

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA
FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO**

PRESENTADO POR:

MÓNICA RAQUEL ARIAS RODAS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA MECÁNICA

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2026

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :
M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL :

Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

M.Sc. Ing. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA

SECRETARIO :

Arq. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

M.Sc. e Ing. GUSTAVO SALOMÓN TORRES RÍOS LAZO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERA MECÁNICA

Título :

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA
FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO**

Presentado por :

MÓNICA RAQUEL ARIAS RODAS

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

Ing. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES

Ing. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

San Salvador, febrero de 2026

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

Ing. FRANCISCO ALFREDO DE LEÓN TORRES

Ing. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

Tribunal Evaluador:

F. _____

Dr. y M.Sc. Jonathan Antonio Berríos Ortiz

F. _____

Ing. Rigoberto Velásquez Paz

F. _____

Ing. Francisco Alfredo De León Torres

DEDICATORIA

A los estudiantes de Ingeniería Mecánica, especialmente a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador, con el objeto de servir de referencia para trabajos posteriores

¡Que no se pierda el espíritu de compañerismo y el apoyo mutuo que nos caracteriza!

AGRADECIMIENTOS

En este apartado deseo agradecer a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo de graduación, por medio de su asesoría, su compañía, su tiempo y su apoyo moral.

Gracias a Fernando Urbina por su apoyo constante y su experta opinión técnica, a Elías Cruz por su asesoría y criterio profesional, a Rubén Castro por su importante aporte como consultor técnico y comercial; a Álvaro Vilca por su invaluable acompañamiento remoto que no me dejó perder los ánimos, a Vanessa Molina por siempre estar pendiente de mí durante la carrera, ya sea haciéndome recordatorios o compartiéndome material de apoyo para completar asignaciones. Agradezco también a Xenia López, una amistad irremplazable que me hizo mejor estudiante y de quien siempre recibí apoyo, asimismo, a Stefano López cuya crítica constructiva me ayudó a sustentar mejor mi trabajo.

Gracias a todas las personas que me acompañaron en este recorrido, son innumerables compañeros que se convirtieron en amigos a quienes acudí en muchas ocasiones, y que, si me doy a la tarea de mencionar, no sería suficiente el número de páginas de este documento para poderles nombrar y agradecer puntualmente (en caso de que lograra recordarlos a todos). También debo un agradecimiento especial a quienes me mostraron cómo empezar a caminar en el sendero profesional: mis maestros, especialmente a aquellos que se esforzaron por brindar a todos sus alumnos recursos e información valiosa que trasciende las aulas.

Agradezco a mi hermano, que me obsequió una computadora que me permitió cursar materias avanzadas, sin la cual, me habría sido imposible cumplir proyectos y tareas. También agradezco encarecidamente a mis padres que me apoyaron incondicionalmente. Siempre estuvieron presentes para poder ayudarme a cumplir con mi cometido.

Agradezco en última instancia al Ing. Francisco De León y al Ing. Rigoberto Velásquez, mis asesores, quienes me acompañaron con paciencia durante este largo trayecto.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO

Estudiante: Br. Mónica Raquel Arias Rodas¹

Docentes asesores: Ing. Francisco Alfredo De León Torres², Ing. Rigoberto Velásquez Paz³

Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad de El Salvador

RESUMEN

Se presenta en este proyecto una propuesta completa de diseño mecánico, neumático y eléctrico de una máquina de moldeo por soplado con el fin de producir envases de plástico PET para su uso en la industria farmacéutica. El trabajo incluye cálculos estructurales y dimensionamiento de elementos y equipos para el sistema, así como una investigación sobre los equipos disponibles en la industria, estudios de factibilidad técnica y económica, así como manuales de operación y mantenimiento. En este trabajo de grado se presenta una máquina de moldeo por soplado de bajo costo con fines didácticos capaz de formar envases de plástico por medio de probetas con el objeto de hacer este tipo de procesos accesible para estudiantes de ingeniería, con el fin de poder formarse en procesos industriales.

Palabras clave: moldeo por soplado, procesos industriales.

¹ monicararias@hotmail.com

² francisco.deleon@ues.edu.sv

³ Rigoberto.velasquez@ues.edu.sv

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1.0 MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Materiales usados para el moldeo de plásticos	3
1.2 Procesos de moldeo de plásticos.....	4
1.2.1 <i>Extrusión</i>	5
1.2.2 <i>Moldeo por inyección</i>	6
1.2.3 <i>Moldeo por soplado</i>	7
1.2.4 <i>Moldeo por compresión</i>	8
1.2.5 <i>Moldeo por transferencia</i>	9
1.2.6 <i>Termoformado</i>	10
1.2.7 <i>Calandrado</i>	10
1.3 Envases plásticos usados en la industria farmacéutica.....	11
1.4 Requerimiento de envases en la industria farmacéutica	12
1.4.1 <i>Envase Primario</i>	12
1.4.2 <i>Tipos de envase</i>	18
1.4.3 <i>Desempeño del envase</i>	18
1.5 Máquinas de moldeo por soplado	19
1.5.1 <i>Inyección-soplado</i>	19
1.5.2 <i>Extrusión-soplado</i>	20
1.5.3 <i>Coextrusión-soplado</i>	21
1.5.4 <i>Tensión-soplado</i>	21
1.6 Sistemas principales y auxiliares de las máquinas sopladoras	22

1.6.1	<i>Sistemas principales</i>	23
1.6.2	<i>Sistemas auxiliares</i>	24
1.7	Etapas del proceso de soplado de envases	26
1.8	Automatización en sistemas neumáticos.....	29
1.8.1	<i>Fluidsim Pneumatics</i>	29
1.8.2	<i>Sistema de control</i>	30
1.8.3	<i>Elementos del sistema de control</i>	33
2.0	PROPUESTA DE DISEÑO	37
2.1	Diseño del sistema.....	37
2.2	Diseño del envase.....	38
2.2.1	<i>Dimensiones y propiedades físicas</i>	38
2.3	Material y procesado	39
2.4	Diseño del sistema neumático	41
2.4.1	<i>Diseño del circuito</i>	41
2.4.2	<i>Cálculos de variables de diseño y selección de equipo</i>	43
2.5	Diseño del molde.....	51
2.5.1	<i>Parámetros de diseño</i>	51
2.6	Diseño del sistema eléctrico.....	53
2.6.1	<i>Diseño del circuito</i>	53
2.6.2	<i>Selección de elementos</i>	55
2.7	Diseño mecánico.....	56
2.7.1	<i>Diseño de guías</i>	57
2.7.2	<i>Diseño de la estructura</i>	62
3.0	ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.....	76
3.1	Estudio de factibilidad económica	76

3.1.1 <i>Análisis de mercado</i>	76
3.1.2 <i>Análisis de costos</i>	78
3.2 Estudio de factibilidad técnica.....	82
3.2.1 <i>Recursos</i>	82
3.2.2 <i>Ensamble</i>	84
4.0 MANUALES.....	90
4.1 Manual de operación	90
4.2 Manual de mantenimiento.....	91
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de conformado para materiales plásticos. Tomado de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado%20de%20plasticos.pdf	5
Tabla 2. Sistemas auxiliares de una máquina sopladora.....	24
Tabla 3. Propiedades del PET. Tomada de: https://material-properties.org/es/pet-densidad-resistencia-punto-de-fusion-conductividad-termica/	39
Tabla 4. Simbología de elementos neumáticos en FluidSIM	42
Tabla 5. Nomenclatura de bobinas	42
Tabla 6. Especificaciones de equipo símil de Ingersoll Rand	49
Tabla 7. Simbología de componentes eléctricos en FluidSIM	54
Tabla 8. Propiedades mínimas del metal de aporte - Shigley.....	66
Tabla 9. Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte.....	66
Tabla 10. Tabla para cálculo de peso de cilindros SMC serie CP96	73
Tabla 11. especificaciones del equipo de soldadura a utilizar	79
Tabla 12. Pliego tarifario del servicio eléctrico aplicable al usuario final - AES, CAESS.....	79
Tabla 13. Costos sistema eléctrico	80
Tabla 14. Costos sistema neumático	80
Tabla 15. Costos estructura.....	81
Tabla 16. clasificación de proveedores.....	83
Tabla 17. Tabla de par de apriete. Tomado de https://www.dsm-messtechnik.de/en/bolt-tightening-screw-chart/	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. máquina extrusora. Tomado de https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html	6
Figura 2. Estructura básica de una máquina inyectora. Tomado de https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp	7
Figura 3. Esquema del proceso de moldeo por soplado. Tomado de http://moldeoxsoplado.blogspot.com/2015/11/un-poco-de-historia.html	8
Figura 4. Esquema de moldeo por compresión. Tomado de https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-compresion.html	9
Figura 5. Esquema de moldeo por transferencia. Imágenes tomadas de: https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-transferencia.html	9
Figura 6. Termoformado. Tomado de https://www.arapack.com/termoformado-de-plasticos-que-es/	10
Figura 7. Calandrado de materiales plásticos. Tomado de "The Society of the Plastics Industries, Inc.	11
Figura 8. Máquina IntelliDrive, serie 135 de Jomar Corp. Tomado de https://jomarcorp.com/intellidrive	20
Figura 9. Máquina de moldeo por extrusión-soplado BESTAR-B10D-480 de BMI Machines. Tomado de https://www.bmimachines.com/product/bestar-b10d-480/	20

Figura 10. Máquina de coextrusión soplado FS-90PLDO de Full Shine. Tomado de https://www.full-shine.com/en/products_i_products_sub_P-SERIES	21
Figura 11. Máquina de moldeo por tensión-soplado de dos etapas de CHIA MING Machinery Corp. Tomado de: https://www.cm-pet.com/msg/msg57.html	22
Figura 12. Diagrama esquemático de sistemas que conforman la máquina. Elaboración propia en canva.com.....	22
Figura 13. Diagrama pictórico de elaboración propia desde canva.com.....	28
Figura 14. Sistema de control de lazo cerrado.....	31
Figura 15. Esquema del circuito.....	37
Figura 16. dimensiones del envase	38
Figura 17. Circuito neumático simulado en FluidSIM.....	41
Figura 18. área proyectada perpendicular al pistón A.....	43
Figura 19. área proyectada perpendicular al pistón B.....	44
Figura 20. Vistas isométricas del molde	51
Figura 21. Vistas isométricas de la boquilla de inyección	51
Figura 22. Molde cerrado	52
Figura 23. Partes fija y móvil del molde (respectivamente).....	52
Figura 24. diagrama protecciones.....	54
Figura 25. Circuito eléctrico en FluidSIM	54
Figura 26. esquema del panel eléctrico	55
Figura 27. Propuesta de diseño de máquina	56
Figura 28. Cajón con guías roscadas al extremo.....	57
Figura 29. fuerzas y reacciones en guías por carga perpendicular.....	61
Figura 30. Diagrama de esfuerzo cortante.....	61
Figura 31. Máximo esfuerzo de corte.....	61
Figura 32. Diagrama de momento flector.....	62

Figura 33. Máximo esfuerzo de flexión	62
Figura 34. Sistema de coordenadas	63
Figura 35. Fuerzas que actúan sobre la estructura.....	63
Figura 36. Esquema del cordón de soldadura	65
Figura 37. Esquema de la geometría de la soldadura	66
Figura 38. Esquema de la geometría aproximada de la soldadura.....	69
Figura 39. Círculo de Mohr	71
Figura 40. Esfuerzos en soldaduras de placa	74
Figura 41. cajón con guías.....	84
Figura 42. detalle de apertura	85
Figura 43. ensamble de placa removible con guías.....	85
Figura 44. Estructura de soporte.....	86
Figura 45. estructura base	87
Figura 46. cilindro de desmolde	87
Figura 47. cilindro de cabezal	88
Figura 48. cilindro de cierre	88
Figura 49. ensamble	88
Figura 50. detalle de parte trasera de parte móvil en placa deslizante	89
Figura 51. detalle de parte trasera de parte fija en cajón.....	89
Figura 52: detalle de ensamblaje de molde con cilindro de cierre	89
Figura 53: Pulsadores y paro de emergencia en panel de controlAccionamiento	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja técnica cilindros A (cilindro de cierre) y B (Cilindro del cabezal)- SMC serie CP96	101
Anexo 2. Hoja técnica de cilindro de desmolde – SMC serie CD85.....	101
Anexo 3. Hoja técnica unidad FRL marca Parker serie ECO.....	101
Anexo 4. Hoja técnica de electroválvulas para control de cilindros - SMC serie VF3000	102
Anexo 5. Hoja técnica de solenoides de electroválvulas - SMC serie VF3000	102
Anexo 6. Hoja técnica de pressure booster - SMC serie VBA	102
Anexo 7. Hoja técnica de electroválvula de soplado – Parker serie Viking Xtreme	103
Anexo 8. Características de fábrica del relé de estado sólido serie G3RV- ST700-D marca OMRON	103
Anexo 9. Especificaciones del relé de estado sólido serie G3RV-ST700-D marca OMRON	103
Anexo 10. Hoja técnica de fuente de alimentación modelo S8VK-G marca OMRON	104
Anexo 11. información técnica del lubricador 04L10GB marca Parker	104
Anexo 12. Cotizaciones Vidrí	105
Anexo 13. Cotizaciones Freund	105
Anexo 14. Cotizaciones EPA	106
Anexo 15. Cotizaciones PELSA.....	107
Anexo 16. Cotizaciones Autocontrol	108
Anexo 17. Cotizaciones COMPRES	110
Anexo 18. Planos.....	110

GLOSARIO DE VARIABLES

Ac: área del cilindro	Lt: longitud total
Ad: área de guía roscada	m_B : masa cilindro B
Ag: área de la garganta	mg: masa guía
Ap: área proyectada	m_m : masa molde
As: área superficial	mp: masa placa
Asld: área efectiva de la soldadura	Ps: presión de soplado
At: área de esfuerzo a la tensión	Pc: presión del cilindro
Av: área del vástago	rc: relación de compresión
C: constante de rigidez de la unión	Sp: límite elástico
c: centroide	Su: esfuerzo último a la tensión
E: módulo de elasticidad	Tg: Temperatura de transición vítrea
F: fuerza	Tr: Temperatura de reblandecimiento del PET
Fi: tensión inicial	V: volumen
Fp: fuerza puntual	W α : peso ángulos
Fw: fuerza por peso de la guía	Wc: peso cajón (armado)
g: gravedad	Wmp: peso de molde + placa
g: garganta	\emptyset : diámetro
Ig: momento de inercia de las guías	τ : esfuerzo cortante
K: constante de sujeción	σ : esfuerzo de flexión
kp: constante de rigidez del perno	
km: constante de rigidez de las piezas	
L: longitud de sujeción	
Ld: longitud sin rosca	
Lr: longitud rosca	

INTRODUCCIÓN

El conformado de plástico es una práctica indispensable en la sociedad moderna, y su procesamiento varía de acuerdo con el tipo de material (termoplástico o termoestable) así como el propósito para el cual se destinará.

El moldeo por soplado, que no debe confundirse con el moldeo por inyección, dado que el moldeo por soplado utiliza aire a presión para la elaboración de productos plásticos con interior hueco con forma variable de acuerdo al molde que se utilice; en esta clase de aplicación, el tipo de material a utilizar será un termoplástico, mientras que la aplicación para la cual se destinará el material conformado, por su interior hueco, será el almacenamiento o envasado donde se requieren piezas de plástico huecas de una sola pieza con paredes delgadas.

En El Salvador hay muchas empresas que se dedican a la fabricación de piezas por medio del conformado de plástico y desde el año de 1997, las empresas dedicadas a la producción, transformación, reciclaje y comercialización de productos plásticos y equipo relacionado en El Salvador, se organizaron en la Asociación Salvadoreña de la Industria del Plástico (ASIPLASTIC) y cuenta actualmente con más de 50 socios activos y más de 30 socios contribuyentes, lo que nos da una muy buena idea de la enorme cantidad de empresas que forman parte de esta industria.

En la actualidad los plásticos cumplen un papel importante en la sociedad debido a sus propiedades y versatilidad, más aún, los aplicados en envases

de almacenamiento debido a su presentación y fácil manejo, por tanto, existe la necesidad de apoyar el desarrollo de la pequeña empresa nacional, proponiendo a su disposición el diseño de procesos automáticos de envasado de líquidos de manera higiénica y en serie.

Como se puede ver, la industria del envasado en El Salvador es bastante prolífica debido a la constante necesidad de almacenar productos al interior de envases, por esta razón, es imprescindible contar con equipos necesarios para la exploración de esta área dentro de la Universidad.

Con la vista puesta en las aplicaciones industriales del moldeo por soplado, se pretende presentar una propuesta de diseño y fabricación para una máquina de moldeo por soplado para uso didáctico e investigación en la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) de la Universidad de El Salvador (UES).

1. MARCO TEÓRICO

Dentro de este apartado se describen conceptos fundamentales para el desarrollo del proyecto de diseño de una máquina de moldeo por soplado y todo lo que conlleva, incluyendo: procesos de moldeo de plástico, requerimientos para envases en la industria farmacéutica (tipo de envase que se elaborará para este proyecto en concreto), máquinas de moldeo por soplado y sus sistemas y subsistemas, así como métodos de automatización de sistemas neumáticos.

1.1. Materiales usados para el moldeo de plásticos

Algunos de los materiales más utilizados en el conformado de plásticos que por sus propiedades resultan idóneos para este procesado son:

- a) Polietileno
- b) Tereftalato de polietileno (PET)
- c) Polipropileno (PP)
- d) Cloruro de polivinilo (PVC)
- e) Elastómeros termoplásticos (TPE)
- f) Policarbonato
- g) Nylon
- h) Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)
- i) Acetal (POM)
- j) Polímeros de Nitrilo

Para esta aplicación se ha seleccionado el PET o tereftalato de polietileno porque es un material que puede procesarse de diferentes maneras para obtener productos derivados mediante inyección, extrusión, termoformado, inyección y soplado, soplado de preforma, etc. Si se busca la transparencia del material, este debe ser enfriado rápidamente después de ser tratado.

El PET presenta buena resistencia al desgaste y plegado además de buena resistencia química y térmica, es liviano y 100% reciclable. Este material sirve como barrera de gases para conservar su contenido fresco por más tiempo.

1.2 Procesos de moldeo de plásticos

El plástico se procesa de formas distintas dependiendo de cómo se clasifique: como termoplástico o termoestable. Los termoplásticos están formados por polímeros lineales o ramificados y pueden fundirse. Se ablandan cuando se calientan y se endurecen al enfriarse. Lo mismo ocurre con los plásticos termoestables que están poco entrecruzados. Sin embargo, la mayoría de los termoestables ganan en dureza cuando se calientan: el entrecruzado final que los vuelve rígidos se produce cuando se ha dado forma al plástico.

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen del tiempo, la temperatura y deformación. Muchos de estos procesos son cíclicos, aunque algunos pueden clasificarse como continuos o semicontinuos. A continuación, se detallan los productos resultantes de algunos métodos⁴:

⁴ No se colocan todos los métodos que originalmente mostraba el sitio al no ser relevantes para el proyecto.

Tabla 1. Métodos de conformado para materiales plásticos. Tomado de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado%20de%20plasticos.pdf

MÉTODO DE CONFORMADO	PRODUCTOS
<i>Extrusión</i>	Semiacabados, productos intermedios para calandrado, soplado o hilado.
<i>Calandrado</i>	Hojas de materiales, tiras revestidas.
<i>Inflado</i>	Hojas y cuerpos huecos.
<i>Colada por inyección</i>	Piezas a partir de masas de colada por inyección.
<i>Conformado en caliente</i>	Piezas moldeadas a partir de semiacabados.
<i>Colada</i>	Modelos, inclusiones, piezas moldeadas.
<i>Centrifugado</i>	Cuerpos huecos con simetría axial o huecos cerrados
<i>Inmersión</i>	Cuerpos huecos o revestimientos

1.2.1. Extrusión

La extrusión se refiere al proceso industrial de fundir y moldear el plástico a flujo constante de presión y fuerza, para obtener la forma deseada.

Las máquinas de extrusión poseen un eje metálico central con alabes helicoidales llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico revestido con una camisa de resistencias eléctricas para calentar el material.

En un extremo del cilindro se encuentra la entrada para la materia prima, donde se instala una tolva de alimentación, generalmente de geometría cónica; en ese extremo se encuentra también el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un reductor de velocidad.

En la punta del tornillo, se ubica la salida del material y el dado que le da forma al plástico.

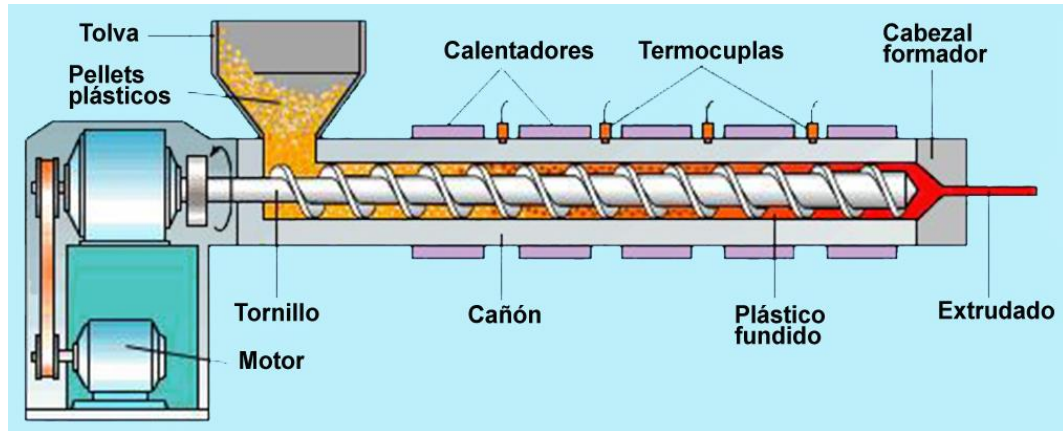


Figura 1. máquina extrusora. Tomado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

1.2.2. Moldeo por inyección

El moldeo por inyección es un proceso de conformado donde el material se calienta y se funde, y luego se envían a un molde, donde se enfrían para producir la forma deseada: en este proceso se pueden fabricar piezas de manera continua y rápida en grandes volúmenes, además, el uso de moldes permite la elaboración de piezas con geometrías complejas.

La estructura de una máquina de moldeo por inyección está conformada por una unidad de inyección que envía los materiales fundidos al molde, y una unidad de sujeción que opera el molde.

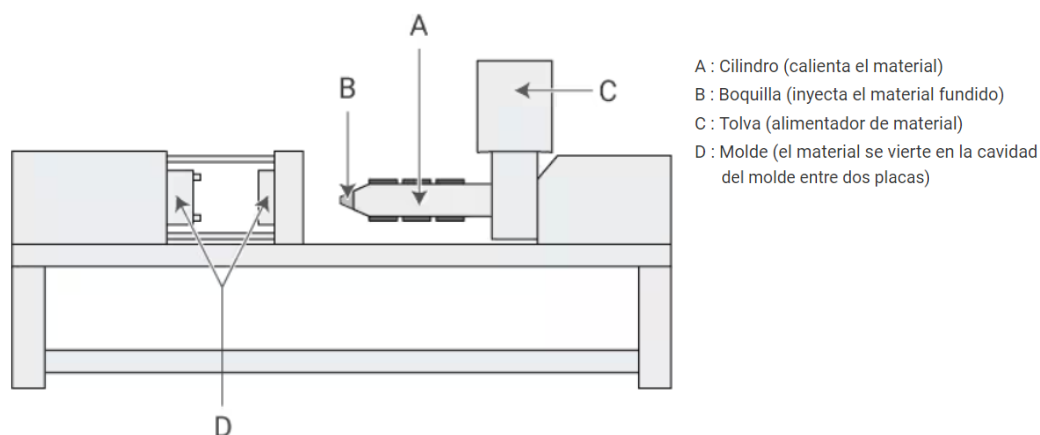


Figura 2. Estructura básica de una máquina inyectora. Tomado de <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp>

1.2.3. Moldeo por soplado

El moldeo por soplado es un proceso de fabricación que se usa para producir recipientes huecos y simétricos, como botellas, envases y bidones, a partir de materiales termoplásticos. El proceso consiste en soplar aire comprimido en un tubo de plástico calentado que se ha colocado en un molde y que se adapta a la forma deseada. Cuando se enfría, se endurece y se puede quitar del molde.

Las superficies de las molduras son lisas y brillantes, o tan granuladas y grabadas como las superficies de la cavidad del molde en el que se procesan. Prácticamente la mayoría de los productos no requieren acabado ni operaciones secundarias.

Entre los materiales más comúnmente utilizados para el moldeo por soplado están: el polietileno, el polipropileno, el policarbonato, el acrilonitrilo butadieno estireno, el acetal (POM) y el tereftalato de polietileno (PET).

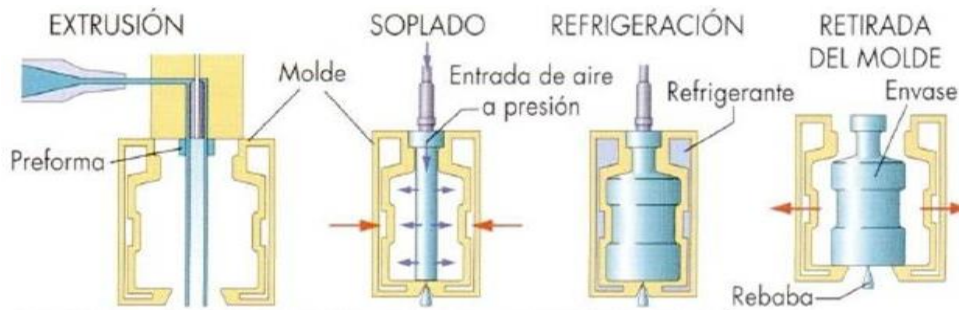


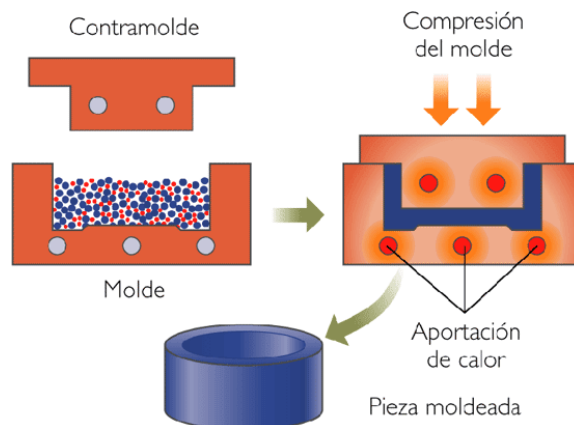
Figura 3. Esquema del proceso de moldeo por soplado. Tomado de <http://moldeoxsoplado.blogspot.com/2015/11/un-poco-de-historia.html>

1.2.4. Moldeo por compresión

En este proceso la presión fuerza al plástico a adoptar una forma concreta. Consiste en colocar el material plástico en un molde metálico abierto y calentado, ya sea en forma de gránulos o láminas. A continuación, el molde ablanda el material, forzándolo a ajustarse a la forma del molde mientras se aplica presión y se cierra, lo que permite que tenga lugar la fase de curado.

Una de las principales ventajas del moldeo por compresión es su capacidad para moldear piezas grandes y relativamente complicadas de fabricar con alto nivel de detalle, así como para producir formas básicas de tamaños muy grandes que serían imposibles por medio de las técnicas de extrusión.

