



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA INDUSTRIAL MODALIDAD DUAL**

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLDE DE 4 CAVIDADES, PARA INYECCIÓN DE PIEZAS “LEGO” DE 137.20 X 61 X 37.6 MM Y UN ESPESOR DE 2 MM EN ABS

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Industrial

AUTORES: MIGUEL ANGEL PERUANO MORALES

MARLON ANDRÉS VEGA IMBAQUINGO

TUTOR: WILLIAM GIOVANNY QUITIAQUEZ SARZOSA

Quito - Ecuador

2025

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Miguel Angel Peruano Morales con documento de identificación N° 175349152-9 y Marlon Andrés Vega Imbaquingo con documento de identificación N° 175288838-6; manifestamos que:

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

Quito, 22 de febrero de 2025

Atentamente,



---

Miguel Angel Peruano Morales,  
1753491529



---

Marlon Andrés Vega Imbaquingo,  
1752888386

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

Nosotros, Miguel Angel Peruano Morales con documento de identificación N° 1753491529 y Marlon Andrés Vega Imbaquingo con documento de identificación N° 1752888386, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la PROPUESTA TECNOLÓGICA: “Diseño y simulación de un molde de 4 cavidades, para inyección de piezas “Lego” de 137.20 x 61 x 37.6 mm y un espesor de 2 mm en abs”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: TECNÓLOGO SUPERIOR EN MECÁNICA INDUSTRIAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 22 de febrero de 2025

Atentamente,



---

Miguel Angel Peruano Morales  
1753491529



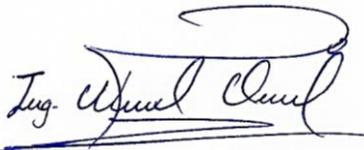
---

Marlon Andrés Vega Imbaquingo  
1752888386

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, William Giovanni Quitiaquez Sarzosa con documento de identificación N° 1721609764, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MOLDE DE 4 CAVIDADES, PARA INYECCIÓN DE PIEZAS “LEGO” DE 137.20 X 61 X 37.6 MM Y UN ESPESOR DE 2 MM EN ABS, realizado por Miguel Angel Peruano Morales con documento de identificación N° 175349152-9 y por Marlon Andrés Vega Imbaquingo con documento de identificación N° 175288838-6, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción PROPUESTA TECNOLÓGICA que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 15 de febrero de 2025



---

Ing. William Giovanni Quitiaquez Sarzosa, Ph.D.  
CI: 1721609764

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

Yo Marlon Andrés Vega Imbaquingo, dedico este proyecto a mis padres, cuyo amor y sacrificio incondicional fueron el cimiento sobre el que construí mis sueños. Su apoyo inquebrantable me impulsó a superar cada obstáculo y alcanzar esta meta que hoy celebro. A Henry Vicente Catiquago Farinango, mi tutor empresarial, cuya guía experta y visión estratégica fueron la brújula que orientó mi desarrollo profesional. Sus consejos y enseñanzas trascendieron lo académico, abriéndome puertas que jamás imaginé. A mis compañeros técnicos del lugar de prácticas, cuya paciencia infinita y generosidad al compartir sus conocimientos hicieron de mi aprendizaje una experiencia enriquecedora y divertida. Su apoyo hizo más llevadero el camino del aprendizaje. Con gratitud y cariño, les dedico este logro.

Yo Miguel Angel Peruano Morales quiero agradecer a Dios por la vida de cada uno de los presentes, por darme la sabiduría para escoger entre lo bueno y lo malo. Gracias a todas las personas que me han dado un consejo, a mí familia por siempre apoyarme en mis decisiones. A los ingenieros que me han tendido la paciencia y las ganas de enseñarme todo lo que se necesita para llegar hasta aquí, a mis compañeros por su amistad por su compañía.

## **RESUMEN**

El proyecto de titulación tiene como meta el diseño y simulación de un molde de 4 cavidades para la inyección de piezas tipo lego elaboradas en acrilonitrilo butadieno estireno ABS. Dada la creciente demanda en la industria del plástico, se busca optimizar el proceso de fabricación, reduciendo tiempos y costos, así como garantizando la calidad y precisión dimensional de las piezas producidas. Este informe se conforma de tres capítulos: en el primero, se introduce el tema y su justificación; en el segundo, se revisan los fundamentos teóricos relevantes para el moldeo por inyección; y en el tercer capítulo, se presenta el cuadro metodológico que guiará el diseño y simulación del molde, incluyendo el uso de software especializado para la optimización del proceso. A continuación, se ofrece un resumen detallado de cada uno de estos capítulos.

### **Capítulo I: Tema del trabajo de titulación**

- Se presenta el tema principal: Diseño y simulación de un molde de 4 cavidades para inyección de piezas lego de 137.20 x 61 x 37.6 mm y un espesor de 2 mm en ABS. Se aclara la justificación y la importancia del proyecto en relación con la producción eficiente de piezas plásticas.

### **Capítulo II: Revisión de la literatura o fundamentos teóricos**

- En este capítulo se discuten conceptos clave relacionados con el moldeo por inyección, incluyendo el flujo equilibrado y los defectos potenciales en los sistemas de inyección. Se enfatiza la importancia de un diseño adecuado para optimizar la producción.

### **Capítulo III: Marco metodológico**

- La metodología utilizada para el diseño y simulación del molde. Incluye el uso de enfoques deductivos y experimentales, así como el uso de software como SolidWorks para la simulación. Se realizan cálculos sobre el número de cavidades y se seleccionan la materia prima adecuados para la fabricación del molde, además de presentar los resultados de la simulación sobre tiempos de llenado y presiones de inyección.

**Palabras claves:** SolidWorks, simulación, ABS, molde, cavidades

## **ABSTRACT**

The goal of the titling project is the design and simulation of a 4-cavity mold for the injection of lego-type pieces made of acrylonitrile butadiene styrene ABS. Given the growing demand in the plastics industry, the aim is to optimize the manufacturing process, reducing time and costs, as well as guaranteeing the quality and dimensional accuracy of the parts produced. This report is made up of three chapters: in the first, the topic and its justification are introduced; in the second, the relevant theoretical foundations for injection molding are reviewed; and in the third chapter, the methodological framework that will guide the design and simulation of the mold is presented, including the use of specialized software for the optimization of the process. A detailed summary of each of these chapters is provided below.

### **Chapter I: Subject of the degree project**

- The main topic is presented: Design and simulation of a 4-cavity mold for injection of lego parts of 137.20 x 61 x 37.6 mm and a thickness of 2 mm in ABS. The rationale and importance of the project in relation to the efficient production of plastic parts is clarified.

### **Chapter II: Literature Review or Theoretical Foundations**

- This chapter discusses key concepts related to injection molding, including balanced flow and potential defects in injection systems. The importance of proper design to optimize production is emphasized.

### **Chapter III: Methodological Framework**

- The methodology used for the design and simulation of the mold. It includes the use of deductive and experimental approaches, as well as the use of software such as SolidWorks for simulation. Calculations are made on the number of cavities and the appropriate raw material is selected for the manufacture of the mold, in addition to presenting the simulation results on filling times and injection pressures.

**Keywords:** SolidWorks, simulation, ABS, mold, cavities

## ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO .....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL .....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	2
II. PROBLEMA: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
- Antecedentes y justificación.....	2
- Grupo objetivo (beneficiarios).....	4
- Delimitación del problema .....	4
III. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	5
11.1 Objetivo General .....	5
11.2 Objetivo Específicos .....	5
CAPITULO II.....	6
IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
12.1 Componentes para el proceso de inyección .....	6
12.2 Ángulos de inclinación y dirección de inyección.....	8
12.3 Costillas y cartelas.....	9

12.4 Radios, filetes al diseño de la pieza.....	9
12.5 Tipos de moldes de inyección.....	10
12.6 Flujo equilibrado y compensado.....	13
12.7 Partes funcionales .....	14
12.8 Especificaciones para la fabricación.....	15
12.9 Cavidades .....	16
12.10 Sistemas de trabajo.....	16
12.11 Sistema de distribución.....	17
12.12 Defectos dentro de los sistemas .....	18
12.13 Sistema de refrigeración.....	19
12.14 Sistema de expulsión .....	20
12.15 Tratamientos térmicos .....	21
12.16 Procesos especiales para la fabricación del molde .....	22
12.17 Control numérico computarizado .....	24
CAPITULO III .....	28
XIII.Marco metodológico. ....	28
13.1 Inductivo .....	28
13.2 Experimental.....	28
13.3 Conocimientos adquiridos y aplicados .....	29
13.4 Selección del material .....	30
13.5 Elaboración del diseño.....	30
13.6 Selección del material .....	31
13.7 Diseño del soporte.....	32
13.8 Especificación de máquina inyectora .....	35
13.9 Cálculos para el molde.....	35
13.10 Simulación de llenado .....	38

13.11 Sistema de enfriamiento .....	40
13.12 Resultados de simulación .....	42
XIV. Capítulos. ....	44
XV. Cronograma. ....	45
XVI. PRESUPUESTO .....	46
XVII. CONCLUSIONES .....	47
XVIII. RECOMENDACIONES.....	48
XIX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
XX. ANEXOS.....	52

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquemas de un molde de inyección de plásticos.....	6
<b>Figura 2.</b> Máquina inyectora de usillo .....	7
<b>Figura 3.</b> Procedimiento de inyección .....	8
<b>Figura 4.</b> Prolongación de los nervios.....	9
<b>Figura 5.</b> Cobertura del revestimiento.....	10
<b>Figura 6.</b> Moldes por inyección de polímero .....	11
<b>Figura 7.</b> Molde de una sola cavidad .....	11
<b>Figura 8.</b> Molde de multi cavidad .....	12
<b>Figura 9.</b> Componentes de molde de colada caliente .....	12
<b>Figura 10.</b> Molde de canal frio. ....	13
<b>Figura 11.</b> Formas para obtener un flujo equitativo.....	13
<b>Figura 12.</b> Partes de un molde de inyección.....	14
<b>Figura 13.</b> Especificaciones de un molde. ....	16
<b>Figura 14.</b> Bebedero del molde .....	17
<b>Figura 15.</b> Tipos de canales de distribución.....	18
<b>Figura 16.</b> Líneas de flujo .....	19
<b>Figura 17.</b> Problema de líneas de soldadura. ....	19
<b>Figura 18.</b> Temperaturas de elaboración y del molde .....	20
<b>Figura 19.</b> Sistema de expulsión.....	21
<b>Figura 20.</b> Esquema sobre el proceso de electroerosión .....	23
<b>Figura 21.</b> Monitor de una máquina. ....	24
<b>Figura 22.</b> Representación de los códigos.....	25
<b>Figura 23.</b> Diagrama de una máquina CNC .....	26
<b>Figura 24.</b> Placa porta cavidades .....	29
<b>Figura 25.</b> Placa porta núcleos .....	30
<b>Figura 26.</b> Lego (vista: superior e inferior) .....	31
<b>Figura 27.</b> Componentes del molde.....	31
<b>Figura 28.</b> Placa base móvil .....	32
<b>Figura 29.</b> Placa porta expulsores .....	33

<b>Figura 30.</b> Representación esquemática de los tipos de varillas de expulsión (A) eje de cabeza cónica (B) eje de cabeza cilíndrica (C) eje de cabeza cilíndrica y espiga en el extremo. ....	33
<b>Figura 31</b> Placas paralelas (amarillo) .....	33
<b>Figura 32.</b> Anillo centrador.....	34
<b>Figura 33.</b> Columna guía .....	34
<b>Figura 34.</b> Bocín .....	35
<b>Figura 35.</b> Especificación del objeto dada por SolidWorks .....	36
<b>Figura 36.</b> Proceso de llenado (inicial).....	39
<b>Figura 37.</b> Proceso de llenado finalizado .....	39
<b>Figura 38.</b> Sistema de refrigeración de la porta cavidades y serpentín de apoyo	41
<b>Figura 39.</b> Sistema de refrigeración de la porta núcleo.....	41
<b>Figura 40.</b> Sistema de refrigeración del núcleo.....	42
<b>Figura 41.</b> Especificaciones de la máquina inyectora .....	52
<b>Figura 42.</b> Continuación de las especificaciones anteriores.....	

