



**DISEÑO, FABRICACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE PLACA DE MOLDE DE  
INYECCIÓN PARA PROYECTO NASA HUMAN ROVER EXPLORATION  
CHALLENGE 2021.**

**SEMINARIO DE GRADO TECNOLOGIA EN PROCESAMIENTO DE  
PLASTICOS**

**DIEGO ARMANDO**

**CIFUENTES LOPEZ**

55000 [diegoa.cifuentesl@ecci.edu.co](mailto:diegoa.cifuentesl@ecci.edu.co)

**FABIAN ANDRES**

**GONZALEZ NOGUERA**

60356 [fabiana.gonzalezn@ecci.edu.co](mailto:fabiana.gonzalezn@ecci.edu.co)

**DOCENTE: ING MANUEL AMEZQUITA PULIDO**

**TECNOLOGIA EN PROCESAMIENTO DE PLASTICOS**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**BOGOTA DC**

**2021**

## INDICE

OBJETIVOS .....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
METODOLOGIA.....	8
RESUMEN .....	9
INTRODUCCION.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
SUBPROBLEMAS DE DISEÑO .....	13
MARCO TEÓRICO.....	14
Historia del moldeo por inyección .....	14
Antecedentes históricos de la industria plástica en Colombia.....	15
El principio del moldeo:.....	17
Molde de inyección .....	19
Partes del molde .....	20
Fundamentos del moldeo de inyección .....	21
Ciclo de inyección:.....	22
Fases del ciclo de inyección.....	23
Control de temperatura en la cámara de calefacción:.....	23
Comportamiento del material dentro del molde.....	23
Factores que influyen en el proceso de moldeo. ....	25
MATERIALES APLICABLES EN LOS MOLDES DE INYECCIÓN.....	25
SELECCIÓN DE MATERIAL PARA FABRICACION DE PLACA PORTA CAVIDADES.....	26
ESTUDIO DE PROVEEDORES PARA MATERIALES DE MOLDES .....	29
Tipos de aceros Bolher .....	30
Requisitos de los aceros para fundiciones inyectadas .....	32
<b>Aceros especiales SA</b> .....	33
Fichas técnicas.....	35
Materiales poliméricos para inyección. ....	36
Materiales termoplásticos .....	38
ESTADO DEL ARTE.....	42
COLADA CALIENTE & COLADA FRIA.....	42

SISTEMA DE COLADA CALIENTE.....	42
Colada aislada modificada.....	44
Colada caliente.....	45
SELECCIÓN DE BOQUILLAS.....	46
MÉTODOS DE INYECCIÓN EN SISTEMAS DE COLADA CALIENTE.....	47
Inyección térmica.....	47
Inyección con válvula.....	47
Puntos de inyección colada caliente.....	48
SISTEMA DE COLADA FRIA.....	49
COLADA CALIENTE VS COLADA FRIA.....	49
ELEMENTOS DE CALEFACCIÓN PARA LOS MOLDES DE COLADA CALIENTE.....	50
LIQUIDOS REFRIGERANTES.....	50
Temperatura del refrigerante.....	51
Consumo de refrigerante.....	51
Presión del circuito de refrigeración.....	51
Estado del refrigerante.....	51
Moldes de inyección de termoplásticos: Boquilla para ciclos cortos.....	52
Sensores en las cavidades para optimizar el proceso de inyección.....	52
Tecnología EDM.....	53
ENFRIAMIENTO ADECUADO DEL MOLDE.....	54
PROCESOS DE MECANIZADO.....	55
Mecanizado por arranque de viruta.....	56
Electro mecanizado.....	56
Control numérico por computadora (CNC).....	57
Aplicaciones de las máquinas CNC.....	57
Estructura de un programa CNC.....	58
Fresado.....	58
Taladro.....	59
Vaciado.....	60
Grabado.....	60
CNC Router.....	60
NORMAS ISO PARA MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO.....	62
DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD).....	62

SOFTWARE DE SIMULACION .....	63
SolidWorks Plastics.....	63
Moldex3D .....	63
TIIPFLOW .....	64
METROLOGÍA .....	66
CONTROL DE CALIDAD.....	71
Análisis experimental .....	75
CONCULSIONES .....	81
BIBLIOGRAFÍA .....	82
CIBERGRAFIA .....	84
ANEXOS .....	85

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 - JONH WESLEY.....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 2- Proceso de Inyección.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 3 Unidades máquina de inyección.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 4 Unidad de cierre con sistema de rodilleras accionada hidráulicamente.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 5 -Molde y sus partes.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 6 - Diagrama fases de operación y tiempo.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 7- Presión en el molde durante el ciclo de moldeo.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 8 -Microestructura de aceros.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 9 - Comparación cualitativa de las diversas características de los aceros BOLHER para moldes de plástico.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 10 Análisis 1: Análisis de esfuerzos por elementos finitos.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 11 Análisis 2: Análisis de esfuerzos por elementos finitos.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 12 - Estructura de los polímeros.....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 13 Presentaciones de los polímeros.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 14- Sistema de colada aislada.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 15 - Colada aislada modificada.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 16 -Molde de colada caliente.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 17 - Sistema de punto de inyección térmico.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 18 Sistema de punto de inyección con válvula.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 19 - SENSOR PARA LA MEDIDA DIRECTA DE PRESION.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 20 Boquillas para ciclos rápidos: diseñadas para la inyección en aplicaciones de embalaje.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 21- Posición relativa de la herramienta de corte y la pieza a mecanizar.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 22 -Tipos de mecanizado con arranque de viruta.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 23- Fresado por planeado.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 24 -Proceso de fresado.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 25 - Fresado por vaciado.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 26- Fresado por grabado.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 27 -SolidWorks Plastics.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 28 -Moldex3D.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 29- Diagrama de diseño.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 30 -TIIPFLOW.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 31 -Micrómetro.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 32- Gráfico de control de cojín. Al conmutador por presión.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 33 - líneas en función del tiempo.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 34 -Ensayos molde de inyeccion.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 35 - Levantamiento dimensional.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 36 - Metrología de placa porta cavidades.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 37 -Diseño 3D placa porta cavidades.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 38 -líneas de soldadura.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 39 -Comportamiento del material en las cavidades.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 40 -Planos de ingeniería.....</i>	<i>80</i>

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 - Industrial del plástico en Colombia.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2 - Composición química de los aceros para moldes de plástico (Valores en promedio %) .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3 Acero M-268.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 4 Acero M-315.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5 Acero M-261.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 6 Acero 1.2738.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 7 Composición Química acero 1045.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 8 Propiedades Mecánicas Acero 1045.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9 : Análisis de los resultados.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10 : Temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección.....</i>	<i>55</i>

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y fabricar una placa porta cavidades para la elaboración de llaveros para el proyecto NASA HUMAN ROVER EXPLORATION CHALLENGE 2021.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar metodologías de diseño tales como QEP(Quality Enhancement Plan), Matriz PUGH e ingeniería concurrente aplicables a moldes de inyección para obtener diseños a bajo costo y tiempo , productos funcionales y que cumplan con los requerimientos específicos del cliente escuchando la voz de todos los que intervienen en el producto
- Determinar que pruebas de funcionalidad son aplicables a los moldes de inyección para garantizar la obtención de llaveros con altos estándares de calidad.
- Diseñar la placa de machos que permita la inyección de los llaveros de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas.
- Evaluar los diferentes procesos de manufactura y herramientas necesarias para la manufactura de la placa del molde de inyección.
- Seleccionar el material idóneo para placa de machos asegurando las especificaciones tanto del proceso de inyección como del producto.

## METODOLOGIA

- Levantamiento dimensional de las demás placas del molde vinculadas a la placa cavidad.
- Dimensionamiento de la placa y selección de materiales.
- Determinación del número de cavidades (Analizar cantidades de piezas a producir en determinado tiempo, tiempo de ciclo).
- Selección y dimensionamiento del sistema de alimentación.
- Determinación del calor a remover, cálculos transferencia de calor y propuesta de las líneas de enfriamiento requeridas.
- Mecanizado de la placa de acuerdo con los planos de ingeniería generados.
- Prueba funcional del molde de inyección.