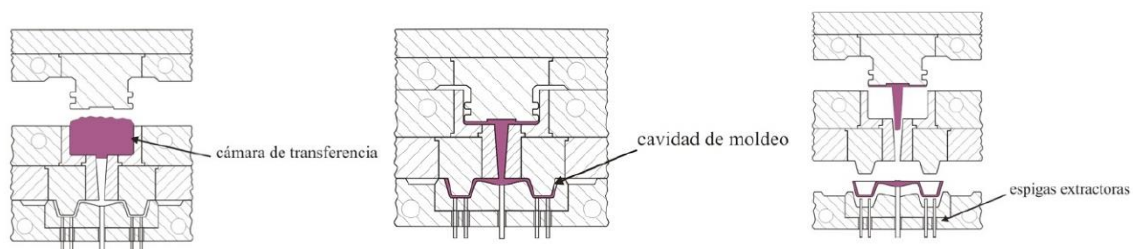
En este proceso, la reducción de residuos es máxima (muy beneficioso cuando se trabaja con compuestos caros). Entre los inconvenientes del moldeo por compresión se encuentra principalmente la escasa consistencia del producto y la dificultad para controlar los destellos.



*Figura 4. Esquema de moldeo por compresión.
Tomado de
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-compresion.html>*

1.2.5. Moldeo por transferencia

Se trata de un proceso en el cual un pistón introduce el plástico fundido a presión en un molde de modo que, al cerrar el molde, el compuesto se transfiere hasta las diferentes cavidades de moldeo a través de una serie de canales. Podría decirse que se trata de un proceso intermedio entre la inyección y la compresión. El ciclo en moldeo por transferencia suele ser algo más corto debido a la mejor transferencia de calor cuando el material circula por los canales.



*Figura 5. Esquema de moldeo por transferencia. Imágenes tomadas de:
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-transferencia.html>*

1.2.6. Termoformado

El termoformado es un proceso de fabricación de plásticos que consiste en calentar una lámina de plástico y darle forma utilizando un molde. Luego, el plástico moldeado se enfría y se recorta para generar la pieza acabada.

El proceso se lleva a cabo usando una máquina de termoformado para calentar y estirar la lámina de termoplástico flexible encima del molde.

El termoformado permite producir volúmenes pequeños y grandes de envases y embalajes con un costo menor. La capacidad de utilizar casi todos los tipos de termoplásticos para producir rápidamente objetos de uso final es otra ventaja importante del termoformado. Las desventajas principales del termoformado son el grosor desigual y su versatilidad limitada para producir piezas con geometrías complejas.

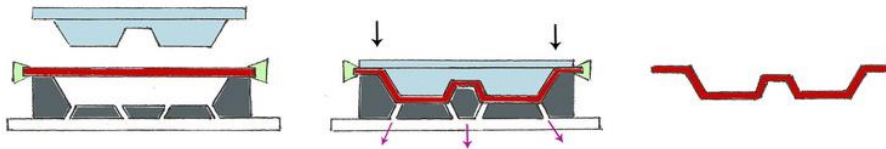


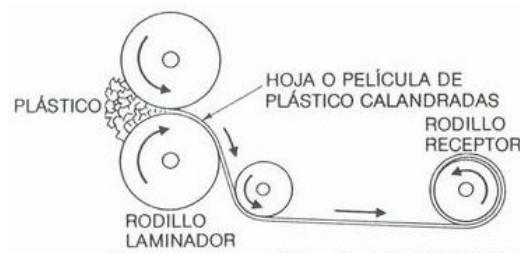
Figura 6. Termoformado. Tomado de <https://www.arapack.com/termoformado-de-plasticos-que-es/>

1.2.7. Calandrado

El calandrado es otra técnica mediante la que se forman láminas de plástico. La calandra o calandria es una máquina que se posee una serie de rodillos de presión que se utilizan para formar una hoja lisa de material. Normalmente, esta técnica se utiliza para la fabricación del papel, sin embargo, ha sido también adoptada para el conformado de láminas plásticas.

El calandrado sirve para la fabricación de láminas partiendo de formas de plástico en bruto (termoplástico o elastómero) o bien por una cinta extruida, en cuyo caso la extrusora está ubicada directamente en la alimentación de la calandria donde se introduce la materia prima para luego pasar por diferentes rodillos cilíndricos que reducen el espesor de las láminas.

El tipo de producto que se obtiene es una película de plástico de espesor delgado.



*Figura 7. Calandrado de materiales plásticos.
Tomado de "The Society of the Plastics
Industries, Inc.*

1.3. Envases plásticos usados en la industria farmacéutica

Los envases de plástico son muy útiles debido a la facilidad de su manufactura y a la libertad de diseño a la que son sometidos, así mismo son extremadamente resistentes a quebraduras por lo que ofrecen una reducción en cuánto a pérdidas de medicamento por derrame. Este tipo de envases contienen uno o más polímeros en conjunto con algunos aditivos, la cantidad y naturaleza de estos aditivos es determinada por la naturaleza del polímero, el proceso de transformación usado para convertir el plástico en envase y utilidad que se espera del envase.

Para escoger un envase de plástico apropiado es necesario conocer su formulación completa, incluyendo todos los productos agregados durante la fabricación del envase, para evaluar los posibles riesgos. El envase de plástico debería estar constituido de manera que:

- a) Los materiales de la preparación no sean adsorbidos sobre la superficie del material plástico ni migren, en un grado significativo, al interior de la pared o a través de ésta.
- b) El material plástico no agregue al producto farmacéutico contenido en el envase, ninguna sustancia que afecte la estabilidad de la preparación o que represente un riesgo de toxicidad.

1.4. Requerimiento de envases en la industria farmacéutica

1.4.1. Envase Primario

Es un envase para uso farmacéutico que contienen o que está destinado a contener un producto y que está en contacto directo con el mismo. El diseño del envase permite la extracción del contenido de forma apropiada para el uso al que está propuesto. Cabe mencionar que el cierre forma parte del envase.

Envasar el producto es la función primordial de un envase primario. El diseño del envase debe tomar en cuenta tanto las necesidades del producto como del sistema de manufactura y distribución. Esto requiere que el envase:

- No permita fuga, difusión, permeabilidad del producto.
- Sea lo suficiente fuerte para contener el producto al ser sometido a movimientos.
- Conserve las propiedades físicas y características del producto, para que pueda cumplir con las especificaciones.
- No altere la identidad del producto.

Funciones del envase primario:

El envase debe proteger el producto contra todas las influencias externas adversas que pueden afectar su calidad o potencia.

A. Protección contra daños físicos

Este tipo de peligro se presenta tanto si el material está almacenado como si está en movimiento (durante la distribución o etapas de manipulación).

Los principales daños se producen:

i. Por impacto:

El impacto involucra fuerzas impuestas al producto debido a aceleración/desaceleración. Estas fuerzas pueden causar roturas, deformaciones, hundimientos, etc., y pueden ser transmitidas vía el envase al producto, como: frascos de vidrio quebrados, daños al tipo de cierre, etc.

Debido a esto se puede tener pérdida de producto por medio de fugas.

ii. Por compresión:

Surge de las cargas de apilamiento durante el almacenamiento y en combinación con vibraciones durante el transporte. Los daños dependen de la forma en que la pila es construida, el tiempo de apilamiento, la naturaleza de la superficie en donde fue construida la pila, las condiciones ambientales y la naturaleza de los productos bajo la fuerza de compresión.

iii. Por vibración:

Influye más que todo la amplitud y frecuencia, las cuales se originan en los motores de vehículos, superficies de carreteras, etc. Este tipo de problema puede afectar tanto al envase (fricción con la superficie, posible aflojamiento de los tapones plásticos, incremento de fuerzas electrostáticas, etc.) como al producto (separación de tamaño de partículas, pulverización del producto, etc.)

iv. Por perforaciones o roturas:

Los problemas derivados de este tipo pueden ser cuantificados por pruebas simuladas al transportar o almacenar los productos durante un cierto tiempo en condiciones climáticas específicas, seguidas de análisis para verificar que no ha ocurrido ningún cambio crítico en el envase ni en el producto.

B. Protección contra riesgos climáticos:

Algunos ejemplos de este tipo pueden apreciarse en los materiales plásticos (polímeros) ya que son más propensos a una expansión

significativa con los cambios en las condiciones climáticas, y por ende, a cambios dimensionales debido al aumento en temperatura y humedad.

Los principales problemas se dan debido a:

i. Humedad:

A pesar de que el vidrio es totalmente impermeable, todos los plásticos son permeable en algún punto. Esto puede resultar en pérdida o ganancia de humedad, dependiendo de la naturaleza del producto, las características del polímero y el gradiente entre el interior y exterior del envase.

La permeabilidad depende de la superficie expuesta, el grosor del material, el contacto envase-envase o envase-estante influye en la velocidad de permeabilidad. La humedad puede ser soluble o penetrar a través del polímero, de aquí que la permeabilidad dependa de estos factores. Se puede tener también adsorción (pérdida sobre la superficie) o absorción (pérdida dentro de la superficie).

ii. Gases:

Algunos orgánicos e inorgánicos pueden pasar a través de ciertos materiales. Las interacciones resultantes pueden ser cambios: químicos, en PH, en sabor, en aroma, en color, etc. A pesar de que el oxígeno es el más crítico no deben excluirse otros gases como nitrógeno y CO₂, con una proporción en permeabilidad de 4:1:20 respectivamente.

Debido a esto, muchos polímeros pueden sufrir cambios oxidativos.

iii. Luz:

En combinación con otros factores, puede causar varias formas de cambios o de degradación que empiezan con la superficie del envase. Los materiales de caucho/hule son adecuados por calor, luz.

Algunas pruebas para exposición a la luz pueden comprender ensayos de simulación o ensayos en condiciones actuales, por ejemplo: detrás de un vidrio o con total exposición a todos los elementos (viento, lluvia, sol, temperatura, etc.).

Los controles pueden permanecer en un área de total oscuridad. Así mismo, este tipo de protección es evitada con envases color ámbar.

iv. Presión:

Los diferenciales de presión atmosférica pueden ocurrir interna o externamente a un envase. Las presiones externas negativas causan que los envases sean más flexibles y puedan agrietarse, mientras que las presiones externas positivas hacen que los envases se compriman.

Bajo estas condiciones, los envases que no estén correctamente sellados van a dejar que la humedad o el aire entren de acuerdo con el cambio de condiciones ambientales.

v. Contaminación aérea:

Esto comprende más que todo partículas que pueden surgir del propio envase (residuos del proceso de fabricación del material de envase) o de una fuente secundaria (cabellos, polvo, etc.).

C. Protección contra riesgos biológicos:

Estos incluyen toxinas microbiológicas y sustancias relacionadas producidas por ellas, daños por animales (aves, insectos, etc.) y material tóxico asociados con ellos (excremento), por último, daños por humanos. Este tipo de protección es proporcionada para poder mantener la integridad del envase después que haya sido cerrado.

D. Protección contra riesgos químicos:

Se relaciona principalmente con la compatibilidad producto-envase y cualquier intercambio que pueda ocurrir el producto al envase o viceversa. Estas interacciones pueden causar cambios en la apariencia, aroma/sabor, integridad microbiológica, actividad preservante, potencia del principio activo, biodisponibilidad, entre otros efectos. Los materiales de fabricación de los envases tienen niveles de pureza, impurezas, y posibles residuos obtenidos del proceso de manufactura.

E. Almacenamiento:

Las características de los componentes farmacéuticos del producto van a determinar el tipo de envase a utilizar. Así mismo, si se tiene producto estéril, la esterilidad debe mantenerse incluyendo producto restante que no haya sido utilizado. La vida de anaquel y el período de utilización son determinados con relación a condiciones de almacenamiento y la estabilidad de los componentes activos.

1.4.2. Tipos de envase

El envase primario protege del ambiente al contenido, según sea la naturaleza del producto y los riesgos a los que se expone, así mismo, el envase se clasifica en:

- Envase bien cerrado: Protege al contenido de la contaminación por materias extrañas sólidas o líquidas, así como de la pérdida de contenido en condiciones normales de manejo, conservación, almacenamiento y transporte.
- Envase sellado: Es un envase cerrado por fusión del material que constituye el envase.
- Impermeable: a los sólidos, líquidos y gases en condiciones normales de manejo, conservación, almacenamiento y transporte. Si el envase está destinado a ser abierto más de una vez, debe estar diseñado de manera que recupere su hermeticidad cada vez que vuelva a ser cerrado.

1.4.3. Desempeño del envase

El envase debe funcionar para lo que ha sido diseñado. Al evaluar el desempeño se toman en cuenta dos consideraciones importantes:

a. Funcionalidad del sistema de envase:

El envase debe estar diseñado para favorecer la conformidad del paciente, reducir desechos y mejorar la facilidad del uso entre otros.

b. Suministrar el medicamento:

Se refiere a la habilidad del envase para entregar el medicamento en la cantidad adecuada, El fallo en esta consideración puede deberse a un mal uso, a diseño defectuoso, algún defecto en la fabricación y desgaste durante el uso.

1.5. Máquinas de moldeo por soplado

Todas las máquinas de moldeo por soplado utilizan una preforma para soplarla con aire y que ésta se expanda dentro de un molde hembra para crear la forma final con interior hueco. Las máquinas de moldeo por soplado pueden dividirse de distintas maneras. Según su aplicación, el proceso utilizado e incluso el material a conformar.

Como se podrá apreciar a continuación, muchos de los equipos disponibles en el mercado combinan distintos tipos de conformado de plástico en su proceso y tienen capacidad de producir una gran cantidad de envases y han sido fabricadas para funcionar 24/7 con paros programados para mantenimiento.

Algunos tipos de máquinas de moldeo por soplado según el tipo de proceso que utilizan son:

1.5.1. Inyección-soplado

Este tipo de proceso permite un mejor control de espesor de piezas, alta precisión dimensional y tiene la ventaja de que no se producen recortes y que los materiales a utilizar no requieren una elevada resistencia al fundido, más solamente se puede utilizar para piezas de tamaño relativamente pequeño.



Figura 8. Máquina IntelliDrive, serie 135 de Jomar Corp. Tomado de <https://jomarcorp.com/intellidrive>

1.5.2. Extrusión-soplado

La principal ventaja de este tipo de máquinas es que se pueden obtener velocidades de producción muy elevadas; no obstante, se producen muchos recortes y el control del espesor de pared y de la distribución de espesores es muy limitado. Los equipos de extrusión-soplado constan de una extrusora con un sistema plastificador cilindro-tornillo que permite obtener un fundido uniforme a la velocidad adecuada. El sistema plastificador requiere un cabezal que proporcione una preforma tubular con la sección transversal deseada. El equipo, además, consta de una unidad de soplado y un molde de soplado.



Figura 9. Máquina de moldeo por extrusión-soplado BESTAR-B10D-480 de BMI Machines. Tomado de <https://www.bmimachines.com/product/bestar-b10d-480/>

1.5.3. Coextrusión-soplado

Esta clase de máquinas se utiliza para la producción de piezas multicapa para poder incluir diferentes características de permeabilidad, disminuir el costo de materiales, al poder utilizarse materiales de menor calidad, combinar características ópticas de los polímeros o crear efectos de colores iridiscentes. El proceso comienza con la inyección de una preforma, la preforma se calienta y se inyecta aire a alta presión mientras que la preforma se estira usando una varilla. La preforma se expande adoptando la forma de la pieza deseada.



*Figura 10. Máquina de coextrusión soplado FS-90PLDO de Full Shine.
Tomado de https://www.full-shine.com/en/products_i_products_sub_P-SERIES*

1.5.4. Tensión-soplado

El proceso de tensión-soplado o estirado-soplado se emplea para producir botellas para bebidas carbonatadas que deben ser impermeables al CO₂ y que deben soportar las presiones que pudieran desarrollarse en su interior y además, poseer buena transparencia. Estas propiedades pueden mejorarse mediante orientación de las moléculas del polímero. Este método permite normalmente un ahorro mínimo del 10% del peso por envase y superior al 30% en tamaños por encima de un litro para unas mismas propiedades mecánicas.

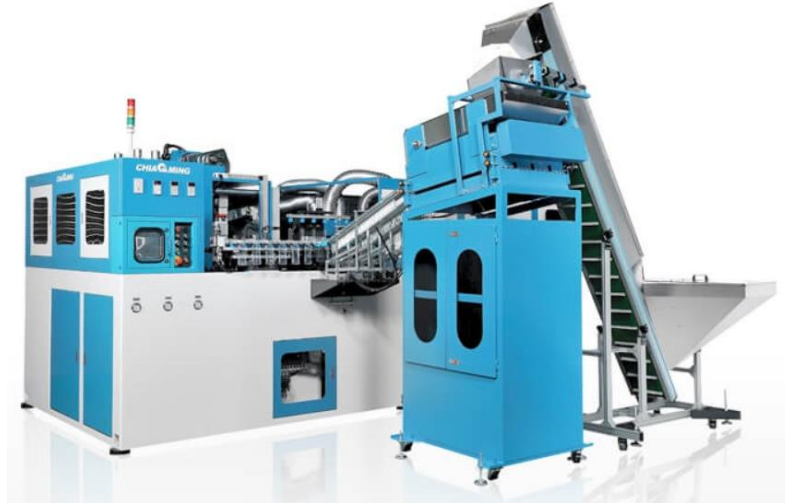


Figura 11. Máquina de moldeo por tensión-soplado de dos etapas de CHIA MING Machinery Corp. Tomado de: <https://www.cm-pet.com/msg/msg57.html>

1.6. Sistemas principales y auxiliares de las máquinas sopladoras

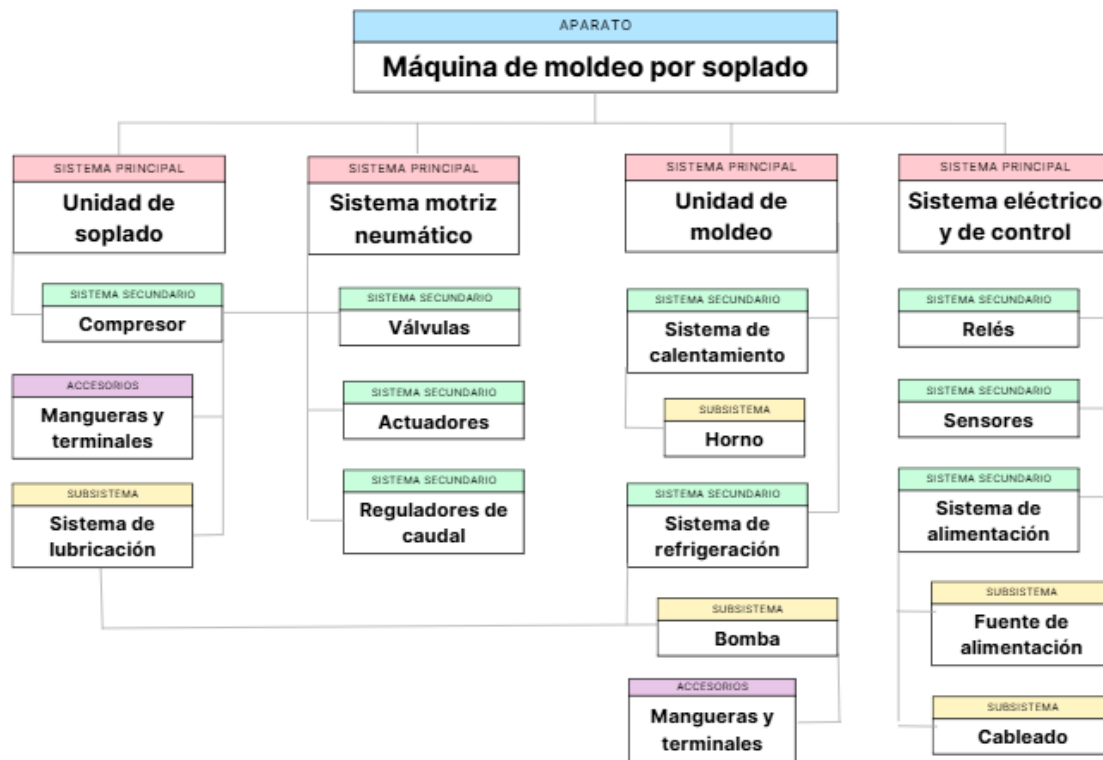
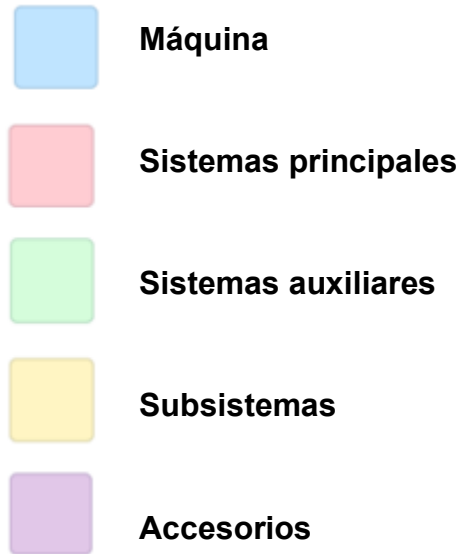


Figura 12. Diagrama esquemático de sistemas que conforman la máquina. Elaboración propia en canva.com



1.6.1. Sistemas principales

A. Unidad de soplado:

Conformada por los elementos que se encargan de proporcionar los medios para poder soplar los envases.

El compresor es el que proporciona el aire comprimido, mientras que las mangueras lo dirigen hacia donde será utilizado en última instancia.

B. Sistema motriz neumático:

Encargado del movimiento de la máquina (moldeo, desmoldeo y traslado). Es de accionamiento neumático como su nombre lo indica y comprende también elementos de transmisión mecánica.

C. Unidad de moldeo:

Se refiere al molde y los subsistemas necesarios para realizar la operación de conformado de plástico.

D. Sistema eléctrico y de control:

Contempla las partes eléctricas como conexiones, protecciones, botoneras y demás elementos de la misma naturaleza y también incluye los módulos de control y sensores de la máquina.

1.6.2. Sistemas auxiliares

Tabla 2. Sistemas auxiliares de una máquina sopladora

Sistema auxiliar	Elementos que lo componen	Descripción del elemento dentro del sistema
Sistemas secundarios	Compresor	Fuente de energía potencial neumática del sistema motriz y unidad de soplado
	Válvulas	Específicamente, electroválvulas. Controlan el paso del aire comprimido a través de las mangueras
	Actuadores	Cilindros neumáticos que se encargan de transmitir energía mecánica a los elementos móviles del sistema

	Reguladores de caudal	Encargados de garantizar un caudal constante de manera automática
	Sistema de calentamiento	Comprende a los elementos destinados al calentamiento de la preforma para su conformado en la unidad de moldeo
	Sistema de refrigeración	Es el conjunto de partes de la máquina que tienen como objetivo prevenir el sobrecalentamiento y enfriar el molde para extraer la pieza
	PLC	Módulo programable para controlar la máquina
	Sensores	Destinados a medir temperatura y proximidad para transformar estos datos en una señal eléctrica
	Sistema de alimentación	Pertenece al sistema eléctrico. Tiene como objetivo conectar los elementos eléctricos a la alimentación
Subsistemas	Sistema de lubricación	Tiene como objeto reducir la fricción entre piezas para evitar pérdidas mecánicas y alargar su vida útil. Además, ayuda a prevenir el sobrecalentamiento de elementos críticos de la máquina

	Horno	Lugar donde se ubican las preformas para elevar su temperatura
	Bomba	Para circular el fluido de refrigeración en el molde
	Cableado	Para transportar la corriente eléctrica hacia los elementos que necesitan alimentación
Accesorios	Mangueras y terminales	Elementos gracias a los cuales se transportan los fluidos de un lugar a otro en el sistema

1.7. Etapas del proceso de soplado de envases

Dependiendo del tipo de máquina, se pueden incluir procesos previos o intermedios (como la refrigeración de moldes), sin embargo, en este proyecto se contemplarán aquellos estrictamente necesarios para llevar a cabo el cometido del proyecto con parámetros muy por debajo del estándar industrial en donde suelen fabricarse envases de mayor tamaño y en mayor cantidad.

Etapas:

A. Calentamiento de la preforma

Toma lugar en el horno. En esta etapa se calienta la preforma para poder ser moldeada en la próxima fase.

- a. Colocación de la preforma en el horno

- b. Calentamiento de la preforma hasta la temperatura deseada
- c. Retiro de la preforma del horno de manera manual

B. Introducción al molde de la preforma

La preforma debe trasladarse desde el horno hasta el molde y ubicarse de tal manera que el soplado pueda tomar lugar. Involucra el traslado de la preforma, la colocación y alineamiento en el molde y el cierre del molde de la siguiente manera:

- a. Traslado desde el horno hasta la unidad de moldeo
- b. Alineación de la preforma con el molde
- c. Cierre automático del molde (accionamiento de botón)

C. Fase de soplado

En esta etapa se introduce aire a presión dentro de la preforma que está contenida al interior del molde. Esta etapa es la responsable de conformar al plástico en su forma definitiva y se llevará a cabo un tiempo determinado después del cierre del molde de forma automática.

- a. Introducción de la boquilla de inyección a la preforma
- b. Inyección de aire comprimido dentro de la preforma
- c. Introducción del pistón de empuje a la pieza
- d. Retracción del pistón de empuje

D. Enfriamiento de la pieza

Luego de que la pieza ha sido conformada, debe enfriarse para que pueda retirarse correctamente y no se deforme o se adhiera a las paredes del molde.

- a. Apertura de la válvula del tanque de fluido refrigerante
- b. Accionamiento de la bomba manual para la circulación del fluido refrigerante

E. Desmolde de la pieza

El molde debe abrirse para permitir la obtención de la pieza. El cierre y apertura del molde se realizan por medio de un sistema neumático que es el encargado de movilizar la máquina.

- a. Accionamiento del botón de apertura del molde
- b. Desmoldeo del producto terminado

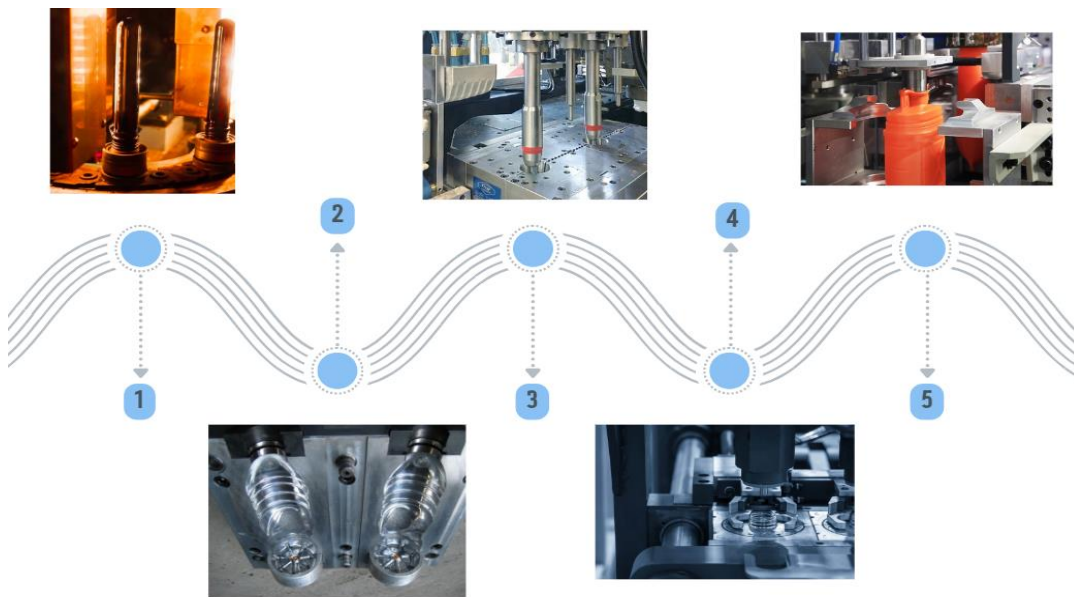


Figura 13. Diagrama pictórico de elaboración propia desde canva.com

1.8. Automatización en sistemas neumáticos

Existen muchos programas diseñados para simular circuitos neumáticos. Para este proyecto se ha seleccionado Fluidsim Pneumatics de Festo debido a su interfaz amigable con el usuario, facilidad de instalación y familiaridad. A continuación, se describirán características que hicieron de este programa el predilecto para este proyecto y se definirán algunos conceptos útiles para el desarrollo de este trabajo.