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Propiedades de material ABS .....	30
<b>Tabla 2.</b> Materiales a utilizar para la construcción del molde .....	32
<b>Tabla 3</b> Especificaciones de la inyectora a utilizar .....	35
<b>Tabla 4</b> Resumen de datos de la simulación de inyección .....	42
<b>Tabla 5</b> Presupuestos de materiales .....	46

## **INTRODUCCIÓN**

El presente documento es un trabajo de titulación que se enmarca en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial con modalidad dual en la Universidad Politécnica Salesiana. Su objetivo principal es el diseño y simulación de un molde de 4 cavidades para la inyección de piezas tipo lego, cuyas dimensiones son de 137.20 x 61 x 37.6 mm y un espesor de 2 mm, utilizando acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) como material principal. En un contexto industrial donde la eficacia y la optimización de procesos son fundamentales, el desarrollo de un molde que permita la producción de múltiples unidades en un solo ciclo de inyección se presenta como una necesidad prioritaria para la empresa Decormet, que busca incrementar su capacidad de producción y reducir costos operativos.

Este proyecto aborda la importancia del diseño asistido por computadora en un software (CAD), destacando el uso como SolidWorks y SolidWorks Plastic. Estos programas se utilizarán para crear modelos tridimensionales y realizar simulaciones de inyección, lo cual permitirá optimizar los parámetros de producción, como el flujo de plástico y la presión. Al integrar simulaciones en el proceso de diseño, se garantiza la funcionalidad y eficiencia del molde, piezas producidas. A través de este trabajo, se busca contribuir significativamente al campo de la mecánica industrial, presentando una solución viable para el desafío de la fabricación de piezas plásticas y aportando al conocimiento técnico y práctico sobre el uso de herramientas CAD en el diseño de moldes y procesos de inyección.

## CAPITULO I

### II. PROBLEMA: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa ecuatoriana *Decormet*, dedicada a la fabricación de productos plásticos y carpintería metálica, se encuentra en proceso de lanzamiento de un nuevo producto de su catálogo: Un lego con dimensiones diferentes a comparación del mercado. Si bien *Decormet* cuenta con la maquinaria necesaria para la producción en serie de este innovador juguete, presenta una limitación crucial: no dispone del molde de inyección de plástico requerido para su fabricación.

Ante la necesidad de producir: 10.000 unidades del lego, surge la necesidad de diseñar un molde que cumpla con los siguientes requisitos:

- Debe permitir la producción de 4 unidades en un solo ciclo de inyección, optimizando los tiempos y costos de fabricación.
- Debe garantizar la precisión dimensional y la calidad superficial de cada pieza del lego, cumpliendo con los estándares de seguridad y calidad.
- Debe ser compatible con la máquina inyectora existente en *Decormet*, aprovechando al máximo sus capacidades técnicas.

Para abordar esta problemática, se propone el diseño y simulación de un molde multi cavidad que cumpla con los requerimientos de producción y se adapte a la maquinaria disponible. Con este enfoque, la empresa podrá superar la limitación actual y lanzar con éxito su nuevo producto al mercado.

#### - **Antecedentes y justificación**

Mediante los conocimientos adquiridos durante el periodo académico. El proceso de moldeo por inyección se considera la técnica más comúnmente empleada en la industria del plástico. Se caracteriza por su calidad y adaptación al mercado, permitiendo la creación de una amplia variedad de piezas, tanto simples como complejas, con notable precisión, acabado superficial de calidad y costos operativos reducidos, lo que lo hace ideal para la producción en grandes cantidades.

En primer lugar, se eleva la temperatura de la materia prima hasta que se convierte en una masa líquida uniforme, que posteriormente se inyecta bajo presión en un molde.

Cuando el proceso de llenado está casi finalizado, se ejerce una presión de compactación para ocupar el espacio restante de la cavidad y contrarrestar la contracción que resulta del enfriamiento del material. Una vez que la compuerta de la cavidad se ha solidificado, no es necesaria más presión y se permite que el material se enfríe hasta que adopte la forma deseada. Cuando la pieza alcanza la rigidez suficiente, se separan las partes hembra y macho, y se expulsa la pieza [1].

En los últimos años la tecnología se ha preparado enfocada en los procesos de mecanizado mejorado de forma efectiva la productividad y seguridad de los procedimientos industriales enfocándose en el diseño, análisis, instalación, mantenimiento de equipos y máquinas; disminuyendo el tiempo de fabricación de productos.

Ciertas aplicaciones que demandan elevadas propiedades térmicas o mecánicas utilizan dopantes junto con aditivos y materiales reforzantes. Estos aditivos no solo mejoran las características de los polímeros inyectados, sino que también pueden modificar las condiciones de procesamiento, exigiendo temperaturas y presiones superiores, lo que a su vez puede incrementar las tensiones internas residuales [2].

El problema encontrado de la empresa Decormet portan un molde de 2 cavidades trabajando con varios desgastes durante el tiempo y el uso. Ante la necesidad de producir: 10.000 unidades del lego, surge la necesidad de diseñar un molde que cumpla con los siguientes requisitos:

- Debe permitir la producción de 4 unidades en un solo ciclo de inyección, optimizando los tiempos y costos de fabricación a comparación del molde de 2 cavidades.
- Debe garantizar la precisión dimensional y la calidad superficial de cada pieza del lego, cumpliendo con los estándares de seguridad y calidad, mejorando también el acabado superficial del mismo.

## **Justificación**

Con el diseño y simulación de un molde multi cavidad se puede verificar si cumple con los requerimientos de producción y la adaptación a la maquinaria disponible, así la empresa *Decormet* pueda llevar acabo su fabricación, producción y de esta manera superar su limitación actual y lanzar con éxito su nuevo producto al mercado buscando una solución en el sector económico, empresarial e industrial en el ámbito didáctico, generando un impacto positivo en su crecimiento y rentabilidad del producto.

- **Grupo objetivo (beneficiarios)**

*Decormet* es una entidad ecuatoriana dedicada a la fabricación de productos en materiales plásticos y carpintería metálica, se enfoca en la producción de elementos didácticos como uno de sus objetivos principales. Estos elementos están diseñados para apoyar la enseñanza y el aprendizaje, utilizando polímeros y procesos de fabricación mediante moldes de inyección de plásticos. Al dirigir sus productos a instituciones educativas y estudiantes. Esta industria busca contribuir a la educación y al desarrollo de habilidades a través de materiales didácticos y de alta calidad, ofreciendo una solución educativa que fomente la creatividad, la exploración y el aprendizaje interactivo.

- **Delimitación del problema**

El presente análisis de resultados se desarrolló para la empresa *Decormet* ubicada en la parroquia la Kennedy en la zona norte de Quito, considerando los resultados obtenidos del análisis de simulación del molde de 4 cavidades que ayudara a una alta producción aplicada a los procesos educativos didácticos.

### **III. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.**

#### **11.1 Objetivo General**

Diseñar y simular un molde de 4 cavidades, para inyección de piezas lego de 137.20 x 61 x 37.6 mm y un espesor de 2 mm en ABS.

#### **11.2 Objetivo Específicos**

- Desarrollar el diseño de un molde para una producción alta, aplicada a procesos educativos y funciones didácticas.
- Aplicar conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en el diseño de moldes, simulación de procesos de inyección, selección de materiales y desarrollo de planos.
- Realizar un análisis y validar tanto el proceso de inyección como el funcionamiento a través de un software CAD-CAM con los resultados de la simulación y de la parte metodológica.

## CAPITULO II

### IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 12.1 Componentes para el proceso de inyección

La inyección es un método altamente efectivo para producir una amplia variedad de componentes con formas complejas como se visualiza en la Figura 1 [3]. En la jerarquía de los procedimientos de transformación de materiales plásticos, este método se sitúa en la segunda posición, precedido únicamente por el sistema de extrusión. El uso de la técnica de moldeo por inyección se ha expandido en diversas industrias gracias a su eficacia y flexibilidad. No obstante, a diferencia de otros procedimientos industriales, la calidad y el desempeño en la fabricación de componentes moldeados no están únicamente determinados por el tipo de material utilizado; también pueden influir otros factores como el equipo, los sistemas de refrigeración y otros parámetros.

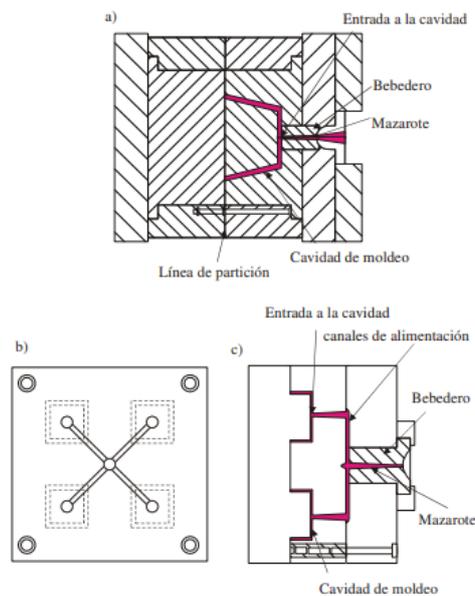
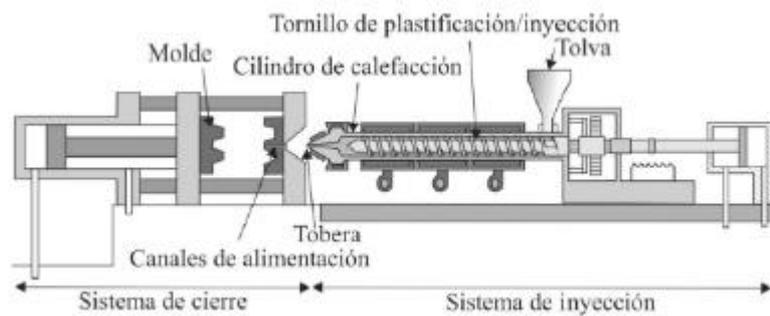


Figura 1. Esquemas de un molde de inyección de plásticos

##### 12.1.1 Máquina

En las primeras máquinas utilizadas, la etapa de fusión se efectuaba en un cilindro calefactor. En estos aparatos, el material, que se presenta en forma de pellets, es introducido en el cilindro calefactor mediante un embudo de alimentación ubicada en la parte trasera del cilindro. El material se calienta y se funde mientras avanza hacia

la parte delantera del cilindro, impulsado en sucesivas etapas por las embestidas de un pistón que se mueve con precisión dentro del cilindro calefactor. El pistón de inyección fuerza al material derretido a fluir desde el cilindro calefactor hacia las cavidades del molde, completando así la segunda etapa del proceso como se visualiza en la Figura 2 [4].



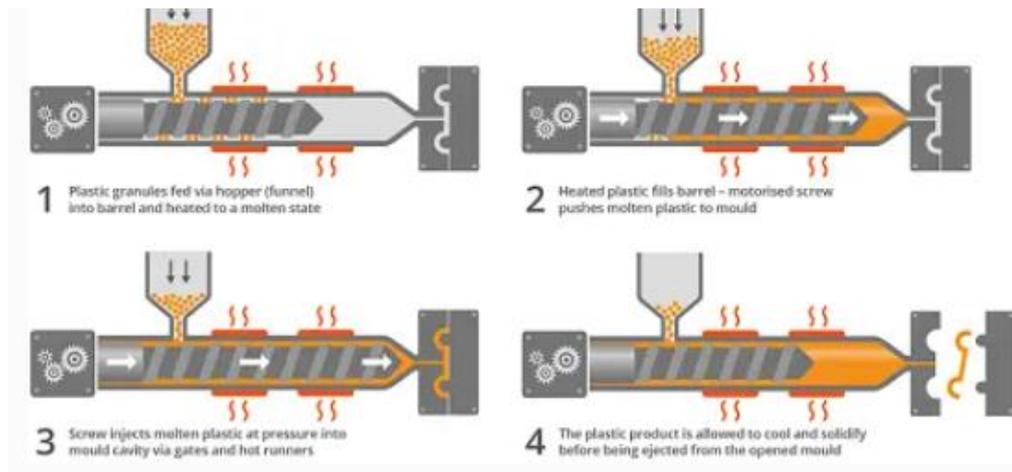
*Figura 2.* Máquina inyectora

### 12.1.2 Proceso de inyección

Se realiza de manera no continua y es ejecutado completamente por una única máquina conocida como inyectora, junto con su equipo secundario o periférico correspondiente como se visualiza en la Figura 2 [5].