## RESUMEN

Un molde de inyección cumple la función más importante de este método de transformación de los plásticos, la cual es darle la forma previamente diseñada y elegida a los materiales utilizados para este proceso.

Para ello, en este proyecto se determinará el diseño y fabricación de una placa porta cavidades que tiene como objetivo principal la elaboración de llaveros para el proyecto NASA HUMAN ROVER EXPLORATION CHALLENGE 2021, teniendo en cuenta factores de diseño, estudios de materiales, como los son los aceros y polímeros, propiedades físicas y químicas, funcionamientos de máquinas de inyección y metodologías aplicables para cumplir con las expectativas establecidas desde un principio.

Para llevar a cabo el desarrollo de la placa porta cavidad primero se realizó una revisión detallada del estado del arte del proceso de inyección y definir así las características técnicas de los diferentes sistemas (Alimentación de polímero y refrigeración del molde).

Posteriormente, se realizó el planteamiento de las posibles alternativas de diseño que se implementarían y se procedió a realizar todo el diseño detallado siguiendo la metodología propuesta paso a paso.

Se generaron las alternativas de diseño y para el modelado de la alternativa de diseño seleccionada se utilizó el software SolidWorks en el que también se elaboraron los planos de ingeniería de detalle y luego se sometió a un análisis de elementos finitos del programa, en el que se obtuvieron datos que sirvieron como soporte para comprobar que los subsistemas de la placa que se diseñaron y se seleccionaron estaban cumpliendo satisfactoriamente con sus funciones y la calidad de producto.

## SUMMARY

An injection mold fulfills the most important function of this method of transformation of plastics, which is to give the previously designed and chosen shape to the materials used for this process.

To this end, this project will determine the design and manufacture of a cavity-holder plate whose main objective is the development of key rings for the NASA HUMAN ROVER EXPLORATION CHALLENGE 2021 project, taking into account design factors, material studies, such as steels and polymers, physical and chemical properties, injection machine operations and applicable methodologies to meet the expectations established from the beginning.

To carry out the development of the cavity-holder plate, a detailed review of the state of the art of the injection process was first carried out, thus defining the technical characteristics of the different systems (polymer feeding and mold cooling).

Subsequently, the proposal of the possible design alternatives to be implemented was carried out and the entire detailed design was carried out following the proposed step-by-step methodology.

The design alternatives were generated and for the modeling of the selected design alternative, SolidWorks software was used in which the detailed engineering plans were also elaborated and then it was subjected to a finite element analysis of the program, in which the obtained data that served as support to verify that the subsystems of the board that were designed and selected were satisfactorily fulfilling their functions and the quality of the product.

## INTRODUCCION

La industria de productos plásticos ha tenido un crecimiento muy importante y en gran medida, este crecimiento ha sido el área de la inyección de plásticos. Esto ha generado la necesidad de contar cada vez más con moldes de mayor nivel de complejidad debido a las exigencias de diseño de partes y procesamiento de nuevos materiales.

La calidad del producto terminado es el resultado de la aplicación de una apropiada metodología de diseño, partiendo de conceptos técnicos que permitan uso eficiente de energía, menores pérdidas de materia prima y prevención de posibles defectos, que afecten su buena funcionalidad.

Desde el diseño hasta la construcción de un molde de inyección de plástico existe una serie de pasos y factores que deben analizarse en todo momento. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede establecer una metodología de ingeniería concurrente para dar éxito al proyecto.

La metodología de Ingeniería Concurrente (IC) permite tener en cuenta las necesidades de las áreas que intervienen en el desarrollo de producto (mercadeo, producción, calidad, ventas, diseño etc.), desde el inicio del desarrollo del producto trabajando simultáneamente para cumplir con el objetivo general, hasta llegar al lanzamiento del producto al mercado.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A partir del proyecto NASA HUMAN ROVER EXPLORATION CHALLENGE han surgido varias oportunidades de emprendimiento para el crecimiento tecnológico en la industria y poniendo a prueba conocimientos de los estudiantes; con ello se generó una idea de diseño y fabricación de una placa porta cavidades que será reemplazada en uno de los moldes del laboratorio de plásticos, para inyectar llaveros promocionales del evento.

El objetivo es hacer visible el logro obtenido por el equipo de trabajo en el Challenge 2020, donde se logró el premio al mejor sistema de transmisión y proyecto STEM y motivar a la comunidad científica a enfrentar este tipo de retos y a las futuras generaciones para potencializar el interés por el estudio de ciencias exactas, tales como matemáticas, ciencias e ingeniería y para ello se están planeando jornadas de difusión en colegios, jardines infantiles y también fortalecer al interior de la universidad ECCI el grupo de investigación en ingeniería aeroespacial.

## **SUBPROBLEMAS DE DISEÑO**

**Adaptabilidad a moldes existentes:** Debido a que se va a utilizar un molde de la Universidad ECCI, es necesario adaptarse a dimensiones generales, recorridos de expulsión, ubicación y dimensionamiento de pines de expulsión y retorno, ubicación y diámetro de bebedero entre otras.

**Selección del material:** Una de las dificultades existentes es la selección de material polimérico a utilizar el cual debe ser de bajo costo en el mercado y permitir productos con colores llamativos. Esto se puede lograr con la adquisición de polímeros post-industria, los cuales tienen un solo ciclo de calentamiento previo y colores estándar. También debe cumplir con el importante requerimiento de reproducir fielmente los diseños.

**Capacidad de la máquina:** Se debe verificar y garantizar que la capacidad de la máquina se ajuste a las necesidades del producto y buenas condiciones del proceso de inyección.

**Manufactura:** Debido a que se utilizará un molde ya existente, es necesario ajustar las dimensiones de la placa porta-cavidad diseñada, logrando reducir costos de implementación, manufactura y obtener el menor precio de venta del producto.

## MARCO TEÓRICO

El plástico se ha convertido en uno de los materiales indispensables en la vida moderna del hombre, gracias a su capacidad de ser manipulado para adoptar prácticamente cualquier forma, convirtiéndose así en uno de los inventos más revolucionarios de la historia.

El proceso de moldeo por inyección es la técnica más popular para fabricar piezas de plástico. Esto se debe a la enorme variedad de formas en las que se puede moldear este material, aun cuando sean complejas, además de que es un proceso rápido y eficiente.

Una de las ventajas más importantes es que las piezas moldeadas requieren muy poco trabajo de acabado, pues este proceso permite fabricar una infinidad de artículos de una sola pieza, con texturas, colores y otras variables definidas directamente desde la inyección en el molde.

### Historia del moldeo por inyección

Las máquinas para moldear plástico se han visto fuertemente influidas por los cambios tecnológicos, buscando que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual requirió aumentar la velocidad de inyección a la temperatura correcta, en un ciclo corto y preciso.



*Ilustración 1 - JONH WESLEY*

Hace apenas 150 años, no se conocía esta tecnología de inyección de plástico. En 1872, John Wesley Hyatt registró la primera patente de una máquina que producía piezas de plástico a partir de un molde de forma rudimentaria. En 1928 la compañía alemana Cellon-Werk, desarrolló la primera máquina de inyección moderna.

Tan solo dos años después, en 1930, la compañía Mentmore Manufacturing llevó a cabo la primera producción masiva de una pluma fuente en Inglaterra. Utilizó una máquina de inyección que funcionaba muy diferente a las máquinas de última generación que conocemos hoy: (Christianity today, 2001)

- Trabajaba con aire comprimido.
- El cierre y apertura del molde, así como la extracción de la pieza eran manuales.
- No tenía controles ni procesos automáticos.
- Carecía de sistemas de seguridad.

Actualmente, existen una diversidad de objetos fabricados a partir de diferentes materiales como madera, metal, roca, cerámica, vidrio etc., sin embargo, entre los materiales que más se destacan por su alto uso en la actualidad son los plásticos, específicamente los que son manufacturados por el proceso de inyección.

