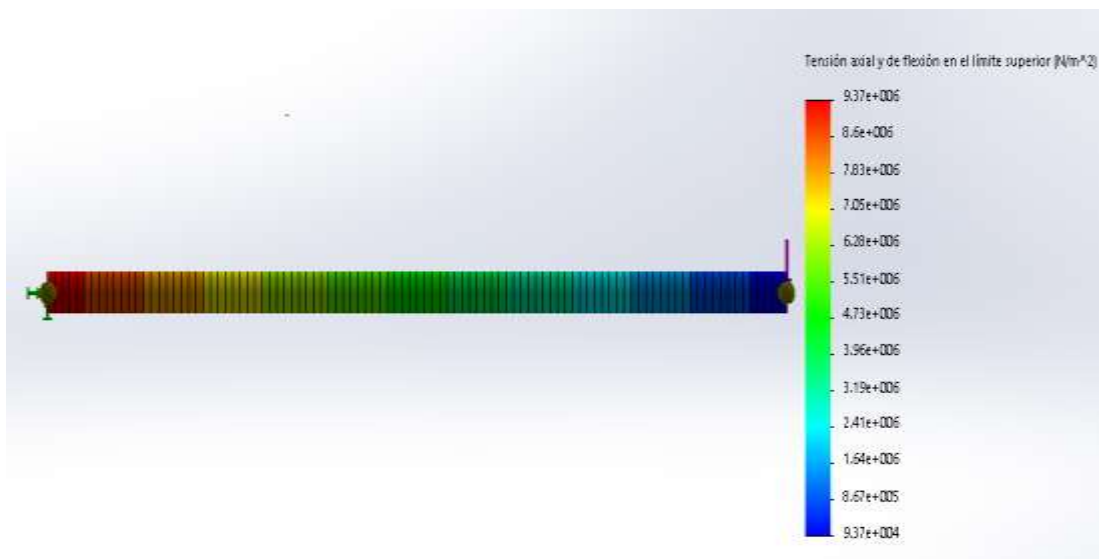


Figura 4.31 Tensión axial y flexión del eje soporte para el sistema de sellado vertical.

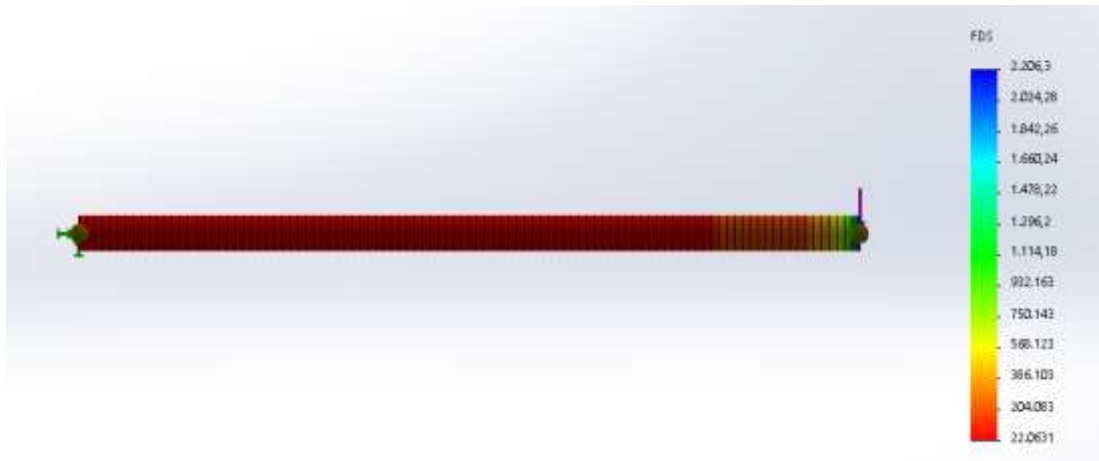


Figura 4.32 Factor de seguridad del eje soporte para el sistema de sellado vertical.

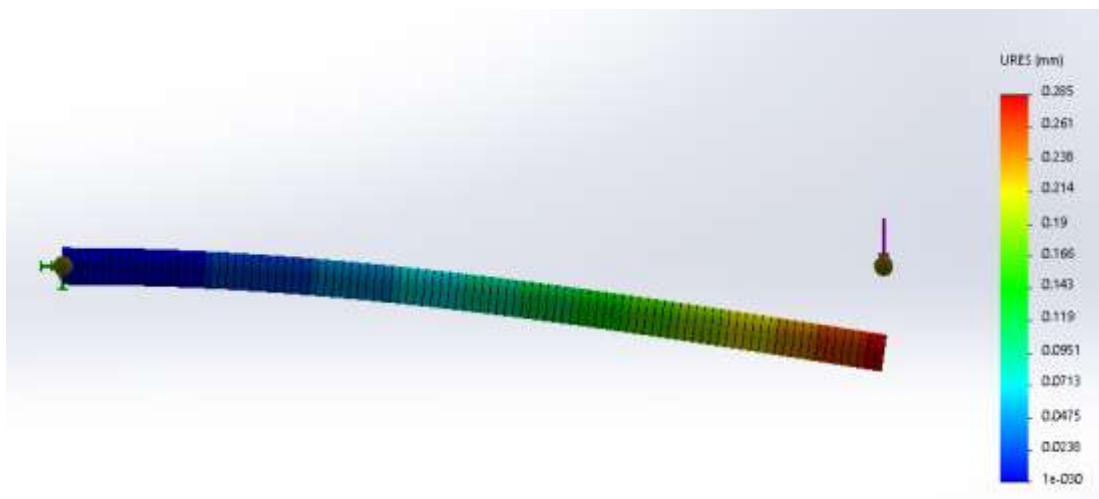


Figura 4.33 Deflexión del eje soporte para el sistema de sellado vertical.

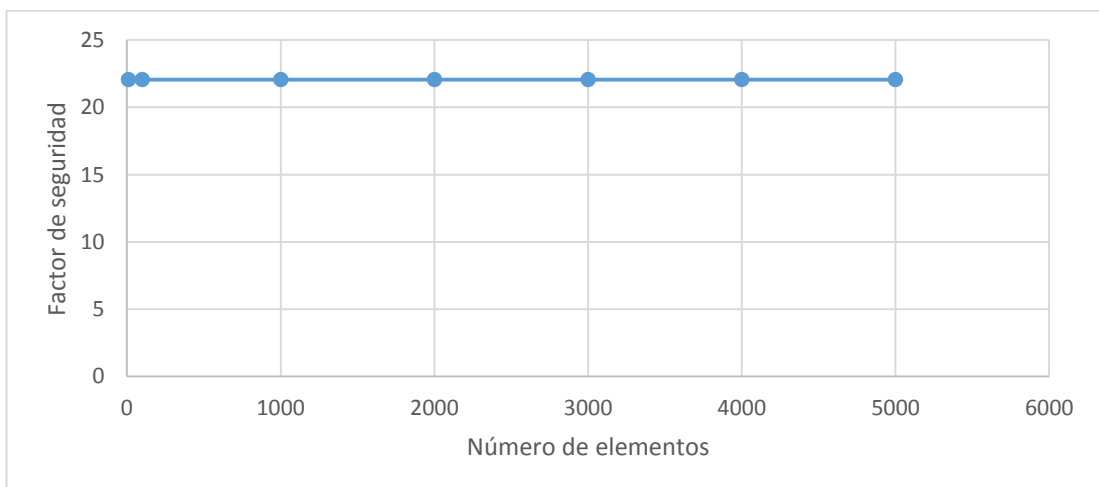


Figura 4.34 Curva de convergencia del eje soporte para el sistema de sellado vertical.

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 5000 elementos, sin obtener variaciones significativas en los resultados, como se muestra en la *figura 4.34* relacionada a la curva de convergencia del eje soporte para el sistema de sellado vertical.

El eje cumple con las condiciones de factor de seguridad teniendo en su punto más crítico un valor de 22.06, y su deflexión máxima no supera a un milímetro que se estableció para que no exista una desalineación entre la mordaza y la placa saliente del formador que sirve de apoyo para el sellado vertical.

4.2.5 DIÁMETRO DEL CILINDRO.

Para el cálculo del diámetro del cilindro se tomará en cuenta la presión necesaria para sellar la lámina de polipropileno, que se muestra en la *tabla 4.1*, además del área de la mordaza que se calculó mediante la ecuación *Ec. 4.23*.

$$P_{sv} = \frac{F_{sv}}{A_{sv}} \quad (\text{Ec. 4.29})$$

$$F_{sv} = 0.610 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} * 45 \text{ cm}^2$$

$$F_{sv} = 269.285 \text{ N}$$

$$\therefore F_{cv} = 269.285 \text{ N}$$

Donde:

$$P_{sv} = \text{Presión de sellado vertical.} \left(\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$F_{sv} = \text{Fuerza de sellado vertical. (N)}$$

$$F_{cv} = \text{Fuerza del cilindro vertical. (N)}$$

$$S_v = \frac{F_{cv}}{P_{am}} \quad (\text{Ec. 4.30})$$

$$S_v = \frac{269.285 \text{ N}}{0.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$S_v = 538.57 \text{ mm}^2$$

$$d_{c_{sv}} = \sqrt{\frac{4 * S_v}{\pi}} \quad (\text{Ec. 4.31})$$

$$d_{c_{sv}} = \sqrt{\frac{4 * 538.57 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$d_{c_{sv}} = 26.186 \text{ mm}$$

Donde:

F_{c_v} = Fuerza del cilindro vertical (N)

S_v = Área del embolo del cilindro vertical. (mm^2)

$d_{c_{sv}}$ = Diámetro del cilindro de sellado horizontal. (mm)

Del catálogo de AirTAC se escoge un cilindro ACPS30x25-B que es el inmediato superior que se encuentra disponible.