Fases de inyección en la máquina:

- Compactación del molde
- Calentamiento del material llenado
- Dosificación y sistema de enfriamiento
- Incorporación al molde de llenado
- Separación de los elementos



**Figura 3.** Procedimiento

### 12.1.3 Aplicaciones del sistema

Los plásticos, al trabajar con estos se pueden utilizar diferentes métodos para fabricar un producto plástico siendo el más popular el moldeo por inyección siendo el más rentable y ayuda a producir piezas en mayor cantidad con una alta calidad. El uso de esta metodología ha generado un significativo progreso, especialmente en sectores como el automotriz, electrónico, energético, farmacéutico, doméstico, agrícola, de juguetes, de construcción, computación, de bebidas refrescantes, lácteos, cervecero, entre otros.

### 12.2 Ángulos de inclinación y dirección de inyección

Para diseñar un molde por inyección es preciso establecer una dirección para permitir la eyección y la línea de separación; una vez dicho esto las protuberancias deben alinearse a las estructuras para evitar la tracción del núcleo y así asegurarnos una producción efectiva con una alta calidad. Por lo general los ángulos de salida permiten que al expulsar la pieza no tenga riesgos de perjudicar a los pasadores del expulsor o incluso podría dañar al molde; se debe diseñar las paredes de la pieza con una leve inclinación. Algunas recomendaciones se deben tomar en consideración como:

- Realizar un ángulo de  $0.5^{\circ}$
- En otro caso puede ser de  $1-2^{\circ}$
- En las superficies de cierre es de  $3^{\circ}$
- En las caras con texturas ligeras  $1-3^{\circ}$

### 12.3 Costillas y cartelas

Los nervios y los refuerzos son prolongaciones que se deben tomar en consideración ya que aportan una resistencia adicional a la pieza, eliminan las deformación, hundimientos y vacíos.

Si el diseño no se realiza adecuadamente, puede ocasionar contracciones. Esto ocurre cuando la velocidad del sistema de enfriamiento en determinadas áreas de la pieza es superior al flujo en otras secciones, lo que resulta en una deformación permanente. La forma correcta de realizar los nervios el espesor de la pared parámetro, la contracción de la materia prima debe realizarse entre 50% y el 60% de la pared a la que está unida como se detalla en la Figura 4 [1].

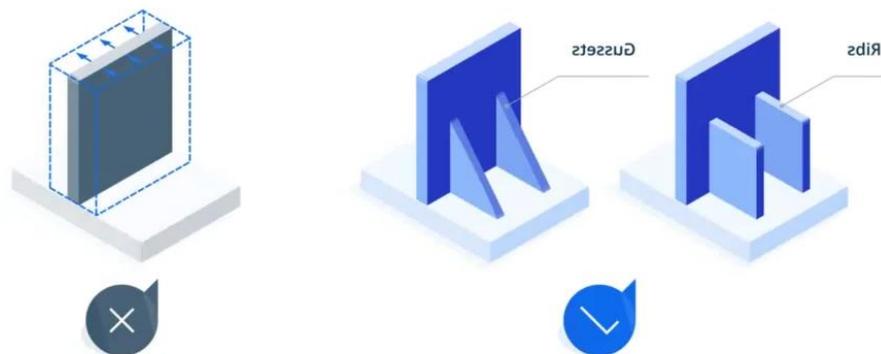


Figura 4. Prolongación de los nervios

### 12.4 Radios, filetes al diseño de la pieza

Los chaflanes y los filetes pueden reducir la agudeza de los bordes de los productos, evitando que los usuarios tengan lesiones al momento de manipular; es importante al momento de realizar el diseño de un objeto portátil o aún más en juguetes para niños. Ayudan a reducir las tensiones por lo que en algunos puntos se concentran; disminuyendo la probabilidad de la rótula de la pieza en estos puntos y así alargando la vida del producto. Al aplicar esto en el diseño también adquiere una mejor presentación combinando la efectividad con la elegancia del producto.

El proceso de redondear las aristas, es factible, para un mejor terminado reduce las esquinas cortantes, lo que favorece al fluido del material como a la capacidad estructural de la pieza. Las aristas cortantes generan una vulnerabilidad, dado que el material fundido. Tanto los filetes como los chaflanes pueden reducir la concentración

de tensiones como se lo hablo anteriormente, sin embargo, hablando de una forma más específica los filetes facilitan una transición continua, mientras que los chaflanes proporcionan una transición lineal al momento de hablar de una pieza de plástico como se visualiza en la Figura 5 [2].

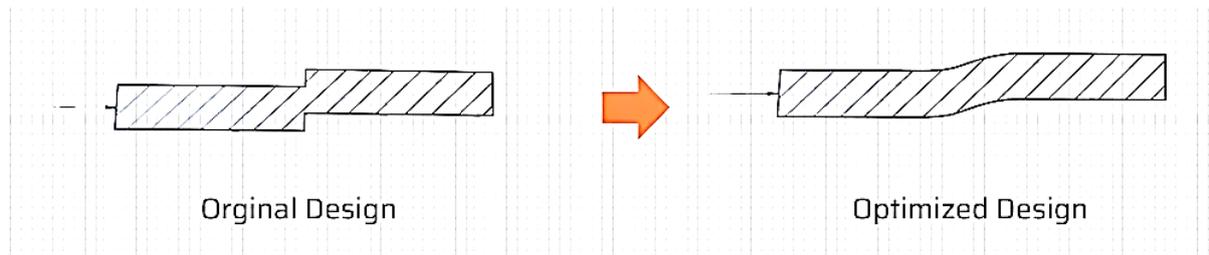


Figura 5. Cobertura del revestimiento

Para la fluidez del material fundido es muy importante ya que facilita el llenado. Las aristas vivas pueden causar un atrapamiento de aire o burbujas debido a los vértices resaltados en el diseño de la pieza lo que puede conllevar aun hecho más significativo causando un sobrecalentamiento en puntos localizados provocando quemaduras.

### 12.5 Tipos de moldes de inyección

En la actualidad tiene una mayor importancia, ya que se obtiene una alta producción con un mayor rendimiento, por ende, existen diferentes tipos de moldes en donde su dominio depende de los acabados que tendrá para los diferentes tipos de productos. Así, se logra obtener productos con mejores acabados que puedan competir con el mercado; a través de esta técnica pueden elaborarse diferentes sistemas fabricando los componentes de forma individual como se visualiza en la Figura 6.

Para esto se ha desarrollado diferentes tipos de moldes para diferentes tipos de acabados o dimensiones proporcionadas por el fabricante; los cuales se procede con los siguientes:

- Molde de una cavidad
- Molde multi cavidad
- Molde de doble y triple disparo
- Molde de colada caliente o fría
- Molde de colada mixta



*Figura 6.* Moldes por inyección de polímero

### **12.5.1 Molde de una cavidad**

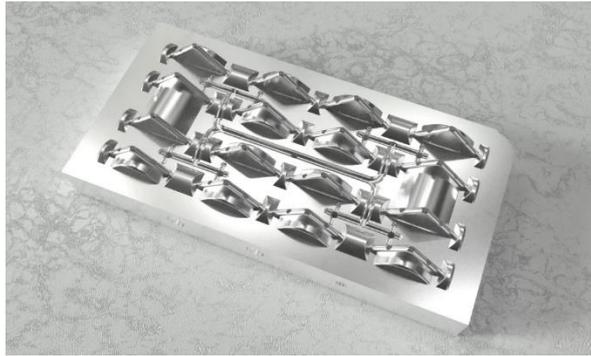
El optar por esta opción de una sola cavidad, donde cada uno puede producir una sola pieza obteniendo una mayor calidad al fabricarlo; esto se utiliza para elaborar piezas con mayor estructura y con altas especificaciones de precisión permitiendo una rápida verificación del diseño como se visualiza la Figura 7.



*Figura 7.* Molde de una sola cavidad

### **12.5.2 Molde de multi cavidades**

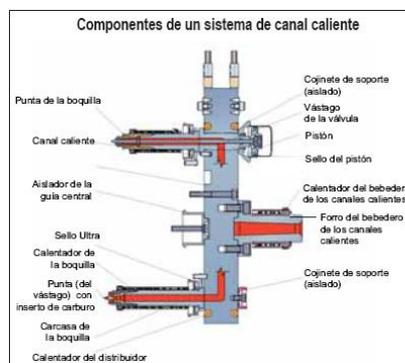
Un molde multi cavidad es capaz de producir la misma pieza varias veces optimizando el flujo del material asegurándonos que el material fundido se dispersé de forma uniforme por la cavidad. El número de cavidades varía respecto al tamaño del molde, las dimensiones de la pieza y de las especificaciones de producción como se menciona en la Figura 8.



**Figura 8.** Molde de multi cavidad

### 12.5.3 Molde de colada caliente

El sistema de calentamiento sirve para mantener el plástico fundido a una temperatura alta constante durante el proceso. El control de temperatura del proceso del líquido caliente se realiza en máquinas de tamaño pequeño y mediano con un solo termopar. Esto confirma la importante ventaja que suponen los sistemas de agua caliente y calefacción indirecta para un mejor sistema económico como se presenta en la Figura 9 [6].



**Figura 9.** Componentes de molde de colada caliente

### 12.5.4 Molde de colada fría

El sistema consiste en introducir el plástico derretido en la argolla que inicialmente se posiciona. Posteriormente, el plástico derretido pasa a través de un bebedero y un canal, que se encuentran a la misma temperatura del molde, antes de ingresar a la cavidad. Como consecuencia, al enfriarse, la consistencia adopta la forma de la cavidad con el plástico endurecido en el canal conectado [7].

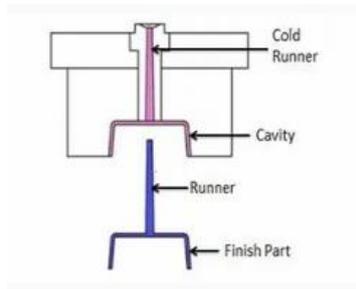


Figura 10. Molde de canal frío

## 12.6 Flujo equilibrado y compensado

Las condiciones físicas del polímero que ocupa la cavidad en el momento en que la mazarota se solidifica tienen un impacto significativo en la calidad y características finales de las piezas moldeadas. Por esta razón, es esencial que todos los moldes con múltiples cavidades comiencen a llenarse simultáneamente y terminen al mismo tiempo. Esto garantizará que el material siga un camino consistente para llenar cada cavidad, lo que se conoce como flujo equilibrado. Sin embargo, este enfoque requiere un molde mucho más grande y tiene el inconveniente de requerir que se coloque una cantidad significativa de material en los cortes. Otra opción es ajustar el diámetro y la longitud de la entrada a las cavidades para equilibrar las diversas lecturas de presión que causan el flujo del material, también conocido como flujo compensado. Gracias al flujo compensado, es posible colocar las cavidades lo más cerca posible entre sí y minimizar la longitud de los canales, como se interpreta en la Figura 11 [8].

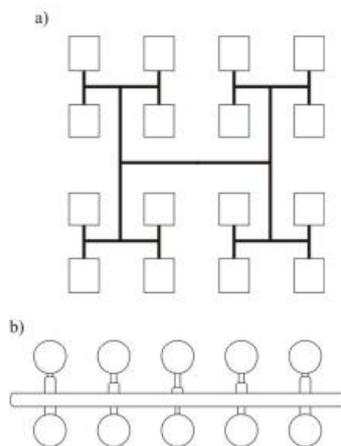
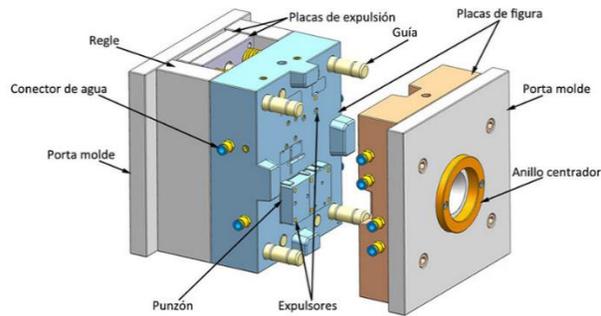


Figura 11. Formas para obtener un flujo equitativo

## 12.7 Partes funcionales



*Figura 12.* Partes

- **Porta Molde**

Un soporte para moldes, que también se denomina placa de fijación de moldes. Su función primaria es mantener el molde en las plataformas de la máquina inyectora durante el proceso de inyección.

- **Placa de expulsión**

La función primordial de las placas de expulsión es ofrecer una base plana y homogénea para la instalación y movimiento de los expulsores del molde. Estas placas están dotadas de múltiples perforaciones o surcos que facilitan la inserción y fijación segura de los expulsadores en la superficie.

- **Placa porta cavidad**

En esta placa se ubica la geometría de la pieza a inyectar; estas son una pareja tanto la hembra como el macho que van ubicados y caras opuestas.