El inicio del proceso de inyección se remota al año 1872, cuando J. W. Hyatt resolvió el problema de plastificar y conformar una mezcla de nitrocelulosa y alcanfor con su “máquina de empaquetar”, para 1878 fábrica el primer molde de inyección.

La era de la inyección del plástico inicia a partir de 1921 cuando Eichengrun y H. Buchholz patentaron la primera moldeadora moderna (Máquina de inyección) en la que el material (celuloide) pasaba a un estado líquido antes de ser introducido bajo presión hacia el interior del molde, sin embargo, existían unas limitantes como el control de temperatura y la falta de moldes para ser utilizados en la máquina.

La industria de los plásticos tuvo la transición de la era artesanal a la industrial en 1926 cuando se diseñó el primer molde comercial en Alemania por los ingenieros Eckert y Ziegler. El molde era horizontal y era guiado por aire a presión, con la mitad fija en una placa móvil, para esa fecha los ciclos de producción se consideraban rápidos y por tal motivo se dio dicho cambio.

La fabricación de moldes y máquinas de inyección de plásticos a partir de la década de los 70 acelera su crecimiento en los países desarrollados. En el caso de los moldes de inyección, la utilización de máquinas herramientas convencionales con una capacidad de maquinado con tolerancias más estrechas trajo consigo la fabricación de moldes cada vez más exactos logrando con esto la sustitución de piezas metálicas, cerámica y madera, por piezas plásticas logrando así una incursión de diferentes industrias como la automotriz y electrónica, al cumplir con las especificaciones técnicas requeridas que cada vez era más rigurosas.

Es importante mencionar que a medida que los moldes iban siendo más exactos en los tiempos de desarrollo y maquinado eran largos, se generó la necesidad de contar con sistemas de manufactura más modernos.

### **Antecedentes históricos de la industria plástica en Colombia**

La Universidad EAFIT evaluó el comportamiento del tejido industrial colombiano en lo referente a la industria plástica, tomando como referencia a las empresas dedicadas a la fabricación de moldes de inyección. El estudio fue basado en el modelo 4 Ms (Maquinaria, mano de obra, materia prima y métodos) y los resultados obtenidos fueron:

- El diseño de moldes de inyección en Colombia es aún un proceso muy artesanal, que requiere mucho tiempo y conocimiento por parte de la persona que manipula la máquina. Lo anterior implica a que muy pocas personas del medio sepan del tema y que la práctica sea bastante costosa.
- El 79% de las empresas encuestadas importan los moldes de inyección que utilizan y la razón principal es que no hay personal con la capacidad para diseñarlos y empresas para fabricarlos, mejor calidad por parte de la industria extranjera y menor de tiempo de entrega.

A continuación, se exponen los parámetros y políticas de calidad requeridos por los usuarios en cuanto a la fabricación:

- Condiciones de diseño: Dimensionamiento, acabados, presión de inyección, tiempos de enfriamiento, número de cavidades, fuerza de cierre y tolerancias de forma y precisión.
- Materiales: Certificación del material, tratamientos térmicos, dureza y tipos de materiales.
- Montaje: Sistemas de sujeción, conexiones eléctricas e hidráulicas, boquillas y dimensiones del molde.
- Funcionamiento: Llenado, enfriamiento, rebabas, vida útil del molde, duración de ciclo.

De acuerdo con la información anterior y a los diferentes estudios de investigación realizados a la industria plástica colombiana, se puede deducir que: Actualmente, no hay la capacidad productiva para fabricar moldes de gran tamaño y la principal causa es que no hay disposición de la maquinaria requerida para realizar los procesos térmicos necesarios. (Alvaro Guarín, 2002)

*Tabla 1 - Industrial del plástico en Colombia*

SECTOR DEL PLÁSTICO			
Debilidades y fortalezas del sector dedicado a la transformación del plástico, especialmente en el área de diseño y fabricación de moldes de inyección.			
OPORTUNIDADES DE MEJORA	DE	IMPORTANCIA	ACCIONES
FABRICANTES DE MOLDES			
CALIDAD			
En el proceso de evaluación de la calidad de los moldes, está centrado en la forma geométrica y dimensional de la pieza obtenida con el molde final, dejando el análisis de diseño proscrito a un segundo plano.		La correcta evaluación de la calidad durante todas y cada una de las etapas de diseño y fabricación de un molde, garantizan una excelente estabilidad geométrica y acabado superficial en molde definitivo,	- Utilizar software de diseño de moldes en las etapas de generación de un nuevo producto. - Utilizar software de simulación de



	dando como resultado productos de buena calidad.	procesos de inyección para garantizar estabilidad y eficiencia.
--	--	---

### El principio del moldeo:

El principio es muy sencillo: El material polimérico (pellets) es ingresado a la maquina por medio de la tolva, luego por acción del tornillo sin fin y por el esfuerzo de cizallamiento los pellets se van fundiendo y transportando hacia la boquilla. Luego, el material fundido ingresa a la boquilla del molde de inyección, la colada se distribuye por los canales de alimentación llegando a las cavidades para posteriormente tomar la forma deseada de la pieza.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que el proceso de inyección está compuesto por dos fases: fusión del material e inyección del polímero en el molde como lo muestra la figura 2.

Las máquinas de inyección trabajan con un elevado nivel de precisión, que garantizan el buen desempeño de esta y permiten fabricar productos de alta calidad y tener producciones en masa.

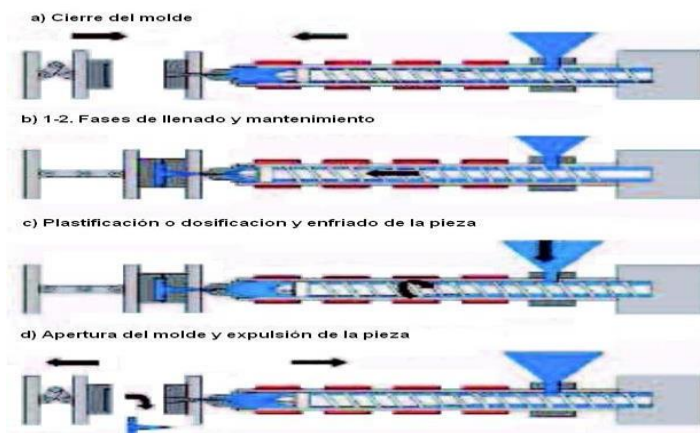
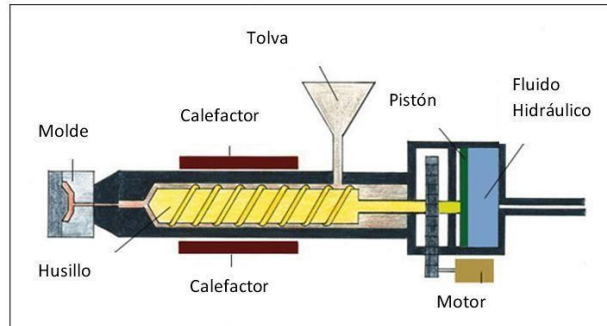


Ilustración 2- Proceso de Inyección

Las máquinas de inyección están compuestas por varias unidades, las cuales se muestra en la figura 3.