1.8.1. Fluidsim Pneumatics

Es un software de simulación neumática y funciona en entorno Windows. Es ideal para emplearlo como material complementario en la enseñanza de la neumática. Entre sus características más importantes se encuentran:

- Ofrece la creación y simulación de circuitos de electroneumática. Incluye una opción para poder simular a diferentes velocidades para visualizar de manera más sencilla el funcionamiento del circuito.
- Posee una biblioteca de componentes neumáticos y eléctricos muy completa para la creación de circuitos nuevos.
- Durante la animación, los conductos y cilindros aparecen coloreados, según el estado de cada uno.
- El usuario puede controlar la velocidad de la simulación (con funciones como paso a paso, pausa...).
- Las válvulas y los interruptores accionados manualmente pueden ser conmutados mediante un clic del ratón.
- Permite construir circuitos nuevos, pero también se dispone de un conjunto de circuitos ejecutables.

- Muestra en los aparatos de medición los valores exactos de presión, fluido y corriente.
- Guarda una proporción del tiempo real durante la animación.

1.8.2. Sistema de control

Un sistema de control se compone por un conjunto de componentes que pueden influir en su propio funcionamiento o en el de otros componentes que no formen parte del sistema de control, con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las posibilidades de fallos.

Los sistemas de control permiten operar una amplia variedad de equipos con gran precisión de manera que no se requiera la intervención de un operador. La finalidad de un sistema de control es conseguir mediante la manipulación de las variables de entrada, el dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores predeterminados.

Los sistemas de control pueden ser de dos tipos:

a) Sistemas de lazo abierto:

En estos la salida no afecta la acción de control, porque no se mide la salida ni se retroalimenta para compararla con la entrada.

b) Sistemas de lazo cerrado:

En este se alimenta al controlador con la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de retroalimentación a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente.

Características del sistema de control:

- Garantizar la estabilidad del sistema, se robustece frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Puede ser fácilmente implementarlo y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

El sistema de lazo cerrado es el que se utiliza para el control de las operaciones en los sistemas de control.

Se presenta el esquema de bloques de un sistema de control genérico y simple, en lazo cerrado (retroalimentado), con una sola entrada y salida, para un sistema con señales continuas. Las flechas de un lazo cerrado que conectan un bloque con otro representan la dirección del flujo de la energía de control o información, que a menudo no es la fuente principal de energía para el sistema.

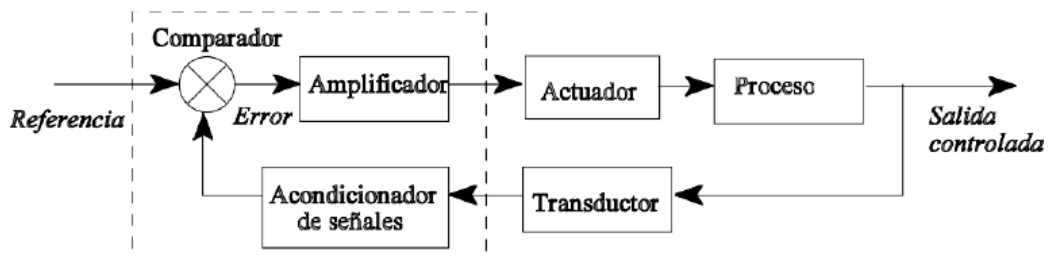


Figura 14. Sistema de control de lazo cerrado

Elementos de un sistema de lazo cerrado:

1) Proceso:

Es el conjunto de operaciones que van a suceder y que van a tener un fin determinado. El procesamiento se realiza sobre una máquina, que son el conjunto de componentes que tendrán un determinado objetivo.

2) Actuador:

Es el componente encargado de modificar un estado del proceso o máquina en función de la señal recibida del amplificador. Este elemento modifica la variable de entrada del proceso controlado.

3) Amplificador:

Elemento que aumenta la amplitud o intensidad de un fenómeno. Tiene por finalidad amplificar la señal de error con el objetivo de que alcance un nivel suficiente para excitar el actuador.

4) Comparador:

Elemento que compara la señal controlada con la señal de referencia para proporcionar la señal de error. El resultado de la comparación representa la desviación de la salida con respecto al valor previsto. Se le conoce también como detector de error.

5) Generador del valor de referencia o consigna:

Componente capaz de generar una señal análoga a la señal de salida que se quiere gobernar, esta señal de referencia es la encargada de imponer el valor deseado en la salida.

6) Transductor:

Dispositivo que transforma un tipo de energía en otro más apto para su utilización. Si la energía transformada es en forma eléctrica se llama sensor. Por ser el instrumento encargado de detectar la señal de salida para utilizarla de nuevo en el proceso de retroalimentación se le llama en los sistemas de control: captador.

7) Acondicionador de señales:

Bloque que adapta la señal transformada por el transductor a los niveles adecuados del comparador.

8) Controlador:

Elemento de los sistemas digitales que incluye las funciones del comparador, el amplificador y el acondicionador de señales.

Las tecnologías para los sistemas de control se dividen en categorías, pero cuando a automatización de procesos concierne, suele hacerse una combinación de todas ellas para hacer más eficientes los procesos.

1.8.3. Elementos del sistema de control

Principales elementos del sistema de control:

A. Controlador lógico programable

Existen varios tipos de controladores como microprocesadores, autómatas programables entre otros, pero en la automatización de procesos para la

industria alimentaria el más utilizado es el controlador lógico programable, diseñado específicamente para el control de tareas industriales, que permite sustituir los esquemas cableados realizados con relés.

También es conocido como PLC o autómeta programable, es todo el equipo electrónico que permite controlar en tiempo real los diferentes procesos industriales como procesos secuenciales y procesos continuos.

Ventajas del controlador:

- Lenguaje de programación de fácil aprendizaje para los diseñadores de los esquemas con relés.
- Fiabilidad ya que funciona en las condiciones más adversas o en los ambientes más hostiles.
- La actuación de las salidas está en función de las señales de entrada, que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.
- A diferencia de la lógica cableada, los elementos tradicionales como relés auxiliares, relés de enclavamiento, temporizadores y contadores son funciones internas del PLC.

La estructura básica del PLC está constituida por:

a) Fuente de alimentación:

Su función es suministrar la energía al CPU y a las demás tarjetas según la configuración del PLC (5 V para alimentar a todas las tarjetas, + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 mA)

b) Unidad de procesamiento central (CPU):

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, en otros términos, podría considerarse como el cerebro del controlador.

c) Módulos de salida digitales o analógicos:

A éstos se conectan bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas, elementos finales de control como válvulas, entre otros.

d) Módulos de memorias:

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente Módulos de entrada digitales o analógicos, a los que se conectan pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores, transmisores, entre otros. Se cuenta con dos tipos de memorias: volátiles (RAM) y no volátiles (EPROM y EEPROM).

La tarea del usuario está encaminada a la conexión de los sensores y actuadores al PLC y la implementación de la estrategia de control, para el manejo de esta unidad se requieren únicamente conocimientos básicos de informática.

B. Sensor de posición

Los sensores de posición se utilizan para la detección de la posición de objetos, ya sean objetos estáticos o en movimiento.

Existen muchísimos tipos de sensores según su aplicación, algunos son:

a. Sensores inductivos:

Son capaces de reconocer objetos metálicos.

b. Sensores capacitivos:

Se utilizan para el reconocimiento de objetos, independiente de las propiedades de estos.

c. Sensores ultrasónicos:

Se utilizan en aplicaciones en las cuales se necesitan grandes áreas de detección.

d. Sensores de reflexión directa o barreras fotoeléctricas:

Se utilizan para la detección de objetos en movimiento.

C. Sensor de flujo

En muchas de las aplicaciones donde se trata con fluidos líquidos o gaseosos, se requieren sensores de caudal, cuya finalidad es medir el flujo o la detección de este, para hacer más eficientes los procesos y seguros.

Principios de medición relacionados con estos sensores:

- a) Caudal volumétrico por medición electromagnética.
- b) Caudal másico por Coriolis o dispersión térmica.
- c) Caudal volumétrico por vórtice o ultrasonidos.
- d) Sensores laser.

El rango de detección depende del modelo de sensor seleccionado según la aplicación para la cual se requiera.

2. PROPUESTA DE DISEÑO

Este apartado contempla inicialmente el diseño general de la máquina con todos los elementos que deben componerla y cómo se ha concebido el funcionamiento de esta. Más adelante, se llevan a cabo los cálculos y el refinamiento del diseño inicial para llegar al resultado final.

2.1. Diseño del sistema

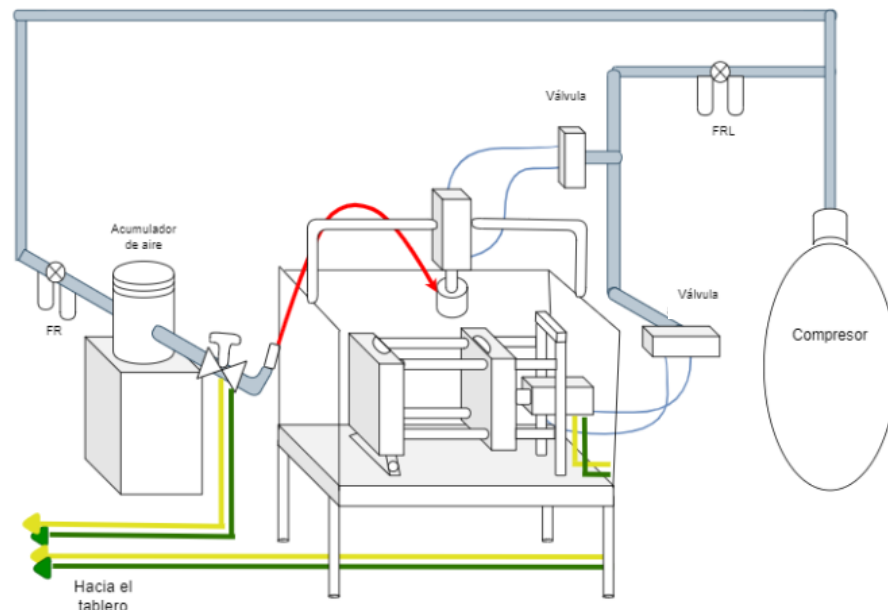


Figura 15. Esquema del circuito

Descripción

- **Acumulador de aire:** su propósito es acumular aire para el soplado
- **Válvula para soplado:** válvula 2/2 para cierre y apertura de la alimentación de aire proveniente del acumulador.
- **Cilindro de empuje:** para el cierre del molde.

- **Cilindro de bajada:** para bajar el cabezal con la boquilla de inyección
- **Válvulas de control:** válvulas 4/2 para accionar los cilindros neumáticos
- **Unidades de mantenimiento:** se trata de una unidad FRL (filtro, regulador y lubricador) para el circuito que incluye a los cilindros neumáticos y una unidad FR en el circuito de soplado.

2.2. Diseño del envase

2.2.1. Dimensiones y propiedades físicas

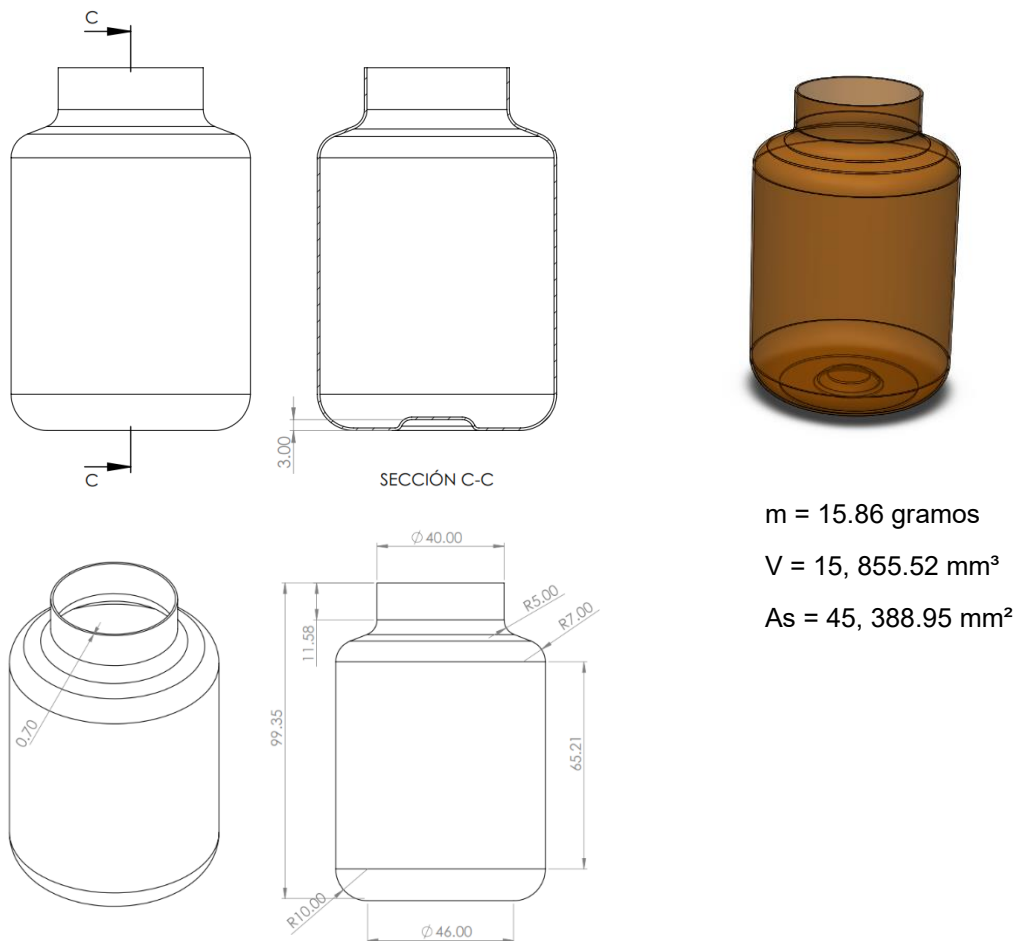


Figura 16. dimensiones del envase

2.3. Material y procesado

El material seleccionado para la elaboración del envase es el PET debido a su versatilidad, disponibilidad, resistencia química, reciclabilidad, estabilidad dimensional, impermeabilidad y ligereza.

Tabla 3. Propiedades del PET. Tomada de: <https://material-properties.org/es/pet-densidad-resistencia-punto-de-fusion-conductividad-termica/>

Densidad	1350 kg / m ³
Resistencia a la tracción	150 MPa
Límite de elasticidad	40 MPa
Módulo de Young	9 GPa
Dureza Brinell	20 BHN
Punto de fusión	267 ° C
Conductividad térmica	0,3 W / mK
Capacidad calorífica	1250 J / g K

Procesamiento del material:

Para promover tanto un buen comportamiento mecánico del envase, así como una excelente estabilidad dimensional y termo-mecánica, el PET requiere ser estirado biaxialmente por medio de la acción de un pistón y la aplicación de aire a presión que estira el envase hasta la base, lográndose una orientación de las moléculas en dirección longitudinal y transversal.

Este ordenamiento proporciona a los productos moldeados un incremento notable en sus propiedades de barrera y propiedades mecánicas.

En cuanto a sus características estéticas, el PET es transparente cuando tiene una estructura molecular amorfa y opaco cuando está cristalizado.

Estos detalles son importantes no sólo para su apariencia, sino porque sus propiedades cambian: un mayor grado de cristalinidad proporciona mayor rigidez, resistencia a la tensión y térmica, dureza, resistencia química, opacidad, y resistencia al paso de gases y vapores (barrera), pero menor resistencia al impacto.

Es por esta razón que se utilizará una preforma que haya sido tratada para llegar a la cristalización para la fabricación de los envases.

Dado que el PET puede existir en ambas condiciones (amorfo y cristalino), para lograr la cristalización, se tomará la ruta del Annealing o templado.

El Annealing es una combinación de la cristalización térmica y la cristalización inducida por tensión que sucede cuando el PET es expuesto a calor por encima de la T_g (temperatura de transición vítrea), después de ser cristalizado por la tensión provocada al soplar la preforma contra un molde caliente (en su estado tensionado, está predispuesto a cristalizar más); adicionalmente, agregar calor promueve la relajación de esfuerzos inducidos por el procesado, conduciendo a un producto terminado con mejor resistencia térmica y estabilidad dimensional.

La temperatura de transición vítrea a utilizar será de 81°C , que corresponde al PET en estado cristalino.

2.4. Diseño del sistema neumático

Se han considerado las siguientes adiciones de componentes al diseño del sistema preliminar en el apartado de diseño del sistema que no se habían contemplado:

- Adición de presostatos para asegurar que se alcance la presión necesaria para el cierre del molde y la inyección de aire.
- Adición de un cilindro neumático para desmoldar el envase una vez haya sido inyectado y las dos mitades de los moldes se hayan separado.
- Adición de un amplificador de presión para alcanzar la presión de soplado que se necesita con el compresor que cuenta la Escuela de Ingeniería Mecánica.

2.4.1. Diseño del circuito

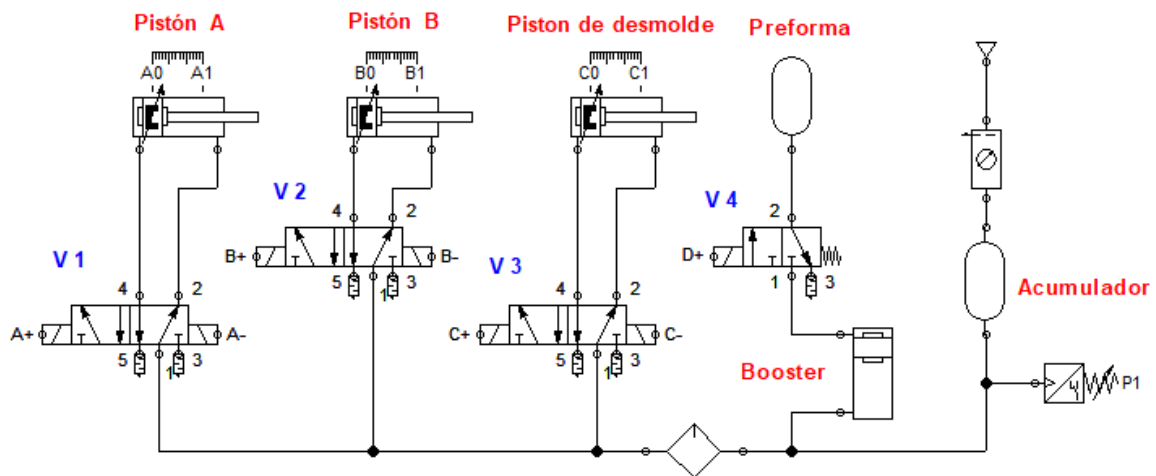
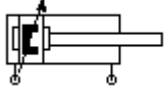

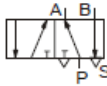







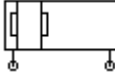



Figura 17. Circuito neumático simulado en FluidSIM

Simbología

Tabla 4. Simbología de elementos neumáticos en FluidSIM

Símbolo	Descripción
	Cilindro neumático de doble efecto: <i>Pistón A</i> – Pistón de cierre de molde <i>Pistón B</i> – Pistón de bajada de cabezal con boquilla de inyección
	Válvula 3/2
	Válvula 5/2
	Accionamiento eléctrico
	Retorno por muelle
	Unidad de mantenimiento FR
	Silenciador
	Alimentación de aire
	Presostato
	Depósito de aire a presión
	Amplificador de presión
	Lubricador

Bobinas

Tabla 5. Nomenclatura de bobinas

Nombre	Descripción
A+	Extensión
A-	Retracción
B+	Extensión
B-	Retracción
C+	Extensión
C-	Retracción
D+	Extensión

2.4.2. Cálculos de variables de diseño y selección de equipo

A continuación, se presentan cálculos para poder seleccionar la demanda de aire y los diámetros de los actuadores neumáticos que accionarán la máquina.

Inicialmente, se necesita determinar el área proyectada que soportará la fuerza ejercida por la presión de soplado sobre las paredes del molde y la boquilla.

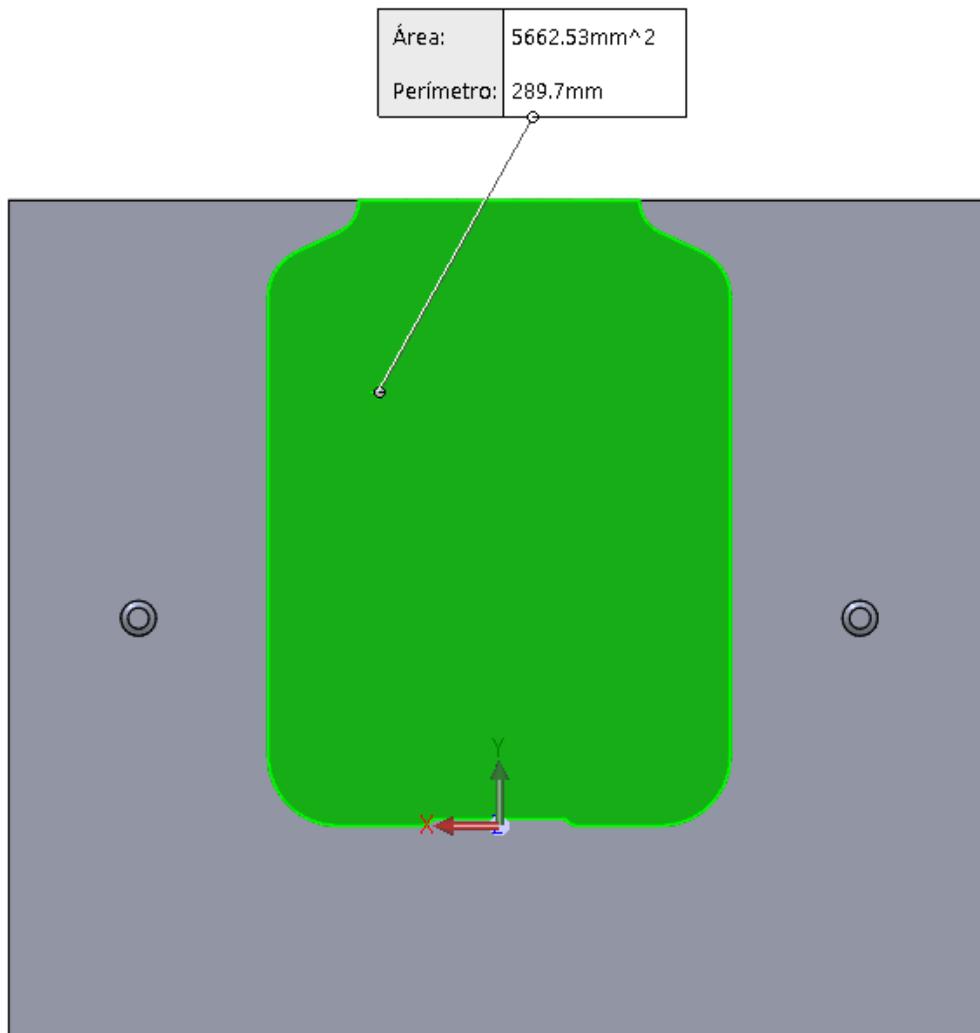


Figura 18. área proyectada perpendicular al pistón A

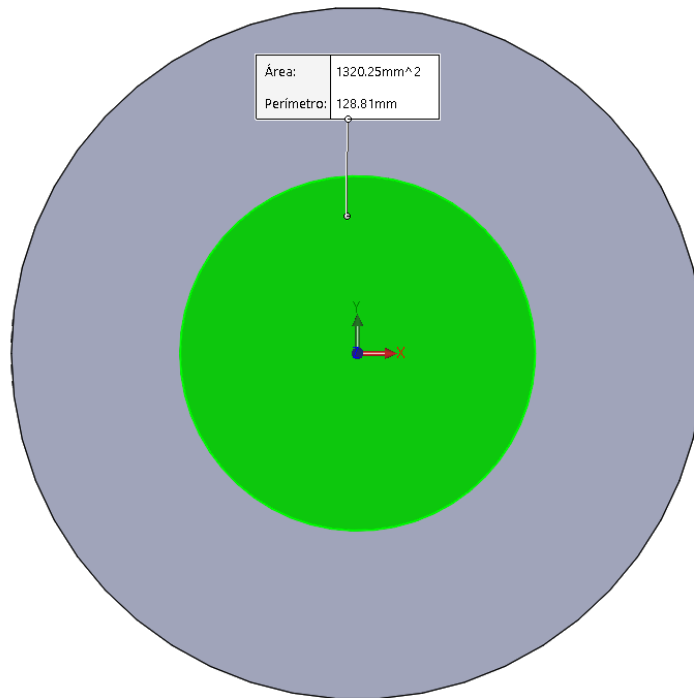


Figura 19. área proyectada perpendicular al pistón B

Datos

$$P_s^5 = 15 \text{ bar} = 1,500,000 \text{ Pa}$$

$$A_{p_A} = 5,662.53 \text{ mm}^2$$

$$A_{p_B} = 1,320.25 \text{ mm}^2$$

$$Q = 35.315 \text{ cfm} = 1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pistón A

$$F_A = P_s \cdot A_{p_A}$$

Ecuación 1

$$F_A = 1,500,000 \cdot \frac{5,662.53}{(1000)^2} = 8,493.8 \text{ N}$$

⁵ Referencia de presión de soplado: [Semi-Automatic PET Blow Moulding Machine UPF-5 | PET Technologies \(pet-eu.com\)](https://www.pet-eu.com/)

Tomando de referencia una presión de 150 psi (1,034,213.59 Pa) para un cilindro neumático estándar, se calcula el diámetro del cilindro de la siguiente manera:

$$A_{C_A} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4}$$

Ecuación 2

$$A_{C_A} = \frac{F_A}{P_{C_A}}$$

Ecuación 3

Igualando la ecuación dos con la ecuación tres, se puede despejar el diámetro del pistón A.

$$\frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = \frac{F_A}{P_{C_A}}$$

$$\phi_A = \sqrt{\frac{4 \cdot F_A}{P_{C_A} \cdot \pi}}$$

Ecuación 4

$$\phi_A = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,493.795}{1,034,213.59 \pi}}$$

$$\phi_A = 0.102258 \text{ m}$$

Con este resultado se concluye que es posible utilizar un cilindro neumático para esta aplicación. Ahora, se selecciona un cilindro con un diámetro igual o mayor al calculado, en este caso, se utilizará un cilindro con un diámetro de 125 mm.

La carrera del pistón A será de 100 mm para permitir la extracción del envase. Con esta información se puede determinar el volumen de aire que requiere el cilindro.

$$V_A = A c_A d_A$$

Ecuación 5

$$V_A = \frac{\pi}{4} \phi_A^2 d_A$$

$$V_A = \frac{\pi}{4} (0.125)^2 (0.1)$$

$$V_A = 0.001227 m^3$$

Se selecciona el cilindro doble efecto *CP96SDL125-100-M9P* de SMC que cumple con las especificaciones necesarias para esta aplicación (ver anexos).

Pistón B

$$F_B = P_s A p_B$$

$$F_B = 1,500,000 \times \frac{1,320.25}{(1000)^2}$$

$$F_B = 1,980.375 N$$

Tomando de referencia una presión de 150 psi (1,034,213.59 Pa) para un cilindro neumático estándar, se calcula el diámetro del cilindro usando la ecuación 4.

$$\phi_B = \sqrt{\frac{4 \cdot F_B}{P_{c_B} \cdot \pi}}$$

$$\phi_B = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,980.375}{10.3421 \pi}}$$

$$\phi_B = 0.049376 m$$

Este cilindro también podrá ser accionado neumáticamente y tendrá un diámetro de 50 mm.