- **Expulsores**

Como su nombre lo indica esos permiten que la pieza inyectada posteriormente se separe del molde.

- **Bujes guías**

Son estructuras en donde se encuentran las columnas guías; sirven para guiar y mantener una posición estable durante el proceso de inyección.

- **Canales de refrigeración**

Estos canales se ubican en unos puntos estratégicos donde el material fundido alcanza su mayor temperatura y se mantiene en reposo, para esto este sistema ayuda a poder manipular y enfriar al objeto producido.

- **Cavidad**

La cavidad representa el elemento que sufre más modificaciones en un molde, puesto que se confecciona de acuerdo con las dimensiones y la forma que demanda el proyecto. En realidad, existen cavidades simples y complejas, dependiendo de la estructura de las paredes y del volumen que necesite el producto final.

- **Núcleo**

Este elemento es el soporte para la cavidad; es una forma que contrasta con el producto, y facilitará el moldeo total durante el proceso de inyección.

### **12.8 Especificaciones para la fabricación**

Al momento de fabricar o diseñar un molde por inyección de plástico, debe plantearse aspectos importantes para su desarrollo como material, el molde, la temperatura y la presión como se visualiza en la Figura 13.

- **Material**

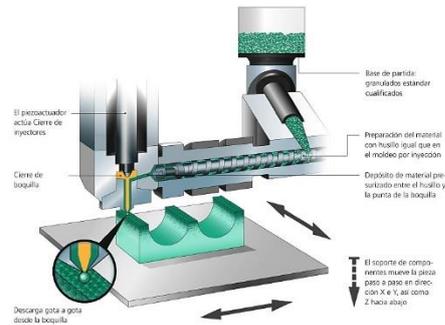
El material necesita ser adecuado para el propósito final del artículo. Por ejemplo, las especificaciones para un dispositivo médico pueden diferir de las de una pieza automotriz [9].

- **Molde**

Es un dispositivo que determina la configuración del producto terminado. Está elaborada con materiales resistentes, como el acero o el aluminio, se compone de dos partes: la cavidad y el núcleo [9].

- **Temperatura**

La temperatura es un factor crítico en el sistema de inyección. Afecta la disposición de la pieza, el tiempo de ciclo y la eficiencia del proceso.



**Figura 13.** Especificaciones de un molde.

## 12.9 Cavidades

La pieza geometría de la geometría determina el volumen en función de la densidad del material inyectable, lo que da el peso del trabajo. Este volumen debe compararse con la capacidad del inyector para determinar el número de posibles cavidades inyectables. Se obtiene el volumen en función de la densidad del material inyectable, lo que da el peso de la pieza [5].

$$F1 = \frac{Sv}{Av} \quad (1)$$

- $F1 =$  Numero de cavidades
- $Sv =$  Volumen máximo de inyección de la maquina
- $Av =$  Volumen de la pieza más canales de alimentación

## 12.10 Sistemas de trabajo

Consideraciones a seguir:

- Sistema de alimentación
- Sistema de expulsión

### 12.10.1 Sistema de alimentación

La alimentación, objetivo de los sistemas es recibir el producto terminado del molde, el cual es enviado a la cavidad a través del cilindro de plastificación. El objetivo es recibir el producto terminado del molde [5].

Los objetos que lo componen son:

- Bebedero y anillo centrador



### 12.11.2 Canales de sección parabólica

$$D = S_{max} + 1.5mm (2)$$

$$W = 1.25 D$$

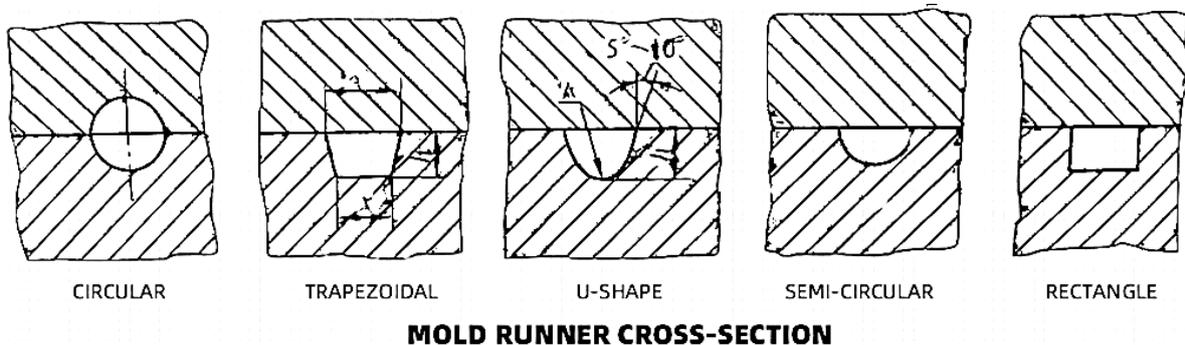


Figura 15. Tipos de canales de distribución

### 12.11.3 Canales de estrechez

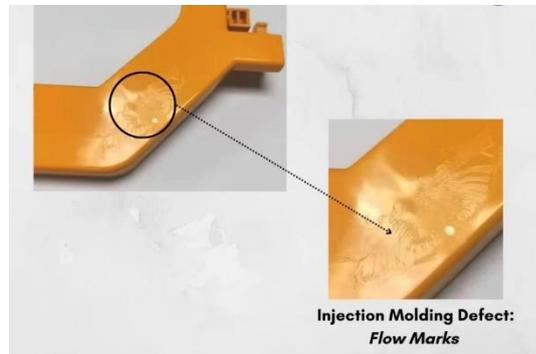
La sección del llenado del sistema que une un sistema canal de distribución y la cavidad destinada a la pieza se denomina canal de estrangulación que une el canal de distribución y la cavidad con destino a pieza se llama canal de estrangulación. Generalmente el más largo parte de todo el sistema. De todo el sistema es mejor que sea lo menos posible y que sea más fácil de desmontar, eligiendo su colocación en la pieza para minimizar la aparición de marcas no deseadas y evitar futuras costosas manos de obra sea lo mínimo posible y que sea más fácil de desmontar, eligiendo su colocación en la pieza minimizar la aparición de marcas no deseadas y evitar mano de obra costosa en el futuro [5].

## 12.12 Defectos dentro de los sistemas

### 12.12.1 Líneas de flujo

Un problema común con los moldes que tienen entradas pequeñas o desalineadas surge cuando el material primario se inyecta a una velocidad excesivamente alta. En estas situaciones, la parte material inicial parte Será muy quedará muy desnivelada, dificultando la entrada del material restante, que no se soldará. Son visibles las líneas de flujo y unión entre el material inicial y el restante, como se visualiza en la Figura 16, dificultando la entrada del material restante, que no se soldará. Son visibles las líneas

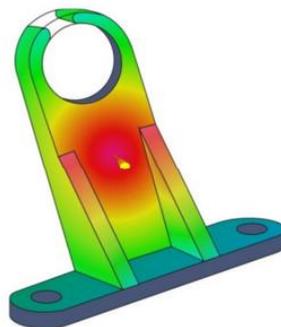
de flujo y unión entre el material inicial y el remanente, como se ilustra en la Figura 16 [3].



*Figura 16. Líneas de flujo*

### **12.12.2 Líneas de soldadura**

La formación de líneas de soldadura es otro fenómeno bastante común. Cuando se fabrica un molde, el material se introduce siguiendo un frente de flujo que frecuentemente tiene una serie de obstáculos que dificultan o facilitan su avance. Cuando dos frentes de flujo se colocan a temperaturas extremadamente frías, puede que no se fusionen correctamente, lo que lleva a la formación de líneas de soldadura. Como se ve en la Figura 17, las líneas de soldadura pueden representar porciones de las piezas que son susceptibles a fracturarse con el tiempo [3].



*Figura 17. Problema de líneas de soldadura.*

### **12.13 Sistema de refrigeración**

Al momento de tratar con polímeros, estos se inyecta el fluido fundido a una elevada presión y altas temperaturas dependiendo del polímero con el que se trabaje adaptándose a la cavidad realizada; para esto debe adaptarse un sistema de

enfriamiento, teniendo en cuenta la temperatura con la que se esté trabajando y la forma de disipar el calor al momento de solidificarse el material fundido, ya que esta no puede ser desmoldeada cuando no se completó el tiempo de rigidez; para esto, basándonos en la Figura 18 [10] se verifica la temperatura que debe alcanzar para ser fundido.

Material	Temperatura de elaboración (°C)	Temperatura del molde (°C)
Polietileno de baja densidad	170 - 260	0 - 70
Polietileno de alta densidad	220 - 320	0 - 70
Poliestireno normal	200 - 250	30 - 60
Poliestireno antichoque	200 - 250	30 - 60
Poliamida 6	240 - 290	60 - 100
Poliamida 6 + fibra de vidrio	260 - 310	80 - 120
Poliamida 6,6	260 - 300	40 - 120
Poliamida 6,6 + fibra de vidrio	280 - 320	60 - 120
Poliamida 6,10	230 - 260	80 - 120
Estireno – acrilonitrilo	230 - 260	50 - 80
Polimetacrilato	170 - 230	40 - 90
Policarbonato	280 - 310	85 - 120
Copolimero acetal	180 - 230	70 - 130
Cloruro de polivinilo blando	180	20 - 80
Cloruro de polivinilo duro	160 - 190	20 - 80
Polipropileno	180 - 280	0 - 80
Acetato de celulosa	180 - 230	40 - 80
Acetobutirato de celulosa	180 - 220	40 - 80
Propionato de celulosa	180 - 220	40 - 80
Acrilonitrilo - estireno – butadieno	180 - 240	50 - 80

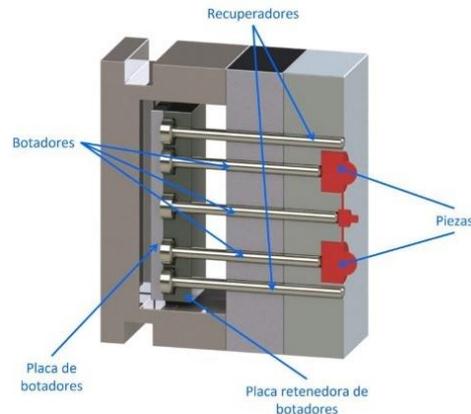
*Figura 18.* Temperaturas de elaboración y del molde

El enfriamiento es un parámetro importante que determina la calidad y rentabilidad de un molde; durante el proceso de inyección del material alcanza la temperatura de fundición y para esto debe realizarse la mayor cantidad de canales para facilitar el proceso mejorando la temperatura interior del molde reduciendo la tensión del producto para esto visualizamos en la Figura 18.

#### **12.14 Sistema de expulsión**

La expulsión del elemento prevalece de la caída por la gravedad al abrir la compuerta. Existe la posibilidad de que la pieza quede adherida, por lo cual, se debe incorporar

un sistema que desprenda la pieza del molde mediante un mecanismo de expulsión. Existen formas de efectuarse este sistema ya sea de forma neumática, hidráulica y mecánica como se menciona en la Figura 19 [11].



*Figura 19.* Sistema de expulsión.

## 12.15 Tratamientos térmicos

Numerosos tratamientos térmicos, tratamientos, diversas aleaciones y sus interacciones y diversos requisitos requieren conocimientos y habilidades profundos para resolver problemas en este campo. Las diversas asociaciones y sus interacciones, así como los diversos requisitos, requieren conocimientos y habilidades profundos para resolver problemas en este campo [12].

### 12.15.1 Temple

El temple es el proceso de calentar un metal a una temperatura específica por encima de su punto de fusión para obtener una estructura cristalina específica (estructura de austenita), y luego enfriarlo rápidamente a una velocidad mayor que la velocidad crítica para obtener una estructura de austenita, martensita o bainita, que imparte la dureza final al acero a una velocidad crítica (dependiendo de la estructura del acero)[13].

### 12.15.2 Cementación

La propagación del carbono al área se llama cementación. El proceso implica calentar el metal a más de 900 °C desde el centro, donde el gas penetra en la superficie del metal con el tiempo. El proceso puede realizarse con intermediarios (electricidad con aditivos, baño de sal de cianuro) o con monóxido de carbono CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>. A menudo se utiliza un medio gaseoso porque permite controlar la profundidad de purificación.

La carburación, se realiza un enfriamiento para obtener la dureza requerida, lo que le da al acero una pequeña dureza superficial y un núcleo dúctil que le da la mayor resistencia [12].