*Ilustración 3 Unidades máquina de inyección*

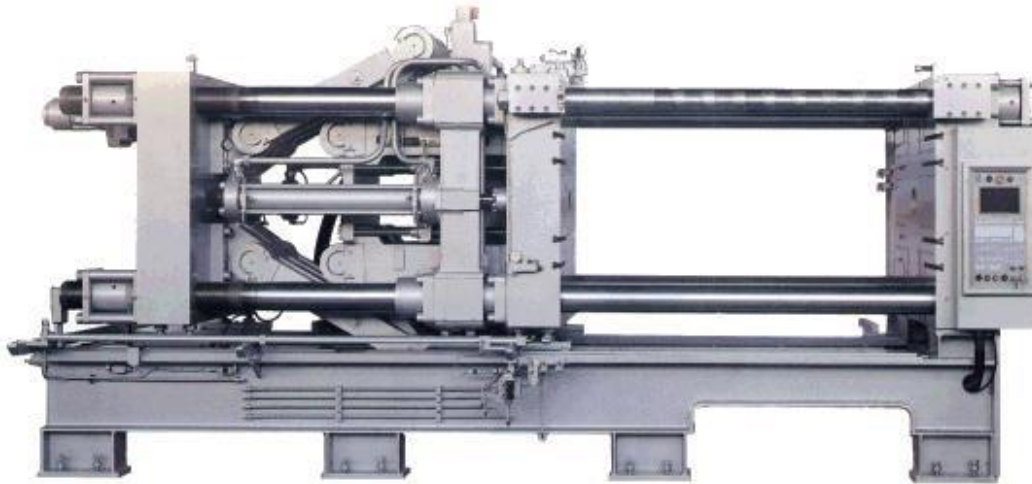
**Unidad de alimentación:** El proceso inicia con el recibo de la materia prima granulada en la tolva de alimentación, la cual puede estar dotada de un sistema de precalentamiento por circulación de aire caliente forzado.

**Unidad hidráulica:** Para que el material fundido avance a través del barril de la unidad inyectora, el husillo es impulsado por un motor hidráulico (para máquinas de accionamiento hidráulico) o por servomotores (para máquinas eléctricas), generando la rotación del tornillo de plastificación el cual transporta mediante filetes el polímero hacia la parte delantera de la unidad de plastificación y su posterior movimiento axial en la fase de inyección.

**Unidad de inyección:**

El polímero es fundido por el calor generado por efecto de fricción entre pellets y esfuerzos de cizallamiento que se generan a medida que el polímero va pasando de fase sólida a fase líquida. Posteriormente, el polímero fundido es inyectado dentro del molde a través de la boquilla, por efecto del recorrido axial del tornillo de plastificación, que en esta fase del proceso deja de girar y actúa como un émbolo accionado por el pistón de inyección de la máquina, ejerciendo la fuerza suficiente para que el polímero llene las cavidades y se solidifique dentro del molde.

**Unidad de moldeo:** Consiste en una prensa accionada hidráulicamente en la figura 4, la cual genera el movimiento de una de las placas porta molde de la máquina o mecánica integrada por dos placas porta moldes, las cuales provocan la unión hermética de ambas partes del molde para formar la cavidad de la pieza y resisten la fuerte presión que se aplica cuando el polímero es inyectado en el molde.



*Ilustración 4 Unidad de cierre con sistema de rodilleras accionada hidráulicamente*

Una de las dos partes del molde se mantiene fija, que es la que está pegada a la unidad de inyección del polímero, mientras la otra que se mantiene en movimiento durante el ciclo de moldeo y es conocida como la parte extractora o de cierre.

Esta misma unidad se abre nuevamente cuando la pieza inyectada se solidifica, al ser enfriada con la ayuda de un fluido refrigerante y finalmente ser expulsada por los pernos botadores del lado extractor, para iniciar nuevamente el ciclo, el cual se lleva a cabo de forma continua.

### **Molde de inyección**

El molde es la herramienta del proceso de moldeo por inyección que recibe el polímero fundido (colada) que viene de la unidad de inyección, también le da la forma deseable a la pieza, proporciona el enfriamiento necesario para que solidifique (sistema de refrigeración) y finalmente expulsa la pieza.

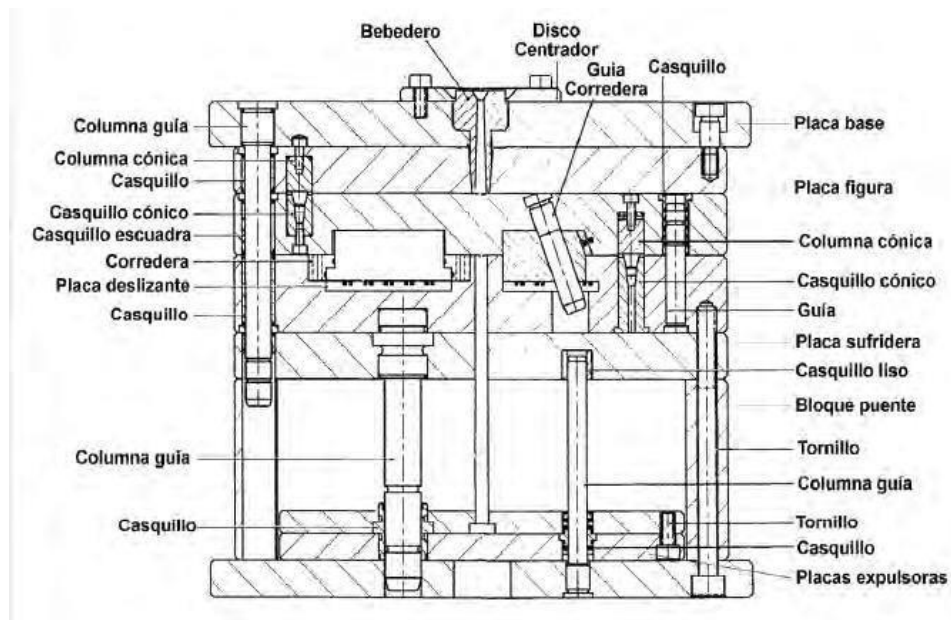
El molde está constituido al menos por dos mitades, una mitad positiva y la otra negativa y a su vez juntas forman la cavidad de moldeo. Las dos mitades se unen por presión cuando se cierra el molde, tocándose entre sí en una superficie plana a la que regularmente se le llama plano de partición del molde.

Cuando se representa una sección del molde, la superficie de partición puede quedar reducida a una sola línea que recibe el nombre de línea de partición. El plano de partición es perpendicular a la dirección en que actúa la fuerza de cierre. Se llama área transversal de las cavidades o área proyectada de cavidades a la proyección de las cavidades de moldeo sobre el plano de partición.

Cada una de las partes tiene una cavidad que se llenará con el fluido del polímero caliente, para tomar la forma y replicar la pieza correspondiente. El material es presionado por la unidad inyectora para llenar la cavidad del molde al 100% antes de enfriarse.

## Partes del molde

En la *figura 5* se muestran las diferentes partes de un molde de inyección.



*Ilustración 5 -Molde y sus partes*

1. Placa A o de cavidades (contiene insertos de cavidades o pueden estar directamente erosionadas a la placa misma).
2. Cavidad (forma exterior del producto).
3. Anillo de centrado (mantiene el molde en posición central a las platinas fija y móvil de la maquina).
4. Boquilla o bebedero (Punto de acceso del plástico desde la boquilla o nariz de la maquina al molde).
5. Perno Guía (asegura el alineamiento de las mitades del molde, pero no garantiza su registro exacto)
6. Placa de respaldo superior (apoya la mitad del molde de inyección a la platina fija por medio de la colocación de bridas o tornillos de sujeción)
7. Placa B o porta corazones (Incluye los corazones o machos y figura que formara el interior del producto)

8. Línea de partición (línea donde las dos mitades del molde se unen y por donde cae el producto)
9. corazón o macho (forma el interior del producto)
10. Buje guía (sirve como guía del perno y es fácilmente reemplazable en caso de desgaste)
11. Placa Soporte (Proporciona soporte a la placa B del molde)
12. Barreno de placa expulsora (permite el paso al mecanismo expulsor)
13. Pilar soporte (Proporciona soporte a la placa b)
14. Tacón espaciador (Es un tope para el regreso de placas expulsoras)
15. Placas Paralelas (soporta la placa B y forma el punte)
16. Placa de respaldo inferior (Apoya la mitad de expulsión a la platina móvil)
17. Placa expulsora inferior (Empuja el conjunto de pernos expulsores)
18. Placa expulsora Superior (aloja cabezas de elementos expulsores)
19. Perno Expulsor (Expulsan el producto del molde)
20. Perno expulsor y gancho de colada (Retiene la colada cuando abre el molde y la expulsa posteriormente, o simplemente la expulsa)
21. Pernos Recuperadores (regresa el conjunto de placas expulsoras con el cierre del molde y su alojamiento es holgado)
22. Perno guía de placa expulsora (sirve como guía del perno y es fácilmente reemplazable)
23. Buje guía de placas expulsoras (Sirve como guía del perno y es fácilmente reemplazable)
24. Producto (diferencia entre cavidad y corazón o macho)
25. Punto de inyección (pequeña abertura que permite el paso del plástico de la colada al interior de la cavidad)
26. Colada (canal que permite el flujo de material plástico desde la boquilla hasta el punto de inyección)
27. Barrenos de refrigeración (absorben las calorías del plástico permitiendo que solidifique rápidamente, debido a la circulación del medio refrigerante). (Daniel Gutierrez, 2006)

### **Fundamentos del moldeo de inyección**

En esta parte del documento, el objetivo es abordar todo el proceso por el que pasa el polímero desde que integra en la máquina hasta extraer la pieza como producto final.