4.2.6 ESQUEMA DEL SISTEMA DE SELLO HORIZONTAL.

Ensamblando las diferentes partes del sistema de sellado vertical se obtendrá un mecanismo como se muestra en la *figura 4.33*.

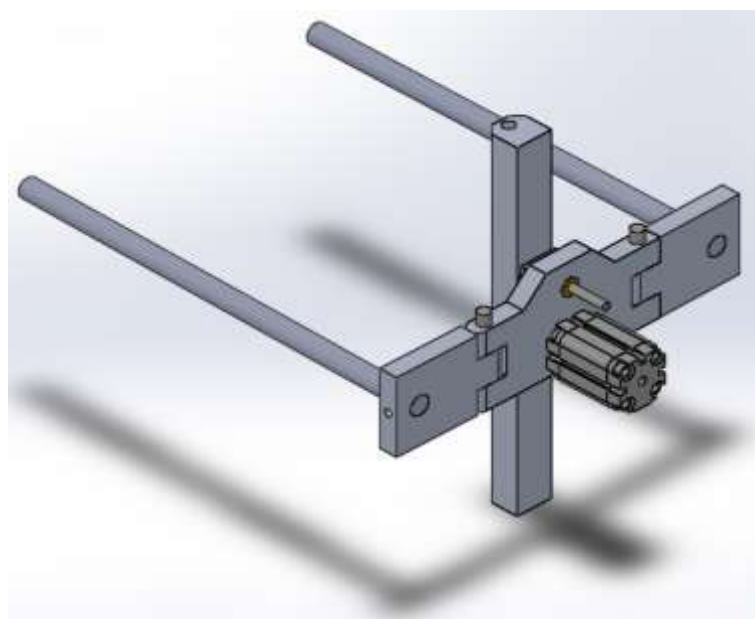


Figura 4.35 Mecanismo de sellado vertical.

4.3 ANÁLISIS DE CARGAS DE LA ESTRUCTURA

A continuación se presenta el análisis de cargas de la estructura que servirá de soporte de los diferentes sistemas que se acoplen para realizar la máquina empaquetadora de snacks. La estructura se la realiza en acero inoxidable AISI 304, para un tubo cuadrado de 1 ½ pulgadas.

Tabla 4.7

Cargas aplicadas en la estructura

CARGAS APLICADAS EN LA ESTRUCTURA	
Elemento	Carga (N)
Carga 1 (Sistema de dosificación)	240.1
Carga 2 (Sistema de formado)	88.2
Carga 3 (Sistema de arrastre de funda)	460.6

Fuente: (Aguirre Acosta, 2017), (Mantilla Yépez, 2017)

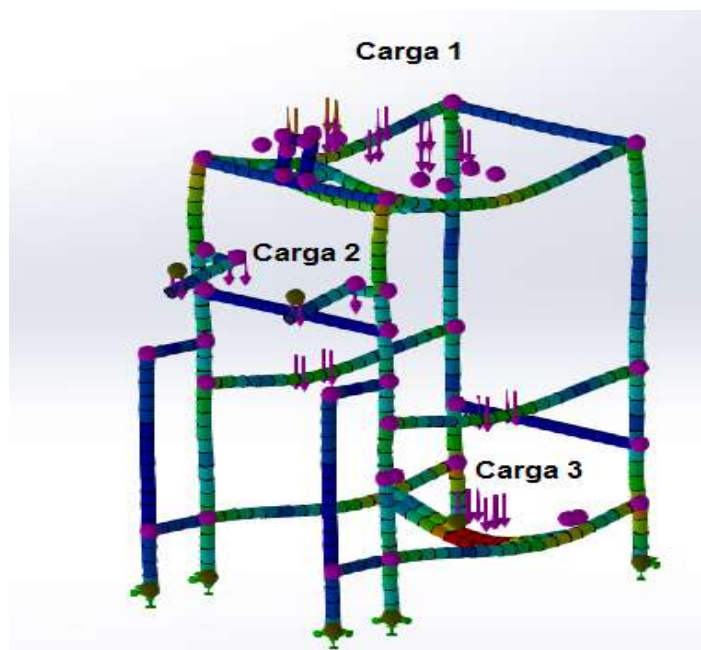


Figura 4.36 Cargas aplicadas en la estructura.

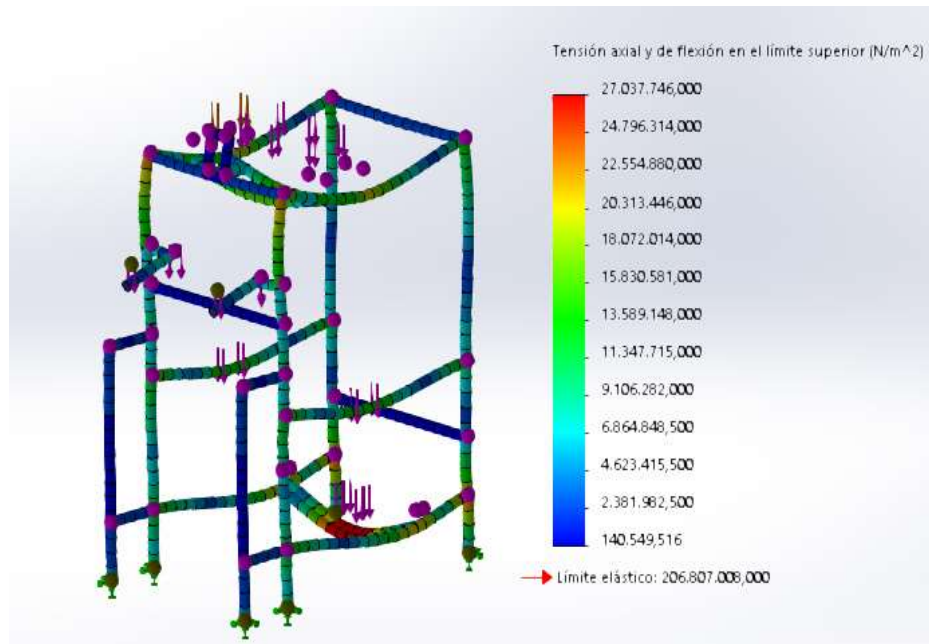


Figura 4.37 Tensión axial y flexión de la estructura.

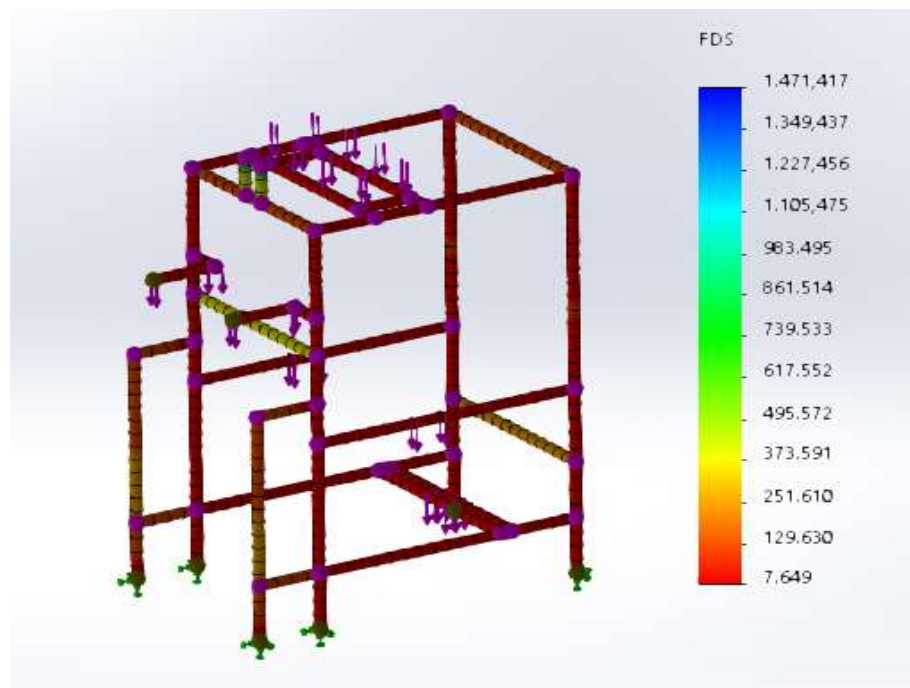


Figura 4.38 Factor de seguridad de la estructura.