### **12.15.3 Normalizado**

Como su nombre lo indica, es el tratamiento de los metales que les otorga las características necesarias para ser consideradas normales. Se utiliza en piezas fundidas, forjadas o mecanizadas para mejorar su estructura, aumentar la maquinabilidad y aliviar tensiones creadas durante el proceso de endurecimiento. El propósito de este tratamiento es aumentar la dureza del metal que se está procesando [14].

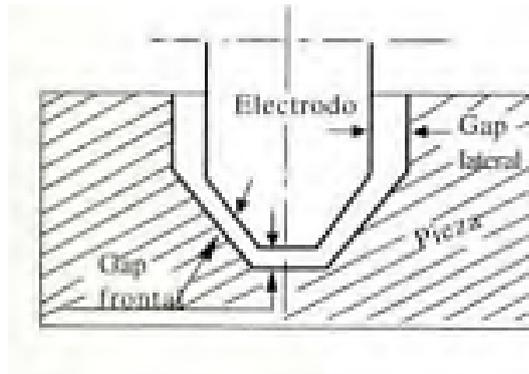
## **12.16 Procesos especiales para la fabricación del molde**

### **12.16.1 Mecanizado por electroerosión**

El procedimiento por arranque de viruta, en el cual se enciende una serie de chispas (eléctricas) se presentan descargas) se presentan entre dos polos, con un tiempo predeterminado entre dos polos, con un tiempo predeterminado de separación, retirándose, sin ningún contacto (electrodo) [15].

Esta es una tecnología que nos permite realizar trabajo con detalles aún mayores y de alta precisión. Esto puede ser aplicado a materiales eléctricamente conductores como:

- Acero
- Aleaciones
- Grafito
- Cerámicas



*Figura 20.* Esquema sobre el proceso de electroerosión

Este proceso consta en colocar la pieza a mecanizar frente a un electrodo-útil, conectándola a un electrodo del generador de corriente. Dicha proforma se degrada de forma selectiva dentro del baño a una velocidad dependiendo de la corriente de cada zona.

### **12.16.2 Materiales**

Existen varios materiales que pueden ocuparse para trabajar como pueden ser:

#### **12.16.3 Grafito**

El grafito es mucho más fácil de manipular al momento de mecanizar ya que cuenta con una gran estabilidad a diferencia del cobre; este material así mismo puede ser muy frágil por ello hay que tener mucho cuidado al momento de la sujeción del material [15].

Este material se puede mecanizar con una alta precisión y tolerancia estrechas, en donde el comportamiento de este material al realizar el proceso de electroerosión puede también resultar un poco difícil al utilizar electrodos en grafito ya que conserva sus propiedades mecánicas a elevadas temperatura y las distorsiones son prácticamente nulas.

### **Características**

- Temperatura de sublimación 3600°C

## 12.17 Control numérico computarizado

El resultado CAD se utiliza en la fabricación asistida por computadora (CAM). Con dos herramientas, CAD-CAM, el diseñador ha podido mejorar significativamente la precisión y la productividad al mismo tiempo que logra una calidad excepcional en los proyectos que entrega. Ya no es habitual que las oficinas de diseño implementen planes sin una conexión clara con los aspectos de diseño y producción. Los dibujos creados con CAD se envían a un software CAM, luego de analizar estrategias de mecanizado, se almacenan en un formato alfanumérico y geométrico que puede enviarse directamente al equipo.

El CN, que significa control numérico, es una de las principales formas que se envía información de diseño desde el CAD hacia CAM o más conocido como control numérico por computadora (CNC), que puede guardar diseños utilizados en una amplia gama de procesos de fabricación relacionados [16].

### 12.17.1 Códigos

Los códigos G son un lenguaje de programación técnico que permite controlar máquina CNC y automatizar proceso de fabricación en donde fundamenta a profesionales de la ingeniería, la manufactura y el mecanizado; estas palabras se utilizan para iniciar comando de control de forma dinámica para la preparación de la operación en donde la máquina interpreta los datos siguiendo una trayectoria ingresando en el monitor de una CNC Figura 21 [17].



*Figura 21.* Monitor de una máquina.

Dentro de esta lista se visualiza algunos comandos para realizar operaciones como se observa en la Figura 22 [18].

G00	Modo de posicionamiento punto a punto del control (recorrido rápido)
G01	Modo de interpolación lineal del control (recorrido lineal)
G02	Interpolación circular arco en el sentido horario
G03	Interpolación circular arco en sentido contrahorario
G04	Parada: retraso predeterminado antes de ejecutar las instrucciones del bloque actual
G05	Mantenimiento: retraso infinito antes de ejecutar instrucciones del bloque actual, que solo termina el operador o un interruptor de seguridad
G06	No asignado: puede adquirir un uso estándar
G07	Evitar aceleración
G08	Desaceleración
G09	Interpolación lineal que se utilizan para dimensiones largas
G10	Interpolación lineal que se utiliza para dimensiones cortas
G11	Interpolación 3D
G17	Selección de plano XY
G18	Selección de plano ZX
G19	Selección de plano YZ
G20	Interpolación circular en arco en sentido horario (se utiliza para dimensiones largas)
G21	Interpolación circular en arco en sentido horario (se utiliza para dimensiones cortas)
G25	Inicio de sub-rutina
G26	Fin de sub-rutina
G30	Reservado para contorneado contrahorario (distancia larga)
G31	Reservado para contorneado contrahorario (distancia corta)
G33	Corte de roscas (avance constante)
G34	Corte de roscas (avance creciente)
G35	Corte de roscas (avance decreciente)
G36	Sólo se utiliza para propósitos de control
G40	Compensación del cortador (cancelar)
G41	Compensación del cortador (izquierda)
G42	Compensación del cortador (derecha)
G43	Compensación del cortador (positiva)
G44	Compensación del cortador (negativa)
G52	No asignado y reservado para control adaptable
G53	Cambio lineal cancelar
G54	Cambio lineal (X)
G55	Cambio lineal (Y)
G56	Cambio lineal (Z)
G57	Cambio lineal (XY)
G58	Cambio lineal (XZ)
G59	Cambio lineal (YZ)
G62	Posicionamiento rápido
G63	Machuelado
G70	Programación en pulgadas en herramienta NC, que acepta dimensiones en pulgadas, así como en milímetros
G71	Programación métrica
G78	Ciclo de fresado
G79	Ciclo de fresado
G80	Ciclo fijo cancelar
G81	Repetir función: ciclo de torneado fijo/ciclo de taladrado
G82	Estadía en ciclo de taladrado circular
G83	Ciclo de taladrado
G84	Ciclo rectangular (ciclo de roscado)
G90	Programación en dimensiones absolutas
G91	Programación en dimensiones incrementales
G92	Preestablecer posición
G94	Velocidad de avance en mm/min (pulgadas/min)
G95	Velocidad de avance en mm/rev (pulgadas/rev)
G96	Velocidad superficial constante (mm/min)
G97	Velocidad (rev/min)
G98	Origen absoluto (punto de referencia de la máquina)
G99	Origen flotante

Figura 22. Representación de los códigos.

### 12.17.2 Ventajas de las máquinas

Las máquinas que poseen un control numérico tienen varias ventajas mostrando en la

Figura 23 [17]:

1. Mayor precisión al realizar cualquier componente.
2. El tiempo de avance es menor.
3. Tienen una mayor capacidad de producción, hablando de tiempo y precisión.
4. Facilidad de programación con códigos numéricos.
5. Mayor confianza en las máquinas.
6. Se pueden realizar cambios durante el proceso.
7. La potencia de máquina es óptima.
8. Se reduce los errores causados por el operario.
9. Dentro de la máquina se puede variar las velocidades o avances.

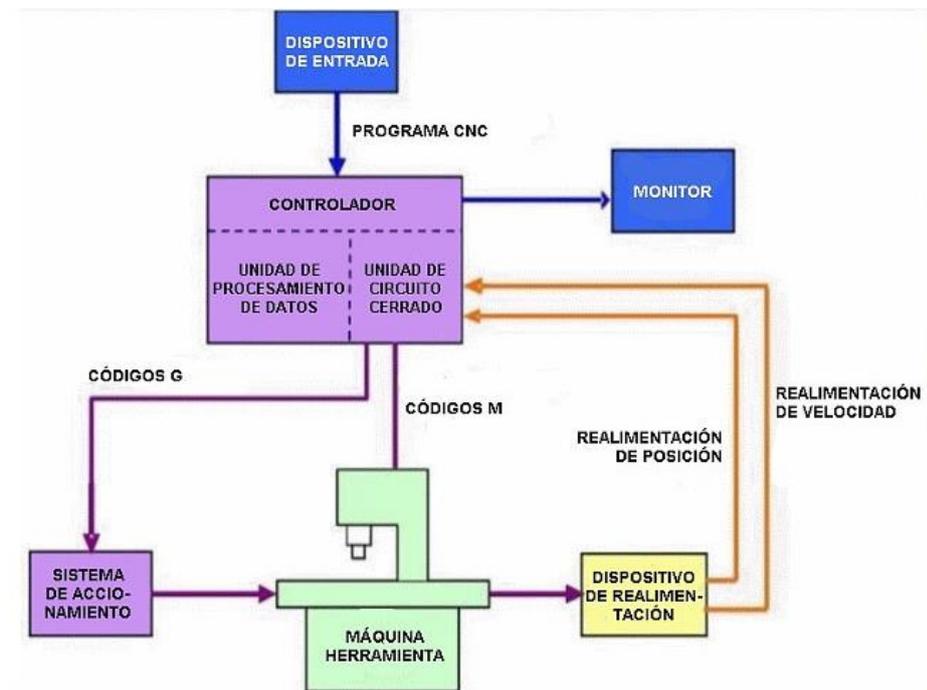


Figura 23. Diagrama de una máquina CNC

### 12.17.3 Estructura del programa

Según el tipo de software de control numérico, puede tratarse de un conjunto de información codificada que se convierte en una serie de instrucciones. Estas

instrucciones se llevan a cabo en un orden lógico para que la máquina pueda realizarlas correctamente [19].

Posteriormente el dígito de bloque se asignan los signos de instrucción G, M, F, S, T, X, Z, junto a los que se pueden habilitar múltiples cargos, pero únicamente efectuar un movimiento [20].

El programa debe finalizar en un M30 específicamente para un control Fanuc:

- *O1245 (ESTRUCTURA DEL PROGRAMA) ;*
- *N05 T0000 G40 G21 G97 G99 ;*
- */ N10 G28 U0 W0 ;*
- *N20 G4 ;*
- *“ “ “*
- *“ “ “*
- *N250 M30*

#### **12.17.4 Funciones genéricas**

Los tipos de palabras que se emplean para realizar los pasos y que conforman al programa CNC:

- *N – Numero de frase o bloque*
- *G – funciones preparatorias*
- *X – Coordenada*
- *Y /Z – Coordenada*
- *F – Indicación de la velocidad de avance*
- *S – Velocidad de giro de la herramienta*
- *T – N° de la herramienta*
- *M – Funciones auxiliares*

## **CAPITULO III**

### **XIII. Marco metodológico.**

El presente Marco Metodológico tiene como finalidad describir el enfoque y las herramientas utilizadas para el diseño de un molde eficaz y práctico que cumpla con las características específicas. La investigación se abordará desde una perspectiva deductiva, inductivo y experimental, lo que permitirá combinar el análisis de información teórica y la experimentación practica para alcanzar los objetivos del proyecto.

#### **13.1 Inductivo**

El método deductivo se utilizará a través de la recolección y el estudio de datos importantes sobre el diseño de moldes para colada caliente. Se revisarán guías técnicas, estudios científicos y experiencias anteriores de la compañía en la producción de moldes. Esta información funcionará como fundamento teórico para la selección de opciones en la creación del nuevo molde, garantizando que satisfaga los criterios de calidad y eficacia demandados.

#### **13.2 Experimental**

La fase de pruebas se realizará a través del uso de diferentes programas de software y simulación. Primero, se conseguirán los mejores parámetros para la inyección en el molde usando el programa SolidWorks Plásticos. Luego, se creará la porta molde en el programa CAD/CAM SolidWorks, tomando en cuenta los resultados de la simulación de inyección. Posteriormente, se examinará el procedimiento para hacer el molde usando el software CAM en el mismo, lo que permitirá mejorar los tiempos y gastos. Finalmente, se finalizará un estudio minucioso de los gastos de producción para garantizar la rentabilidad financiera del proyecto como un aspecto adicional.