### Ciclo de inyección:

El tiempo de ciclo en una máquina de inyección se puede considerar que está constituido por los siguientes tiempos y movimientos, como se puede visualizar en la figura 6.

1. **Tiempo cierre del molde:** El sistema de cierre realiza el movimiento necesario para el cierre del molde.
2. **Tiempo de avance de la unidad de inyección:** La unidad de inyección avanza hasta que la boquilla se pose sobre el bebedero del molde.
3. **Tiempo de inyección:** El husillo o pistón avanza realizando la inyección del material. El tiempo de inyección se determina por la temperatura que alcanza el polímero, velocidad del husillo y tamaño del molde.
4. **Tiempo de compactación:** En esta etapa el molde permanece cerrado y el polímero comienza a enfriarse. Por el enfriamiento del polímero este se contrae, por lo que es necesario introducir lentamente algo de material para mantener la presión del molde. El peso final de la pieza, estabilidad dimensional y tensiones internas dependen de cómo se realice la etapa en mención.
5. **Tiempo de enfriamiento:** Este proceso es necesario para que el polímero procesado se enfríe, el enfriamiento del material comienza una vez el polímero toque las paredes frías del molde de inyección y finaliza cuando se extrae la pieza.
6. **Tiempo de apertura del molde de inyección.**
7. **Tiempo de extracción de la pieza:** las piezas moldeadas son expulsadas de las cavidades al culminar el ciclo de apertura y enfriamiento.

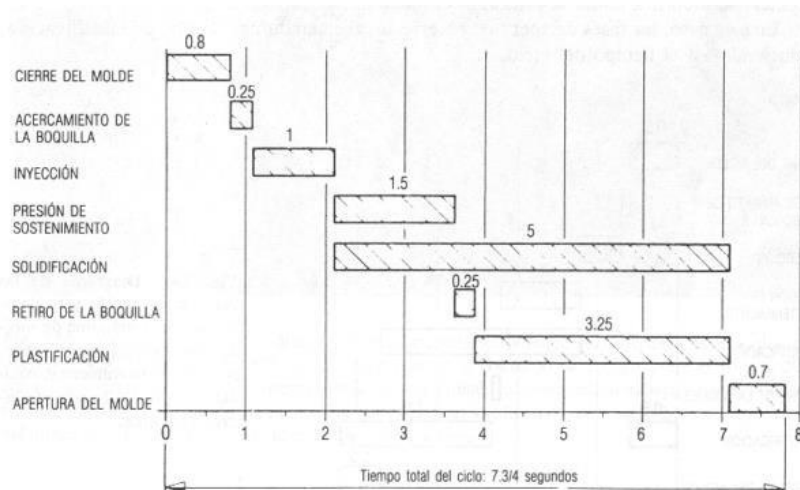


Ilustración 6 - Diagrama fases de operación y tiempo

### Fases del ciclo de inyección

En una máquina de moldeo por inyección, las fases de operación de un ciclo de producción se efectúan según el diagrama que a continuación se presenta y son: (Daniel Gutierrez, 2006)

- Cierre del molde
- Acercamiento de la boquilla al molde
- Inyección del material termoplástico en el molde
- Post-presión de inyección (presión de sostenimiento)
- Solidificación de material inyectado en el molde
- Retiro de la boquilla del molde
- Plastificación (dosificación del material en la cámara de inyección)
- Apertura del molde y expulsión de la pieza inyectada

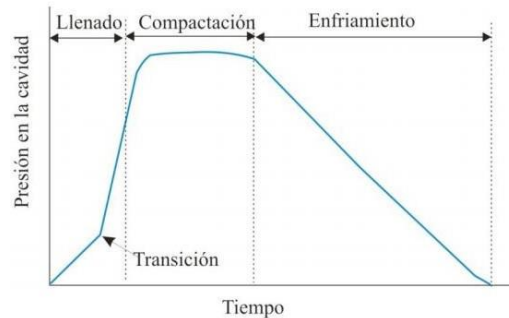
Control de temperatura en la cámara de calefacción:

En las máquinas de inyección conforme el husillo gira se acumula material fundido delante de la cámara de plastificación, y puesto que no se permite la salida continua del material por la tobera el material se somete a presión. Por la presión al que se somete el material la temperatura de este aumenta.

Comportamiento del material dentro del molde:

Cuando el polímero fundido ingresa al molde y toca las paredes frías del molde de inyección, la capa de fundido más externa en contacto con las paredes metálicas se enfría. Conforme se enfría, el polímero comienza a contraerse, por lo que el pistón de inyección debe permanecer un corto periodo de tiempo en posición avanzada para compactar el material y compensar la contracción que sufre el material al enfriarse. La presión máxima que puede mantenerse a

través de la entrada a la cavidad depende el tamaño de la fluidez, de las dimensiones del núcleo fundido y de la fluidez del polímero dentro del molde de inyección. (Bodini, 1992), como se visualiza en la figura 7.



*Ilustración 7- Presión en el molde durante el ciclo de moldeo*

1. **Etapa de llenado:** Los dos parámetros más importantes que intervienen en esta fase son la velocidad de inyección y la temperatura de inyección.

El material que circula cerca la capa fría (Capa de material solidificado que se sitúa sobre las paredes del molde) presentará una viscosidad elevada por lo que tiende a detenerse, pero es arrastrado por el material que sigue ingresando a alta velocidad.

2. **Etapa de compactación:** Durante la etapa de compactación se añade el material necesario para llenar la cavidad, compensando los efectos de contracción térmica que sufre el polímero al momento de enfriarse y solidificarse. También, se evita la presencia de aire atrapado y de rechupes para así evitar contracciones finales en la pieza y deformaciones. La fase concluye, cuando la entrada a la cavidad se solidifica.
3. **Etapa de enfriamiento:** Una vez que la pieza se halla formado y solidificado queda aislada en el interior del molde. Cuando el polímero se enfría se producen dos efectos contrarios y simultáneos.
  - Aumento de la densidad del material (contracción).
  - Disminución de la temperatura, lo que implica reducción de la presión a la que está sometido el polímero, por consiguiente, el efecto resultante es aumento del volumen de la pieza moldeada.



### **Factores que influyen en el proceso de moldeo.**

- Materiales de moldeo: Índice de fluidez, viscosidad, comportamiento térmico y propiedades físicas (difusividad térmica, densidad, conductividad térmica, porcentaje de contracción).
- Condiciones de molde: Temperatura de masa fluyendo, temperatura del molde, y tiempo de enfriamiento.
- Máquinas y moldes: Sistema de plastificación, capacidad y volumen de inyección, fuerza de cierre del molde, dimensiones de las platinas en la máquina y en los moldes apilables, presiones, tiempos de inyección, tipo de moldeo y sistema de alimentación

### **MATERIALES APLICABLES EN LOS MOLDES DE INYECCIÓN**

En los últimos 50 años la industria del plástico ha venido cambiando y se han desarrollado nuevos materiales para la fabricación de moldes de inyección que deben garantizar ciertas propiedades.