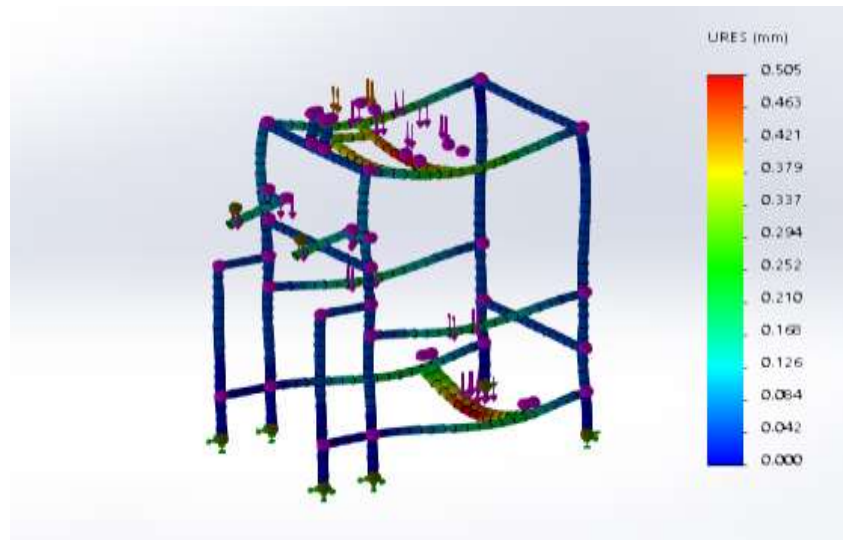


Figura 4.39 Deflexión de la estructura.

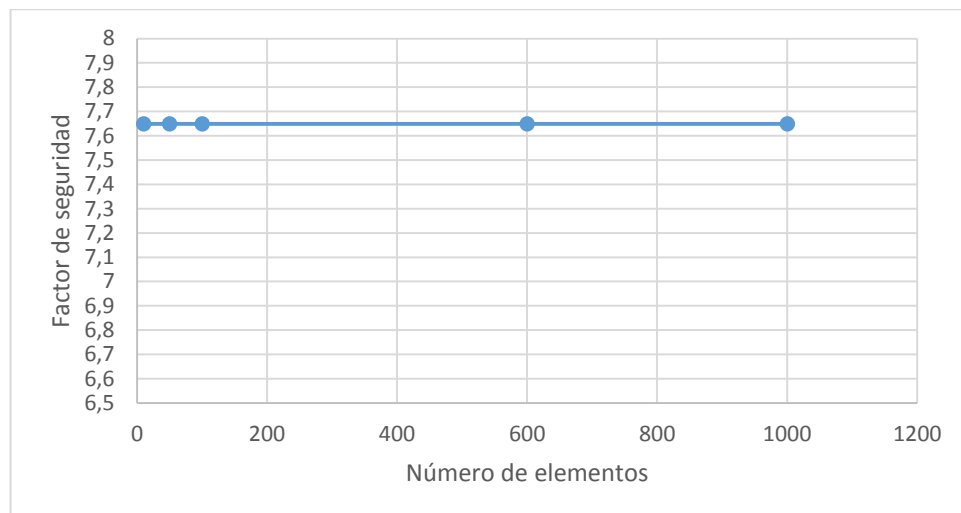


Figura 4.40 Curva de convergencia de la estructura.

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 1000 elementos, donde se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un error porcentual del 0.09%, como se muestra en la *figura 4.40* relacionada a la curva de convergencia de la estructura.

Una vez realizado el análisis de cargas haciendo uso de un software de simulación, se puede apreciar que el valor obtenido del límite elástico está por debajo del valor límite de elasticidad del material utilizado, dando 27,04 MPa, el factor de seguridad es mayor a uno, con un valor de 7,65, la deflexión máxima de la estructura es de 0,5 mm.

CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS

5.1 PRUEBAS DE TEMPERATURA DE SELLADO

Se realiza pruebas para elegir la temperatura de sellado adecuada para unir la lámina de polipropileno, la valoración del sellado se realiza en una escala del uno al diez, siendo uno un pésimo sellado y diez como un sello hermético. La temperatura se incrementara en cinco grados sucesivamente y se tomara cinco muestras con cada una de dichas temperaturas.

Tabla 5.1

Muestras de calidad de sellado a diferentes temperaturas

N° DE PRUEBA	TEMPERATURA °C	VALORACIÓN	PONDERACIÓN
1	115	1	1,2
2		1	
3		2	
4		1	
5		1	
1	120	9	9,4
2		8,5	
3		10	
4		9,5	
5		10	
1	125	8,5	8,7
2		8,5	
3		8,5	
4		9	
5		9	
1	130	8,5	8
2		8	
3		8	
4		8	
5		7,5	

1		8	
2		7,5	
3	135	7,5	7,7
4		7,5	
5		8	
1		7	
2		6,5	
3	140	7	6,6
4		6,5	
5		6	
1		5	
2		6	
3	145	6	5,4
4		5	
5		5	
1		3	
2		4	
3	150	3,5	3,7
4		4	
5		4	

Mediante las pruebas para determinar la temperatura adecuada para realizar el sello de la lámina de polipropileno se llega a concluir la *tabla 5.2*.

Tabla 5.2

Conclusiones de temperatura de sellado

TEMPERATURA DE SELLADO °C	CONCLUSIÓN
0-114	No sella
118-124	Correcto sellado
129-145	Deformación excesiva del polipropileno
148-170	Degradación del material

5.2 PRUEBAS DE FUGAS DE AIRE

Las pruebas de fugas de aire en los empaques realizados con la máquina empacadora de snacks, se realiza con la finalidad de conocer la hermeticidad del sellado horizontal y vertical. La siguiente ponderación hace referencia a; cero al existir fuga y uno al no existirlas.

Tabla 5.3

Pruebas de fugas

SELLO MANUAL		SELLO AUTOMÁTICO	
N° de Prueba	Fuga	N° de Prueba	Fuga
1	0	1	1
2	0	2	1
3	0	3	0
4	0	4	1
5	0	5	1
6	0	6	1
7	1	7	1
8	0	8	1
9	0	9	1
10	0	10	1
11	0	11	0
12	0	12	1
13	0	13	1
14	0	14	1
15	0	15	1
Ponderación %	6.67	Ponderación %	86.67

En conclusión se logró obtener un aumento del 86.67% sin fugas de aire con el sistema de sellado horizontal y vertical implementado en la máquina empacadora de snacks.

5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para comprobar el correcto funcionamiento de los distintos sistemas, tanto de forma individual como en conjunto de la máquina empacadora de snacks, se realiza las pruebas con el fin de comprobar el cumplimiento de los requerimientos y especificaciones planteados. A continuación se presentan el análisis del sistema de sellado vertical y horizontal de la lámina de polipropileno.

Los parámetros a considerar son:

- Apertura del mecanismo de sellado horizontal
- Sello horizontal y vertical.
- Corte de empaques.

5.3.1 PRUEBAS CON CARGA.

5.3.1.1 Apertura del mecanismo de sellado horizontal

- Apertura de las mordazas.

Satisfactorio: Las mordazas se desplazan una distancia de 150 mm evitando que el producto choque con el carro de sellado horizontal al momento de subir.

No Satisfactorio: No cumple con lo anteriormente especificado.

5.3.1.2 Sellado horizontal y vertical

- Sello hermético.

Satisfactorio: El sellado de la lámina de polipropileno realizado a una temperatura de 120°C es hermético y tener una apariencia de surcos evitando que salga el aire que contiene el empaque.

No Satisfactorio: El sellado se desprende con facilidad o existe tramos de la lámina de polipropileno sin sellar y no tiene la apariencia especificada.

- Presión de aire.

Satisfactorio: La presión de aire es suficiente para lograr el sello tanto horizontal como vertical además sujetar la lámina de polipropileno al momento del arrastre de la funda.

No Satisfactorio: La presión de aire no es suficiente para cerrar las mordazas de sellado y lograr sujetar la lámina de polipropileno.

5.2.1.3 Corte de las fundas

- Mecanismo de corte:

Satisfactorio: El mecanismo realiza el corte la lámina de polipropileno con facilidad.

No Satisfactorio: La cuchilla no corta la lámina de polipropileno ya sea debido por falta de presión o filo en la cuchilla dentada.

5.4 RESULTADOS DE PRUEBAS

PRUEBAS			
Máquina Empacadora de Snacks Sistema de Sellado Horizontal y Vertical			
Fecha: 7/11/2017	RESPONSABLE/S: Javier Antamba		
Lugar: Quito			
Orden: 1			
PRUEBAS CON CARGA	ESTADO		
	Satisfactorio	No satisfactorio	Observación
Apertura del mecanismo de sellado horizontal			
1. Apertura de las mordazas	✓		
Sello horizontal y vertical			
1.Sello hermético	✓		
2.Presión de aire	✓		
Corte de las fundas			
1.Mecanismo de corte	✓		

La producción con la máquina empacadora de snacks se elevó de 54 a 180 empaques por hora, logrando superar los 70 empaques que se planteó al inicio de la construcción, como requerimiento de la microempresa.

5.5 COSTOS

5.5.1 COSTOS DIRECTOS.

Se refiere aquellos costos que intervienen de forma directa en la construcción de la máquina como son los materiales y mano de obra.