La carrera para el pistón B, tomando en cuenta el costo y optimización de espacio, será de 25 mm y el volumen de aire que requiere es igual a:

$$V_B = \frac{\pi}{4} \phi_B^2 d_B$$

$$V_B = \frac{\pi}{4} (0.5)^2 (0.025)$$

$$V_B = 0.004909 \text{ m}^3$$

Se selecciona el cilindro doble efecto *CP96NDG50-25C-M9P* de SMC que cumple con las especificaciones necesarias para esta aplicación (ver anexos).

Cilindro de desmolde

El Cilindro de desmolde se ha elegido tomando en cuenta el espacio disponible en la máquina (consultar planos). Dado que no se requiere que éste haga algún esfuerzo, se selecciona el cilindro de cuerpo redondo *CD85N8-50M-A-M9P* cuya carrera y diámetro cumplen con las necesidades de alcance y espacio disponible para la aplicación (ver anexos).

Compresor

Dado que en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador ya se cuenta con un compresor, solamente se debe determinar el volumen de aire requerido que éste debe suministrar a la máquina.

Sumando los volúmenes de las cámaras de compresión de los actuadores junto con el volumen de aire requerido para conformar el envase, se obtiene el siguiente resultado:

$$V_{req} = (0.001227 + 0.004909) * 100^3 + \frac{15,855.52}{10^3}$$

$$V_{req} = 6,151.86 \text{ cm}^3$$

$$V_{req} = \frac{6,151.86}{1000} \text{ cm}^3 = 6.15 \text{ litros}$$

Este es el volumen requerido para hacer un envase; considerando que se desean hacer 10 botellas por minuto, el caudal requerido es de:

$$Q_{req} = 6.15 * 10 = 61.50 \text{ lpm}$$

Amplificador de presión

Tomando como base un compresor de 120 psi de una etapa, se selecciona un amplificador de presión calculando la relación de compresión requerida para obtener la presión de soplado.

El área de salida de aire debe ser de 1/4 para poder conectarse a la boquilla de inyección y se requiere elevar la presión desde 120 psi a 15 bar (217.56 psi), siendo la relación de compresión la siguiente:

$$rc = \frac{217.56}{120} = 1.81$$

Tomando en cuenta que el compresor en la escuela de ingeniería mecánica es de 10 HP se usó un equipo similar de la marca Ingersoll Rand para determinar un flujo estimado por medio de la siguiente tabla:

Tabla 6. Especificaciones de equipo símil de Ingersoll Rand

60 Hz Specifications - without Total Air System				
Model	hp	Discharge Pressure psig	Capacity* cfm	db(A) [†]
UP6-5-125	5	125	14.9	65
UP6-5-150	5	150	12.9	65
UP6-7-125	7.5	125	26.3	65
UP6-7-150	7.5	150	23.1	65
UP6-10-125	10	125	36.1	68
UP6-10-150	10	150	32.3	68
UP6-15-125	15	125	52.0	69
UP6-15-150	15	150	47.3	69

Con esta información se selecciona el amplificador de presión modelo VBA43A-04 marca SMC (ver anexos).

Secador de aire

De ser necesario, idealmente debería usarse un secador de enfriamiento debido a su alta disponibilidad en el mercado y por su bajo precio de operación y mantenimiento.

Filtros

Se utilizarán filtros de adsorción debido a su capacidad para absorber partículas, vapores, olores y demás, ya que el envase deberá cumplir altos estándares sanitarios para poder usarse en la industria farmacéutica.

Válvulas

Para el control de los cilindros A, B y el cilindro de desmolde se seleccionan válvulas biestables SMC serie VF3000 con puertos de 1/4" con conectores DIN IP65, supresor de voltaje y roscas NPT. Código: VF3230Y-5YS1-02N (ver anexos).

Para la válvula de soplado, se seleccionó una válvula monoestable con retorno por muelle marca Parker, serie Viking Xtreme con conector DIN y roscas NPT y puertos de 1/2". La serie Xtreme puede trabajar con presiones de hasta 16 bar, lo que la hace perfecta para esta aplicación. Código: P2LDX394ESHDAB42 (ver anexos).

Unidad de mantenimiento

Se selecciona una unidad de mantenimiento FR serie ECO marca Parker con puertos de 1/4" con filtro de adsorción como se mencionó anteriormente (ver anexos).

Lubricador

Se elige el lubricador 04L10GB de la serie 14 de productos de preparación de aire de la marca Parker con puerto de 1/4" (ver anexos).

2.5. Diseño del molde y boquilla

En este apartado se describirán los parámetros utilizados para el diseño del molde, así como las dimensiones de este. A continuación, se muestran dos vistas isométricas de las dos partes que componen el molde.

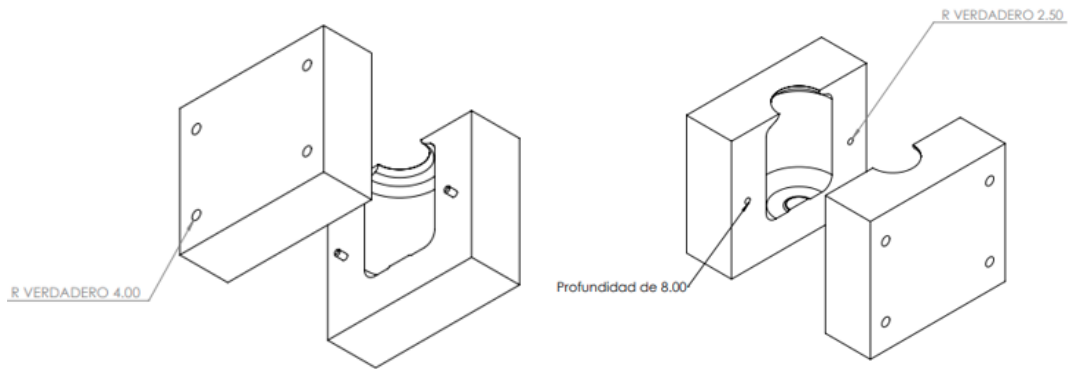


Figura 20. Vistas isométricas del molde



Figura 21. Vistas isométricas de la boquilla de inyección

2.5.1. Parámetros de diseño

Presión de cierre

La presión de cierre será igual a la presión de soplado ($P_s = 15 \text{ bar}$).

Temperatura de operación

La temperatura de operación para el molde será igualada a la temperatura de reblandecimiento del PET ($T_r = 70^\circ\text{C}$).

Geometría y dimensiones

Ambas partes del molde cuentan con perforaciones para poder fijarse a la estructura que las sostiene; sin embargo, la parte móvil cuenta con una perforación más para fijarse al cilindro de cerrado.

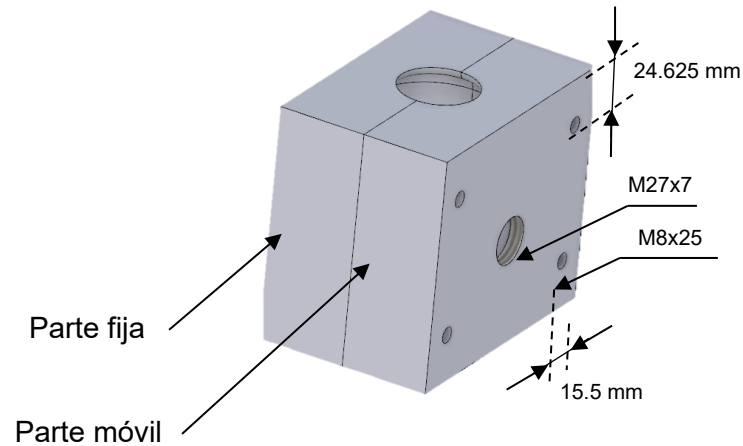


Figura 22. Molde cerrado

El molde cuenta con pequeños cilindros achaflanados para poder alinear bien ambas partes cuando se cierre el molde y que de esta manera encajen perfectamente.

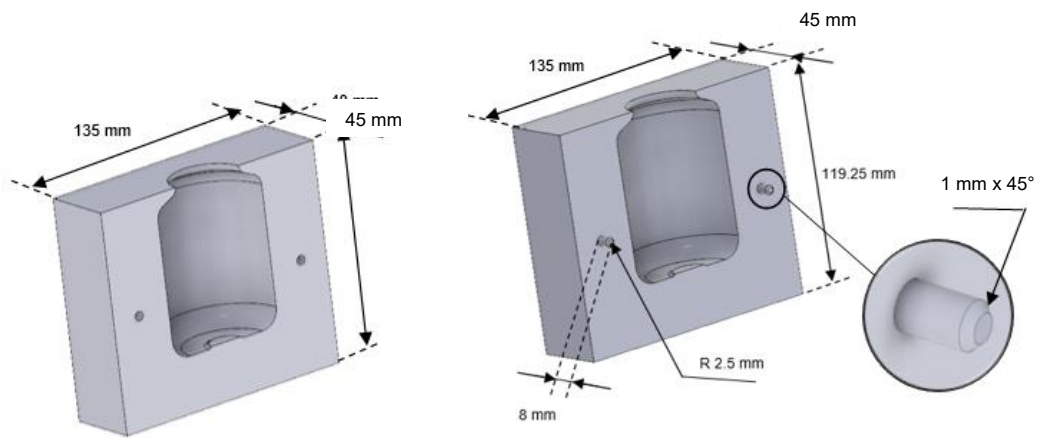


Figura 23. Partes fija y móvil del molde (respectivamente)

Material

Tomando en cuenta los requerimientos de peso, resistencia mecánica, térmica, y fabricación, se ha determinado utilizar aluminio para la elaboración del molde.

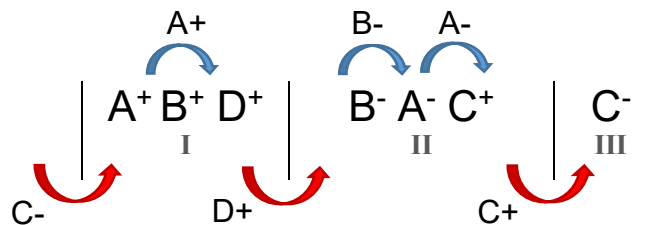
2.6. Diseño del sistema eléctrico

2.6.1. Diseño del circuito

Sucesión de procesos

- 1) Cierre del molde
- 2) Bajada de la boquilla de inyección
- 3) Inyección de aire
- 4) Fin de la inyección
- 5) Subida de la boquilla de inyección
- 6) Apertura del molde
- 7) Desmolde

Secuencia de cilindros



La secuencia se compone de tres grupos. El soplado se llevará a cabo después de que el cilindro B se extienda, entre el grupo uno y dos y se representa con la letra D

Se colocará un temporizador para asegurar que el material cubra toda la cavidad del molde al realizarse la inyección de aire.

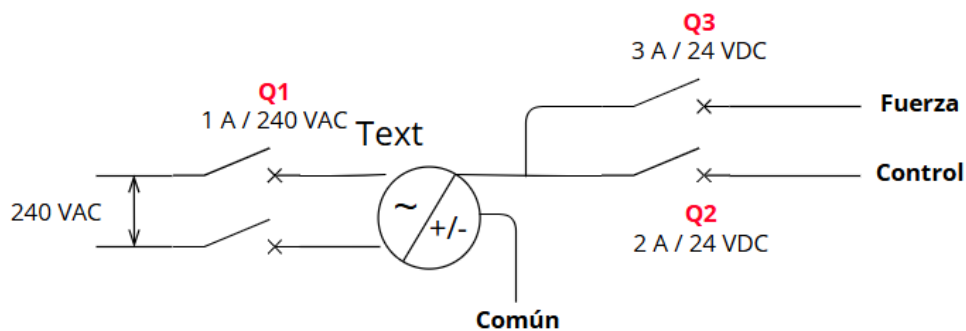


Figura 24. diagrama protecciones

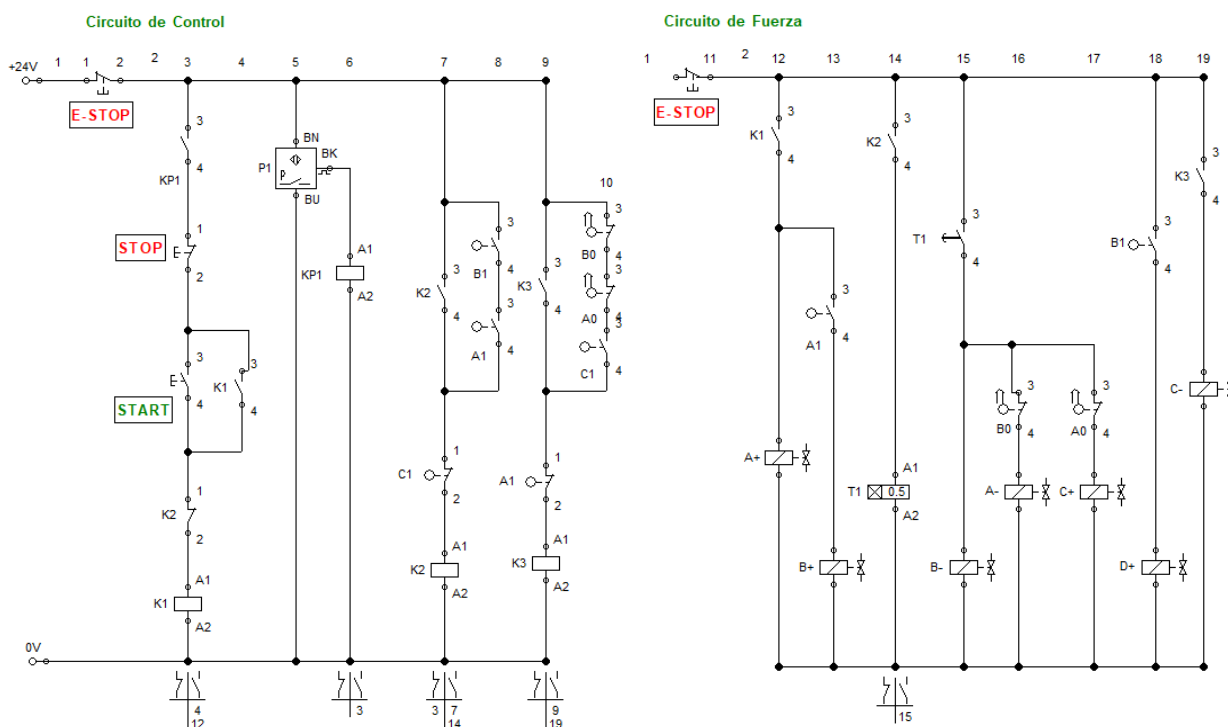










Figura 25. Circuito eléctrico en FluidSIM

Tabla 7. Simbología de componentes eléctricos en FluidSIM

Símbolo	Descripción
	Interruptor normalmente abierto
	Rodillo de fin de carrera
	Interruptor normalmente cerrado
	Pulsador normalmente abierto
	Relé
	Solenoides de válvula
	Relé con deceleración de arranque
	Presostato

2.6.2. Selección de elementos

No será necesario conseguir sensores aparte porque ya van incorporados en los cilindros neumáticos de SMC. Los demás elementos necesarios para armar el circuito de control son los siguientes:

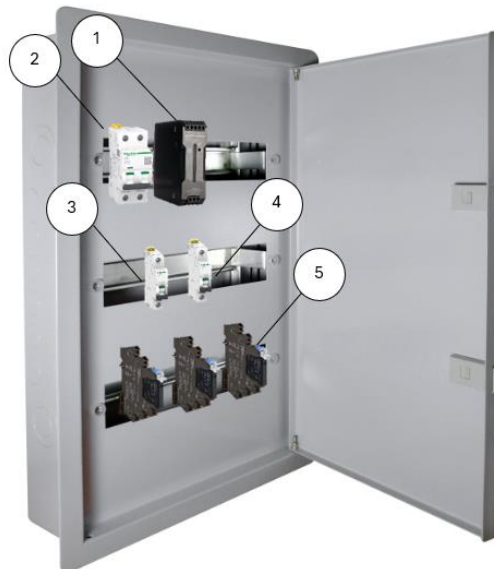


Figura 26. esquema del panel eléctrico

- 1) Fuente de alimentación modelo S8VK-G12024 de 120W/24V/5A marca OMRON
- 2) Circuit breaker 1A 2P modelo A9F74201 marca LS Electric
- 3) Circuit breaker 2A 1P modelo A9F74102 marca LS Electric
- 4) Circuit breaker 3A 1P modelo A9F74103 marca LS Electric
- 5) Relés de estado sólido modelo G3RV-ST700-D de 24VDC y 3A con bornera 24Vcc marca OMRON

Las cantidades y conexiones son de acuerdo con las mostradas en el diagrama y se adjunta en los anexos la hoja técnica de cada uno de los elementos.

2.7. Diseño mecánico

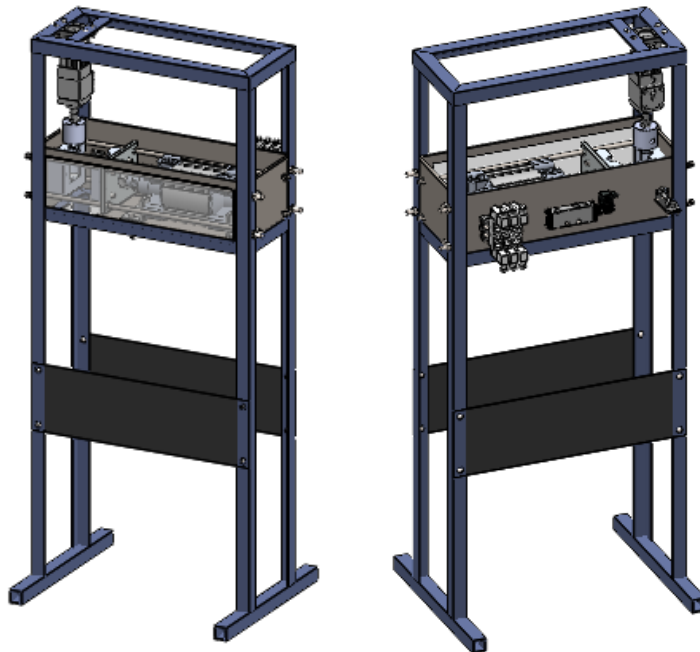


Figura 27. Propuesta de diseño de máquina

En este apartado, se llevarán a cabo cálculos estructurales para los elementos sometidos a cargas importantes.

2.7.1. Diseño de guías

Para realizar el análisis de esfuerzos en las guías del cajón, se tratarán como un perno. Se analizará la carga axial ($F_a = 8,493.8 \text{ N} = 1,909.48 \text{ lb}$) a las que estarán sometidas las guías roscadas.

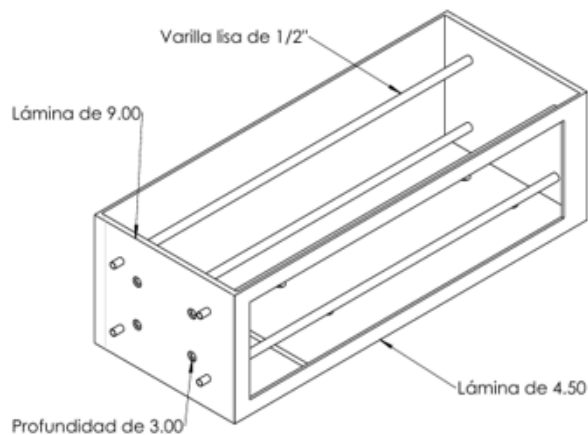


Figura 28. Cajón con guías roscadas al extremo

Primero, se establecen los datos con los que se trabajará:

rosca: $3/8 - 24 \text{ UNF SAE 2}$

$A_t = 0.0878 \text{ pulg}^2 (56.645 \text{ mm}^2)$

$L_t = 700 \text{ mm} = 27.56 \text{ in}$

$L_d = 650 \text{ mm} = 25.59 \text{ in}$

$L_r = 25 \text{ mm} = 0.984 \text{ in}$

$L = 9 \text{ mm} \times 2 + 650 \text{ mm} = 668 \text{ mm} = 26.299 \text{ in}$

$E = 30 \text{ Mpsi} (1,436.4077 \text{ MPa})$

$S_p = 55 \text{ kpsi} (379.2117 \text{ Mpa})$

El cajón está fabricado con hierro fundido gris, entonces, su límite de elasticidad E es igual a 14.5 Mpsi. Sabiendo esto, se procederá a determinar la fuerza de tensión inicial. Para sujeciones permanentes o aplicaciones fuertes de carga, se usa una constante de sujeción (K) de 0.9 y se sustituye en la siguiente fórmula:

$$F_i = KAtSp$$

Ecuación 6

$$F_i = 0.9(0.0878)(55 \times 10^3)$$

$$F_i = 4,346.1 \text{ lb}$$

Ahora, se determina las rigideces del cajón y las guías:

$$Ad = \frac{\pi(3/8)^2}{4}$$

$$Ad = 0.1104 \text{ in}^2$$

$$k_m = \frac{1}{2} * \frac{0.577\pi Ed}{\ln \frac{5(0.577L + 0.5d)}{0.577L + 2.5d}}$$

Ecuación 7

$$k_m = \frac{1}{2} * \frac{0.577\pi(14.5 \times 10^6)(3/8)}{\ln \frac{5[(0.577 \cdot 26.299) + (0.5 \cdot 3/8)]}{(0.577 \cdot 26.299) + (2.5 \cdot 3/8)}}$$

$$k_m = 3.16 \times 10^6 \text{ lb/in}$$

$$k_b = \frac{AtAdE}{AtLd + AdLt}$$

Ecuación 8

$$k_b = \frac{0.0878(0.1104)(30 \times 10^6)}{0.0878(25.59) + 0.1104(27.56)}$$

$$k_b = 54,976.4 \text{ lb/in}$$

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m}$$

Ecuación 9

$$C = \frac{54,976.4}{54,976.4 + 3.16 \times 10^6}$$

$$C = 0.017$$

Evaluando la condición segura de las guías en las condiciones de carga axial:

$$\frac{Sb}{n} = \frac{Fi}{At} + \frac{C Fa/4}{At}$$

Ecuación 10

Despejando n:

$$n = \frac{Sb}{\frac{Fi}{At} + \frac{C Fa/4}{At}}$$

$$n = \frac{55,000}{\frac{4,346.1}{0.0878} + \frac{0.017(1,909.48 / 4)}{0.0878}}$$

$$n = 1.11$$

Se realizaron los mismos cálculos para varillas de distintos materiales con las mismas variables, obteniendo valores similares para n. Conclusión: las guías no fallan por carga axial.

Ahora, se procede a analizar la carga perpendicular en las guías del peso y el pistón del cabezal asemejándolas a una viga doblemente empotrada. Las

fuerzas estarán ubicadas estratégicamente en la zona donde se encuentra el molde cerrado para que se pueda apreciar el efecto de ambas fuerzas.

$$m_m = 1.557 \text{ kg}$$

$$m_p = 2.508 \text{ kg}$$

$$\emptyset = 1/2 \text{ pulg} = 12.7 \text{ mm}$$

$$m_g = 0.686 \text{ kg}$$

Para acero A36: $E = 200 \text{ GPa}$ $S_y = 47.8 \text{ N} \cdot \text{m}$

$$W_{mp} = g \cdot \frac{(m_m + m_p)}{4}$$

$$W_{mp} = 9.81 \frac{(1.557 + 2.508)}{4}$$

$$W_{mp} = 9.97 \text{ N}$$

Se tendrán dos fuerzas puntuales: una por el conjunto de la fuerza de cierre del pistón del cabezal con el peso de la placa y la parte móvil del molde, y otra por el peso de la guía misma.

$$Fp_1 = W_{mp} + \frac{Fb}{4}$$

$$Fp_1 = 9.97 + \frac{1,980.375}{4}$$

$$Fp_1 = 505.06 \text{ N}$$

$$Fp_2 = g \cdot m_{guía}$$

$$Fp_2 = 9.81(0.686)$$

$$Fp_2 = 6.73 \text{ N}$$

$$I_g = \frac{\pi}{64} D^4$$

Ecuación 11

$$I_g = \frac{\pi}{64} (12.7 \times 10^{-3})^4$$

$$I_g = 1.277 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Diagrama de momento flector:

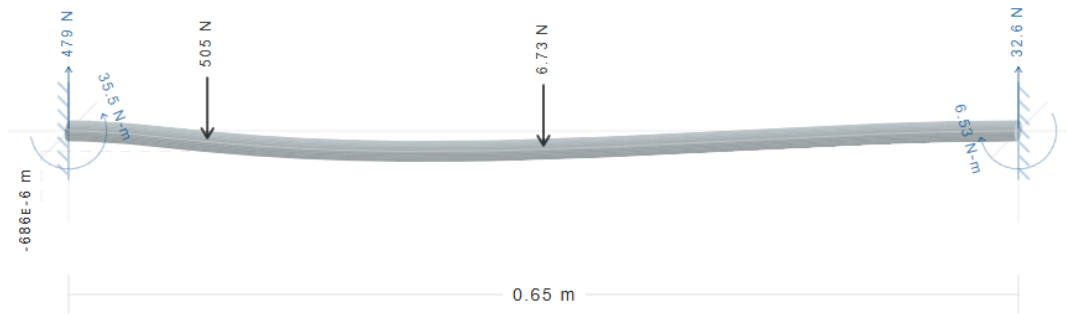


Figura 29. fuerzas y reacciones en guías por carga perpendicular



Figura 30. Diagrama de esfuerzo cortante

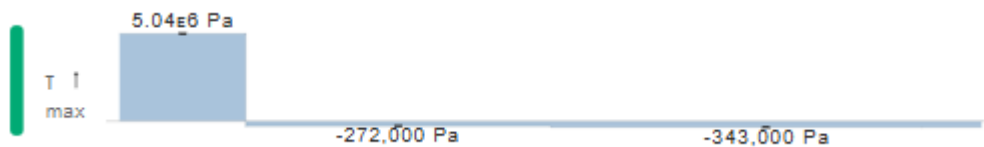


Figura 31. Máximo esfuerzo de corte

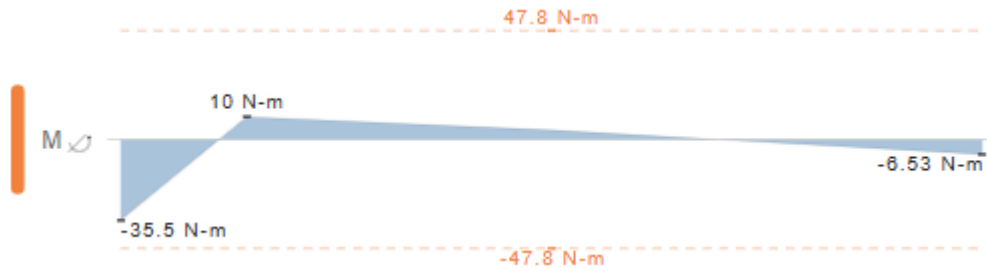


Figura 32. Diagrama de momento flector

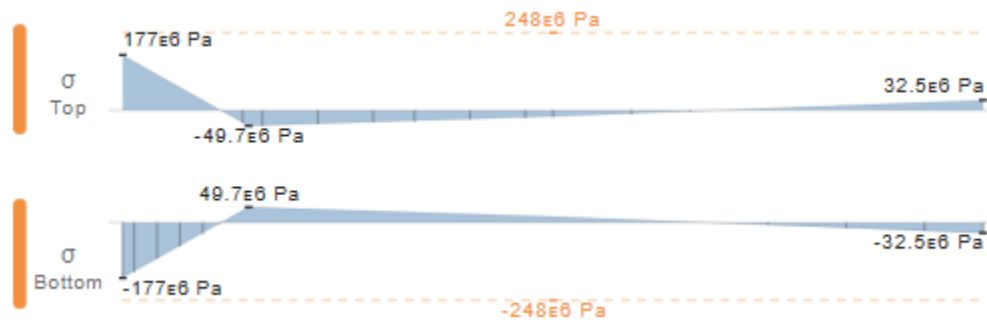


Figura 33. Máximo esfuerzo de flexión

Como se puede apreciar en los diagramas anteriores, la carga máxima de momento es menor que el límite de fluencia, con lo que se puede concluir que las guías no fallarán debido a la carga perpendicular a la que se verán sometidas.