La composición química de los aceros para moldes y placas junto a las técnicas de fabricación determinan su capacidad de servicio y aspectos ópticos de apariencias de las piezas moldeadas.

Las tecnologías avanzadas tales como refundición y tratamientos térmicos desempeñan un papel muy importante en influenciar las características de los aceros (Maya, 2007)

El tipo de molde a elegir para una pieza que se quiera fabricar viene determinado esencialmente por consideraciones de rentabilidad, que dependen de:

- Las exigencias impuestas a la pieza a fabricar.
- Los costos de fabricación del molde.
- El tiempo de ciclo.
- Número de piezas a fabricar
- Aplicación del producto

Estas condiciones no van incondicionalmente unidas con las propiedades térmicas y mecánicas, ni tampoco con la facilidad de elaboración de los materiales. Así, por ejemplo, los materiales con buenas propiedades térmicas presentan generalmente propiedades mecánicas menos buenas. Los tiempos de ciclos cortos significan, con estos materiales, duraciones de vida menos elevadas.

## SELECCIÓN DE MATERIAL PARA FABRICACION DE PLACA PORTA CAVIDADES

Próximo veremos algunos tipos de materiales para fabricación de molde de inyección .

- **Aceros de nitruración:** Son aquellos a los que se les adiciona (N<sub>2</sub>) mientras es calentado, lo que incrementa la dureza superficial, y la resistencia a la corrosión y fatiga. (Mata, 2006)
- **Acero de temple:** Las características mecánicas que se obtienen dependen de la velocidad y rápido enfriamiento. Al formarse con este proceso moléculas de martensita, se logran piezas de gran dureza, debido al rápido enfriamiento. Se usan básicamente tres agentes refrigerantes: Agua, aceite y aire, siendo el agua el medio más eficiente y donde se obtiene la máxima dureza; sin embargo, este cambio brusco de temperatura puede producir deformaciones y grietas en la pieza. Por ello se puede optar por el aire o el aceite, que son más suaves. Tras el proceso de temple se debe realizar un revenido de la pieza para mejorar su tenacidad y eliminar tensiones internas de la pieza producidas por el rápido enfriamiento. (Mata, 2006)
- **Acero pretemplado:** Es el acero de uso general en la fabricación de moldes. Se conoce como P20 y no suele requerir de tratamiento térmico adicional, aun cuando para incrementar la dureza, se puede templar o someter a procesos de nitruración o cementación. Es fácil de pulir, lo que simplifica el desmolde de la pieza de plástico. (Mata, 2006)
- **Acero inoxidable:** Es un tipo de acero con elevada resistencia a la corrosión. Se obtiene por adición en su composición (del acero) de al menos 12% de cromo (Cr). Posee gran afinidad con el oxígeno (O<sub>2</sub>), evitando así la oxidación del hierro. (Mata, 2006)

Para la selección de material de la placa porta cavidades se deben tener en cuenta requerimientos y propiedades para su buena funcionalidad al momento de ser adquirida y usada.

Esta placa tendrá que ser de un acero que tenga buena rigidez y buena resistencia mecánica ya que será sometida a trabajos de maquinabilidad, de igual manera tiene que ser una placa con facilidad de mecanizado, erosionado y grabados en laser.

Teniendo en cuenta, las anteriores consideraciones de selección de material y haciendo un minucioso estudio de cada opción de material posible para llevar a cabo este proyecto, se ha decidido usar el acero **AISI / SAE 1045** el cual es un acero grado ingeniería de aplicación

universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación.

La selección del material es uno de los factores más cruciales al desarrollar un diseño de placa porta cavidades para un molde de inyección. Hay muchos proveedores de materiales excelentes que ofrecen materiales de calidad para el proceso; muchos también ofrecen diferentes grados o mezclas de materiales para elegir. Sin embargo, una decisión incorrecta puede tener efectos importantes en el proceso de producción y el producto final.

En general, la selección del material depende del uso de la pieza que se fabrica, aunque casi todas las partes son únicas, hay ciertos aspectos consistentes que debe considerar al elegir materiales para placas de un molde de inyección. Estas consideraciones pueden ayudar a ahorrar costos y posibles dolores de cabeza para su proyecto.

Algunas de las consideraciones más importantes son las siguientes:

- **Cantidades de materia prima:** solicite la cantidad correcta.

Intente pedir suficiente material. Nadie quiere quedarse con un excedente de materia prima, pero tampoco quiere quedarse corto o quedarse sin material en medio de una producción.

- **Elige el material adecuado:**

Puede parecer una afirmación obvia, pero los diferentes tipos y grados de plásticos y polímeros tienen diferentes usos y propiedades. Asegúrese de que el material que ha seleccionado sea apropiado y compatible para el uso del producto final. Deben tenerse en cuenta consideraciones como la temperatura, las interacciones biológicas y químicas, el contacto con alimentos o animales y más.

- **Diseño placa porta cavidades**

Este es verdaderamente un arte y una ciencia en sí mismo. El diseño de su placa puede tener un impacto significativo en los materiales que se pueden usar, los procesos secundarios que se requerirán y la apariencia final de la pieza.

La selección de material es un proceso complejo. Es importante seleccionar materiales que cumplan con las especificaciones y el uso final, teniendo en cuenta también el costo, el diseño y las condiciones de servicio. También es imprescindible seguir las hojas de datos y la matriz de rendimiento de los fabricantes de materiales.

### **Estructura de los aceros**

**FERRITA:** Es una solución sólida de pequeñísimas cantidades de C en Fe $\alpha$ . La máxima solubilidad, a los 723° C, es de 0,025% de C. Debido a que este valor es despreciable, se considera a la ferrita como Fe $\alpha$  casi puro. También puede disolver bajas cantidades de Si, P y otras impurezas (en aceros al carbono), y Ni, Mn, Cr, Al, N, etc. (en aceros aleados). En la microestructura se presenta de las siguientes maneras (Larre)

Como elemento que acompaña a la perlita: ferrita proeutectoide o libre.

a) En aceros con < 0,40% C Aparece en forma de granos mezclados entre los de perlita. Las áreas oscuras, en las imágenes a, b y c, son de perlita y las claras de ferrita.

b) En aceros con  $0,40\% < C > 0,80\%$  Aparece en forma de redes rodeando a los granos de perlita.

En la figura 8 se puede apreciar las microestructuras para diferentes tipos de acero en función de su contenido de carbono. Se distinguen las zonas correspondientes a la matriz ferrítica y a la fase perlítica (zonas oscuras de la micrografía), la cual va incrementando su presencia a medida que aumenta el contenido de carbono.