Tabla 5.4

Costos directos del Sistema de sellado horizontal y vertical

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Cilindro neumático	AIRTAC SI32X75S	2	92,23	184,46
2	Micro cilindro neumático	AIRTAC MI16X10S	1	51,00	51,00
3	Rotula hembra	AIRTAC F-M6X100U	1	13,80	13,80
4	Hoja de cierra	Samplex #18	1	1,50	1,50
5	Varilla de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 Ø1/2x39.37 in	2	4,35	4,35
6	Varilla de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 Ø1/4x19.68 in	1	2,56	2,56
7	Varilla cuadrada de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 10x10x75	1	4,42	4,42
8	Placa de aluminio	Aluminio 1060 20x50x920 mm	1	56,91	56,91
9	Placa de aluminio	Aluminio 1060 10x50x700 mm	1	30,00	30,00

10	Placa de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 12x45x900 mm	1	33,52	33,52
11	Tocho de latón	Latón Ø38.1x150 mm	1	22,83	22,83
12	Mordazas	Latón cromado 30x30x250	2	110,00	110,00
13	Asbesto	3x30x200 mm	1	3,00	3,00
14	Cilindro neumático	AIRTAC ACPS25X25B	1	61,31	61,31
15	Tocho de aluminio	Aluminio 1060 30x30x300 mm	1	18,64	18,64
16	Placa de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 6x30x100 mm	1	3,50	3,50
17	Placa de aluminio	Aluminio 1060 15x85x160 mm	1	13,04	13,04
18	Placa de aluminio	Aluminio 1060 15x65x95 mm	2	6,53	13,06
19	Varilla de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 Ø5/8x39.37 in	1	16,00	16,00
20	Regulador de flujo	Ø 1/8'x8mm	4	8,60	34,4
21	Regulador de flujo	M5x6mm	4	6,94	27,76
22	Racor recto	Ø 1/8'x6mm	9	1,34	12,06
23	Silenciador bronce	Ø 1/8'	6	1,75	10,50
24	Unión TEE	6mm	2	2,03	4,06
25	Tornillo hallen	Acero inoxidable Ø 1/4x5/8	8	0,20	1,60
26	Tornillo hallen	Acero inoxidable Ø 3/8x3/4	4	0,22	0,88
27	Tornillo hallen	Acero inoxidable M6x25	9	0,20	1,80
28	Tornillo hexagonal	Acero inoxidable M3x25	8	0,33	2,64

29	Tornillo semiesférico	Acero inoxidable Ø 3/8x3/4	8	0,55	4,40
30	Tornillo avellanado	Acero inoxidable M6x16	1	0,15	0,15
31	Tuerca hexagonal	Acero inoxidable M3	8	0,03	0,24
32	Arandela plana	Acero inoxidable Ø 3/8	4	0,03	0,12
33	Arandela de presión	Acero inoxidable Ø 3/8	4	0,05	0,20
34	Tornillo hallen	Acero inoxidable M5x20	4	0,18	0,72
35	Tornillo hexagonal	Acero inoxidable Ø 1/4x5/8	2	0,20	0,40
36	Tornillo hallen	Acero inoxidable Ø 3/8x1/2	2	0,22	0,44
37	Tornillo de presión	Acero inoxidable Ø 1/4x1/2	2	0,18	0,36
38	Electroválvula neumática	AIRTAC 4V210-08 5 Puertos 2 posiciones	2	18,00	36,00
39	Sensor magnético	REED SWITCH NA 5-120V DC/AC 100mA	1	20,78	20,78
40	Control de temperatura PID	IBEST TCM-SR4	2	70,00	140,00
41	Termocupla	2 m	2	15,00	30,00
42	Relé estado solido	CNC 25A-2 Polos	2	14,00	28,00
43	Resistencia tipo cartucho	M9x190mm 110-220V AC 180W	2	30,00	60,00
44	Resistencia tipo cartucho	Ø5/8'X25mm 110-220V AC 300W	1	25,00	20,00
				Total	1081,41

Se presenta la *tabla 5.5* de los costos que están vinculados directamente con la fabricación de la máquina, pero que son compartidos entre los integrantes que desarrollan la máquina empacadora de snacks.

Tabla 5.5

Costos directos compartidos

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Tubo	Acero inoxidable 304 1½'x 1½'x6m	3	60,00	180,00
2	PLC Simens	SIMATIC S71200 CPU 1212C. DC/DC/RLY	1	320,00	320,00
3	Caja	200x400x600	1	50,00	50,00
4	Caja	200x300x300	1	21,00	21,00
5	Paro de emergencia	Hongo retenido	1	4,74	4,74
6	Bloque de contacto	NO-NC	2	1,95	3,90
7	Pulsador	NO	1	3,18	3,18
8	Selector dos posiciones	NC	1	3,85	3,85
9	Borneras		35	0,65	22,75
10	Puentes para borneras		3	1,35	4,05
11	Canaleta ranurada	DEXON 25x25 Gris	2	3,2	6,40
12	Unidad de mantenimiento	Airtac 1/4'	1	65,00	65,00
13	Acople rápido	Plug 1/4' Macho	1	1,99	1,99
14	Válvula de Corredera	AIRTAC 1/4'	1	12,60	12,60
15	Unión TEE	6 mm	4	2,03	8,12
16	Tubo poliuretano	6 mm	10	0,95	19,00

17	Lámina polipropileno	Lámina 32 cm de ancho	5	4,35	21,75
18	Luz piloto	Amarilla 110V	1	1,50	1,50
19	Luz piloto	Roja 110V	1	1,50	1,50
20	Luz piloto	Verde 110V	1	1,50	1,50
21	Cable concéntrico	#14	3	1,50	4,50
22	Cable rojo	# 16	12	0,30	3,60
23	Cable negro	# 16	12	0,30	3,60
24	Cable amarillo	# 16	12	0,30	3,60
25	Cable blanco	# 16	4	0,30	1,20
26	Breaker	Schneider 1 Polo	1	2,45	2,45
27	Enchufe	Tipo B	1	1,25	1,25
28	Riel DIN	2 m	1	2,00	2,00
29	Presa estopa	1/2'	3	1,25	3,75
30	Tornillo semiesférico	Acero negro Ø 3/8'x1'	7	0,12	0,84
31	Tuerca hexagonal	Acero negro Ø3/8'	7	0,05	0,35
32	Tornillo hexagonal	Acero negro Ø 1/4'x3/8'	6	0,08	0,48
33	Tuercas hexagonales	Acero negro Ø1/4'	6	0,05	0,30
34	Mano de obra			900,00	900,00
				Total	1679,50

Fuente: (Aguirre Acosta, 2017), (Mantilla Yépez, 2017)

5.5.2 COSTOS INDIRECTOS.

Son aquellos costos que no intervienen de forma directa en la construcción de la máquina. Estos costos se derivan de los materiales indirectos, mano de obra indirecta y otros costos de pago de servicios básicos, personal administrativo, depreciación de equipos, entre otros.

Tabla 5.6

Costos indirectos del sistema de sellado horizontal y vertical

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Hoja de cierra	Samplex #18	2	1,50	3,00
2	Lija de agua	N° 280	4	0,35	1,40
3	Lija de agua	N° 320	4	0,35	1,40
4	Movilización y alimentación		50	6	300,00
				Total	308,80

A continuación se presentan una tabla de costos que no están vinculados directamente con la fabricación de la máquina, pero que son compartidos entre los integrantes que desarrollan la máquina empacadora de snacks, referidos a la automatización y construcción de la estructura.

Tabla 5.7

Costos indirectos compartidos

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Hoja de cierra	Samplex #18	3	1,50	4,50
2	Disco lija	N° 180	1	3,00	3,00

3	Lija de agua	N° 180	6	0,35	2,10
4	Lija de agua	N° 220	6	0,35	2,10
5	Cinta doble faz		1	2,00	2,00
6	Manguera espiral	Ø1/2'	3	0,35	1,05
7	Argón	Tanque de 3m cúbicos	1	32,00	32,00
8	Aporte de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 Ø 1/16'x40mm	20	0,35	7,00
9	Limpiador de acero inoxidable		1	7,50	7,50
				Total	61,25

Fuente: (Aguirre Acosta, 2017), (Mantilla Yépez, 2017)

5.5.3 COSTO TOTAL.

Se hace referencia a los costos directos e indirectos de los distintos sistemas que conforman la máquina empacadora de snacks como son el sistema de dosificación, sistema de formado, guiado y arrastre de funda, sistema de sellado horizontal y vertical.

Tabla 5.8

Costo total de la máquina empacadora de snacks

DESCRIPCIÓN	TOTAL (USD)
Costo total del sistema de dosificación	634.12
Costo total del sistema de formado, guiado y arrastre de funda	1128.23
Costo total del sistema de sellado horizontal y vertical	1390.21
Costos compartidos directos e indirectos	1740.75
Total	4893.31

Fuente: (Aguirre Acosta, 2017), (Mantilla Yépez, 2017)

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El nivel de producción de la microempresa se triplicó con la implementación de la máquina empacadora de snacks.

El porcentaje de fundas sin fugas de aire incremento en un 86.67% con el sistema de sellado implementado en la máquina empacadora de snacks.

La temperatura adecuada para unir la lámina de polipropileno por el método de mordazas calientes, sin que existan fugas de aire o deformaciones excesivas de la lámina es de 120 °C con una presión de 0.610 kgf/cm^2 .

El sistema de sellado vertical como horizontal puede realizar la unión de distintos materiales, solo es necesario modificar la presión y temperatura según la recomendaciones de las tablas utilizadas en el diseño.

6.2 RECOMENDACIONES

Verificar que la temperatura de sellado se mantenga constante a 120 °C durante el proceso de empaclado para obtener un empaque sin fugas de aire.

Realizar pruebas de sellado para distintas láminas para obtener datos de su temperatura de sellado ideal.

Es necesario recolectar información sobre la disponibilidad de materiales que exististe en el mercado nacional con el fin de no tener problemas en su adquisición además de poderlos adquirir en la cantidad necesaria.