2.7.2. Diseño de la estructura

Cálculo de esfuerzos en soldaduras

En el siguiente esquema se pueden apreciar las soldaduras que se realizarán en los ángulos y el sistema de coordenadas que se utilizará para el análisis.

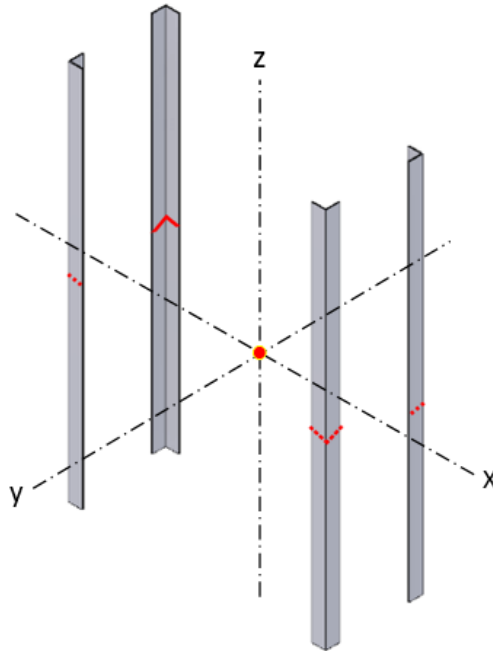


Figura 34. Sistema de coordenadas

Establecido el sistema de coordenadas, se procede a colocar las fuerzas sobre el diagrama con sus respectivas distancias respecto a los cordones de soldadura:

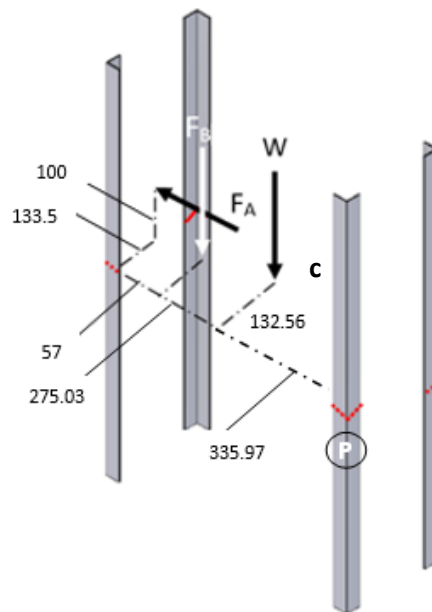


Figura 35. Fuerzas que actúan sobre la estructura

Por medio de SolidWorks se determinó la masa y el centro de masa del equipo, siendo la masa igual a 49054.36 g. Conociendo estos valores, se pueden transferir las fuerzas para calcular las reacciones.

Transfiriendo fuerzas al punto P:

F_A en punto P:

$$-F_A \rightarrow M_y + M_z - F_A$$

$$-F_A \rightarrow F_A(0.1) + F_A(0.1335) - F_A$$

Sustituyendo F_A en la ecuación:

$$M_y = 8,493.8 (0.1)$$

$$M_y = 849.38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_z = 8,494(0.1335)$$

$$M_z = 1,133.92 \text{ N} \cdot \text{m}$$

F_B en punto P:

$$-F_B \rightarrow -M_x + M_y' - F_B$$

$$-F_B \rightarrow -F_B(0.1335) + F_B(0.611) - F_B$$

Sustituyendo F_B en la ecuación:

$$M_x = -1980.38(0.1335)$$

$$M_x = -264.38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_y' = 1980.38(0.611)$$

$$M_y' = 1,210.01 \text{ N} \cdot \text{m}$$

W_C en punto P:

$$-W_C \rightarrow -M_x + M_y'' - F_B$$

$$-W_C \rightarrow -W_C(0.13256) + W_C(0.33597) - F_B$$

Sustituyendo W_C (54.312 kg) en la ecuación:

$$M_x' = -54.312 * 9.81(0.13256)$$

$$M_x' = -70.628 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_y'' = -54.312 * 9.81(0.33597)$$

$$M_y'' = 179.01 \text{ N} \cdot \text{m}$$

De esta manera, se puede visualizar mejor a qué esfuerzos están sometidos los cordones de soldadura.

En la imagen siguiente, se puede observar que el área efectiva de soldadura está encerrada en el cuadrado ADEF y se calcula al multiplicar la longitud de soldadura por la garganta efectiva representada por la recta AD.

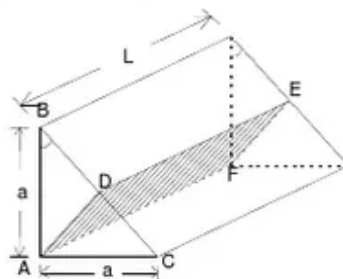


Figura 36. Esquema del cordón de soldadura

Para la estructura se soldarán ángulos de $1 \frac{1}{2}$ " con un espesor de 3mm, se utilizará un electrodo de $\frac{3}{32}$ pulgadas, este espesor de electrodo será el que se use de referencia para la altura "a" del cordón.

Conociendo estos datos, se puede calcular la garganta:

$$g = a * \text{sen}(45^\circ)$$

Ecuación 12

$$g = 2.38 * \text{sen}(45^\circ)$$

$$g = 1.683 \text{ mm}$$

Tabla 8. Propiedades mínimas del metal de aporte - Shigley

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Tabla 9. Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_w^\dagger$	

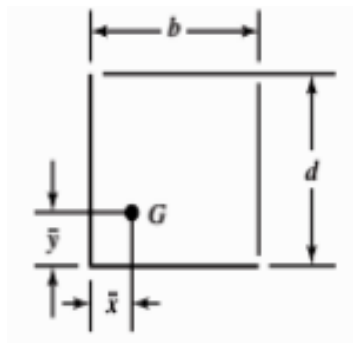


Figura 37. Esquema de la geometría de la soldadura

En el esquema anterior se representa la forma que del área soldada en los ángulos que soportan el peso de la estructura. En la Figura se encuentra señalado el centroide (punto G) respecto al cual se determinará el momento de inercia para calcular el esfuerzo por torsión en la soldadura.

A través de las siguientes ecuaciones se podrá calcular el esfuerzo torsional al cual se somete el cordón de soldadura:

$$A_g = 0.707g(2b + d)$$

Ecuación 13

$$A_g = 0.707 * 1.683x10^{-3}[2(38.1x10^{-3}) + 38.1x10^{-3}]$$

$$A_g = 1.36x10^{-4} m^2$$

$$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$$

Ecuación 14

$$J_u = \frac{(38.1x10^{-3} + 38.1x10^{-3})^4 - 6(38.1x10^{-3})^2(38.1x10^{-3})^2}{12(38.1x10^{-3} + 38.1x10^{-3})}$$

$$J_u = 2.304x10^{-5}$$

Cálculo de centroide del cordón de soldadura:

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$$

Ecuación 15

$$\bar{x} = \frac{(38.1x10^{-3})^2}{2(38.1x10^{-3} + 38.1x10^{-3})}$$

$$\bar{x} = 0.0095 m$$

Como $\bar{x} = \bar{y}$, la distancia R hacia G se puede calcular dividiendo \bar{x} entre el coseno de 45° :

$$R = \frac{0.0095}{\cos 45}$$

$$R = 0.013$$

Cálculo de los esfuerzos por torsión:

$$\tau' = \frac{F}{A}$$

Ecuación 16

$$\tau' = \frac{F_B + W_c}{4A_g}$$

$$\tau' = \frac{1980.38 + 54.312 \cdot 9.81}{4(1.36 \times 10^{-4})}$$

$$\tau' = 4.62 \text{ MPa}$$

$$\tau'' = \frac{TR}{J}$$

Ecuación 17

$$\tau'' = \frac{(M_y + M_y' + M_y'') \cdot R}{4J_u \cdot g \cos 45}$$

$$\tau'' = \frac{(849.38 + 1,210.01 + 179.01) \cdot 0.013}{4(2.304 \times 10^{-5})(1.683 \times 10^{-3}) \cos 45}$$

$$\tau'' = 273.95 \text{ MPa}$$

$$\tau = \tau' + \tau''$$

Ecuación 18

$$\tau = 4.62 + 273.95$$

$$\tau = 278.57 \text{ MPa}$$

Para el esfuerzo por flexión, la forma del cordón no se encuentra en tablas por lo que se realizará el cálculo con la que más se le acerque. Dado que se trata de dos cordones horizontales a filete, se toma la siguiente aproximación:

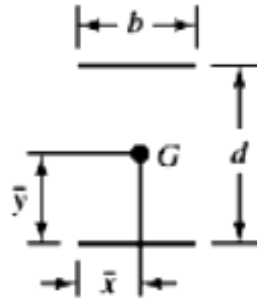


Figura 38. Esquema de la geometría aproximada de la soldadura

$$A_g = 1.414gd$$

Ecuación 19

$$A_g = 1.414 * 1.683 * 38.1 \times 10^{-3}$$

$$A_g = 0.091 \text{ m}$$

$$I_u = \frac{bd^2}{2}$$

Ecuación 20

$$I_u = \frac{38.1 \times 10^{-3} \cdot (38.1 \times 10^{-3})^2}{2}$$

$$I_u = 2.765 \times 10^{-5}$$

Encontrando el centroide:

$$\bar{x} = \frac{b}{2}$$

Ecuación 21

$$\bar{x} = \frac{38.1 \times 10^{-3}}{2}$$

$$\bar{x} = 0.019 \text{ m}$$

$$\bar{y} = d/2$$

Ecuación 22

Como $\bar{x} = \bar{y}$:

$$c = \frac{\bar{x}}{\cos 45}$$

Ecuación 23

$$c = \frac{0.019}{\cos 45}$$

$$c = 0.027 \text{ m}$$

Encontrando los esfuerzos:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

Ecuación 24

$$\sigma = \frac{(M_y + M_y' + M_y'') \cdot c}{4g \cdot I_u \cos 45}$$

$$\sigma = \frac{(849.38 + 1,210.01 + 179.01) \cdot 0.019}{4 \cdot 2.765 \times 10^{-5} \cos 45}$$

$$\sigma = 543.814 \text{ KPa}$$

Habiendo calculado ya el esfuerzo cortante τ por efecto de las fuerzas B y el peso, se procede a utilizar el círculo de Mohr para calcular los esfuerzos máximo y mínimo.

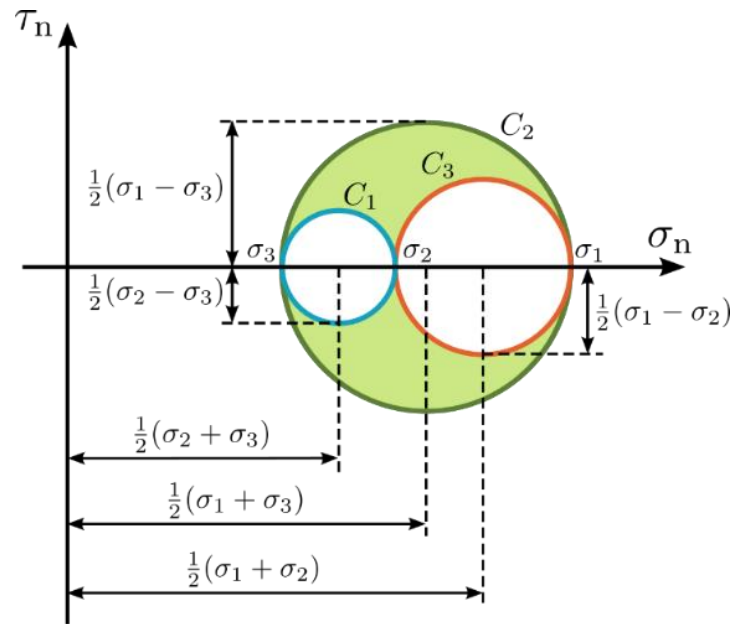


Figura 39. Círculo de Mohr

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2}$$

Ecuación 25

$$\sigma_{1,2} = \frac{543.814 \times 10^3}{2} \pm \sqrt{\frac{(543.814 \times 10^3)^2}{4} + (278.57 \times 10^6)^2}$$

$$\sigma_1 = 278.842 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -278.298 \text{ MPa}$$

$$\frac{S_y}{n} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

Ecuación 26

Despejando para obtener n:

$$n = \frac{2 * S_y}{\sigma_1 - \sigma_2}$$

Ecuación 27

$$n = \frac{2 * 393}{278.842 - (-278.842)}$$

$$n = 1.41$$

Finalizado el análisis del marco inferior de la estructura, se procede a analizar el elemento más crítico en el marco superior: la placa. Esta placa se encuentra soldada y soporta esfuerzos de flexión, por lo que el análisis se llevará a cabo tomando esto en cuenta.

Inicialmente, se realizará el análisis de la placa asemejándolo a una viga para verificar que la placa de 3 mm puede soportar la carga a la que se verá sometida.

Análisis de soldadura para placa de marco superior

La placa en el marco superior está soldada en sus extremos por medio de soldadura a tope con doble bisel (uno en placa y otro en el ángulo).

Los cordones de soldadura están sometidos a esfuerzos de flexión y de torsión debido al peso del pistón del cabezal y la fuerza de apertura y cierre de este, siendo la condición más crítica cuando el vástago se encuentra extendido debido a que se añade a este esfuerzo, el ocasionado por el peso del cilindro.

Por lo tanto:

Para el esfuerzo cortante, se puede usar la ecuación 16, sin embargo, se sustituye el peso del conjunto del cajón, por el peso del cilindro B.

Para calcular el peso del cilindro B, se utilizan las especificaciones del fabricante:

Tabla 10. Tabla para cálculo de peso de cilindros SMC serie CP96

Peso (Vástago simple)

Diámetro (mm)		32	40	50	63	80	100	125
Peso básico Con carrera 0 mm	Básico	0.55	0.84	1.36	1.77	2.84	3.77	6.82
	Escuadra	0.16	0.20	0.38	0.46	0.89	1.09	2.60
	Brida	0.20	0.23	0.47	0.58	1.30	1.81	4.10
	Fijación oscilante macho	0.16	0.23	0.37	0.60	1.07	1.73	4.15
	Fijación oscilante hembra	0.20	0.32	0.45	0.71	1.28	2.11	4.25
	Muñón	0.71	1.10	1.73	2.48	4.25	5.95	2.98
Peso adicional por cada 50 mm de carrera	Todas las fijaciones de montaje	0.14	0.18	0.30	0.32	0.49	0.54	0.84
Accesorio	Fijación oscilante macho	0.07	0.11	0.22		0.40		1.20
	Fijación oscilante hembra	0.09	0.15	0.34		0.69		1.84

Cálculo: (Ejemplo) CP96SD40-100

• Peso básico 0.84 (kg) (Básico, ø40) • Montaje 0.32 (kg) (Fijación oscilante hembra)

• Peso adicional 0.18 (kg/50 st)

• Carrera de cilindro 100 (st)

$0.84 + 0.18 \times 100 / 50 + 0.32 = 1.52 \text{ kg}$

$$m_B = 1.14 + 0.15 \left(\frac{25}{50} \right) + 0.47$$

$$m_B = 1.685 \text{ Kg}$$

Ahora se procede a sustituir este valor en la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F_B + W_B}{4A_g}$$

$$\tau = \frac{1980.38 + 9.81(1.685)}{4(1.36 \times 10^{-4})}$$

$$\tau = 3.671 \text{ MPa}$$

En el caso del esfuerzo por flexión, se utiliza la ecuación 23, pero se sustituyen los momentos y el momento de inercia por los correspondientes.

Primero, se debe calcular el momento que actúa sobre los cordones de soldadura en la placa.

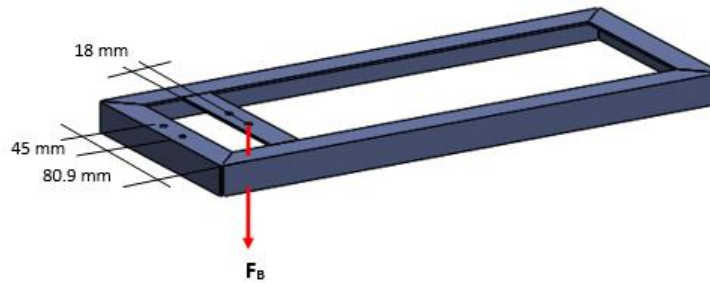


Figura 40. Esfuerzos en soldaduras de placa

$$M_{x1} = -F_B/4 (80.9 \times 10^{-3})$$

$$M_{x1} = -1980.38/4 (80.9 \times 10^{-3})$$

$$M_{x1} = -40.05 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{x2} = -\frac{F_B}{4} (125.9 \times 10^{-3})$$

$$M_{x2} = -\frac{1980.38}{4} (125.9 \times 10^{-3})$$

$$M_{x2} = -62.33 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Luego, se procede a calcular el centroide y el momento de inercia:

$$c = \frac{38.1 \times 10^{-3}}{2}$$

$$c = 0.01905 \text{ m}$$

Para un perfil rectangular:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Ecuación 28

$$I = \frac{Lg^3}{12}$$

$$I = \frac{1.683 \times 10^{-3} (38.1 \times 10^{-3})^3}{12}$$

$$I = 7.756710^{-9}$$

$$\sigma = \frac{(M_{x1} + M_{x2}) \cdot c}{I}$$

$$\sigma = \frac{(40.05 + 62.33) \cdot 0.01905}{7.756710^{-9}}$$

$$\sigma = 251.44 \text{ MPa}$$

Para calcular los esfuerzos principales, se utiliza la ecuación 24:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{251.44 \times 10^6}{2} \pm \sqrt{\frac{(251.44 \times 10^6)^2}{4} + (3.671 \times 10^6)^2}$$

$$\sigma_1 = 251.4936 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -53.5848 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 26, se verifica si la unión falla:

$$n = \frac{2 * S_y}{\sigma_1 - \sigma_2}$$

$$n = \frac{2 * 393}{251.4936 - (-53.5848 \times 10^{-3})}$$

$$n = 3.12$$

Efectivamente, la unión por soldadura no falla bajo las condiciones de carga presentadas en la máquina.

3. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

3.1. Estudio de factibilidad económica

3.1.1. Análisis de mercado

Población Objetivo

La población objetivo son los centros de educación superior, principalmente universidades que ofrezcan programas de ingeniería mecánica, industrial o afines, en donde los estudiantes puedan beneficiarse de la enseñanza práctica en el campo de la ingeniería de empaques.

Necesidades y Problemas de la Población Objetivo: Relevancia de la Ingeniería de Empacado en el Contexto Académico

Se ha identificado que existe una brecha académica en el plan de estudio de la carrera de ingeniería mecánica: máquinas industriales. La mayoría de los ingenieros mecánicos que se incorporan al mercado laboral, acaban trabajando en empresas industriales, y la mayoría de estas empresas, sino todas, tienen en común un área fundamental, sobre todo en el caso de productos de consumo masivo: el área de empackado. Las empresas necesitan especialistas capaces de diseñar y optimizar procesos de empackado para mantenerse competitivas.

Los programas académicos en ingeniería mecánica requieren de equipos que simulen los procesos reales de producción, lo que ayuda a los estudiantes a entender la teoría aplicada en un entorno realista. A pesar de su importancia, el estudio de los procesos de empaque suele no estar presente en muchos

programas de ingeniería. La falta de formación especializada en este campo puede dejar a los egresados sin las habilidades necesarias para satisfacer la demanda en las industrias del empaque y departamentos de empaque en las demás industrias que lo requieran. Incorporar una máquina de moldeo por soplado puede ser un factor diferenciador para las universidades que desean ofrecer un currículo más completo y atractivo para los estudiantes y potencialmente atraer más inscripciones.

Justificación: Inclusión en los Planes de Estudio

- **Demanda del mercado laboral:** Las empresas productoras de bienes de consumo requieren especialistas en empaque para resolver retos como la sostenibilidad, el ahorro de costos, la optimización de materiales y la mejora de la experiencia del usuario. Formar a los estudiantes en estos procesos los convierte en profesionales más competitivos y preparados para asumir estos retos.
- **Desarrollo de habilidades técnicas:** El uso de maquinaria avanzada, como una máquina de moldeo por soplado de plástico, es crucial para proporcionar a los estudiantes experiencia práctica en la creación de empaques, y con ello, habilidades que les permitirán destacar en la industria.
- **Tendencias de la industria:** Las industrias que fabrican productos de consumo masivo, como alimentos, productos de higiene, y electrónicos, dependen enormemente de los empaques. Invertir en educación especializada en esta área permite a los estudiantes alinearse con las tendencias de crecimiento de estos sectores.

Beneficios para las Universidades

- **Valor didáctico:** La máquina de moldeo por soplado de plástico es una herramienta ideal para enseñar a los estudiantes de ingeniería cómo se crean los empaques. La práctica con esta maquinaria puede ser parte integral de un laboratorio de materiales, diseño industrial o procesos de manufactura.
- **Atractivo para estudiantes y empresas:** La incorporación de este tipo de maquinaria puede hacer que el programa educativo sea más atractivo tanto para futuros estudiantes como para las empresas que buscan egresados con conocimientos específicos y prácticos.
- **Fomento de la investigación y desarrollo:** Las universidades también pueden ubicarse entre las instituciones de vanguardia al utilizar la máquina para realizar proyectos de investigación en el área de materiales plásticos y procesos industriales.
- **Colaboración con la industria:** Las universidades que cuenten con este tipo de equipamiento podrán establecer asociaciones con empresas del sector para colaborar en proyectos de investigación, desarrollo y optimización de procesos industriales.

3.1.2. Análisis de costos

Consumo de Energía

El equipo de soldadura a utilizar sería un soldador marca LINCOLN modelo AC225 GLM con las siguientes especificaciones:

Tabla 11. especificaciones del equipo de soldadura a utilizar

Basic Specification	
Input Voltage	220/230/240
Input Current	50A
Input Hertz	60
Input Power	230/1/60

Conociendo estos datos, se puede calcular la potencia eléctrica:

$$Pot = IV$$

$$Pot = 50 \times 230$$

$$Pot = 11.5 \text{ KW}$$

Ahora, se necesita conocer las tarifas vigentes del mercado eléctrico nacional, para lo cual se consulta la siguiente tabla:

Tabla 12. Pliego tarifario del servicio eléctrico aplicable al usuario final - AES, CAESS

PEQUEÑAS DEMANDAS	Cifras en Dólares	MEDIANAS DEMANDAS	Cifras en Dólares
Tarifa Residencial		BT con medición de potencia	
Cargo de Comercialización (mes)	0.867998	Cargo de Comercialización (mes)	0.867998
Bloque 1: Primeros 99 kWh		Cargo de Distribución (\$/kW-mes)	16.116777
Cargo de Distribución (\$/kWh)	0.032119	MT con medición de potencia	
Bloque 2: Los siguientes 100 kWh		Cargo de Comercialización (mes)	0.867998
Cargo de Distribución (\$/kWh)	0.036437	Cargo de Distribución (\$/kW-mes)	8.044023
Bloque 3: Los restantes		BT con medición horaria	
Cargo de Distribución (\$/kWh)	0.048087	Cargo de Comercialización (mes)	0.867998
Tarifa Uso General		Cargo de Distribución (\$/kW-mes)	16.116777
Cargo de Comercialización (mes)	0.867998	MT con medición horaria	
Cargo de Distribución (\$/kWh)	0.038882	Cargo de Comercialización (mes)	0.867998
Tarifa Alumbrado Público		Cargo de Distribución (\$/kW-mes)	8.044023
Cargo de Comercialización (mes)	0.867998	GRANDES DEMANDAS	Cifras en Dólares
Cargo de Distribución (\$/kWh)	0.038651	Baja Tensión	
		Cargo de Comercialización (mes)	13.019956
		Cargo de Distribución (\$/kW-mes)	16.116777
		Media Tensión	
		Cargo de Comercialización (mes)	13.019956
		Cargo de Distribución (\$/kW-mes)	8.044023

MT : Media Tensión
BT : Baja Tensión

$$\text{Costo por consumo eléctrico} = 13.02 + \frac{16.12}{30 * 24} * 40$$

$$\text{Costo por consumo eléctrico} = \$13.92$$

Costos de Materiales⁶

Los **materiales directos** son los recursos que se utilizan en la construcción de la máquina. Para esta máquina, se tomarán en cuenta únicamente costos directos, los costos de indirectos de operación no se considerarán.