En este apartado se muestran los resultados más importantes logrados en la creación del proyecto. Se consiguió crear un molde efectivo y práctico que se ajusta a las características indicadas por la empresa. Los resultados de la simulación de inyección y el estudio de fabricación hicieron posible mejorar el diseño del molde y disminuir los

gastos de producción. Además, se llevó a cabo un examen minucioso de los gastos de producción para garantizar la factibilidad financiera del proyecto.

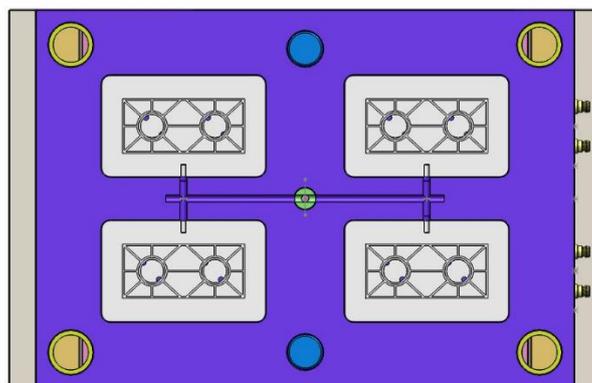
### 13.3 Conocimientos adquiridos y aplicados

Gracias a la cooperación con la compañía, entendimos a fondo sus procedimientos de producción, abarcando los materiales que utilizan, las tolerancias de fabricación y los estándares de calidad requeridos. Esta información fue fundamental para crear un molde que se ajustara a sus requerimientos particulares y asegurara la compatibilidad con su equipo y procedimientos actuales.

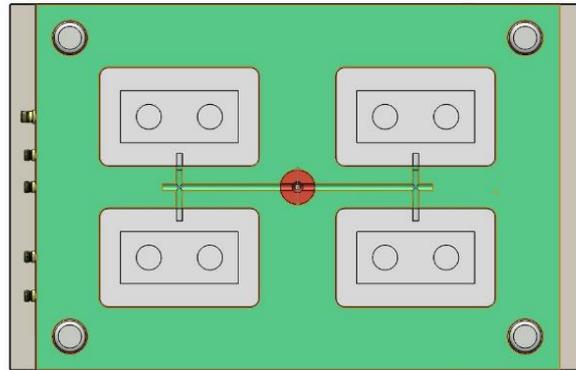
Los conocimientos sobre la producción de la empresa nos facilitaron la selección de los materiales y componentes apropiados para el molde, garantizando su durabilidad y resistencia al desgaste. La comprensión de los modelos de calidad de la empresa nos motivó a diseñar un molde que minimice los defectos en las piezas y asegure su conformidad con las especificaciones. Nuestros conocimientos en diseño de moldes nos habilitaron para calcular el número óptimo de cavidades con el fin de maximizar la producción sin comprometer la calidad de las piezas.

#### 13.3.1 Justificación del diseño

Inicialmente, los cálculos mostraban una cifra más alta de cavidades. No obstante, la compañía pidió de manera particular un diseño para 4 cavidades debido a restricciones técnicas en su equipo de inyección. Se valida esta solicitud y modificación el diseño para ajustarnos a sus necesidades como se visualiza en la Figura 24-25.



**Figura 24.** Placa porta cavidades



**Figura 25.** Placa porta núcleos

### 13.4 Selección del material

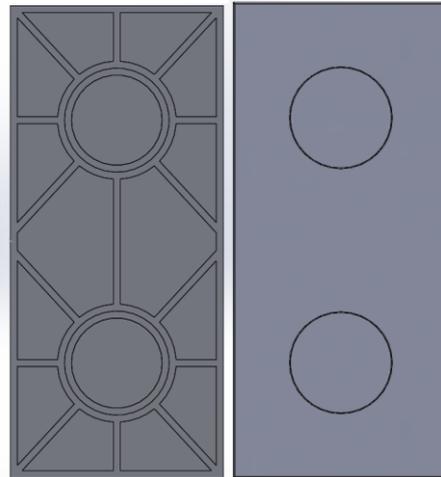
El requerimiento de la empresa de utilizar ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) se fundamenta en la optimización de las propiedades de este copolímero para la fabricación del producto en cuestión. El ABS se distingue por su **equilibrio excepcional de propiedades mecánicas, térmicas y químicas** como se visualiza en la Tabla 1 [21], lo convierte en un material óptimo para la industria.

**Tabla 1.** Propiedades de material ABS

Propiedades	Valor	Unidad de medida
Índice de fluidez	10-30	<i>g/10min</i>
Temperatura de fusión	210-250	<i>°C</i>
Resistencia al impacto	10-25	<i>kJ/m<sup>2</sup></i>
Resistencia a la tracción	40-60	<i>MPa</i>
Alargamiento a la rotura	10-50	<i>%</i>
Módulo de flexión	2000-2500	<i>MPa</i>
Temperatura de deflexión bajo carga	95-105	<i>°C</i>
Porcentaje de contracción	0.1-0.8	<i>%</i>

### 13.5 Elaboración del diseño

El elemento solicitado por la empresa *Decormet* con las especificación y requerimientos; en donde se requirió que se realice un diseño de un lego como se detalla a continuación.

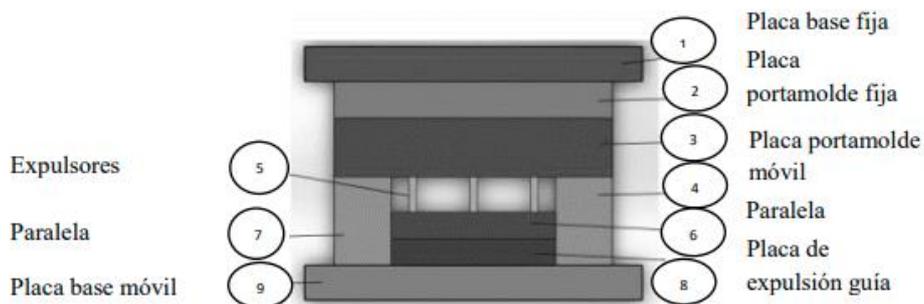


**Figura 26.** Lego (vista: superior e inferior)

Las medidas totales de la pieza tienen de largo 137.29 mm x 61 mm y de altura de 37.6 mm con un espesor de 2 mm a petición de *Decormet* con el propósito de disminuir el peso y para aumentar la resistencia se realizó una extensión al segmento inferior como se visualiza en la Figura 26.

### 13.6 Selección del material

Para determinar el tipo de material con que se va a trabajar para la construcción del molde, se tomó en consideración cada una de las partes constitutivas del molde como se presenta en la Figura 27 [22] y se elaboró la Tabla 2 tomando en cuenta la aplicación de cada una de sus partes.



**Figura 27.** Componentes del molde

**Tabla 2.** Materiales a utilizar para la construcción del molde

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad de medida</b>
Índice de fluidez	10-30	<i>g/10min</i>
Temperatura de fusión	210-250	°C
Resistencia al impacto	10-25	<i>kJ/m<sup>2</sup></i>
Resistencia a la tracción	40-60	<i>MPa</i>
Alargamiento a la rotura	10-50	%
Módulo de flexión	2000-2500	<i>MPa</i>
Temperatura de deflexión bajo carga	95-105	°C
Porcentaje de contracción	0.1-0.8	%

## 13.7 Diseño del soporte

### 13.7.1 Placa base móvil

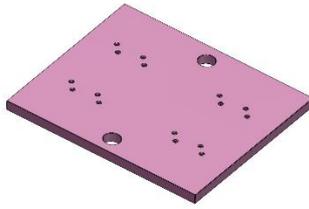
Esta placa va sujeta los lados paralelos y a la placa de expulsión base mediante pernos M10 x 25mm; esta placa consta con un agujero central concéntrico. Elaborado del material AISI 1045 especificado en la Tabla 2, el mismo que posee una dureza necesaria para asegurar la construcción de este como se visualiza en la Figura 28.



**Figura 28.** Placa base móvil

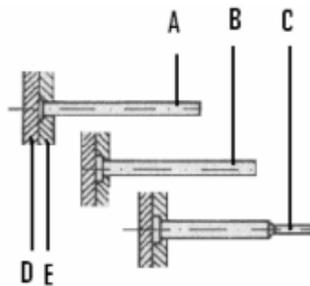
### 13.7.2 Placa expulsora

Esta placa expulsora es un sistema de expulsión para la pieza inyectada, dicha placa está sujeta por 4 pernos M10 para llave Allen. Se ubican 4 espolsadores directamente en la placa con una columna guía para la placa porta núcleos como se visualiza en la Figura 29.



**Figura 29.** Placa porta expulsores

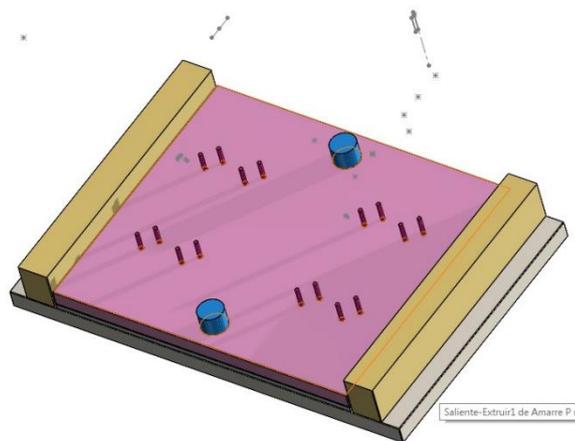
El diseño de los expulsores varía dependiendo de la aplicación como en la Figura 30 [22]:



**Figura 30.** Tipos de varillas de expulsión (A) eje de cabeza cónica (B) eje de cabeza cilíndrica (C) eje de cabeza cilíndrica y espiga en el extremo.

### 13.7.3 Placas paralelas

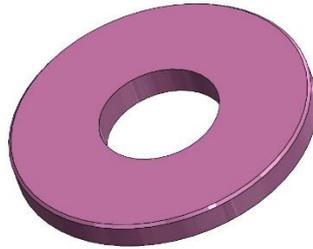
La función de las placas paralelas es de brindar un centrado perfecto para el anillo centrador, la placa porta núcleos y el bebedero permitiendo el posicionamiento de este como se visualiza en la Figura 31.



**Figura 31** Placas paralelas (amarillo)

#### 13.7.4 Anillo centrador

Iniciando desde las dimensiones que va a tener dependerá esta máquina inyectora ya que esta debe encajar directamente en el plato tomando de referencia el agujero de esta; este elemento lo proporcionara la empresa, sus dimensiones es de  $\varnothing 100\text{mm} \times 40 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  como se visualiza en la Figura 32.

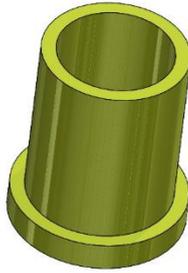


**Figura 32.** Anillo centrador

Dentro de esto también encontramos lo que son las columnas guías y los bocines, manteniendo el mismo principio que deben realizarse en acero plata como se plantea en la Tabla 2.



**Figura 33.** Columna guía



**Figura 34.** Bocín

### 13.8 Especificación de máquina inyectora

Se trabaja con una inyectora marca EASYMASTER, modelo EM180-SVP/2 con las siguientes especificaciones de la Tabla 3 [23].

**Tabla 3.** Especificaciones de la inyectora a utilizar

<b>Volumen máximo de carga</b>	650 $cm^3$
<b>Peso inyectado (ABS)</b>	598g
<b>Fuerza de cierre</b>	180 Tn
<b>Espesor máximo</b>	500 mm
<b>Dimensiones</b>	5,5x1,3x1,9 mm

### 13.9 Cálculos para el molde

#### 13.9.1 Cálculos de cavidades

El número de cavidades se dependerán del molde y otros factores, para esto se determina el volumen del objeto a inyectar y la capacidad de la máquina para esto debe verificarse con anterioridad las características de máquina dichas por el fabricante.