Mantener una buena lubricación en los ejes guías de las mordazas del sistema de sellado horizontal con el fin de evitar esfuerzos a los cilindros y alargar la vida útil de los elementos debido al desgaste por fricción.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Acosta, G. F. (21 de Diciembre de 2017). Sistema de dosificación para una maquina empacadora de snacks. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2010). *Macánica de Materiales* (Quinta ed.). México: McGRAW-HILL.
- Callister, W. D. (1998). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales* (Segunda ed.). Barcelona: Reverté.
- Cely, M., & Robledo, A. (23 de Enero de 2009). *Análisis por elementos finitos aplicados a separadores de cadera como predictor en el diseño de instrumental quirúrgico*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/rt/printerFriendly/25792/39438>
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa* (Cuarta ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Cerrillo, H. (20 de junio de 2012). *Envases saludables para alimentos: el polipropileno*. Obtenido de RDI plastics: <http://www.rdiplastics.com/envases-plasticos/envases-saludables-para-alimentos-el-polipropileno/>
- esenttia. (12 de diciembre de 2016). *Información sobre polipropileno y generalidades*. Obtenido de esenttia by Propilco: https://www.esenttia.co/downloadableFiles/technologyServices/informacionPolipropileno/421_Generalidades_con_Logo.pdf
- idePlas Laminas y Termoformados. (12 de diciembre de 2016). *Ficha técnica lamina polipropileno*. Obtenido de idePlas: <http://www.ideplas.com/ficha-tecnica-lamina-de-polipropileno.pdf>
- Italuminio. (17 de marzo de 2017). *Acero Inoxidable 304*. Obtenido de Italuminio: <http://italuminio.com.co/catalogos/SS304-ficha.pdf>

- Iza Castro, M. F., & Medina Carrillo, A. F. (2013). *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.* Sangolqui.
- Kaczmarek, H. (2003). *Materiales para el envasado de alimentos*. Obtenido de [http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/950B6ED17881D76EC1256F250063FAD0/\\$FILE/Article%20Materials%20_NCU_%20Spanish%20.pdf?OpenElement](http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/950B6ED17881D76EC1256F250063FAD0/$FILE/Article%20Materials%20_NCU_%20Spanish%20.pdf?OpenElement)
- Karlekar, B. V., & Desmond, R. M. (1985). *Transferencia de calor* (Segunda ed.). México: McGRAW.HILL.
- Mantilla Yépez, J. Á. (21 de Diciembre de 2017). Sistema de formado, guiado y arrastre de funda para una máquina empacadora de snacks. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Manzano Sánchez, P. M., & Rodriguez Salazar, F. J. (2013). *Selladora y codificadora automática de alimentación manual para la empresa DAS LEBEN*. Sangolqui.
- Moreno Zapata, E. P. (2010). *Diseño de una máquina empacadora, dosificadora y selladora de fundas para arroz*. Quito.
- Norton, R. L. (1999). *Diseño de máquinas*. México: PRENTICE HALL.
- Packaging. (14 de junio de 2010). *BOPP, el film preferido para envases flexibles*. Obtenido de <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/16807-bopp-el-film-preferido-envases-flexibles>
- Packsys. (12 de noviembre de 2016). *¿Qué es el Polipropileno Biorientado (BOPP) ?* Obtenido de <http://www.packsys.com/blog/bopp/>
- Quintana Pincay, J. L. (2007). *Análisis y Diseño de Empaques Flexibles Laminados para envasar alimentos*. Guayaquil.

Rodríguez Vélez, J. L., & Tipantacig Quishpe, B. J. (2013). *Diseño y construcción de un prototipo de una maquina dosificadora y selladora para condimentos*. Quito.

Sotomayor O., N. (septiembre de 2009). *Control con Microprocesadores*. Obtenido de Departamento de Automatización y Control Industrial Escuela Politécnica Nacional:
<http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/CControlC/materias/cmicos/anterior/CONTROL%20CON%20MICROPROCESADORES.pdf>

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Física Universitaria* (Primera ed.). México: Pearson.

Anexos

Anexo A

Tabla 1. Propiedades térmicas de varios materiales

Tabla 20.1 Propiedades térmicas de varios materiales.				
Material	c_p (J/kg-K) ^a	α_L [(°C) ⁻¹ × 10 ⁻⁶] ^b	k (W/m-K) ^c	L [Ω·W/(K) ² × 10 ⁻⁸]
Metales				
Aluminio	900	23,6	247	2,24
Cobre	386	16,5	398	2,27
Oro	130	13,8	315	2,52
Hierro	448	11,8	80,4	2,66
Níquel	443	13,3	89,9	2,10
Plata	235	19,0	428	2,32
Tungsteno	142	4,5	178	3,21
Acero 1025	486	12,5	51,9	–
Acero inoxidable 316	502	16,0	16,3 ^d	–
Latón (70Cu-30Zn)	375	20,0	120	–
Cerámicas				
Alúmina (Al ₂ O ₃)	775	8,8	30,1	–
Óxido de berilio (BeO)	1050 ^d	9,0 ^d	220 ^e	–
Magnesia (MgO)	940	13,5 ^d	37,7 ^e	–
Espineia (MgAl ₂ O ₄)	790	7,6 ^d	15,0 ^e	–
Sílice vítrea (SiO ₂)	740	0,5 ^d	2,0 ^e	–
Vidrio de sosa y cal	840	9,0 ^d	1,7 ^e	–
Polímeros				
Polietileno	2100	60–220	0,38	–
Polipropileno	1880	80–100	0,12	–
Poliestireno	1360	50–85	0,13	–
Politetrafluoretileno (Teflon)	1050	135–150	0,25	–
Fenol-formaldehído (Baquelita)	1650	68	0,15	–
Nilón 66	1670	80–90	0,24	–
Poliisopreno	–	220	0,14	–

^a Para convertir a cal/g·K, multiplíquese por $2,39 \times 10^{-4}$

^b para convertir a (°F)⁻¹, multiplíquese por 0,56.

^c Para convertir a cal/s·cm·K, multiplíquese por $2,39 \times 10^{-4}$

^d Valor medido a 100 °C

^e Valor medio tomado sobre el intervalo de temperatura 0-1000 °C.

Fuente: (Callister, 1998, pág. 671)

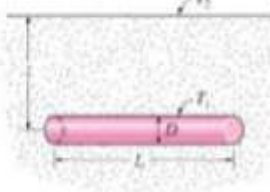
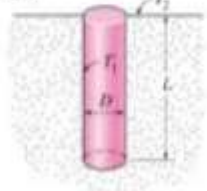

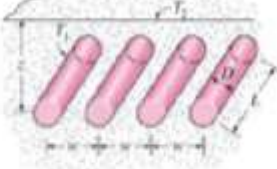
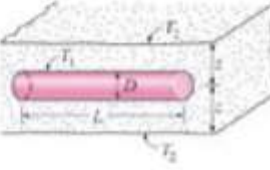
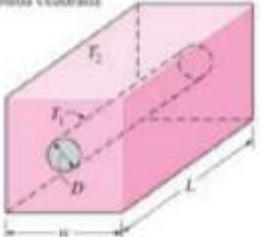


Tabla 2. Coeficientes de transferencia de calor

Condición	h	h
	Btu/h·pi ² ·°F	W/m ² ·°C
Aire, convección libre	1–3	5–15
Aire o vapor sobrecalentado convección forzada	3–50	15–300
Aceite, convección forzada	10–300	50–1700
Agua, convección forzada	50–2,000	300–12,000
Agua, hirviendo	500–10,000	3000–55,000
Vapor, condensándose	1,000–20,000	5500–100,000

Fuente: (Karlekar & Desmond, 1985, pág. 16)

Tabla 3. Factor de forma de conducción de calor

Factores de forma de conducción, S , para varias configuraciones con el fin de usarse en $\dot{Q} = kS(T_1 - T_2)$ para determinar la razón estacionaria de transferencia de calor a través de un medio de conductividad térmica k entre las superficies a las temperaturas T_1 y T_2

<p>1) Cilindro isotérmico de longitud L enterrado en un medio seminfinito ($L \gg D$ y $z > 1.5D$)</p> $S = \frac{2\pi L}{\ln(4z/D)}$ 	<p>2) Cilindro isotérmico vertical de longitud L enterrado en un medio seminfinito ($L \gg D$)</p> $S = \frac{2\pi L}{\ln(4L/D)}$ 
<p>3) Dos cilindros isotérmicos paralelos colocados en un medio seminfinito ($L \gg D_1, D_2, z$)</p> $S = \frac{2\pi L}{\cosh^{-1} \left(\frac{4z^2 + D_1^2 + D_2^2}{2D_1 D_2} \right)}$ 	<p>4) Una fila de cilindros isotérmicos paralelos igualmente espaciados, enterrados en un medio seminfinito ($L \gg D, z$ y $w > 1.5D$)</p> $S = \frac{2\pi L}{\ln \left(\frac{2w}{\pi D} \sinh \frac{\pi L}{w} \right)}$ (por cilindro) 
<p>5) Cilindro isotérmico circular de longitud L en el plano medio de una pared infinita ($z > 0.5D$)</p> $S = \frac{2\pi L}{\ln(8z/\pi D)}$ 	<p>6) Cilindro isotérmico circular de longitud L en el centro de una barra sólida cuadrada de la misma longitud</p> $S = \frac{2\pi L}{\ln(1.08 w/D)}$ 
<p>7) Cilindro isotérmico circular excéntrico de longitud L en un cilindro de la misma longitud ($L > D_2$)</p> $S = \frac{2\pi L}{\cosh^{-1} \left(\frac{D_1^2 + D_2^2 + 4z^2}{2D_1 D_2} \right)}$ 	<p>8) Pared plana grande</p> $S = \frac{A}{L}$ 