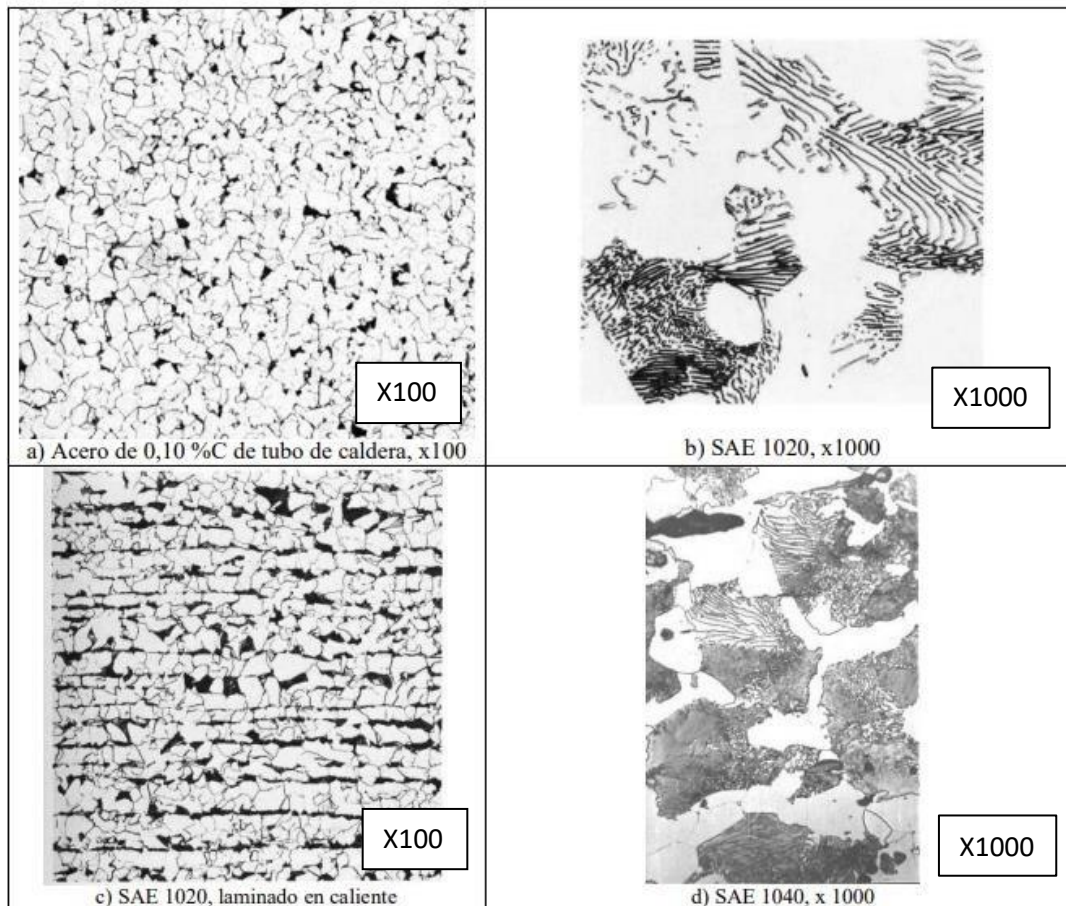


Fig. V.1: Microestructura de aceros hasta 0,40 % C

*Ilustración 8 -Microestructura de aceros*

## ESTUDIO DE PROVEEDORES PARA MATERIALES DE MOLDES

A continuación, se podrán ver diferentes fichas técnicas de proveedores, así como toda la información referente a propiedades, composiciones químicas y normas vigentes:

### Böhler

Böhler es una compañía especializada en aceros especiales que se caracteriza por su sistema integrado de procesos brindando calidad a sus productos.

Para la determinación del tipo de acero que se va a utilizar para fabricar la placa cavidad nos vamos a apoyar en el catálogo de Böhler, figura 9.

*Tabla 2 - Composición química de los aceros para moldes de plástico (Valores en promedio %)*

### TABLA RESUMEN DE ACEROS PARA MOLDES DE PLÁSTICO

#### 1. Composición química de los aceros para moldes de plástico (valores promedio en %)

Marca BÖHLER	COMPOSICION QUIMICA								NORMAS INTERNACIONALES	
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	Otros	AISI-SAE	EN
M200	0,40	0,40	1,50	1,90	0,20	--	--	S=0,08	Similar P20	1.2312
M 201	0,41	0,30	1,50	2,00	0,20	--	--		P 20	1.2311
M238	0,38	0,30	1,50	2,00	0,20	1,10	--			1.2738
M303 EXTRA/ ISOPLAST	0,27	0,30	0,55	14,70	1,00	0,80	--	N+		
M310 ISOPLAST	0,38	0,70	0,45	14,30			0,20		Similar 420	Similar 1.2083
M340 ISOPLAST	0,54	0,45	0,40	17,30	1,10		0,01			
M390 MICROCLEAN	1,90	0,70	0,30	20,00	1,00		4,00	W=0,60	PATENTE	BÖHLER

	Resistencia al desgaste abrasivo	Resistencia al desgaste adhesivo	Tenacidad	Maquinabilidad	Estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico
M200	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
M201	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
M238	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
M303 ISOPLAST/EXTRA	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
M310 ISOPLAST	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
M340 ISOPLAST	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
M390 MICROCLEAN	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

*Ilustración 9 - Comparación cualitativa de las diversas características de los aceros BÖHLER para moldes de plástico*



M-261: Es un acero utilizado para moldes de plástico templado por precipitación, suministrado en estado de recocido por solución y envejecimiento, con excelente aptitud para el mecanizado. No necesita tratamiento térmico adicional, por lo que permite reducir considerablemente el tratamiento del acero.

Propiedades:

- Excelente aptitud para el mecanizado.
- Buena estabilidad dimensional.
- Excelentes propiedades de nitruración
- Para el procesado de plástico: alta resistencia a la compresión y alta resistencia al desgaste.

Composición química:

*Tabla 5 Acero M-261*

C (%)	0,13
Si (%)	0,30
Mn (%)	2,00
S (%)	0,15
Cr (%)	0,35
Ni (%)	3,50
Cu (%)	1,20
Al (%)	1,20

### **Compañía General de Aceros**

**Compañía General de Aceros** la cual es una empresa colombiana líder en comercialización y transformación de Aceros para aplicaciones industriales, especializada en brindar soluciones integrales.

Aplicaciones:

Es ampliamente utilizado en la industria automotriz (productos forjados y estampados). Se usa en partes de máquinas que requieran dureza y tenacidad como: manivelas, chavetas, pernos, bulones, engranajes de baja velocidad, acoplamientos, árboles, bielas, cigüeñales, ejes de maquinaria de resistencia media, piezas de armas, cañones de fusiles, espárragos, barras de conexión, tornillería grado 5, pernos de anclaje, fabricación de herramientas agrícolas, mecánicas y de mano forjadas de todo tipo como: hachas, azadones, rastrillos, picas, martillos, palas, barretones, llaves, etc. (COMPAÑÍA GENERAL DE ACEROS, s.f.)

Propiedades:

- Excelente aptitud para el pulido.
- Gran pureza y homogeneidad.
- Buena maquinabilidad, dureza uniforme en todas las direcciones.
- Alta tenacidad y templabilidad.

Es un acero aleado al cromo, Níquel Molibdeno. Norma de aplicación: ISO 4957.

*Tabla 6 Acero 1.2738*

	MIN (%)	MAX (%)
C	0,35	0,45
Mn	1,30	1,60
Si	0,20	0,40
P		0,030
S		0,030
Cr	1,80	2,10
Mo	0,15	0,25
Ni	0,90	1,20

Aplicación:

- Moldes de inyección para termoplásticos.
- Moldes de extrusión para termoplásticos.
- Moldes de soplado

Requisitos de los aceros para fundiciones inyectadas

Los moldes de fundición inyectada están expuestos a altas temperaturas y sometidos a grandes esfuerzos mecánicos, todo ello exige grandes requisitos al acero para el utillaje. Los fenómenos que limitan la vida útil del molde. Los más importantes son:

- Fatiga térmica
- Erosión/corrosión
- Roturas
- Indentación

La cantidad de inyectadas que puede conseguirse en un molde de fundición a presión está influenciada principalmente por la temperatura de trabajo.

Factores que influyen la aparición de fatiga térmica:

- Ciclo de temperatura del molde.
- Propiedades básicas del material del molde (ductilidad, resistencia a la deformación, coeficiente de expansión térmica, conductividad térmica).
- Creadores de tensiones (radios, taladros, rugosidad de la superficie).



Ciclo de temperatura del molde.

- Temperatura de precalentamiento.
- Temperatura de la superficie del molde.
- Tiempo de mantenimiento a temperatura máxima.
- Velocidad de enfriamiento.

Propiedades básicas del material del molde.

- Coeficiente de expansión térmica.
- Conductividad térmica.
- Límite de elasticidad en caliente.
- Resistencia al revenido.
- Resistencia a la deformación.
- Ductilidad.

Creadores de tensiones.

- Radios, taladros y ángulos vivos.
- Tipo de superficie.

Erosión/Corrosión.

- Corrosión creada por el metal de inyección.