Tabla 13. Costos sistema eléctrico

Sistema eléctrico							
Nº	CÓDIGO	Descripción	MARCA	PROVEEDOR	QTY	Precio	PRECIO TOTAL
1	SRN5420K	Gabinete metalico 500x400x200 mm, proteccion IP67	ABB	COMPRES	1	\$ 146.34	\$ 146.34
2	SBVK-G12024	Fuente de alimentación 120W/24V/5A carril DIN	OMRON	COMPRES	1	\$ 62.26	\$ 62.26
3	G3RV-ST700-D24VDC	Relé de estado solido 3A, borna+Base Tornillos 24Vcc	OMRON	COMPRES	3	\$ 26.33	\$ 78.99
4	M22-D-G	Pulsador Verde	EATON	PELSA	2	\$ 13.45	\$ 26.89
5	M22-PVT	Pulsador de parada de emergencia iluminado con 2 contactos de apertura positiva, en caja ip65, con conector m12 de 8 polos, desbloqueo: giro a izq. o der.	EATON	PELSA	1	\$ 29.20	\$ 29.20
6	Z10-112	Riel din de acero, 3.5 x 7.5 mm, 1mm de espesor, 2 metros de largo	WAGO	COMPRES	1	\$ 6.81	\$ 6.81
7	Z09-109	Protector de bordes, para riel din 35 mm, color gris	WAGO	COMPRES	4	\$ 0.94	\$ 3.76
8	BKN 2P 1A 6KA 400V	Circuit breaker 1A 2P	LS ELETRIC	PELSA	1	\$ 10.40	\$ 10.40
9	BKN 1P 1A 6KA 400V	Circuit breaker 1A 1P	LS ELETRIC	PELSA	1	\$ 5.10	\$ 5.10
10	BKN 1P 2A 6KA 400V	Circuit breaker 2A 1P	LS ELETRIC	PELSA	1	\$ 5.51	\$ 5.51
11	BKN 1P 3A 6KA 400V	Circuit breaker 3A 1P	LS ELETRIC	PELSA	1	\$ 5.41	\$ 5.41
TOTAL						\$	380.67

Tabla 14. Costos sistema neumático

Sistema neumático							
Nº	CÓDIGO	Descripción	MARCA	PROVEEDOR	QTY	Precio	PRECIO TOTAL
1	VF3230V-5YS1-02N	Electroválvula 5/2 puerto de 1/4 npt, conector din a 24 V	SMC	COMPRES	3	\$ 144.51	\$ 433.53
2	VF5F3-30-031	Manifold con puertos de 1/4 serie VF3000	SMC	COMPRES	1	\$ 46.78	\$ 46.78
5	CP96NDG50-25C-M9P	Cilindro doble efecto, embolo magnetico, diametro 50 mm, carrera 25 mm	SMC	COMPRES	1	\$ 76.22	\$ 76.22
6	CP96SDL125-100-M9P	Cilindro doble efecto, embolo magnetico, diametro 125 mm, carrera 100 mm	SMC	COMPRES	1	\$ 327.00	\$ 327.00
7	CD85N8-50M-A-M9	Cilindro neumático doble efecto, embolo magnetico, diametro 8 mm, carrera 50	SMC	COMPRES	1	\$ 39.32	\$ 39.32
8	VBA43A-04	Pressure Booster	SMC	COMPRES	1	\$ 842.50	\$ 842.50
9	14G11B18FOGD	Unidad de mantenimiento FR	PARKER	AUTOCONTROL	1	\$ 157.59	\$ 157.59
10	P2LDX394ESHDA842	Electroválvula 3/2 Viking Xtreme 1/2" con retorno por muelle, 24 vac	PARKER	AUTOCONTROL	2	\$ 176.14	\$ 352.28
11	MS12-14N	Racor recto 1/4 x G1/2 (rosca x manguera)	PARKER	AUTOCONTROL	2	\$ 7.63	\$ 17.24
12	ME12-12G-B	Racor recto G1/2 x G1/2 (manguera x rosca)	PARKER	AUTOCONTROL	2	\$ 22.32	\$ 44.64
13	3175 56 14	Racor recto 1/4 x G1/4 (rosca x manguera)	PARKER	AUTOCONTROL	2	\$ 3.70	\$ 7.39
14	MS14-14G-B	Racor recto G1/4 x G1/4 (manguera x rosca)	PARKER	AUTOCONTROL	2	\$ 5.65	\$ 11.30
15		Racor recto 1/4 x M5 (rosca x manguera)	SMC	COMPRES	2		\$
16		Racor recto M5 x M5 (manguera x rosca)	SMC	COMPRES	2		\$ 11.30
17	MS12-12N	Racor recto 1/2 x 1/2 (rosca x manguera)	PARKER	AUTOCONTROL	2	\$ 8.76	\$ 17.52
18	04L10GB	Lubricador con puerto de 1/4"	PARKER	AUTOCONTROL	1	\$ 49.67	\$ 49.67
TOTAL						\$	2,434.27

⁶ Se utilizaron precios aproximados de acuerdo con la disponibilidad de productos similares, por lo que en el caso de los productos que tengan un código distinto en la cotización (marcados en columna "descripción"), debe tomarse en cuenta que el precio puede variar

Tabla 15. Costos estructura

Estructura							
Nº	CÓDIGO	Descripción	PROVEEDOR	MODELO	QTY	Precio	PRECIO TOTAL
1	3607560	Lámina negra de 2x1 m (espesor de 9 mm) para cajón	FREUND	HRS	1	\$ 180.00	\$ 180.00
2	3605060	Lámina de 2x1 m (espesor de 4.5 mm) para cajón	FREUND	HRS	1	\$ 91.00	\$ 91.00
3	679439	Lámina de policarbonato de 1.22 m x 10 pulg para visor	FREUND	136640	1	\$ 52.50	\$ 52.50
4	10357209	Tuerca hexagonal galvanizada 1/2 plg	FREUND	44552	8	\$ 0.13	\$ 1.04
5	3601060	LAMINA NEGRA 1/2 PLG (12.00 MM) 2X1.00MT	FREUND	HRS	1	\$ 249.00	\$ 249.00
6	7567	Angulo de hierro de 1 1/2 pulg x 3 mm (longitud de 6 m)	VIDRI	AG	2	\$ 15.90	\$ 31.80
7	SV-3008010	Varilla lisa de 1/2 pulg (longitud de 6m) para guías	EPA	-	1	\$ 7.35	\$ 7.35
8	08030	Perno allen M8 x 30 (DIN 912)	LA PALMA	PAM	8	\$ 0.27	\$ 2.17
9	650	Perno hexagonal GC M16 x 65 (DIN 24016)	LA PALMA	POM	4	\$ 1.24	\$ 4.97
10	114	Arandela plana M16 (DIN 433 - 17)	LA PALMA	APM	4	\$ 0.16	\$ 0.63
11	040	Tuerca M16 (ISO 4043)	LA PALMA	TMO	4	\$ 0.23	\$ 0.90
12	203	Perno hexagonal GC M8 x 30 (DIN 24015)	LA PALMA	POM	4	\$ 0.14	\$ 0.54
13	020	Tuerca M8 (ISO 7040)	LA PALMA	TMO	4	\$ 0.03	\$ 0.14
14	443	Perno M12 x 45 (DIN 24015)	LA PALMA	POM	8	\$ 0.45	\$ 3.62
15	110	Arandela plana M12 (DIN 433 - 13)	LA PALMA	APM	8	\$ 0.09	\$ 0.72
16	110	Tuerca de seguridad M12	LA PALMA	TSO	8	\$ 0.23	\$ 1.81
17	110	Tuerca M10	LA PALMA	TSO	8	\$ 0.18	\$ 1.45
18	107	Perno M4 x 25 (ISO 4014)	LA PALMA	TMO	4	\$ 0.08	\$ 0.34
19	025	Tuerca M4 (ISO 4032)	LA PALMA	POM	4	\$ 0.01	\$ 0.03
20	112	Perno M6 x 50 (ISO 4015)	LA PALMA	POM	4	\$ 0.01	\$ 0.05
21	110	Perno M6 x 45 (ISO 4015)	LA PALMA	POM	2	\$ 0.10	\$ 0.20
22	015	Tuerca M6 (ISO 4034)	LA PALMA	TMO	6	\$ 0.02	\$ 0.09
TOTAL							\$ 630.35

En los anexos se adjuntan las cotizaciones de donde se obtuvieron los precios de los materiales y equipos utilizados para la construcción de la máquina.

Costo de materiales directos =

Costos sistema eléctrico + Costos estructura + Costos sistema neumático

Costo de materiales directos = \$380.67 + \$630.35 + \$2,434.37

Costo de materiales directos = \$3,445.29

Mano de Obra

Para calcular la mano de obra, se tomará un porcentaje de ganancia promedio en la industria considerando el gasto en materiales para la estructura sumado con el costo del electrodo de la siguiente manera:

$$\text{Costo Mano de Obra} = \left(\text{Costo material de estructura} + 3 \text{ lb electrodo 7018} \right) *$$

Porcentaje de ganancia promedio

$$\text{Costo Mano de Obra} = (630.35 + 3 * 2.95) * 0.65$$

$$\text{Costo Mano de Obra} = \$415.48$$

Costo total

$$\text{Costo total} = \text{Costo de mano de obra directa} + \text{Costo por consumo eléctrico} \\ + \text{Costo de materiales directos}$$

$$\text{Costo total} = \$415.48 + \$13.92 + \$3,445.29$$

$$\text{Costo total} = \$3,874.69$$

3.2. Estudio de factibilidad técnica

3.2.1. Recursos

Instalaciones

Se requiere una instalación de una red de aire comprimido que pueda suministrar al equipo un volumen de aire comprimido de 6, 151.86 cm³ a un caudal de 35.315 cfm y una presión de soplado de aire de al menos 15 bar; dado que se consultó previamente con la escuela sobre la capacidad del compresor, se determinó necesario seleccionar un amplificador de presión que se debe acoplar al sistema de alimentación de aire comprimido para poder llegar a la presión de soplado.

Por último, se debe contar con una conexión eléctrica de 240 VAC a 60 Hz.

Materiales:

Todos los materiales requeridos para esta máquina han sido cotizados con distribuidores y fabricantes locales. A continuación, se detallan los proveedores con quienes se cotizaron todos los componentes de la máquina:

Tabla 16. clasificación de proveedores

Proveedor	Materiales
Compres	Componentes neumáticos, eléctricos y de automatización
Autocontrol	Componentes neumáticos, eléctricos y de automatización
Vidrí	Material estructural
Freund	Material estructural
EPA	Material estructural
PELSA	Botonería y protecciones eléctricas

Equipos y herramientas:

- Taladro
- Brocas
- Equipo de soldadura (SMAW)
- Pulidora
- Escuadra
- Cinta métrica
- Tarraja de ½ pulgada
- Torno
- Fresadora
- Juego de llaves fijas milimétrico
- Juego de llaves allen milimétrico
- Vernier

3.2.2. *Ensamble*

Cajón

El cajón se fabricará con láminas de hierro soldadas con electrodo E7018.

Para poder hacer la máquina completamente desmontable, se colocarán roscas en las guías; esto permitirá sacar la placa de sujeción del molde para cambiar los cojinetes de bronce de las guías.

El cajón cuenta con un agujero en la parte inferior para dejar caer los envases producidos y con una apertura lateral para poder visualizar el funcionamiento de la máquina. Además de este agujero inferior, el cajón tendrá también un agujero lateral que servirá como visor y al cual se le colocará una lámina de policarbonato y también se le realizará una apertura donde irá soldada una placa para ubicar el cilindro de desmolde.

Se le deberán realizar perforaciones para poder colocar pernos que lo sostengan a la estructura, para colocar los actuadores y para sostener la parte fija del molde. También, el cajón cuenta con perforaciones para insertar las guías como se muestra en la imagen.

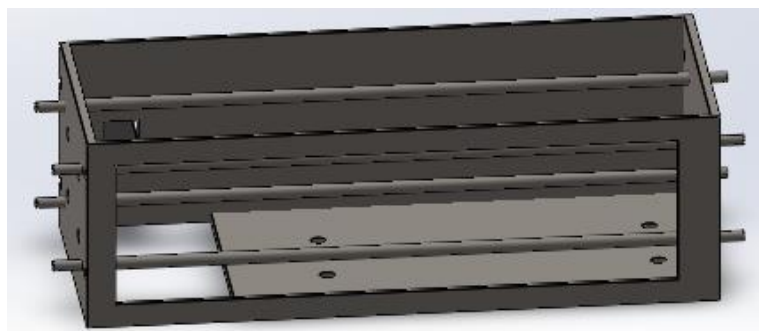


Figura 41. cajón con guías



*Figura 42. detalle de apertura
para cilindro de desmolde*

Las guías estarán sostenidas con la placa del cajón de la siguiente manera: será perforada la placa para poder permitir el paso de las guías, y, por medio de una tarraja, se les tallará una rosca a las guías para así poder enroscar una tuerca por el lado de afuera.

Se determinó que la rosca tallada sería fina para evitar que las tuercas se aflojen debido a la vibración de la máquina; sin embargo, si se desea una fijación casi permanente, se puede aplicar adhesivo estructural a esta unión.



Figura 43. ensamble de placa removible con guías

Estructura

La totalidad de la estructura será fabricada con ángulo de 1 1/2 pulg x 3 mm y se soldará con electrodo de 3/32 pulgadas E7018 de acuerdo con la configuración que se muestra en la imagen.

La placa en la parte superior tendrá dos placas del mismo tamaño soldadas a los lados para empernarlas a la estructura; esto, con el propósito de proporcionar a la estructura una mejor distribución de esfuerzos.

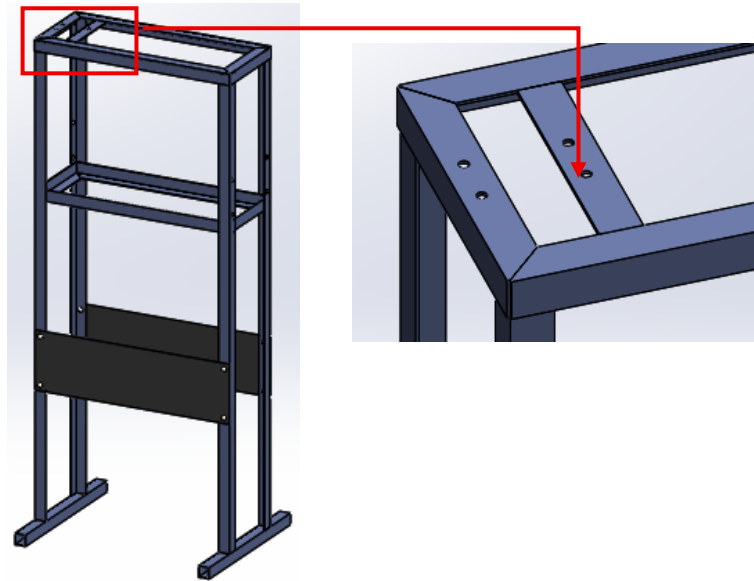
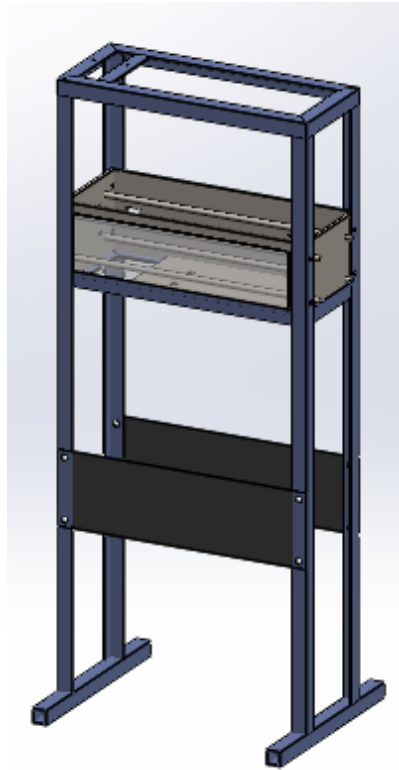


Figura 44. Estructura de soporte

Estructura con travesaño, visor y cajón

Se colocará un travesaño ensamblado por medio de remaches en la parte inferior de la estructura para prevenir vibraciones, se perforarán los ángulos de la estructura para poder empernar el cilindro del cabezal y también el cajón a la estructura.

El cajón estará unido a la estructura por medio de pernos cuyas dimensiones se especifican en los planos.



*Figura 45. estructura base
ensamblada con cajón*

Cilindros neumáticos

El cilindro de desmolde irá montado con ángulos (de fábrica) en una placa ubicada en una apertura en la parte lateral del cajón. En el caso del cilindro de cerrado de molde cuenta con ángulos para poderlo fijar a la base del cajón por medio de pernos de fábrica. De igual manera, el cilindro del cabezal viene con un aditamento de fábrica para fijarlo a la estructura, en este caso, una brida.

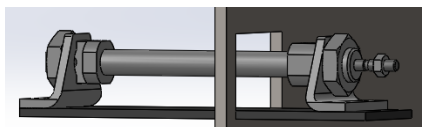


Figura 46. cilindro de desmolde

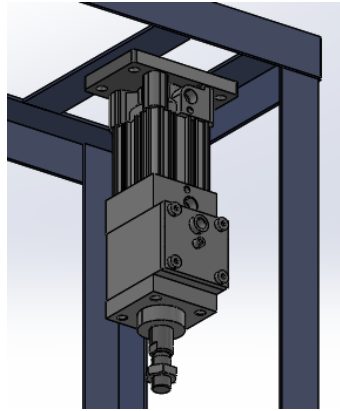


Figura 47. cilindro de cabezal

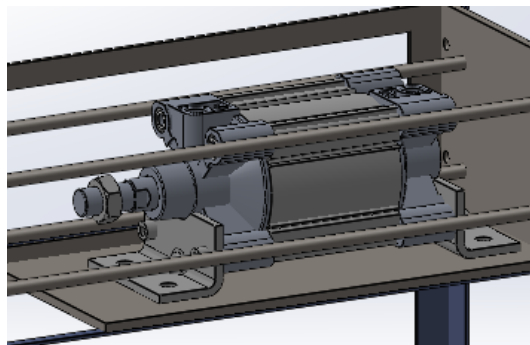


Figura 48. cilindro de cierre

Boquilla de inyección:

La boquilla de inyección por medio de la cual se realiza el soplado se acopla al cilindro del cabezal por medio de un terminal roscado al final del cilindro que entrará en la boquilla que cuenta con una rosca hembra.

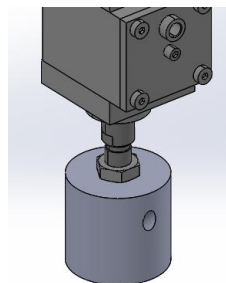


Figura 49. ensamble
boquilla-cilindro de
inyección

Molde

El molde cuenta con dos partes: una móvil y una fija. La parte fija estará ensamblada directamente al cajón por medio de pernos allen, mientras que la parte móvil estará fijada a una placa móvil montada sobre las guías. La placa móvil estará montada sobre las guías y contará con bujes auto lubricantes de bronce fosfórico.

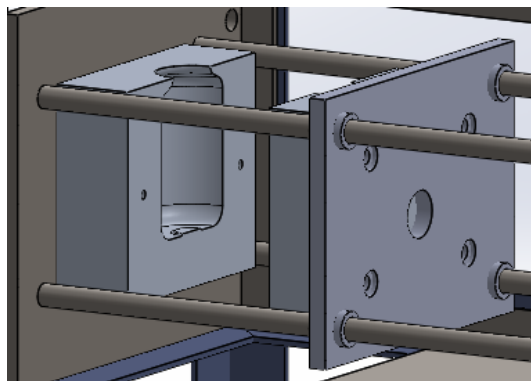


Figura 50. detalle de parte trasera de parte móvil en placa deslizante

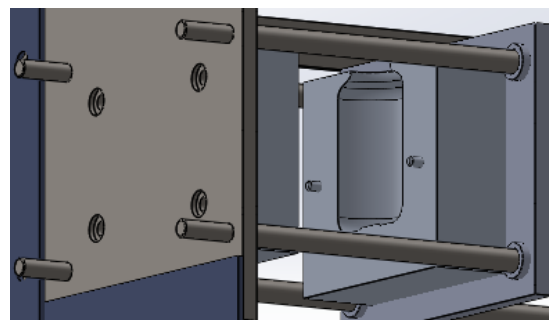


Figura 51. detalle de parte trasera de parte fija en cajón

Molde y cilindro de cierre

El cilindro cuenta con un terminal roscado desmontable que se ensamblará a la parte posterior de la placa móvil y a una parte del molde para mejor fijación por medio de dicho terminal.

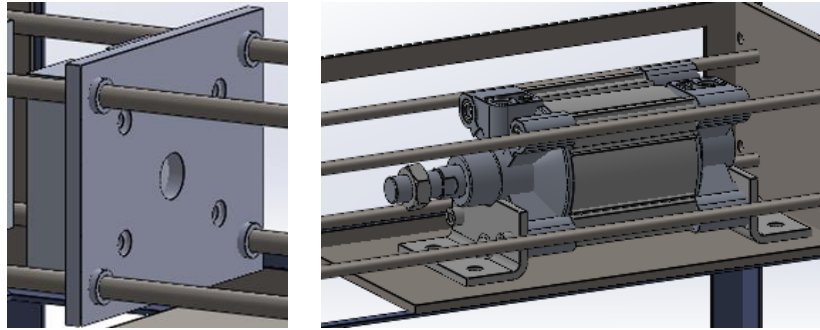


Figura 52. detalle de ensamblaje de molde con cilindro de cierre

4. MANUALES

4.1. Manual de operación

La operación de la máquina es semiautomática y muy sencilla. Cuenta con dos botones que deben presionarse al mismo tiempo para poder accionar el sistema y con un paro de emergencia.

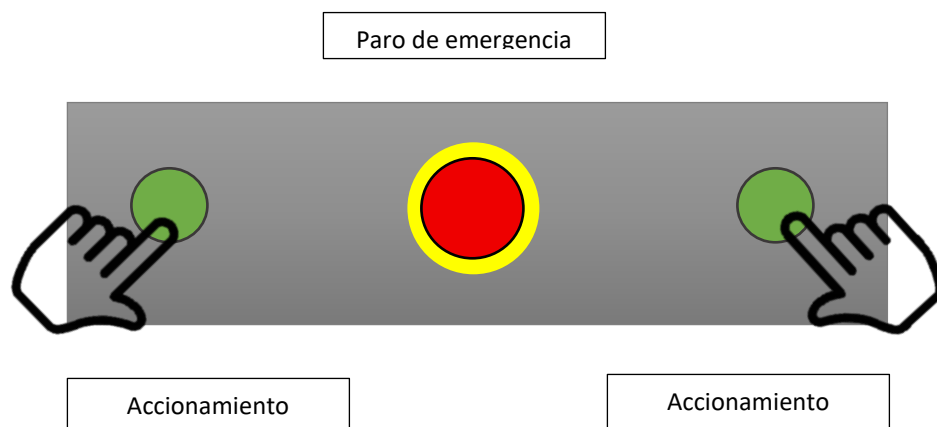


Figura 53. Pulsadores y paro de emergencia en panel de control

El aspecto que debe realizarse de manera manual es la colocación de la preforma en el molde. Esta acción debe realizarse con pinzas de laboratorio preferiblemente para cuidar la inocuidad del envase.

4.2. Manual de mantenimiento

El mantenimiento de una máquina tiene una estrecha relación de dependencia con el uso que se le da, sin embargo, independientemente del uso, la limpieza y lubricación deberán realizarse sin falla con la frecuencia detallada en esta sección.

El mantenimiento autónomo es uno de los pilares básicos del Mantenimiento Productivo Total (o TPM por sus siglas en inglés), el cual busca que el operador del equipo se empodere de los procesos mantenimientos de éste por medio de rutinas de limpieza, lubricación e inspección de su equipo.

Usando esta metodología, se elaboró el siguiente manual de mantenimiento.

Limpieza

A. Limpieza general

La limpieza general debe realizarse con un trapo y su objetivo debe ser retirar polvo o excesos de aceite que puedan encontrarse al exterior de la máquina para evitar contaminar los envases.

Esta limpieza debe realizarse como mínimo con una frecuencia trimestral.

B. Limpieza profunda

- a. Esta limpieza debe realizarse como mínimo con una frecuencia anual. Se deberá cepillar la máquina para retirar cualquier tipo de residuo que pueda encontrarse en sus hendiduras, así como utilizar un desengrasante para piezas metálicas (Enforce).
- b. El objetivo de esta limpieza anual es reestablecer la máquina a su condición de limpieza “como nueva”.

Lubricación

A. Sistema neumático

El lubricante que se recomienda para el sistema neumático es un aceite de baja viscosidad con propiedades anti-desgaste (ISO VG 32).

Se debe revisar al menos de manera mensual el nivel de aceite y debe rellenarse el recipiente en caso de encontrarse en el nivel mínimo indicado.

B. Guías

Dado que las guías cuentan con bujes de bronce, no deben lubricarse, sin embargo, estos bujes deben cambiarse si su desgaste es demasiado.

Descarte

A. Cambio de bujes

Para cambiar los bujes, se deben retirar las guías del cajón y desmontar el conjunto de placa-molde móvil.

Los bujes deben cambiarse cuando se perciban daños significativos por desgaste o corrosión.

B. Cambio de filtro de aire

El filtro de aire de las unidades de mantenimiento debe cambiarse alrededor de cada seis meses o según uso.

Inspecciones:

A. Apriete de pernos

Debe verificarse con un torquímetro el par de apriete de todos los elementos roscados cada seis meses de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 17. Tabla de par de apriete. Tomado de <https://www.dsm-messtechnik.de/en/bolt-tightening-screw-chart/>

Tamaño de la rosca	Par de apriete para roscas estándar en [N·m]						
Bolt Grade	3.6	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9	12.9
M2	0,1	0,13	0,16	0,26	0,35	0,49	0,59
M2,5	0,2	0,27	0,34	0,54	0,72	1,01	1,21
M3	0,35	0,48	0,60	0,96	1,28	1,80	2,16
M4	0,81	1,12	1,39	2,23	2,97	4,18	5,02
M5	0,6	2,26	2,83	4,52	6,03	8,48	10,18
M6	2,8	3,84	4,80	7,69	10,25	14,41	17,29
M7		5,13	6,42	10,27	13,70	19,25	23,10
M8		9,35	11,69	18,70	24,93	35,06	42,07
M10		18	23	37	49	70	83
M12		32	40	65	86	121	146
M14		52	65	104	138	194	233

B. Estado de mangueras y racores

Verificar que no tengan roturas y que las conexiones no se encuentren dañadas y que no presenten fugas.

C. Integridad de componentes eléctricos

Inspeccionar limpieza en panel e integridad de cables y conexiones (cables sin fisuras y oxidación en conexiones y en panel en general)

Se recomienda mantener la máquina cubierta para evitar el ingreso de polvo y otros contaminantes.

CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo de diseñar una máquina compacta y económica para uso académico.
- En El Salvador se cuenta con la capacidad técnica para construir este tipo de máquinas y hacerlo estimulará el desarrollo tecnológico en esta área.
- Esta máquina contribuirá a la formación del estudiante de ingeniería mecánica en ramas afines a las áreas de materiales y procesos de fabricación, así como en el área de automatización.