Fuente: (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 180)

Tabla 4. Coeficientes de fricción de varios materiales

Tabla 5.1 Coeficientes de fricción aproximados

Materiales	Coefficiente de fricción estática, μ_s	Coefficiente de fricción cinética, μ_k
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Latón sobre acero	0.51	0.44
Zinc sobre hierro colado	0.85	0.21
Cobre sobre hierro colado	1.05	0.29
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.40
Cobre sobre vidrio	0.68	0.53
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Teflón sobre acero	0.04	0.04
Hule sobre concreto (seco)	1.0	0.8
Hule en concreto (húmedo)	0.30	0.25

Fuente: (Young & Freedman, 2009, pág. 150)

Tabla 5. Esfuerzo a la fluencia

	AISI 304 UNS S30400 ASTM A240	Típicos del 304 ThyssenKrupp Mexinox.
Resistencia Máxima a la Tensión, ksi (MPa)	75 (515) min	95 (655)
Límite Elástico o Esfuerzo de Cedencia al 0.2 %, ksi (MPa)	30 (205) min	46 (317)
Alargamiento % a 2" (50.8 mm)	40 min	57,0
Dureza, Rockwell	B92 max	B84

Fuente: (Italuminio, 2017, pág. 2)

Tabla 6. Módulo elástico del acero inoxidable AISI 304

Table 2. Mechanical properties stainless steel AISI 304

Nombre de propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	1.9e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.29	NA
Módulo cortante	7.5e+010	N/m ²
Densidad	8000	kg/m ³
Límite de tracción	5.1702e+008	N/m ²
Límite elástico	2.0681e+008	N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica	1.8e-005	/Kelvin
Conductividad térmica	16	W/(m K)
Calor específico	500	J/(kg K)

Fuente: (Cely & Robledo, 2009, pág. 2)

Tabla 7. Factores de seguridad

TABLA 1-3 Factores utilizados para determinar un factor de seguridad para materiales dúctiles

Información	Calidad de la información	Factor
		F1
Datos del material disponibles de pruebas	El material realmente utilizado fue probado	1.3
	Datos representativos del material disponibles a partir de pruebas	2
	Datos suficientemente representativos del material disponibles a partir de pruebas	3
	Datos poco representativos del material disponibles a partir de pruebas	5+
		F2
Condiciones del entorno en el cual se utilizará	Idénticas a las condiciones de prueba del material	1.3
	Esencialmente en un entorno de ambiente de habitación	2
	Entorno moderadamente agresivo	3
	Entorno extremadamente agresivo	5+
		F3
Modelos analíticos para carga y esfuerzos	Los modelos han sido probados contra experimentos	1.3
	Los modelos representan al sistema con precisión	2
	Los modelos representan al sistema aproximadamente	3
	Los modelos son una burda aproximación	5+

Fuente: (Norton, 1999, pág. 21)

Anexo B

MANUAL DE MANTENIMIENTO MECÁNICO

Elemento de Mantenimiento	Frecuencia	Trabajo
Ejes guías de las mordazas de sello horizontal	Antes del uso	Lubricar las guías.
Bocines	Mensual	Inspección del estado del bocines, sustituirlo según sea necesario.
Cuchilla	Semanal	Inspeccionar el filo de la cuchilla de corte de la funda.
Mordazas de sellado horizontal y vertical	Mensual	Ajuste y alineación de las mordazas.
Guías de desplazamiento del sistema de arrastre	Antes del uso	Lubricar las guías de desplazamiento.
Chumaceras	Semanal	Engrasar las chumaceras. Sustituirlas por daño.
Formador de funda	Antes del uso	Limpiar la capa del formador con un paño seco.
Rodamientos	Mensual	Inspección del estado de cada uno de los rodamientos. Sustituírlas por daño.
Tolva de Almacenamiento	Antes y después del uso	Limpieza de residuos con un paño.
Tolva de pesaje	Antes y después del uso	Limpieza de residuos con un paño.
Canal transportador	Antes y después del uso	Limpieza de residuos con un paño.
Pernos, tuercas	Mensual	Realizar un reajuste.

MANUAL DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO

Elemento de mantenimiento	Frecuencia	Trabajo
Electroválvulas	Mensual	Comprobación de activación.
Celda de Carga	Mensual	Comprobación de respuesta.
Amplificador de Instrumentación	Mensual	Calibración.
PLC	Semestral	Reajuste de conexiones.
Sensores magnéticos	Mensual	Comprobación de respuesta.
Cableado	Semestral	Reajuste de terminales.

Anexo C

MANUAL DE POSIBLES FALLAS.

Posibles Fallas	Posibles Razones	Acción
No enciende	Desconexión de red eléctrica	Conectar a la red eléctrica
	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación en las borneras de distribución
Cilindros no funcionan	Falta de presión	Ajustar a la presión adecuada en la unidad de mantenimiento.
	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación a las electroválvulas.
	Daño en la electroválvula	Reemplazo o mantenimiento de electroválvula.
Vibrador no funciona	Daño en la bobina	Reemplazo de la bobina
	Incorrecto ajuste del tornillo.	Calibrar tornillo.
Mala elaboración de fundas	Desalineación de la lámina de polipropileno	Calibrar los topes en los rodillos guía.
Mordazas no calientan	Daño en las resistencia	Reemplazo de resistencia
	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación al SSR
	Daño en relé de estado sólido (SSR)	Reemplazar SSR
No corta la funda	Cuchilla de corte sin filo	Reemplazo de cuchilla de corte
	Desplazamiento de cuchilla de corte	Calibrar desplazamiento.
Apagado instantáneo	Salto del breaker	Activar el breaker

Anexo D

MANUAL DE USUARIO

Encendido

1. Antes del encendido verificar que enchufe esté conectado a la red de alimentación 120 V.
2. Verificar que el Breaker que se encuentra dentro del panel de control este en la posición ON.
3. Verificar que la perilla de encendido este en la posición OFF, la cual también se podrá comprobar con la luz piloto de color rojo encendida.



4. Dado todas las condiciones anteriores proceder a girar la perilla a la posición ON, realizado esta acción, se encenderá la luz piloto de color verde.

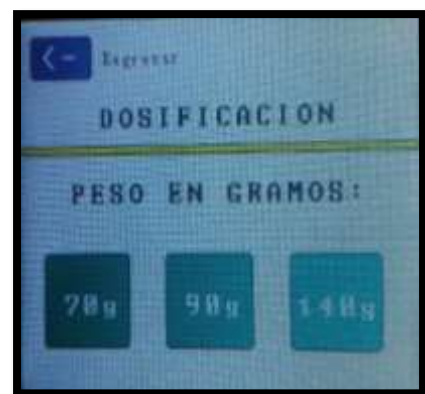


Antes de la puesta en marcha

1. Antes de presionar la puesta en marcha se debe ubicar la lámina de polipropileno en el eje porta bobinas.
2. Verificar que los conos de sujeción este bien colocados y ajustados a los extremos de la lámina de polipropileno.
3. Conducir la lámina por los rodillos guías hasta el formador.
4. Alinear la lámina de polipropileno en el formador para tener la medida correcta del traslape para un buen sellado.
5. Halar la lámina de polipropileno a través del formador hasta sobrepasar la mordaza de sellado vertical y proceder a realizar el sello de forma manual presionando la electroválvula N° 2.
6. Después de haber sellado la lámina de polipropileno verticalmente, halar esta hasta las mordazas de sellado horizontal, luego se procede a sellar de forma manual presionando la electroválvula N° 3.

Puesta en Marcha

1. Una vez realizado la prepuesta en marcha dirigirse a la pantalla de presentación touch. Presionar el botón (SELECCIONAR PESO), el cual expande a un menú para seleccionar distintos pesos para la dosificación que son de: 70g, 90g 140g.



2. Dirigirse a los controladores de temperatura, y presionar el botón (<<AT) por 3 segundos y proceder a ajustar la temperatura a 120° con los botones

(↑y↓)



7. Una vez elegido el peso, solo queda presionar el botón (INICIO) y la maquina empezara a trabajar



8. El paro de emergencia suspende el funcionamiento de la máquina y al desactivarlo la maquina continua el proceso desde el punto en el que se realizó el paro de emergencia.



9. Para reinicia el proceso se debe girar la perilla a la posición OFF.



Apagado

1. Una vez culminado la jornada de trabajo, para proceder a apagar la máquina se debe girar la perilla a la posición OFF y desactivar el breaker que se encuentra dentro del panel de control.
2. De ser necesario desconectar la red de alimentación de 120V.

Precauciones

1. No tocar ningún sistema de sellado (Horizontal o Vertical) mientras la máquina esté en funcionamiento.
2. No introducir la mano en las mordazas mientras la máquina esté funcionando.
3. No introducir la mano u otros objetos en la compuerta de la tolva de pesaje.
4. No abrir la puerta del panel de control mientras la máquina esté en funcionamiento.
5. No mojar las partes eléctricas de los diferentes sistemas.
6. Si nota alguna variación en el funcionamiento de la máquina empacadora de snack, apague la máquina y llame al técnico para revisión pertinente.