Para encontrar el número de cavidades se verifico en la ecuación (1):

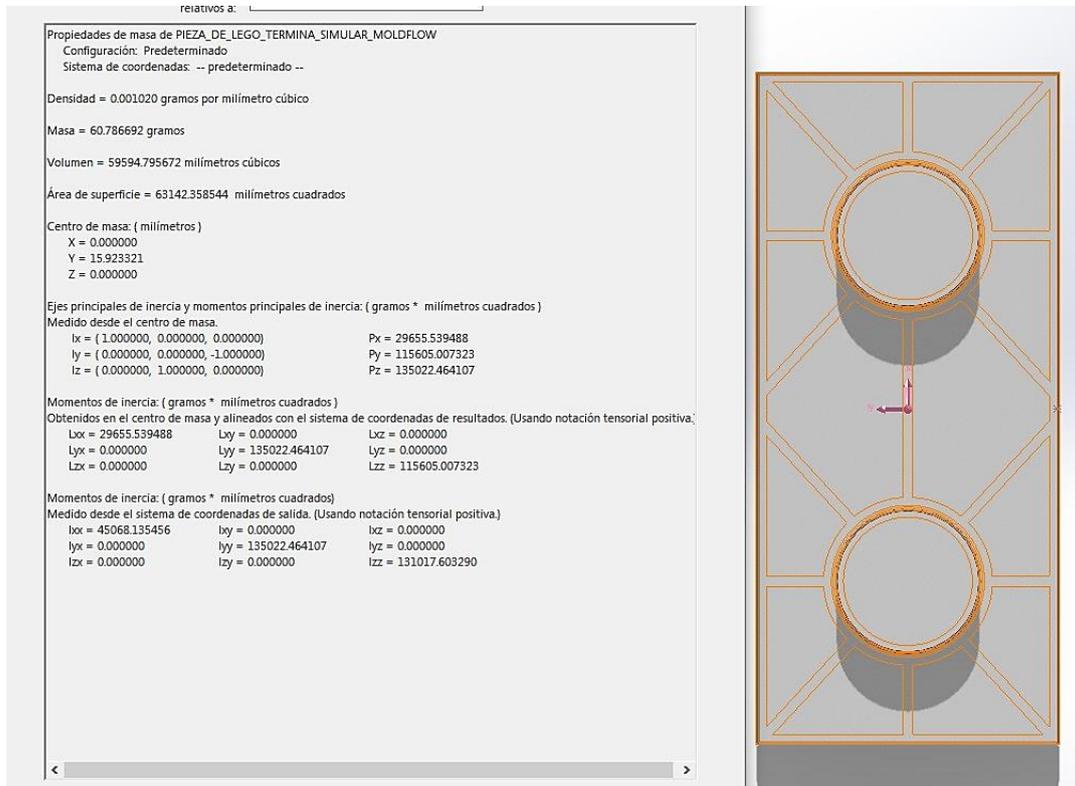
$$Fn = \frac{Sv}{Av} (1)$$

$Fn$  = Número de cavidades

$Sv$  = Capacidad de inyección de la máquina

$A_v = \text{Volumen de la pieza a inyectar}$

Para el volumen de la pieza se utiliza los siguientes datos:



**Figura 35.** Especificación del objeto dada por SolidWorks

$$A_v = 59594.7mm^3 = 59.59cm^3$$

Se utiliza el porcentaje de contracción dada en la Tabla 1, en donde para el material ABS tiene un grado de contracción de 0.1-0.8% a esto proseguimos multiplicarlo como se visualiza en la ecuación (2).

$$A_v = 59594mm^3 * (0.008) (2)$$

$$A_v = 47672mm^3 = 47.672cm^3$$

El aforo de inyección de máquina en la Tabla 3, ahora se sustituye los datos mostrados en la ecuación (1).

$$Fn = \frac{650cm^3}{47.672cm^3}$$

$$Fn = 13,63 \approx 13 \text{ cavidades}$$

En resumen, realizará hasta 13 cavidades como máximo, pero a petición de la empresa solo se realizará 4 cavidades.

### 13.9.2 Cálculos de los botadores

El cálculo del diámetro de los botadores en un molde de inyección es un paso importante que necesita tomar en cuenta varios elementos para garantizar la salida adecuada de la pieza sin causarle daño, como se visualiza en la ecuación 3.

$$Ab = A * \frac{6.45cm^2}{516cm^2} \quad (3)$$

*Ab = área necesaria del botador*

*A = área de la pieza*

Es recomendable ubicar un perno expulsor de  $6.45cm^2$  de área de empuje por cada  $516cm^2$  de área de contacto pieza molde cumpliendo en la ecuación (3) [24].

Para esto se calcula el área de la pieza ecuación (4) y luego se sustituye en la ecuación (3).

$$A = b * h \quad (4)$$

$$A = 61 * 13.73cm$$

$$A = 83.753cm^2$$

Se sustituye los datos:

$$Ab = 83.753cm^2 * \frac{6.45cm^2}{516cm^2}$$

$$Ab = 1.04cm^2$$

Para obtener el diámetro del botador, los valores que necesitamos es el área necesaria del botador luego se sustituye en la ecuación (5).

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (5)$$

$R =$  radio del botador

$A =$  Area necesaria del botador

Se sustituye los datos en la ecuación (5):

$$r = \sqrt{\frac{1.04 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$r = 0.57 \text{ cm}$$

En conclusión, el radio obtenido se debe multiplicar por dos y así se obtiene el diámetro de 1.14 mm.

### 13.9.3 Tiempo de llenado

El tiempo que se tarda en inyectar es fundamental para la calidad de la pieza y la eficacia del ciclo. Se realizó una simulación en SolidWorks para el diseño del molde utilizando ABS, logrando un tiempo de **1.88 segundos**, un valor apropiado según el grosor del material. El tiempo de inyección varía según el grosor y tiene un impacto en la calidad, el ciclo y la eficiencia. Se aconseja verificar con pruebas auténticas y observar el tiempo durante la fabricación.

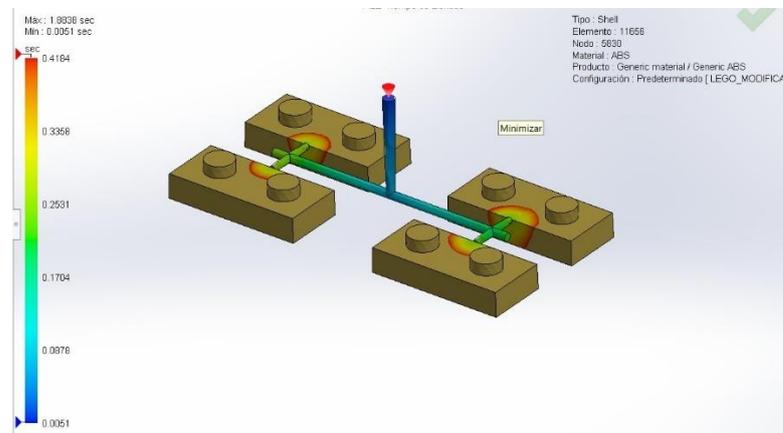
### 13.10 Simulación de llenado

El llenado en SolidWorks ofreció datos importantes acerca del tiempo que toma llenar, el patrón de circulación del material caliente y la forma en que se distribuye la presión en el interior del molde.

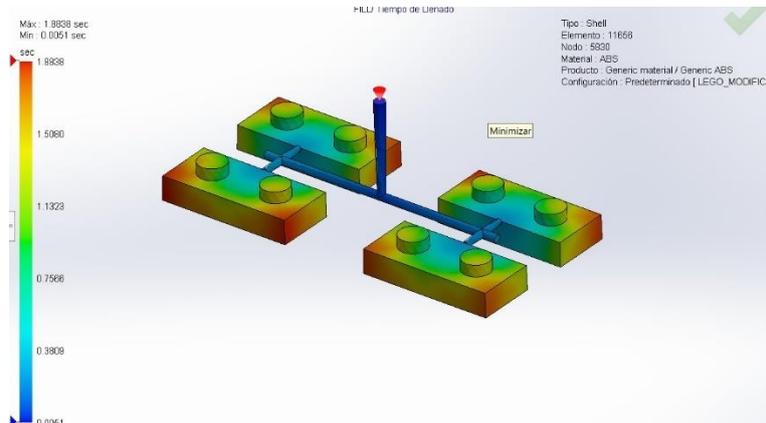
- **Ciclo de llenado:** La simulación mostró que el tiempo para llenar por completo las cavidades del molde es 1.88 segundos. Este valor está dentro de los límites sugeridos para el moldeo por inyección de ABS y es acorde con el grosor de la pared del producto como se detalla en la Figura 32.
- **Patrón de flujo:** La simulación facilitó observar el patrón de flujo del material derretido dentro del molde. Se notó que el material se mueve de forma constante y balanceada a través de los conductos de llenado y hacia las

cavidades, lo que indica que se reducirá el peligro de fallas como líneas de soldadura y atrapamiento de aire como se visualiza en la Figura 33.

- **Distribución:** La simulación demostró que la presión se reparte de manera igual en el molde durante la etapa de llenado. Esto sugiere que la configuración de los conductos de llenado es efectiva y facilita una distribución uniforme del material derretido en los espacios.



**Figura 36.** Proceso de llenado (inicial)



**Figura 37.** Proceso de llenado finalizado

Esto indica que las dimensiones de las piezas fabricadas en el molde de 4 cavidades son óptimas y facilitan una transición fluida.

$$x_1 = \frac{10,000 * (25.77)}{4} \quad (6)$$

$$X = 64,425 \text{ S}$$

$$X_1 = 17.90 \text{ horas}$$

El análisis demuestra que el molde de 4 cavidades, con un tiempo de ciclo de 25.77 segundos y requiere 17.90 h, para producir 10,000 unidades como se visualiza en la ecuación (6).

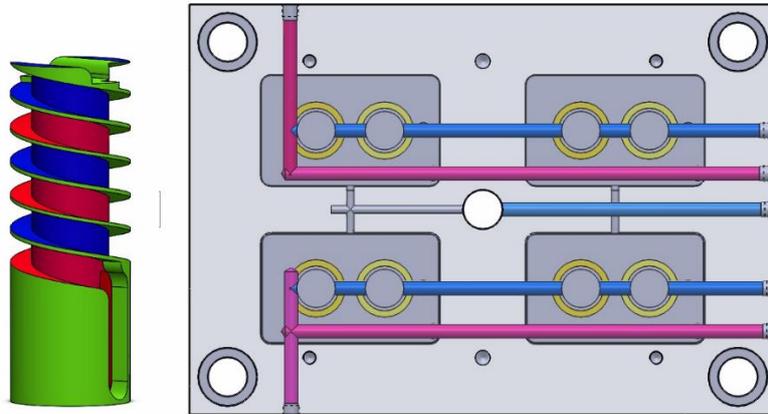
### 13.11 Sistema de enfriamiento

El sistema del molde ha sido meticulosamente concebido para asegurar una eficaz disipación del calor producido durante el proceso de inyección y solidificación del material ABS. Se ha establecido una red de canales de refrigeración situados estratégicamente en torno a las cavidades y los canales de alimentación, lo que permite un control de la temperatura del molde. Este diseño optimizado garantiza una solidificación uniforme del material, reduciendo al mínimo el riesgo de deformaciones, tensiones residuales y otros defectos que podrían influir en la calidad de las piezas.

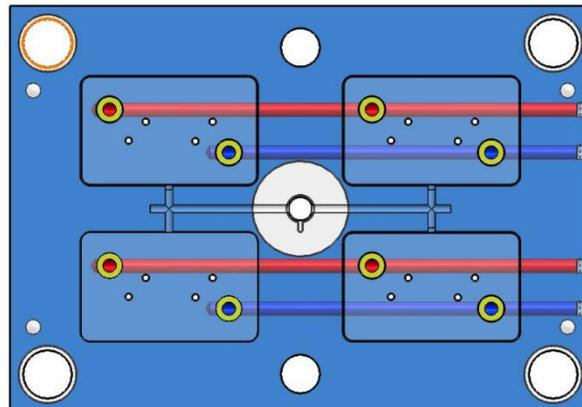
El serpentín de enfriamiento ha sido creado considerando los siguientes factores: Ubicación ideal. La colocación del serpentín en la parte baja de la pieza final garantiza un enfriamiento completo y efectivo del área más importante del molde. Esta posición facilita la eliminación del calor producido durante la inyección y el endurecimiento del material, previniendo alteraciones y tensiones remanentes en la pieza.

- **Flujo ininterrumpido del refrigerante:** La estructura del serpentín permite un flujo ininterrumpido del refrigerante, lo que asegura una transferencia de calor constante y parecida. Esto ayuda a sostener una temperatura ideal en el molde y a acortar los tiempos de ciclo.
- **Materiales:** El serpentín está hecho con materiales que tienen alta conductividad térmica para permitir el paso de calor entre el molde y el

refrigerante. Esto aumenta la efectividad del sistema de enfriamiento y disminuye el uso de energía como se representa en la Figura 37.