BIBLIOGRAFÍA

- Corzosa (2021) *Tipos de máquinas sopladoras y sus funciones*, CORZOSA. Tomado el 13 de mayo del 2023 de: <https://www.corzosa.com/maquinas-sopladoras/>
- del Castillo Rodríguez, F.D. (2012) *Conformado de materiales plásticos, Olimpia Cuautitlán*. Tomado el 13 de mayo del 2023 de: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado%20de%20plasticos.pdf
- *Qué es el polietileno de alta densidad HDPE o PEAD*, *Envaselia*. Tomado el 14 de mayo del 2023 de: <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-o-pead-id18.htm>
- *Qué es el polietileno de baja densidad LDPE o PEBD*, *Envaselia*. Tomado el 14 de mayo del 2023 de: <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polietileno-de-baja-densidad-ldpe-o-pebd-id19.htm>
- *Tereftalato de polietileno*, *Envaselia*. Tomado el 14 de mayo del 2023 de: <https://www.ensavelia.com/blog/tereftalato-de-polietileno-id12.htm>
- *Qué es el polipropileno*, *Envaselia*. Tomado el 19 de mayo del 2023 de: <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-polipropileno-id13.htm>
- *MDPE: Polietileno de Media Densidad*  SINTAC (2021), *Sintac Recycling*. Tomado el 19 de mayo del 2023 de: <https://sintac.es/productos/poliolefinas/polietileno-pe/polietileno-media-densidad/>
- Vargas, C. (2022) *¿Cuáles son las características del polietileno de alta densidad?*, *Blog especializado en la gestión sostenible del agua*. Tomado

el 19 de mayo del 2023 de:

<https://grupohidraulica.com/noticias/2022/09/12/cuales-son-las-caracteristicas-del-polietileno-de-alta-densidad/>

- *Extrusión de Materiales Plásticos, Tecnología de los Plásticos.* Tomado el 21 de mayo del 2023 de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- *Moldeo por compresión, Tecnología de los Plásticos.* Tomado el 25 de mayo del 2023 de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-compresion.html>
- *Moldeo por transferencia, Tecnología de los Plásticos.* Tomado el 25 de mayo del 2023 de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-transferencia.html>
- *Calandrado, Tecnología de los Plásticos.* Tomado el 25 de mayo del 2023 de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/calandrado.html>
- *Inyección-Soplado, Tecnología de los Plásticos.* Tomado el 14 de mayo del 2023 de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/inyeccion-soplado.html>
- *Extrusor de polímeros, ¿Qué es y cómo funciona?, Red de Universidades Anáhuac.* Tomado el 21 de mayo del 2023 de: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Extrusor-de-polimeros-que-es-y-como-funciona>

- *¿Qué es el moldeo por inyección?*, KEYENCE. Tomado el 21 de mayo del 2023 de: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp>
- *Moldeo por soplado: Todo lo que necesita saber*, Plastico. Tomado el 21 de mayo del 2023 de: <https://www.plastico.com/es/noticias/moldeo-por-soplado-todo-lo-que-necesita-saber>
- *Coextrusión en soplado: los cuerpos rígidos aprenden de las películas flexibles*, Plastico. Tomado el 30 de mayo del 2023 de: <https://www.plastico.com/es/noticias/coextrusion-en-soplado-los-cuerpos-rigidos-aprenden-de-las-peliculas-flexibles>
- *Moldeo Por Compresión (2023)* Dassault Systèmes. Tomado el 28 de mayo del 2023 de: <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/compression-molding>
- *Guía de termoformado*, Formlabs. Tomado el 28 de mayo del 2023 de: <https://formlabs.com/es/blog/termoformado/>
- *Cloruro de Polivinilo: Usos Y propiedades (2022)* Portal de productos del grupo PCC. Tomado el 28 de mayo del 2023 de: <https://www.products.pcc.eu/es/blog/cloruro-de-polivinilo-usos-y-propiedades/>
- Admin (2022) *¿Qué es el policarbonato? Características y Usos: Solvetech, Cerramientos de terrazas*. Tomado el 5 de junio del 2023 de: <https://solvetech.es/que-es-policarbonato/>
- Fernández, C.H. (2023) *¿Qué es el nailon o nylon? usos y formatos*, Servei Estació. Tomado el 5 de junio del 2023 de: <https://serveiestacio.com/blog/que-es-el-nailon-o-nylon/>

- *ABS: Tipos de Polímeros, Resinex*. Tomado el 5 de junio del 2023 de: <https://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/abs.html>
- *Pom o acetal pom (2022), Plásticos Brello*. Tomado el 5 de junio del 2023 de: <https://plasticos-brello.com/material/pom-o-acetal-pom/>
- *Moldeo por Soplado. Proceso y Productos (2021) Gestión De Compras*. Tomado el 10 de junio del 2023 de: <https://www.gestiondecompras.com/es/productos/piezas-plasticas/moldeo-por-soplado/>
- *Mexpolimeros. Moldeo Por Soplado, Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos*. Tomado el 10 de junio del 2023 de: <https://www.mexpolimeros.com/pro/moldeo%20por%20soplado.php>
- *Moldeo Por Soplado: Moldes Para Soplado: Jopi S.L (2018) Plásticos JOPI SL*. Tomado el 10 de junio del 2023 de: https://www.jopisl.es/moldeo_por_soplado/
- *Morales, N. (2013). Evaluación del uso de materiales de envases primarios de vidrio y plástico utilizados por la industria farmacéutica en Guatemala. Tesis de Licenciatura en Química y Farmacia*. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. Tomado el 12 de junio del 2023 de: <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/2735/TESIS%20%20Nydia%20Alejandra%20Morales%20Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- *Sarzosa, P. (2013). Estudio de un sistema de dosificación de líquidos aplicable en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial para controlar el proceso de llenado de botellas. Tesis de ingeniería mecánica*. Universidad técnica de Ambato, Ambato Ecuador. Tomado el 12 de junio del 2023 de: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6509>

- DOCPLAYER. (s.f.). DOCPLAYER. Obtenido de Válvulas neumáticas el 12 de junio del 2023 de: <https://docplayer.es/21666442-4-valvulas-neumaticas.html>
- Prieto, A.M. (2017) *Procesamiento de Pet: Inyección Soplado, Extrusión de Película y Fibra*, *Plastics Technology Mexico*. Tomado el 4 de noviembre de 2023 de: <https://www.pt-mexico.com/articulos/parmetros-clave-a-considerar-durante-el-procesamiento-del-pet>
- Prieto, A.M. (2017) *Cristalinidad y cristalización en polímeros: Aplicaciones en el pet*, *Plastics Technology Mexico*. Tomado el 4 de noviembre de 2023 de: <https://www.pt-mexico.com/articulos/la-cristalinidad-amigo-o-enemigo-durante-el-procesamiento-del-pet>
- Budynas, R.G. y Nisbett, J.K. (2008) ‘Tornillos, sujetadores y diseño de uniones no permanentes’, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. 9na ed. McGraw Hill, pp. 392–424.
- Budynas, R.G. y Nisbett, J.K. (2008) ‘Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes’, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. 9na ed. McGraw Hill, pp. 456–468.
- Oriol, S. (2025) *Mantenimiento Autónomo - CIL - Limpieza, Inspección Y Lubricación*, *Manteniendo*. Tomado el 6 de septiembre de 2024 de: <https://www.manteniendo.com/mantenimiento-autonomo-cil-limpieza-inspeccion-y-lubricacion>

ANEXOS

Anexo 1. Hoja técnica cilindros A (cilindro de cierre) y B (Cilindro del cabezal)- SMC serie CP96

Características técnicas

Diámetro (mm)	32	40	50	63	80	100	125
Funcionamiento	Doble efecto						
Fluido	Aire						
Presión de prueba	15 bar						
Presión máx. de trabajo	10 bar						
Presión mín. de trabajo	0.5 bar						
Temperatura ambiente y de fluido	Sin detección: -20 a 70°C* Con detección: -10 a 60°C*						
Lubricación	No necesaria						
Velocidad del émbolo	De 50 a 1.000 mm/s					De 50 a 700 mm/s	
Tolerancia de carrera admisible	Hasta 250 carreras: $^{+1.0}_0$, 251 a 1000 carreras: $^{+1.4}_0$, 1001 a 1500 carreras: $^{+1.8}_0$, 1501 a 2000 carreras: $^{+2.2}_0$						
Amortiguación	Ambos extremos (amortiguación neumática)						
Tamaño de conexión	G 1/8	G 1/4	G 1/4	G 3/8	G 3/8	G 1/2	G 1/2
Montaje	Modelo básico, escuadra, brida de la culata anterior, brida de la culata posterior, fijación oscilante macho, fijación oscilante hembra						

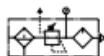
Anexo 2. Hoja técnica de cilindro de desmolde – SMC serie CD85

Specifications

Bore size [mm]		8	10	12	16	20	25
Type		Pneumatic					
Action		Double acting, Single rod					
Fluid		Air					
Proof pressure		1.5 MPa					
Max. operating pressure		1.0 MPa					
Min. operating pressure	Rubber bumper	0.1 MPa	0.08 MPa	0.05 MPa			
	Air cushion	—	0.08 MPa	0.05 MPa			
Ambient and fluid temperature		Without auto switch: -20°C to 80°C (No freezing)					
		With auto switch: -10°C to 60°C (No freezing)					
Lubricant		Not required (Non-lube)					
Stroke length tolerance		$^{+1.0}_0$ mm				$^{+1.4}_0$ mm	
Piston speed		50 to 1500 mm/s					
Cushion		Rubber bumper					
		—	Air cushion				
Allowable kinetic energy	Rubber bumper	0.02 J	0.03 J	0.04 J	0.09 J	0.27 J	0.4 J
	Air cushion	—	0.17 J	0.19 J	0.4 J	0.66 J	0.97 J

Anexo 3. Hoja técnica unidad FRL marca Parker serie ECO

Close Nippled Combinations



14G



Port Size	Bowl Type †	Element Type	Filter Drain Type	Relief Type	Lubricator Drain Type	Part Number (NPT)
1/8"	Poly	5 micron	Twist	Relieving	None	14G01B13F0GD
1/4"	Poly	5 micron	Twist	Relieving	None	14G11B13F0GD

Anexo 4. Hoja técnica de electroválvulas para control de cilindros - SMC serie VF3000

Specifications

Model		VF1000	VF3000	VF5000
Fluid		Air		
Operating pressure range (MPa)	Standard	2-position single/3-position	0.15 to 0.7	
		2-position double	0.1 to 0.7	
	High-pressure type	2-position single/3-position	0.15 to 1.0	
		2-position double	0.1 to 1.0	
Ambient and fluid temperature (°C)		-10 to 50 (No freezing)		
Max. operating frequency (Hz)	2-position single/double	10	10	5
	3-position	—	3	3
Manual override		Non-locking push type Push-turn locking slotted type Push-turn locking lever type		
Pilot exhaust type		Individual exhaust, Main/Pilot valve common exhaust (Except VF1000)		
Lubrication		Not required		
Mounting orientation		Unrestricted		
Impact/Vibration resistance (m/s ²) ^{Note)}		300/50		
Enclosure		Dustproof (IP65* for D, Y, T)		

Anexo 5. Hoja técnica de solenoides de electroválvulas - SMC serie VF3000

Solenoid Specifications

Electrical entry		Grommet (G), (H) L-type plug connector (L) M-type plug connector (M) G, H, L, M	DIN terminal (D) DIN (EN175301-803) terminal (Y) Conduit terminal (T) D, Y, T	
Coil rated voltage (V)	DC	24, 12		
	AC (50/60 Hz)	24, 100, 110, 200, 220, 240		
Allowable voltage fluctuation		±10% of rated voltage*		
Power consumption (W)	DC	Standard	1.5 (With light: 1.55)	
		With power saving circuit	0.55 ^{Note)} (With light only) [Starting 1.55 Holding 0.55]	
Apparent power (VA)*	AC	24 V	1.5 (With light: 1.55)	
		100 V	1.55 (With light: 1.65)	
		110 V [115 V]		1.55 (With light: 1.7)
		200 V		
		220 V [230 V]		
240 V				
Surge voltage suppressor		Diode (Non-polar type: Varistor)		
Indicator light		LED (Neon light is used for AC mode of D, Y, T.)		

Anexo 6. Hoja técnica de pressure booster - SMC serie VBA

Standard Specifications

Model	VBA10A-02	VBA20A-03	VBA40A-04	VBA22A-03	VBA42A-04	VBA43A-04	VBA11A-02
Fluid	Compressed air						
Pressure increase ratio	Twice						2 to 4 times
Pressure adjustment mechanism	Handle-operated with relief mechanism ^{Note 1)}			Air-operated		Handle-operated with relief mechanism ^{Note 1)}	
Max. flow rate ^{Note 2)} (L/min (ANR))	230	1000	1900	1000	1900	1600	70
Set pressure range (MPa)	0.2 to 2.0	0.2 to 1.0		0.2 to 1.0		0.2 to 1.6	0.2 to 2.0
Supply pressure range (MPa)	0.1 to 1.0						
Proof pressure (MPa)	3	1.5			2.4	3	
Port size (Rc) (IN/OUT/EXH: 3 locations)	1/4	3/8	1/2	3/8	1/2		1/4
Pressure gauge port size (Rc) (IN/OUT: 2 locations)	1/8						
Ambient and fluid temperature (°C)	2 to 50 (No freezing)						
Installation	Horizontal						
Lubrication	Grease (Non-lube)						
Weight (kg)	0.84	3.9	8.6	3.9	8.6	8.6	0.89

Anexo 7. Hoja técnica de electroválvula de soplado – Parker serie Viking Xtreme

Operating information	
Operating pressure:	
Normal:	Vacuum to 145 PSIG (Vacuum to 10 bar)
Xtreme: (P2LAX & P2LBX)	Vacuum to 232 PSIG (Vacuum to 16 bar)
(P2LCX & P2LDX)	Vacuum to 174 PSIG (Vacuum to 12 bar)
Minimum: See chart	
Operating temperature:	
Normal:	14°F to 122°F (-10°C to 50°C)
Xtreme:	-40°F to 158°F (-40°C to 70°C)

Minimum operating pressure, PSIG (bar)

Valve type - Internal pilot	P2LAX	P2LBX	P2LCX	P2LDX
Single solenoid - spring return	46 (3.2)	51 (3.5)	51 (3.5)	51 (3.5)
Single remote pilot - spring return	46 (3.2)	51 (3.5)	51 (3.5)	51 (3.5)
Double solenoid - 2-position	22 (1.5)	22 (1.5)	22 (1.5)	22 (1.5)
Double remote pilot - 2-position	22 (1.5)	22 (1.5)	22 (1.5)	22 (1.5)
Double solenoid - 3-position (APB, PC, CE)	51 (3.5)	51 (3.5)	51 (3.5)	51 (3.5)
Double remote pilot - 3-position (APB, PC, CE)	51 (3.5)	51 (3.5)	51 (3.5)	51 (3.5)

Anexo 9. Especificaciones del relé de estado sólido serie G3RV-ST700-D marca OMRON

G3RV-ST700/500-D series

Rated input voltage	Rated current			Must operate voltage	Must release voltage	Input voltage Percentage of the rated voltage
	AC		DC			
	50 Hz	60 Hz				
12 VDC	–	–	8.0 mA	10.8 V max.	1 V min.	±10%
24 VDC	–	–	4.6 mA	21.6 V max.		
24 VAC/VDC	5.0 mA	5.1 mA	4.3 mA	21.6 V max.		
48 VAC/VDC	6.8 mA	6.9 mA	6.0 mA	43.2 V max.		
100 VAC	6.8 mA	6.8 mA	–	90 V max.		
110 VAC	6.7 mA	6.7 mA	–	99 V max.		
200 VAC	6.7 mA	7.9 mA	–	180 V max.		
230 VAC	7.5 mA	8.8 mA	–	207 V max.		

Anexo 8. Características de fábrica del relé de estado sólido serie G3RV-ST700-D marca OMRON

Item	G3RV-ST700/500-A	G3RV-ST700/500-AL	G3RV-ST700/500-D-H 24 VDC	G3RV-ST700/500-D-H 24 VAC/VDC	G3RV-ST700/500-D
Operate time	11 ms max. *1	3 ms max.	0.2 ms max.	3 ms max.	6 ms max.
Release time	31 ms max. *2	31 ms max. *2	0.4 ms max.	21 ms max. *3	21 ms max. *3
Output ON voltage drop	1.6 V (RMS) max.		–		
Output ON resistance	–		0.3 Ω max. (at 24 VDC)		
Leaked current	5 mA max. (at 200 VAC, 50/60 Hz)		10 μA max. (at 24 VDC)		

Anexo 10. Hoja técnica de fuente de alimentación modelo S8VK-G marca OMRON

Item	Power rating		60 W		120 W	
	Output voltage (VDC)		12 V	24 V	24 V	
Efficiency	230 VAC input #6		85% typ.	88% typ.	89% typ.	
Input	Voltage range #1		Single-phase, 85 to 264 VAC, 90 to 350 VDC #10			
	Frequency #1		50/60 Hz (47 to 450 Hz)		50/60 Hz (47 to 63 Hz)	
	Current	115 VAC input #6	1.0 A typ.	1.1 A typ.	1.3 A typ.	
		230 VAC input #6	0.6 A typ.	0.7 A typ.	0.7 A typ.	
	Power factor #6		230 VAC input, 100% load	0.46 min.	0.45 min.	0.94 min.
	Leakage current	115 VAC input	0.16 mA typ.		0.24 mA typ.	
		230 VAC input	0.30 mA typ.		0.38 mA typ.	
	Inrush current #2 (for a cold start at 25°C)	115 VAC input	16 A typ.		16 A typ.	
230 VAC input		32 A typ.		32 A typ.		
Output	Rated output current		4.5 A	2.5 A	5 A	
	Boost current		5.4 A	3 A	6 A	
	Voltage adjustment range #3		-10% to 15% (with V. ADJ) (guaranteed)			
	Ripple & Noise voltage #4	100 to 240 VAC input, 100% load #6	150 mVp-p max. at 20 MHz of bandwidth	50 mVp-p max. at 20 MHz of bandwidth	150 mVp-p max. at 20 MHz of bandwidth	
	Input variation influence #8		0.4% max.			
	Load variation influence #7		0.8% max.			
	Temperature variation influence	115 to 230 VAC input	0.05%/°C max.		0.05%/°C max.	
	Start up time #2	115 VAC input #6	570 ms typ.	650 ms typ.	790 ms typ.	
		230 VAC input #6	430 ms typ.	500 ms typ.	750 ms typ.	
	Hold time #2	115 VAC input #6	26 ms typ.	25 ms typ.	42 ms typ.	
230 VAC input #6		139 ms typ.	129 ms typ.	42 ms typ.		
Additional functions	Overload protection		Yes, automatic reset		Yes, automatic reset	
	Overvoltage protection #5		Yes, 130% or higher of rated output voltage, power shut off (shut off the input voltage and turn on the input again)			
	Series operation		Yes (For up to two Power Supplies, external diodes are required.)			
	Parallel operation		Yes (Refer to <i>Safety Precautions</i>) (For up to two Power Supplies)			
	Output indicator		Yes (LED: Green), lighting from 80% to 90% or more of rated voltage			
Insulation	Withstand voltage		3.0 kVAC for 1 min. (between all input terminals and output terminals), current cutoff 20 mA			
			2.0 kVAC for 1 min. (between all input terminals and PE terminals), current cutoff 20 mA			
			1.0 kVAC for 1 min. (between all output terminals and PE terminals), current cutoff 20 mA			
Insulation resistance		100 MΩ min. (between all output terminals and all input terminals/PE terminals) at 500 VDC				
Environment	Ambient operating temperature #12		-40 to 70°C (Derating is required according to the temperature. Refer to <i>Engineering Data</i>) (with no condensation or icing)			
	Storage temperature		-40 to 85°C (with no condensation or icing)			
	Ambient operating humidity		0% to 95% (Storage humidity: 0% to 95%)			
	Vibration resistance		10 to 55 Hz, 0.375 mm half amplitude for 2 h each in X, Y, and Z directions			
	Shock resistance		150 m/s ² , 3 times each in ±X, ±Y, ±Z directions			

Anexo 11. información técnica del lubricador 04L10GB marca Parker

Operating information		
Supply pressure (max):		
Plastic bowl		0 to 150 psig (0 to 10.3 bar)
Metal bowl		0 to 250 psig (0 to 17.2 bar)
Operating temperature:		
Plastic bowl		32°F to 125°F (0°C to 52°C)
Metal bowl		32°F to 175°F (0°C to 80°C)
Flow capacity ¹ :		
High flow	1/8"	20 scfm (9.4 dm ³ /s, ANR)
	1/4"	20 scfm (9.4 dm ³ /s, ANR)
Minimum flow		0.5 scfm (0.24 dm ³ /s, ANR) at 100 psig (6.9 bar)
Bowl capacity:		1 oz.
Weight:		0.4 lb (0.18 kg)
¹ scfm = Standard cubic feet per minute at 90 psig inlet and 5 psig pressure drop.		

Anexo 12. Cotizaciones Vidri



Hierro ángulo 3.0 x 38.1 mm AG

\$15.90^{Uni}

10+ Disponible(s)

Sku#: 7567 Modelo:

- 1 +

Agregar al carrito



[Consulta la disponibilidad](#)

Manuales y documentos

[Advertencia de uso](#)



Electrodo para hierro dulce 2.38 Mm (3/32 Pulgadas) OK

\$2.95^{0.453 kg}

10+ Disponible(s)

Sku#: 66462 Modelo:

- 1 +

Agregar al carrito



[Consulta la disponibilidad](#)

Manuales y documentos

[Garantía 1 mes](#)

[Advertencia de uso](#)

* Todos nuestros productos deben pasar la revisión

Anexo 13. Cotizaciones Freund

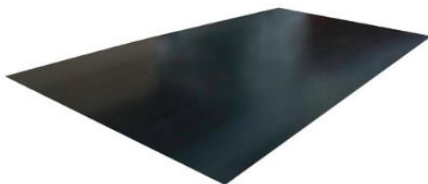


LÁMINA NEGRA 3/16 PLG (4.50 MM) 2X1 M

CODIGO 3605060 / MODELO HRS

[Agregar a favoritos](#)

\$91.00

1 Agregar a carrito

UNIDAD: C/U

Disponible
Despacho a domicilio

Disponible
Retiro en tienda

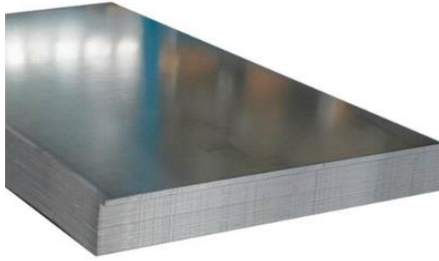


LÁMINA NEGRA 3/8 PLG (9.00 MM) 2X1 M

CODIGO 3607560 / MODELO HRS

[Agregar a favoritos](#)

\$180.00

1

[Agregar a carrito](#)

UNIDAD: C/U

[Disponibles](#)
Despacho a domicilio

[Disponibles](#)
Retiro en tienda

CELULAR CLEAR 6MMX1.22MX10P

CODIGO 679439 / MODELO 136640

[Agregar a favoritos](#)

\$52.50

1

[Agregar a carrito](#)

UNIDAD: C/U
MACROLUX

[Disponibles](#)
Despacho a domicilio

[Disponibles](#)
Retiro en tienda



LAMINA NEGRA 1/2 PLG (12.00 MM) 2X1.00MT

CODIGO 3601060 / MODELO HRS

[Agregar a favoritos](#)

\$249.00

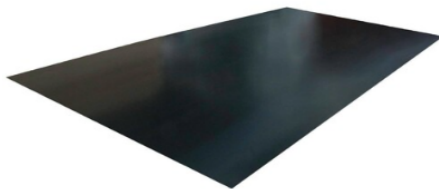
1

[Agregar a carrito](#)

UNIDAD: C/U

[Disponibles](#)
Despacho a domicilio

[Disponibles](#)
Retiro en tienda



Anexo 14. Cotizaciones EPA



Varilla 12.70 mm (1/2") lisa 6 m

\$735

HIERRO LISO REDONDO; ASTM A36

Código: SV-3008010

Cantidad

1

[Agregar](#)

Producto disponible

Anexo 15. Cotizaciones PELSA



www.grupopelsa.com



PELSA
Líder en Soluciones Eléctricas

atencion.cliente@grupopelsa.com (CARMEN ELENA)
PBX : 2231-6400
7803-6819
7069 0808












Emitir cheque a: PROVEEDORA ELECTRICA EL SALVADOR S.A DE C.V.. A 560028
 Código: C141 NORMAL
 Cliente: ESPORADICO Fecha Impresión: 09/06/2025 18:01:16
 Atención a: 09/06/2025

Estimado(s) Señor(es):
 Por medio de la presente y de la manera mas atenta le estamos saludando y al mismo tiempo someternos a su amable consideración nuestra oferta por el suministro del siguiente material eléctrico.

	Codigo	+	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	7010810045	+	M22-D-G BOTON 22MM VERDE RASANTE S/C EATON	2	\$ 6.8000	\$ 13.60
2	7010810070	+	M22-K10 BLOCK DE CONTACTO 1NA P/M22 EATON	2	\$ 5.1000	\$ 10.20
3	7010810214	=	M22-PVT BOTON DE EMERGENCIA OPERADOR ILLUMINADO LED ROJO, INSCRIPCION GIRAR PARA DESENCLAVAR	1	\$ 24.1000	\$ 24.10
4	7010810071	+	M22-K01 BLOCK DE CONTACTO 1NC P/M22 EATON	1	\$ 5.1000	\$ 5.10

NOVENTA Y OCHODOLARES Y 31/100 CENTAVOS SubTotal: 53.00
 Comentarios: Descuento: 0.00
Iva 13%: 6.89
Percepción 1%: \$ 0.00
Retención (1%): \$ 0.00

Notas:
 VALIDEZ DE LA OFERTA: DE 1 DIAS PREVIO CONSULTA CON EJECUTIVO DE VENTAS
 PRECIOS Y EXISTENCIAS SUJETOS A DISPONIBILIDAD VENTA. GARANTIA SEGUN



www.grupopelsa.com



PELSA
Líder en Soluciones Eléctricas



PELSA INDUSTRIAL

atencion.cliente@grupopelsa.com (CARMEN ELENA)
PBX :
7803-6819








Emitir cheque a: PROVEEDORA ELECTRICA EL SALVADOR S.A DE C.V.. A 568001
 Código: C141 NORMAL
 Cliente: ESPORADICO Fecha Impresión: 12/07/2025 9:17:31
 Atención a: 12/07/2025

Estimado(s) Señor(es):
 Por medio de la presente y de la manera mas atenta le estamos saludando y al mismo tiempo someternos a su amable consideración nuestra oferta por el suministro del siguiente material eléctrico.

	Codigo	+	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	7102004000	=	BKN AUTOMATO LS 1P 1A 6KA 400V	1	\$ 5.1000	\$ 5.10
2	7102004095	+	BKN AUTOMATO LS 2P 1A 6KA 400V	1	\$ 10.4000	\$ 10.40
3	7102004002	+	BKN AUTOMATO LS 1P 2A 6KA 400V	1	\$ 5.5100	\$ 5.51
4	7102004003	+	BKN AUTOMATO LS 1P 3A 6KA 400V	1	\$ 5.4100	\$ 5.41

VEINTINUEVE DOLARES Y 85/100 CENTAVOS SubTotal: 26.42
 Comentarios: Descuento: 0.00
Iva 13%: 3.43
Percepción 1%: \$ 0.00
Retención (1%): \$ 0.00
Total: \$ 29.85

Notas:
 VALIDEZ DE LA OFERTA: DE 1 DIAS PREVIO CONSULTA CON EJECUTIVO DE VENTAS
 PRECIOS Y EXISTENCIAS SUJETOS A DISPONIBILIDAD VENTA. GARANTIA SEGUN
 CONDICIONES DE FÁBRICA. "PRECIO DEL CONDUCTOR VALIDO 1 DIA"

SIN CARTERA ASIGNADA
 VENDEDOR
 Correo: control.eaton@grupopelsa.com Teléfono: 00000000000009

Aceptado por el cliente.
 CLIENTE

Anexo 16. Cotizaciones Autocontrol



08/12/2022

COTIZACIÓN

Cliente:	-	Forma de pago	-
Atención a:	-		-
Dirección:	-		-
NIT:	-		-
NRC:	-		-
GIRO:	-		-

20250318 0
NRC:219705-7
NIT:0612-230812-101-1
Pequeño contribuyente

Cantidad	Código	Descripción General	P.Unit.	Totales
1	14G11B18FOGD	UNIDAD DE MANTENIMIENTO FRL DE 1/4", SERIE ECO	\$ 139.46	\$ 139.46

Especialistas en automatización industrial

Sumas	\$ 139.46
IVA	\$ 18.13
SUB-TOTAL	\$ 157.59
VENTA TOTAL	\$ 157.59



02/04/2025

COTIZACIÓN

Cliente:	Monica Arias	Forma de pago	-
Atención a:	-		-
Dirección:	-		-
NIT:	-		-
NRC:	-		-
GIRO:	-		-

20250402 0
NRC:219705-7
NIT:0612-230812-101-1
Pequeño contribuyente

Cantidad	Código	Descripción General	P.Unit.	Totales
2	MS12-14N	Conector neumático NITRA, recto, cuerpo de latón niquelado, roscas de latón niquel	\$ 6.75	\$ 13.50
2	ME12-12G-B	Conector neumático NITRA, codo giratorio, latón niquelado, macho BSPP G1/2 a m	\$ 19.75	\$ 39.50
2	3175 56 14	RACOR RECTO ROSCA 1/4" NPT PARA MANGUERA 1/4"	\$ 3.27	\$ 6.54
2	MS14-14G-B	Conector neumático NITRA, recto, latón niquelado, sellador de rosca, macho BSPP	\$ 5.00	\$ 10.00
2	MS12-12N	Conector neumático NITRA, recto, cuerpo de latón niquelado, roscas de latón niqu	\$ 7.75	\$ 15.50

Especialistas en automatización industrial

Sumas	\$ 85.04
IVA	\$ 11.06
SUB-TOTAL	\$ 96.10
VENTA TOTAL	\$ 96.10

Cliete:	Monica Arias	Forma de pago	<table border="1"> <tr> <td>20250701 0</td> </tr> <tr> <td>NRC:219705-7</td> </tr> <tr> <td>NIT:0612-230812-101-1</td> </tr> <tr> <td>Pequeño contribuyente</td> </tr> </table>	20250701 0	NRC:219705-7	NIT:0612-230812-101-1	Pequeño contribuyente
20250701 0							
NRC:219705-7							
NIT:0612-230812-101-1							
Pequeño contribuyente							
Atención a:	-	-					
Dirección:	-	-					
NIT:	-	-					
NRC:	-	-					
GIRO:	-	-					

Cantidad	Código	Descripción General	P.Unit.	Totales						
1	P2LDX394ESHDA42	ELECTROVÁLVULA NEUMÁTICA 3/2 VIKING EXTREME CON RETORNO POR MUELLE	\$ 155.87	\$ 155.87						
Tiempo de entrega: Entrega inmediata										
				<table border="1"> <tr> <td>Sumas</td> <td>\$ 155.87</td> </tr> <tr> <td>IVA</td> <td>\$ 20.26</td> </tr> <tr> <td>SUB-TOTAL</td> <td>\$ 176.14</td> </tr> </table>	Sumas	\$ 155.87	IVA	\$ 20.26	SUB-TOTAL	\$ 176.14
Sumas	\$ 155.87									
IVA	\$ 20.26									
SUB-TOTAL	\$ 176.14									
<p style="text-align: center;"><i>Especialistas en automatización industrial</i></p>				<table border="1"> <tr> <td>VENTA TOTAL</td> <td>\$ 176.14</td> </tr> </table>	VENTA TOTAL	\$ 176.14				
VENTA TOTAL	\$ 176.14									

Cliete:	Monica Arias	Forma de pago	<table border="1"> <tr> <td>20250704 0</td> </tr> <tr> <td>NRC:219705-7</td> </tr> <tr> <td>NIT:0612-230812-101-1</td> </tr> <tr> <td>Pequeño contribuyente</td> </tr> </table>	20250704 0	NRC:219705-7	NIT:0612-230812-101-1	Pequeño contribuyente
20250704 0							
NRC:219705-7							
NIT:0612-230812-101-1							
Pequeño contribuyente							
Atención a:	-	-					
Dirección:	-	-					
NIT:	-	-					
NRC:	-	-					
GIRO:	-	-					

Cantidad	Código	Descripción General	P.Unit.	Totales						
1	04L10GB	Lubricador con puerto de 1/4", Parker	\$ 43.96	\$ 43.96						
Tiempo de entrega: 4 semanas										
				<table border="1"> <tr> <td>Sumas</td> <td>\$ 43.96</td> </tr> <tr> <td>IVA</td> <td>\$ 5.71</td> </tr> <tr> <td>SUB-TOTAL</td> <td>\$ 49.67</td> </tr> </table>	Sumas	\$ 43.96	IVA	\$ 5.71	SUB-TOTAL	\$ 49.67
Sumas	\$ 43.96									
IVA	\$ 5.71									
SUB-TOTAL	\$ 49.67									
<p style="text-align: center;"><i>Especialistas en automatización industrial</i></p>				<table border="1"> <tr> <td>VENTA TOTAL</td> <td>\$ 49.67</td> </tr> </table>	VENTA TOTAL	\$ 49.67				
VENTA TOTAL	\$ 49.67									

Anexo 17. Cotizaciones COMPRES



COMPRES S.A. de C.V.