Aviso de seguridad

Esta sección contiene información sobre distintas señales de advertencia y su ubicación exacta en la máquina.

Aviso de seguridad 1



No opere este producto ni trabaje en él hasta que haya leído y comprendido todas las instrucciones y señales de advertencias que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia, puede producirse accidentes leves y

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal y vertical.

Aviso de seguridad 2



En esta zona usted puede sufrir aplastamiento si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento, puede producirse accidentes leves y

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal y vertical, además se encuentra en la tapa de la tolva de pesaje.

Aviso de seguridad 3

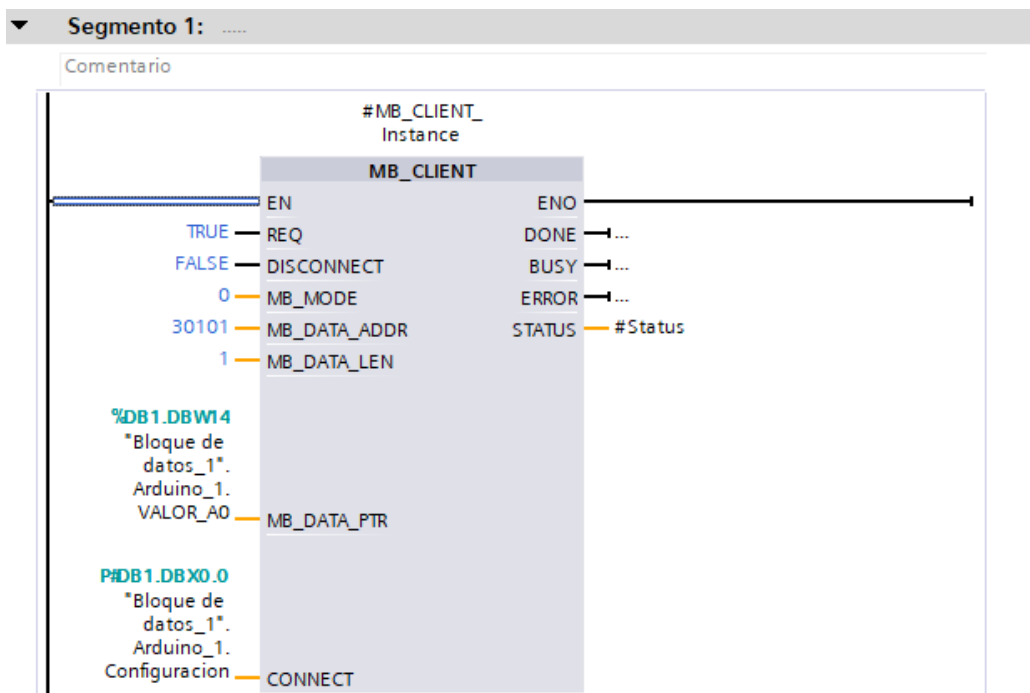


En esta zona usted puede sufrir cortes si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento, puede producirse accidentes leves

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal.

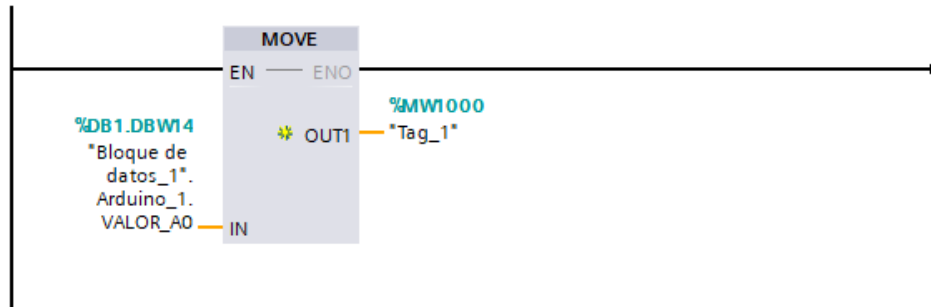
Anexo E

PROGRAMACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS



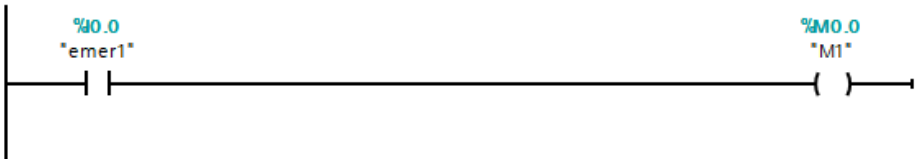
▼ Segmento 2:

Comentario



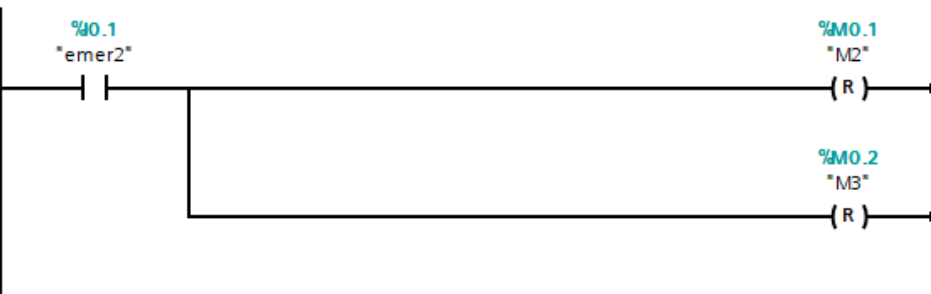
▼ Segmento 3:

Comentario



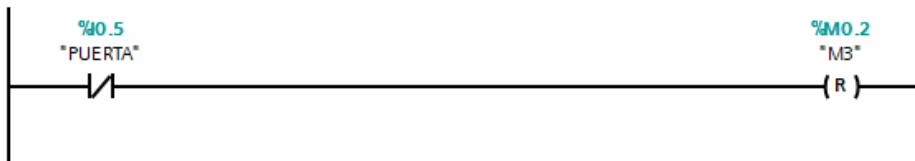
▼ Segmento 4:

Comentario



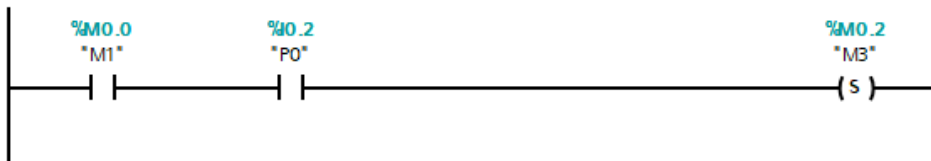
▼ Segmento 5:

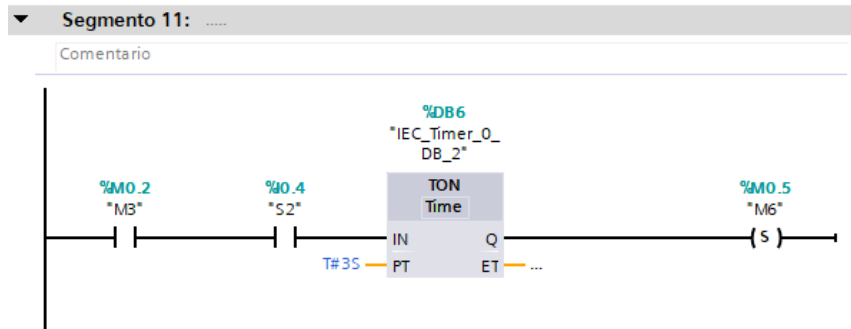
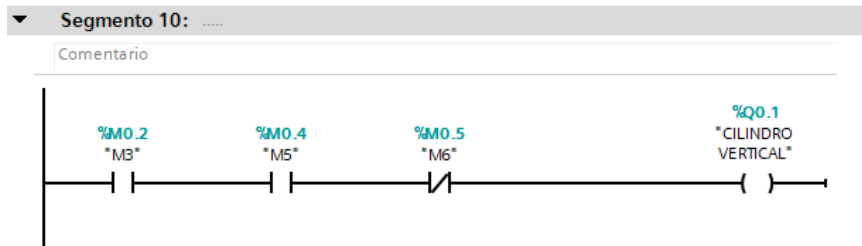
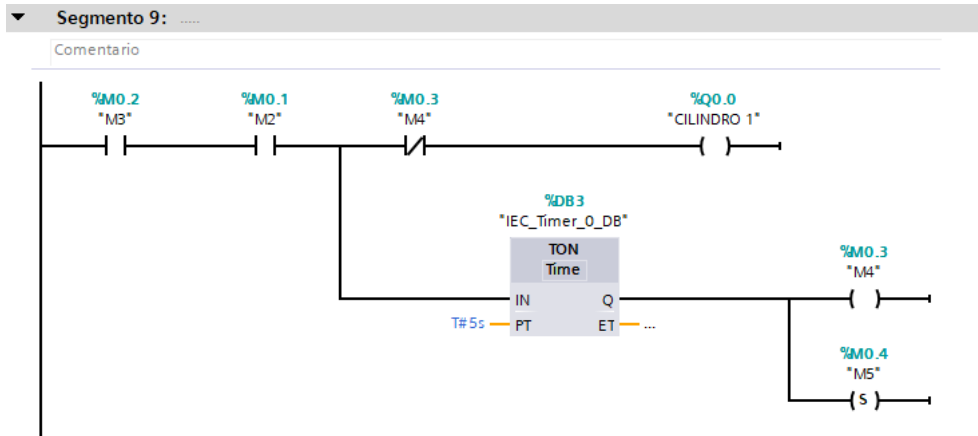
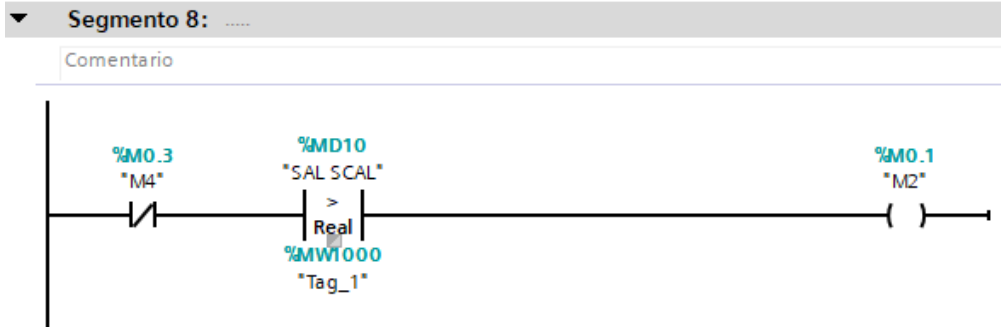
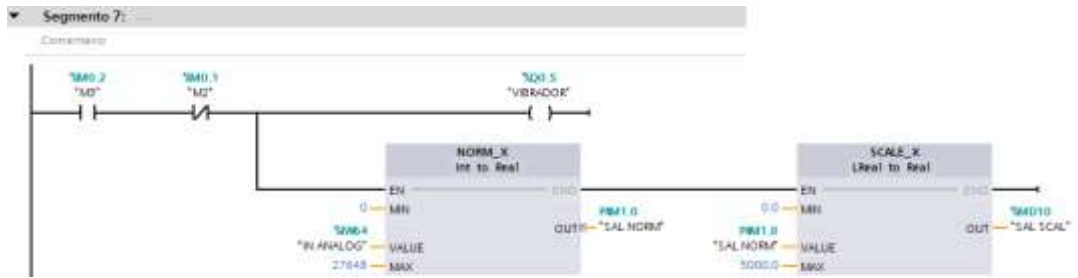
Comentario