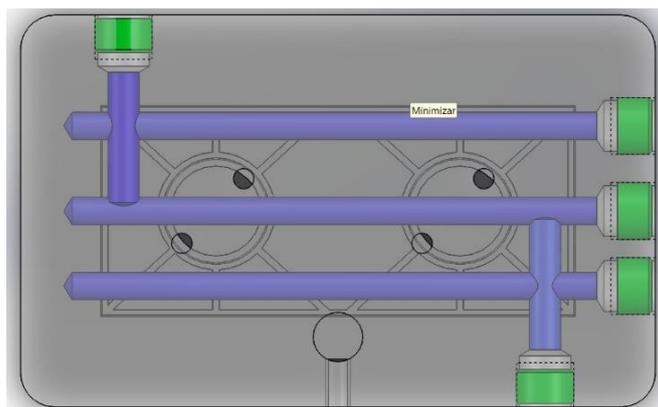


**Figura 38.** Sistema de refrigeración de la puerta cavidades y serpentín de apoyo



**Figura 39.** Sistema de refrigeración de la puerta núcleo.

Además, en el núcleo también se realizó un sistema de refrigeración para el producto ya finalizado como se indica en la Figura 38.



**Figura 40.** Sistema de refrigeración del núcleo.

### 13.12 Resultados de simulación

La Tabla 4, ilustra un resumen de los principales resultados obtenidos del análisis de inyección realizado para la pieza lego de 137.20 x 61 x 37.6mm, con un espesor de 2mm en ABS.

**Tabla 4.** Resumen de datos de la simulación de inyección

<b>Parámetros</b>	<b>Valor/observación</b>
Presión de inyección	46.1 MPa
Límite de presión de inyección	66% del límite máximo
Presión máxima en el mercado	140 MPa
Perdidas de presión	Boquillas, canales y puntos de inyección
Degradación del plástico	Riego bajo < 10°C
Temperatura mínima de frente de flujo	> 10°C
Temperatura de frente de flujo	+/- 10°C
Tiempo de refrigeración	> 1 min



**XIV. Capítulos.**

CAPITULO I.....	2
CAPITULO II.....	6
CAPITULO III.....	28



## XVI. PRESUPUESTO

*Tabla 5.* Presupuestos de materiales

<b>Lista de presupuesto</b>				
<b>Nombre del proyecto:</b>		Molde por inyección de plástico		
<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo Tol.</b>
Sistema de expulsión y soporte	AISI 1045	300kg		\$ 390
Porta cavidades y núcleos	AISI P20	380kg	\$5	\$ 1.900
Columnas y Bocines	AISI 4140		\$ 5	\$ 70.56
Botadores	AISI-SAE L2	2.40 m	\$ 7	\$ 17.50
Pernos y arandelas normalizados	AISI 1045		\$10	\$ 10
Sistema de refrigeración			\$ 20	\$ 20
Anillo de centrado	AISI 1045	2	\$8	\$ 16
Tratamientos Térmicos	Temple		\$80	\$80
Mano de obra				\$200
			<b>Total</b>	<b>\$ 2,704.06</b>

## **XVII. CONCLUSIONES**

- La máxima eficiencia en la producción, la reducción de tiempos de ciclo y el incremento de la capacidad productiva facilitarán a la empresa la optimización de sus recursos, la reduciendo los costos paulatinamente y el aumento de su rentabilidad.
- Dado a los datos obtenidos, el análisis realizó una comparativa manteniendo los valores de presión y temperatura del molde para verificar si se presentaban defectos o cambios en los parámetros para mejorar la calidad del producto.

## **XVIII. RECOMENDACIONES**

- En resumen, se sugiere a *Decormet* que invierta en un molde de 6 cavidades para incrementar la producción en un 33%, dado que las dimensiones de las piezas son óptimas y las modificaciones serían reducidas.
- Además, se recomienda llevar a cabo un control estricto de los parámetros de inyección, como la temperatura, la velocidad y la presión, con el fin de reducir al mínimo la aparición de líneas de soldadura y burbujas de aire, fundamentándose en los datos adquiridos del análisis del molde de 4 cavidades y a las simulaciones.
- Se recomienda llevar a cabo una evaluación y optimización del sistema de enfriamiento con el fin de garantizar una solidificación uniforme del plástico y disminuir el tiempo de ciclo.

## XIX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Guevara-Morales y U. Figueroa-López, «Residual stresses in injection molded products», 2014. doi: 10.1007/s10853-014-8170-y.
- [2] Acevedo Morales, «Effect of the molding temperature and cooling time on the residual stresses of crystal polystyrene», *DYNA (Colombia)*, vol. 81, n.º 187, 2014, doi: 10.15446/dyna.v81n187.40142.
- [3] M.Beltran y A.Marcilla, «TEMA 5. Inyección de Polímeros», 2025.
- [4] Sabino, «“Sistema de Reconocimiento de Patrones Visuales basados en Técnicas de Procesamiento de Imágenes y Redes Neuronales”», n.º marco teórico, 2002, Accedido: 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0101558/cap02.pdf>
- [5] Santiago Zambrano, «Fabricación de molde para botellones de agua», 2010.
- [6] Humplast, «Cómo se desarrolla el proceso de moldeo por inyección del plástico». Accedido: 3 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://humplast.com/2017/10/17/como-se-desarrolla-el-proceso-de-moldeo-por-inyeccion-del-plastico/?v=42983b05e2f2>
- [7] Lucas Bennett, «Molde de inyección de colada caliente frente a colada fría: diferencias clave | Rápido Directo». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.rapiddirect.com/es/blog/hot-runner-vs-cold-runner-injection-mold/>
- [8] Goi Eskola, «Módulo de Fundición», 2025.
- [9] David Muñoz, «Características a considerar de fabricación de un moldeo por inyección de plástico». Accedido: 3 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.plastico.com/es/noticias/moldeo-por-inyeccion-todo-lo-que-necesita-saber>
- [10] Protolabs, «Temperatura de transición vítrea de los polímeros | Protolabs». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en:

<https://www.protolabs.com/es-es/recursos/sugerencias-de-diseno/temperatura-de-transicion-vitrea-de-los-polimeros/>

- [11] Formación ambiente plástico, «Notas Técnicas – Ambiente Plástico». Accedido: 4 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://plastico.com.mx/notas/>
- [12] Cimiano C, «Introducción a los tratamientos térmicos - Metalmecánica». Accedido: 4 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/2506-Introduccion-a-los-tratamientos-termicos.html>
- [13] Ramada Acos, «Temple». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ramada.pt/es/servicios/aceros-y-aleaciones/tratamientos-termicos/temple.html>
- [14] M. Becerra-Rodríguez, V. J. Aguilar-Díaz, J. Bernardino-González, y F. Santana-Ramírez, «Tratamientos térmicos», *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, vol. 8, n.º 15, 2021, doi: 10.29057/estr.v8i15.6397.
- [15] J. R. Rúa, «Proceso de mecanizado por electroerosión», *Informador Técnico*, vol. 66, 2003, doi: 10.23850/22565035.852.
- [16] WinMax Mill, «G Code Table». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://support.hurco.com/wp-content/uploads/hurco\\_mill/NC\\_Programming/G\\_Code\\_Table.htm](https://support.hurco.com/wp-content/uploads/hurco_mill/NC_Programming/G_Code_Table.htm)
- [17] Censa Industria, «¿Qué es el CNC y Cómo está compuesta? - Censa Industrial». Accedido: 4 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://censaindustrial.com/que-es-el-cnc-y-como-esta-compuesta/>
- [18] MASSO, «Códigos G compatibles». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://docs.massoc.com.au/supported-g-codes?ln=es>
- [19] Siemens, «Diseño asistido por ordenador (CAD) | Siemens Software». Accedido: 4 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.sw.siemens.com/es-ES/technology/computer-aided-design-cad/>

- [20] O. Perez, «TORNO CON CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO», 2003. Accedido: 21 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/lab/Desktop/cnc\_torno.pdf
- [21] Yaouzu Deng, «Moldeo por inyección de ABS». Accedido: 6 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://proleantech.com/es/abs-injection-molding/>
- [22] Antonio Fonseca, «Diseño y construcción de un molde de inyección», 2018.
- [23] Chen Hsong, «EASYMASTER SVP/2 SERIES 80-560 tn-Máquina de moldeo por inyección», 2025.
- [24] Industry Lieutenants, «(1505) Sesión 5: Moldes y Herramentales Cálculos para diseño de elementos de moldes de inyección. - YouTube». Accedido: 7 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=7zd9kfwa5Q4>

## XX. ANEXOS

EASYMASTER SVP/2 SERIES | Máquina de moldeo por inyección

Unidad de inyección	Unidad	EM80-SVP/2			EM120-SVP/2		
Volumen de carga	cm <sup>3</sup>	121	163	221	163	221	265
Peso inyectada (PS)	g	113	150	203	150	203	244
Diámetro husillo	mm	31	36	42	36	42	46
Relación L/D husillo	L/D	22,6	19,6	16,8	22,7	19,6	17,5
Presión inyección (Max)	kgf/cm <sup>2</sup>	2.100	1.560	1.142	1.886	1.386	1.151
Capacidad de inyección (PS)	g/s	64	87	118	111	152	183
Capacidad de plastificación (PS)	g/s	7	12	17	13	18	25
Velocidad dosificación (Max)	rpm	182			198		
Carrera de husillo	mm	160			160		
<b>Unidad de cierre</b>							
Fuerza de cierre (Max)	t	80			120		
Carrera de apertura	mm	320			370		
Maxima luz	mm	640			790		
Plato móvil (HxV)	mm	545 x 490			605 x 605		
Espacio entre columnas (HxV)	mm	355 x 300			410 x 410		
Espesor Max. molde	mm	320			420		
Espesor Min. molde	mm	130			145		
Carrera de expulsor	mm	80			100		
Fuerza de expulsor	t	2,3			4,2		
<b>Otros</b>							
Presión de sistema	MPa	14,8			17,8		
Motor de bomba	kW	11			16		
Calefacción	kW	6,7			9		
Zonas control de temperatura	Zones	3 + Boquilla			3 + Boquilla		
Depósito de aceite	L	170			170		
Dimensiones máquina (LxWxH)	m	4,6 x 1,1 x 1,7			4,7 x 1,1 x 1,7		
Peso máquina	t	2,8			3,5		

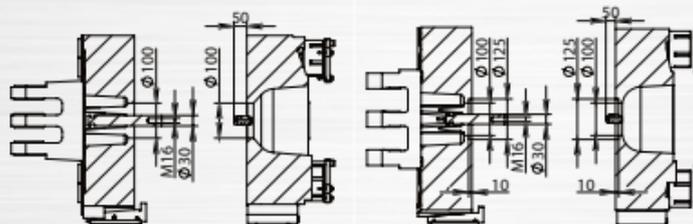


Figura 41. Especificaciones de la máquina inyectora

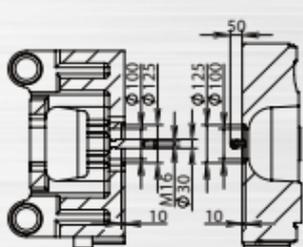
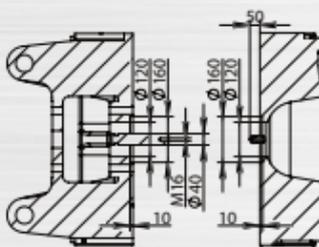
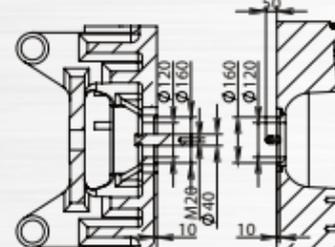
EM150-SVP/2			EM180-SVP/2			EM220-SVP/2		
277	332	425	382	488	650	390	499	664
255	305	391	351	449	598	359	459	611
42	46	52	46	52	60	46	52	60
21,8	19,5	17,3	22,2	19,8	17,2	23,3	20,6	17,9
1.937	1.621	1.264	2.120	1.662	1.254	2.345	1.835	1.376
136	163	208	178	229	305	163	210	279
15	21	29	23	31	41	23	31	41
	166			178			178	
	200			230			235	
150			180			220		
410			460			490		
860			960			1.090		
670 x 614			745 x 715			795 x 795		
455 x 425			505 x 500			560 x 560		
450			500			600		
160			180			195		
100			130			130		
4,2			4,9			7,7		
178			178			178		
16			30			30		
9,8			9,9			15,5		
3 + Boquilla			4 + Boquilla			4 + Boquilla		
275			275			360		
5,1 x 1,2 x 1,9			5,5 x 1,3 x 1,9			6,1 x 1,5 x 2,1		
4,5			6			7		
								

Figura 42. Continuación de las especificaciones anteriores.