COTIZACIÓN
478356

Nombre de Cliente: COMPRES, VENTAS

SAN SALVADOR

Direccion:

2025-08-16

Municipio:

Validez: 15

Depto.:

Días Crédito: 0

Codigo Cliente: 966

Tiempo de Entrega: VER NOTAS

Atencion:

Condición de Pago: Contado

Vendedor: Rafael Gil

Observaciones:

CODIGO	QTY	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
VF3230-5DZ1-02	2	ELECTROVALVULA 5/2 PUERTO DE 1/4 Rc CON UN FLUJO DE CV 1 , DOS BOBINA DE 24 VDC CONECTOR DIN Y INDICADOR LED	\$144.51	\$289.02
VV5F3-30-031	1	MANIFOLD VF3000 TIPO30 03 ESTACIONES	\$46.78	\$46.78
CP96SDB40-25C	1	CILINDRO NEUMATICO, MODELO:CP96SDB40-25C, TIPO ISO 15552 PERFILADO, DOBLE EFECTO, EMBOLO MAGNETICO, DIAMETRO 40mm X 25mm DE CARRERA	\$76.22	\$76.22
CP96SDB125-100	1	CILINDRO NEUMATICO, MODELO:CP96SDB125-100, TIPO ISO 15552 PERFILADO, DOBLE EFECTO, EMBOLO MAGNETICO, DIAMETRO 125mm X 100mm DE CARRERA	\$327.00	\$327.00
CD85N10-50-B	1	CILINDRO NEUMATICO DOBLE EFECTO CON EMBOLO MAGNETICO, ISO 6432, DIAMETRO 10mm X 50mm DE CARRERA, CON CLEVIS TRASERA INTEGRADA	\$39.32	\$39.32
SRN5425K	1	Gabinete metalico marca ABB, proteccion IP65, medidas 500x400x250mm (hxtxd), RAL7035, c/placa de fondo.	\$146.34	\$146.34
S8VKG12024	1	FUENTE DE PODER TAMAÑO COMPACTO, ENTRADA 100-240 VAC, SALIDA 120 W / 24 VDC / 5 A	\$62.26	\$62.26
G3RVST700DACDC24	3	RELE ESTADO SOLIDO ULTRA SLIM, MODELO G3RVSR700DACDC24, ENTRADA 24 VAC/DC, SALIDA 5-24 VDC / 3A, CONEXION CABLE POR TORNILLO, INCLUYE BASE MONTAJE EN RIEL	\$26.33	\$78.99
VBA43A-04GN	1	AMPLIFICADOR DE PRESION NEUMATICO (BOOSTER), CONEXION DE ENTRADA Y SALIDA 1/2" Rc, REGULACION POR PERILLA MANUAL, RANGO DE SALIDA 0.1-1.6 MPA (15-230 PSI) MAXIMO, INCLUYE MANOMETROS Y SILENCIADOR	\$842.50	\$842.50
NOTA	1	NOTA : T.ENTREGA VBA43A-04GN, 6 SEMANAS	\$0.00	\$0.00
NOTA	1	NOTA : T.ENTREGA CD85N10-50-B, 2 SEMANAS	\$0.00	\$0.00

DOS MIL CIENTO SETENTA Y CINCO 61/100 DOLARES

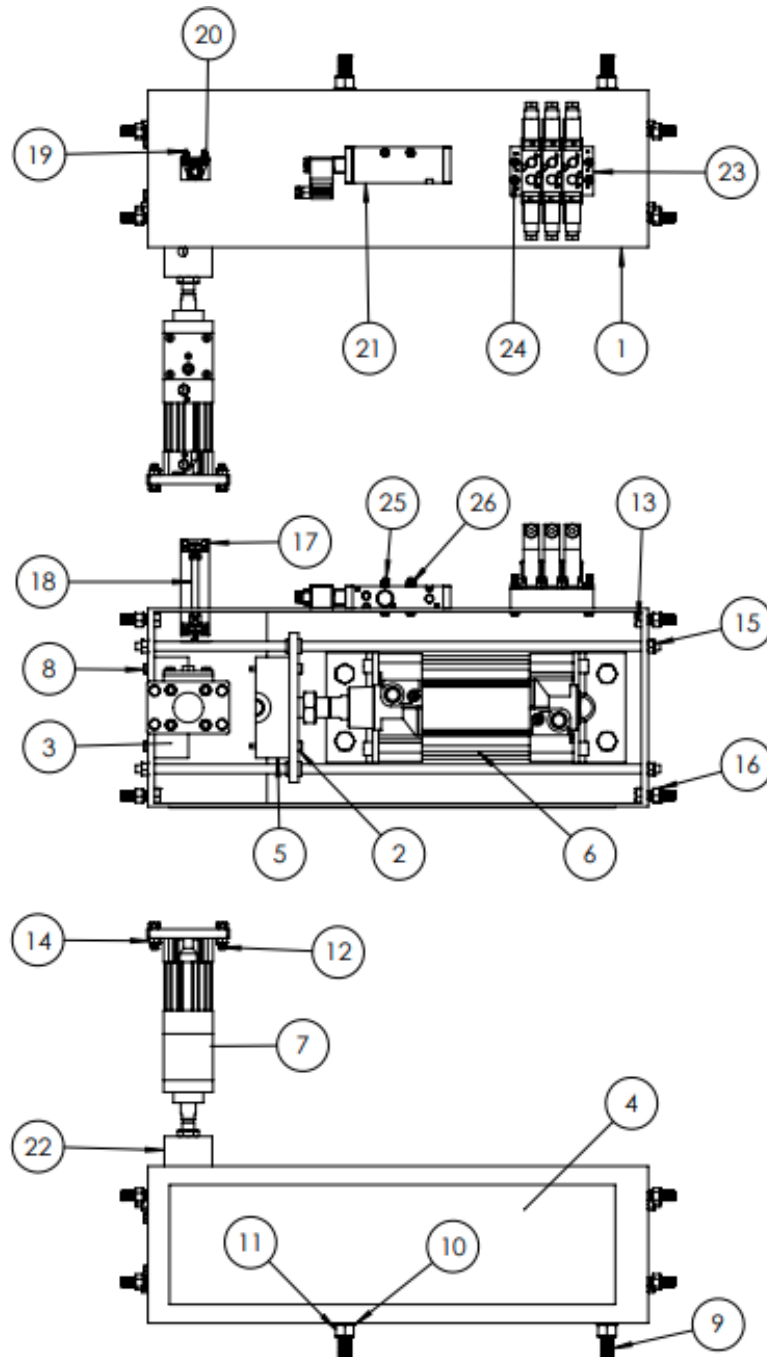
Gravado: \$1,908.43

IVA: \$248.10

1% Percepción \$19.08

Total: \$2,175.61

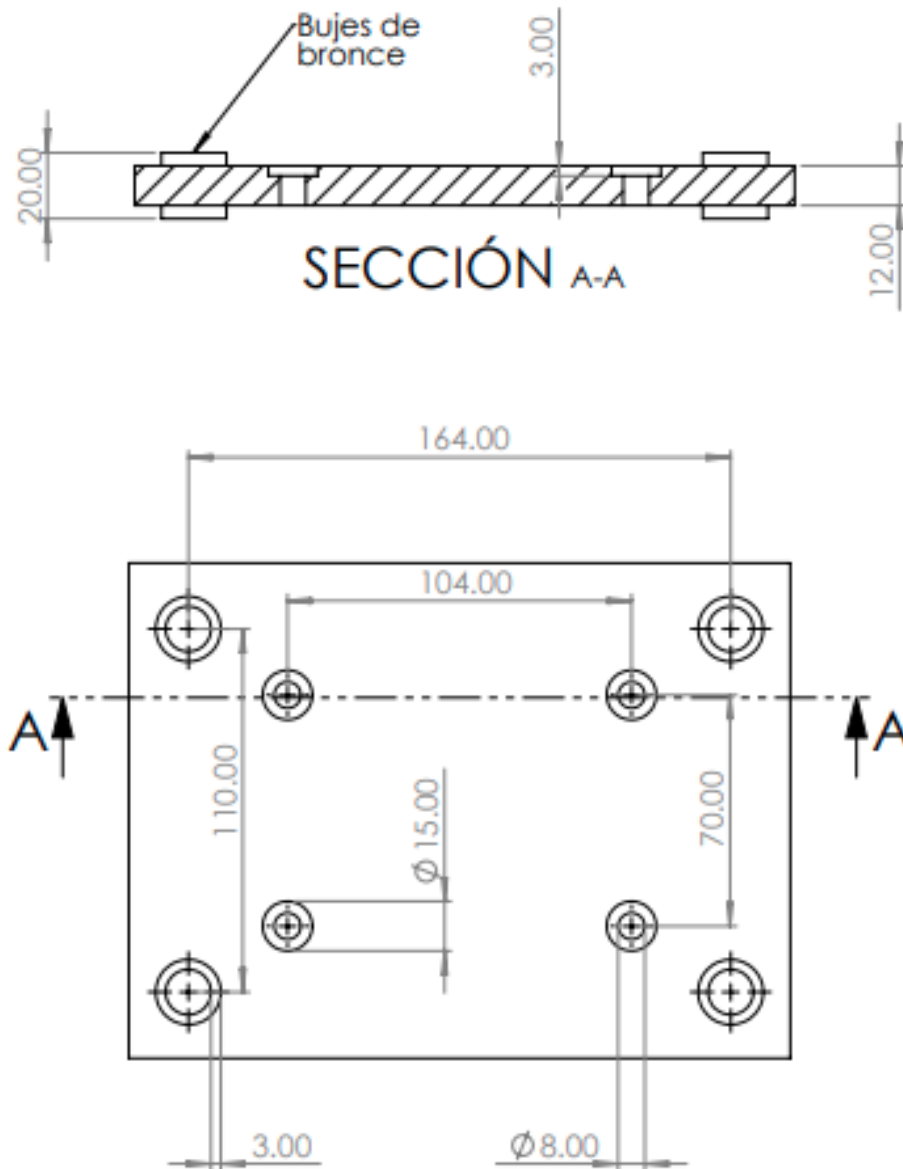
Anexo 18. Planos




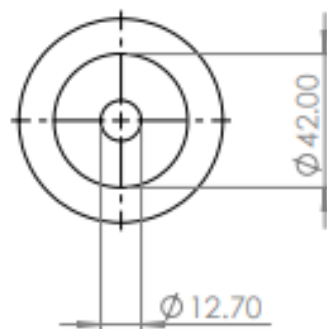
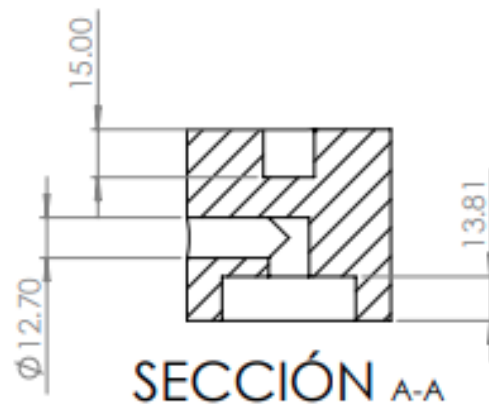
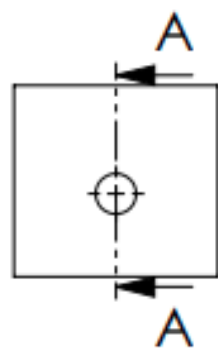
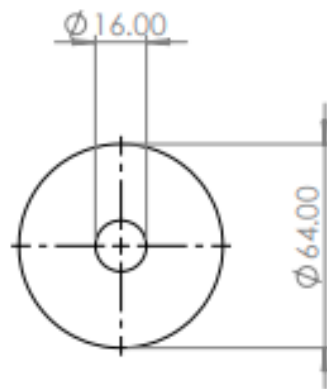
DIBUJADO POR Mónica Arias	TÍTULO Lista de materiales	
Las cotas se expresan en mm a menos que se especifique lo contrario	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO	
MATERIAL (Ver tabla)	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica	Nº DIBUJO 2/2
		ESCALA 1:7


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	cajón	1
2	base de molde	1
3	molde (parte fija)	1
4	visor	1
5	molde (parte móvil)	1
6	CP96SDL125-100-M9P	1
7	CP96NDG50-25C-M9P	1
8	DIN 912 M8 x 30 --- 30S	8
9	DIN EN 24016 - M16 x 65 x 38-WS	4
10	arandela DIN 433 - 17	4
11	rosca hexagonal ISO 4034 - M16 - N	4
12	DIN EN 24015 - M8 x 30 x 22-S	4
13	DIN EN 24015 - M12 x 45 x 45-S	8
14	DIN EN ISO 7040 - M8 - N	4
15	B18.2.4.1M - tuerca hexagonal, M10 x 1.5, con 16mm WAF --D-N	8
16	tuerca hexagonal ISO 4032 - M12 - W - N	8
17	plaquita	1
18	CD85N8-50M-B-M9PL	
19	ISO 4014 - M4 x 25 x 25-S	4
20	ISO - 4032 - M4 - W - N	4
21	P2LDX394ESHDB42	1
22	boquilla	1
23	VV5F3-30-031-00N_0-1D1-02N_222	1
24	ISO 4015 - M6 x 50 x 50-S	4
25	ISO 4015 - M6 x 45 x 45-S	2
26	ISO - 4034 - M6 - N	6

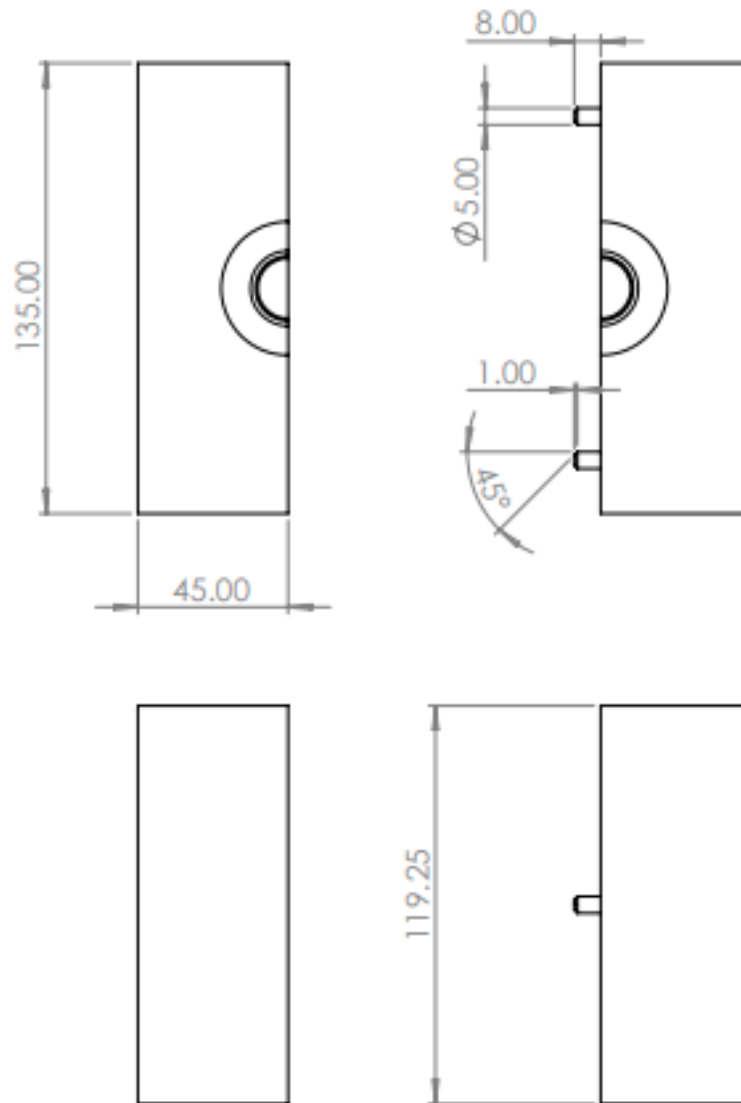
DIBUJADO POR Mónica Arias	TÍTULO Lista de materiales	
Las cotas se expresan en mm a menos que se especifique lo contrario	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO	
MATERIAL (Ver tabla)	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica	Nº DIBUJO 2/2 N/A




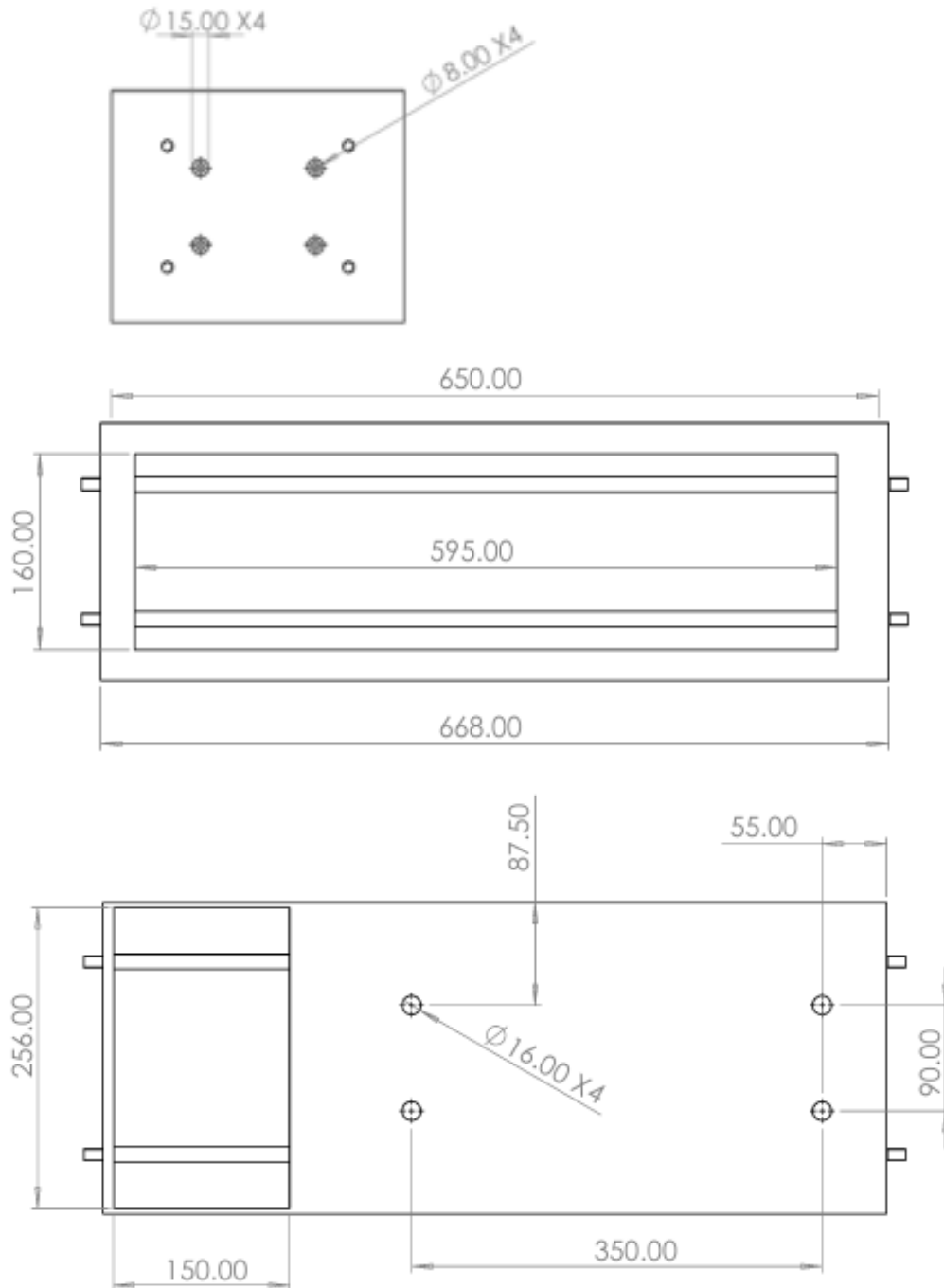
DIBUJADO POR Mónica Arias	TÍTULO Base de molde	
Las cotas se expresan en mm a menos que se especifique lo contrario	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO	
MATERIAL Fundición gris	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica	Nº DIBUJO 1/1
		ESCALA 1:2




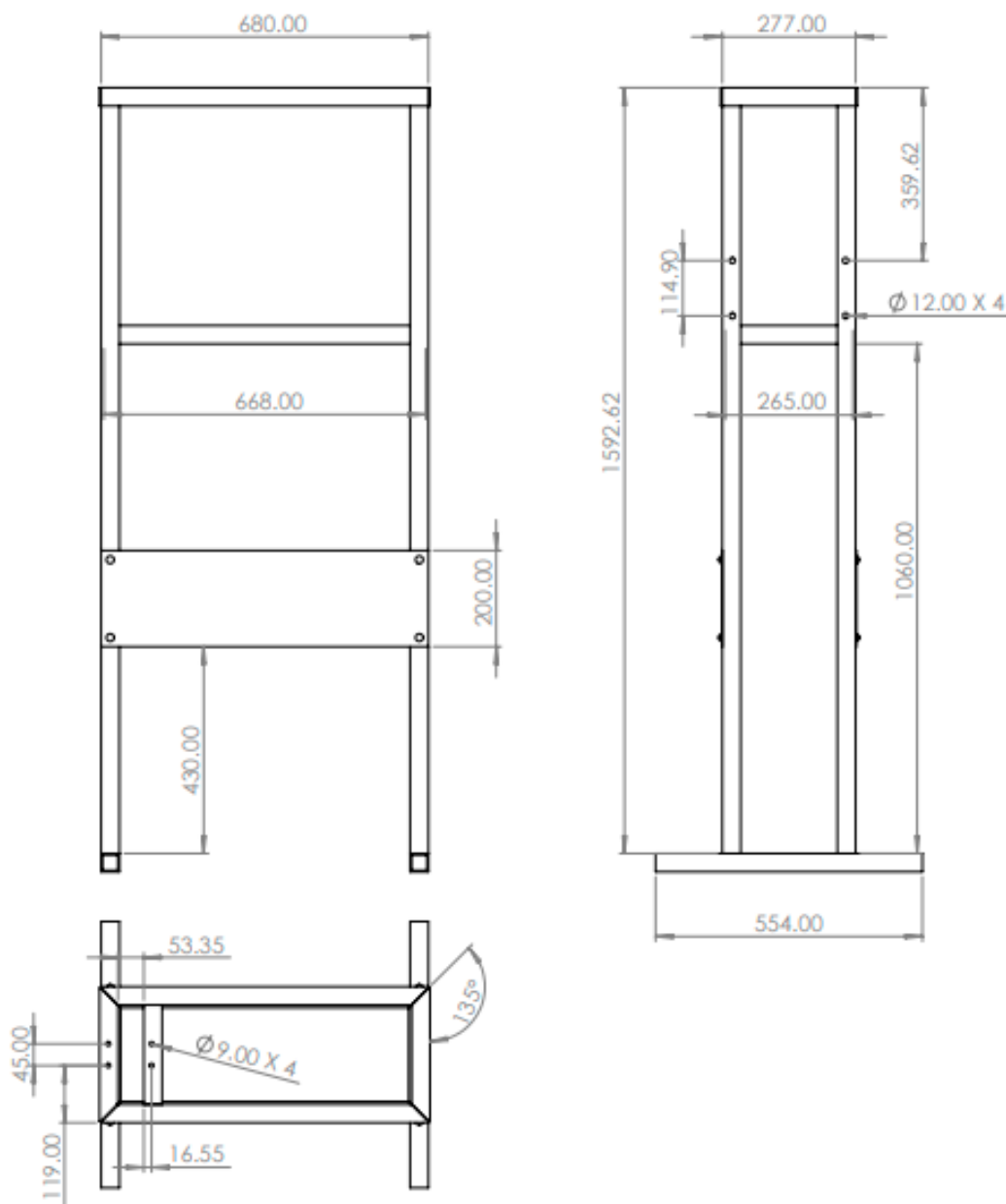
DIBUJADO POR Mónica Arias	TÍTULO Boquilla	
Las cotas se expresan en mm a menos que se especifique lo contrario	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO	
MATERIAL Aluminio	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica	Nº DIBUJO 1/1
		ESCALA 1:2




DIBUJADO POR Mónica Arias	TÍTULO Moldes	
Las cotas se expresan en mm a menos que se especifique lo contrario	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO	
MATERIAL Aluminio	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica	Nº DIBUJO 1/1
		ESCALA 1:2



DIBUJADO POR Mónica Arias	TÍTULO Cajón con guías	
Las cotas se expresan en mm a menos que se especifique lo contrario	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO	
MATERIAL Varilla de hierro y lámina de acero de 9 y 4.5 mm	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica	Nº DIBUJO 1/1 ESCALA 1:5



DIBUJADO POR Mónica Arias	TÍTULO Estructura	
Las cotas se expresan en mm a menos que se especifique lo contrario	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR ENVASES PLÁSTICOS POR SOPLADO	
MATERIAL Ángulo y tubo de hierro de 1 1/2 pulg y espesor de 3 mm	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Mecánica	Nº DIBUJO 1/1 ESCALA 1:10