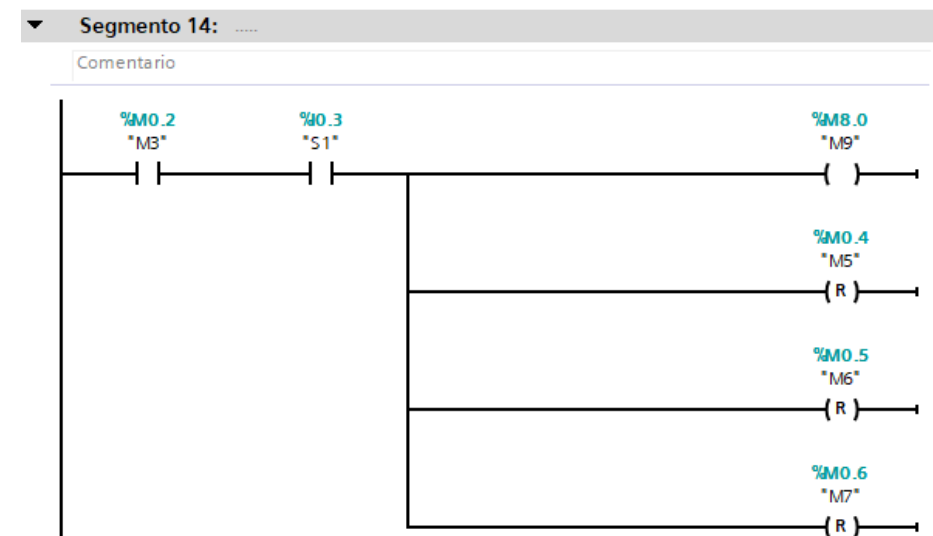
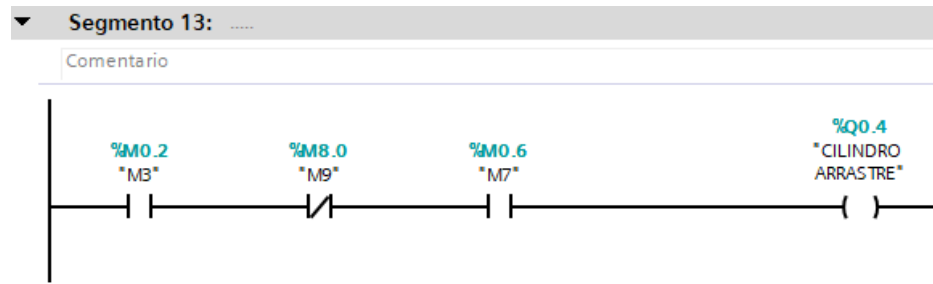
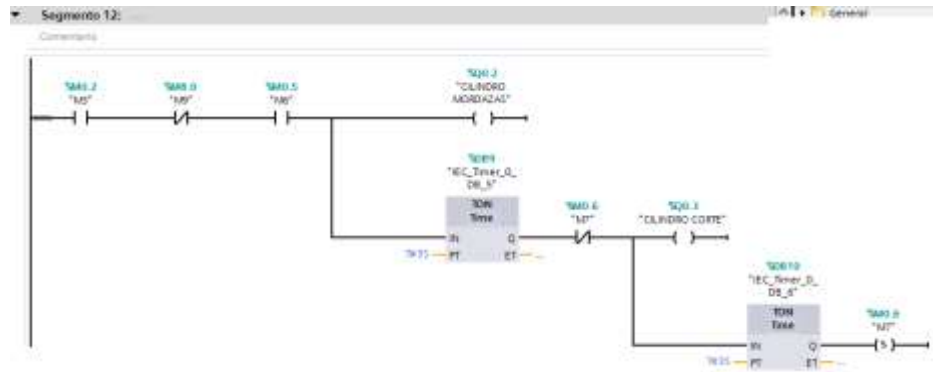


▼ Segmento 6:

Comentario

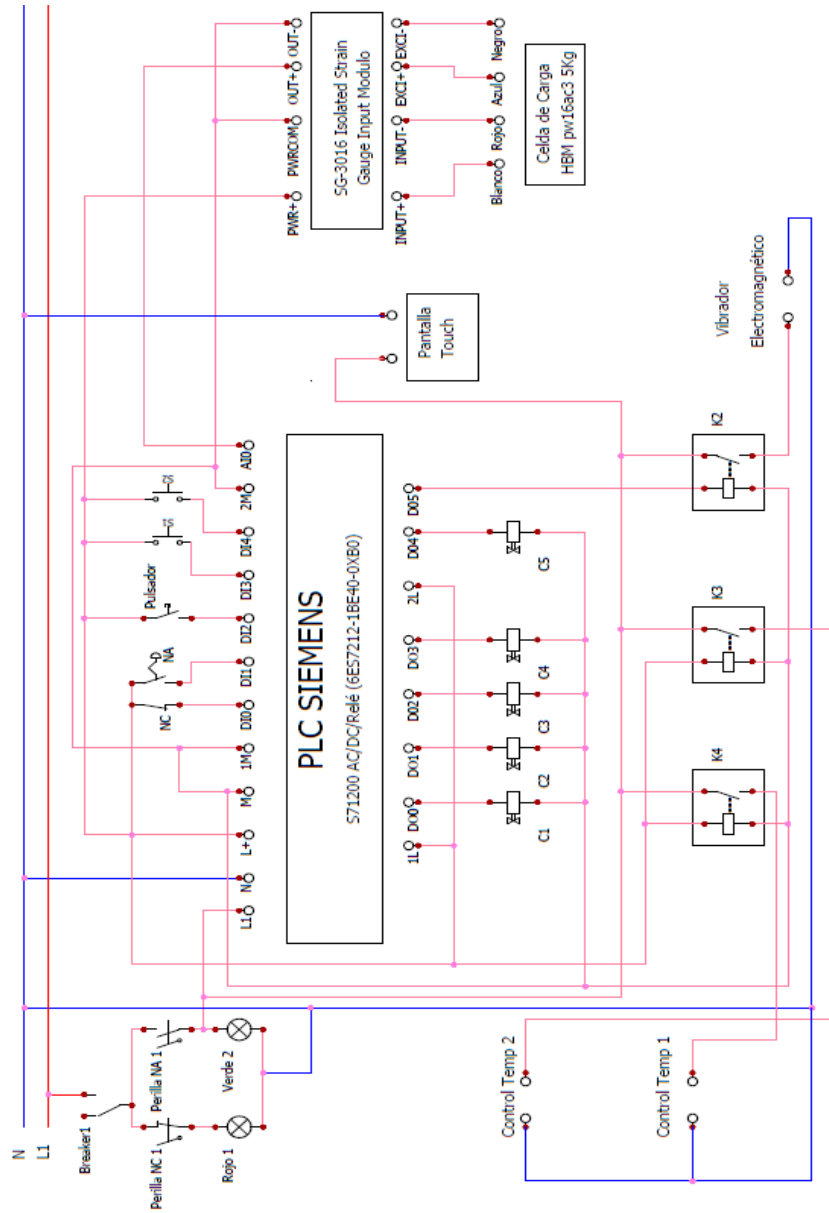






Anexo F

DIAGRAMA CIRCUITAL DEL PANEL DE CONTROL



Anexo G

Planos