*[ver anexo 1]*

### **Aceros especiales SA**

Acero Grado Ingeniería o Maquinaria. Normas: SAE / AISI1045 W. Nr1.1730 DIN C45

Aplicaciones: Industria del plástico en placas porta moldes, en industrial para partes de maquinaria que requieren dureza y tenacidad como manivelas, pernos, chavetas, engranajes de baja velocidad, acoples, bielas, pasadores, cigüeñales. También se utiliza en la fabricación de herramientas agrícolas, mecánicas y de mano forjadas. (ACEROS ESPECIALES ACES SA, s.f.)

Composición Química (Valores promedio, %)

*Tabla 7 Composición Química acero 1045*

C	Mn	P	S	Si
0.43	0.60	0.04	0.05	0.20
0.50	0.90	máx.	máx.	0.40

### Propiedades del Acero

Acero no aleado y de medio contenido de carbono. Puede ser tratado térmicamente para endurecer su superficie, mediante tratamientos térmicos convencionales.

### Propiedades Mecánicas

*Tabla 8 Propiedades Mecánicas Acero 1045*

Estado	Resistencia a la Tensión (kg/mm <sup>2</sup> )	Límite elástico (kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)	Reducción de área (%)	Dureza Brinell	Dureza HRB
Laminado en caliente	60	38	16	40	220 - 240	20 - 22
Calibrado	65	54	10	35	250 - 280	25 - 29
Tratamiento Térmico		Temperatura (°C)		Medio de enfriamiento		
Forja		900/1100		Ceniza o arena seca		
Normalizado		850/880		Aire		
Recocido		670/710		Horno		
Temple		820/850		Aceite o agua		
Revenido		450/600		Aire		

### Soldabilidad

Este acero debido a su contenido de carbono presenta algunas dificultades al ser soldado. Cuando el diseño de algunas piezas lo requieren, puede ser soldado con flama o arco aún sin ser precalentado, pero en medidas superiores a 1/2" se recomienda después de soldar, calentar

de nuevo para disminuir tensiones. El grado de soldadura a usar depende del servicio, diseño y medidas requeridas. *ver anexo 2*

Se adjuntan fichas técnicas de diferentes proveedores y normas que rigen el material 1045

Fichas técnicas

[*Ver anexos 2, 3, 4, 5, 6, 7*]

### **Análisis por elementos finitos de esfuerzos y deformaciones**

Para la determinación del material de elaboración de la placa porta cavidades fue necesario hacer un análisis de cálculos de esfuerzo, debido que cada material tiene un esfuerzo de fluencia que no debe ser superado.

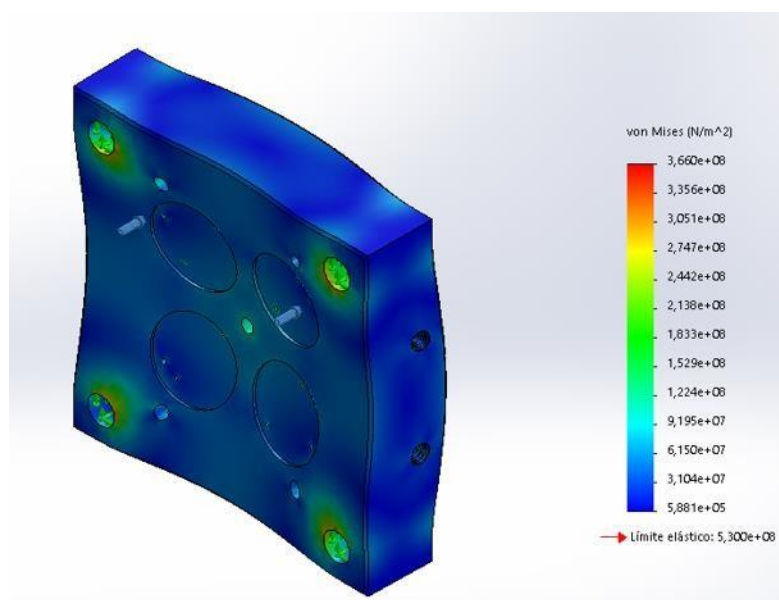
Se realizaron 2 análisis bajo las mismas condiciones de presión de inyección aplicada, puntos de sujeción y cargas externas, la variación está en que en uno de los análisis se hizo con la placa machos y placa intermedia, es decir, se sumaron los dos espesores y el otro análisis se hizo sólo con el espesor de la placa machos.

Una vez hecho el diseño se selecciona la opción de simulación por análisis estático, tomando como agarre los puntos de sujeción de las placas, y como carga externa se establece presión (P) en las cavidades de la placa. Siendo 40 MPA la presión de inyección aplicada, se crea un enmallado para finalizar la determinación del análisis obteniendo los siguientes resultados:

- El acero seleccionado para el análisis es Acero 1045.

#### Análisis 1: Figura 10

Espesor 46 mm (Placa machos + placa intermedia)



*Ilustración 10 Análisis 1: Análisis de esfuerzos por elementos finitos*

Factor de seguridad:  $\frac{\text{Esfuerzo fluencia}}{\text{Esfuerzo aplicado}}$

$$\text{Factor de seguridad: } \frac{5.3}{3.6} = 1,47$$

Se puede apreciar que el factor de seguridad es  $<1$ , por lo cual este sistema no presentaría fallas de esfuerzo.

Análisis 2: 3 Figura 11.

Espesor 23 mm (placas machos)

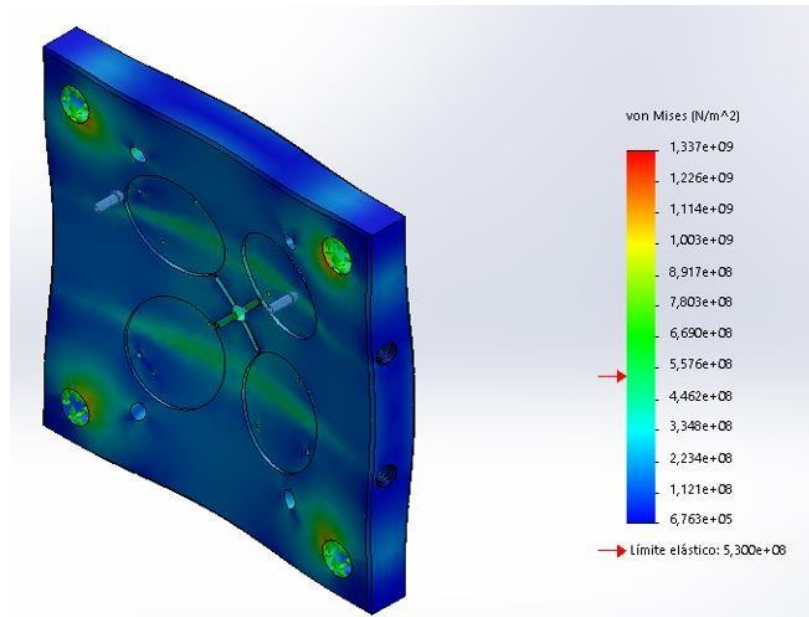


Ilustración 11 Análisis 2: Análisis de esfuerzos por elementos finitos

Factor de seguridad:  $\frac{\text{Esfuerzo fluencia}}{\text{Esfuerzo aplicado}}$

$$\text{Factor de seguridad: } \frac{5.3}{1.33} = 3,9$$

Se puede apreciar que el factor de seguridad es  $>1$ , por lo cual este sistema no presentaría fallas de esfuerzo.

Tabla 9 Análisis de los resultados

PARÁMETROS DE PROCESO	VALOR	OBSERVACIÓN
<b>ANÁLISIS DE LLENADO</b>		
Tiempo de llenado	1,63 seg	La presión llega a su valor máximo en 1,63 seg que es cuando la cavidad se llena completamente del polímero fundido.
Tiempo de refrigeración	8,67 seg	El tiempo de refrigeración se encuentra determinado por el espesor de la pieza a inyectar y el tipo polímero, en este caso se requiere un tiempo de 8,67 seg para que la pieza se solidifique.
Tiempo de apertura del molde	5 seg	
Tiempo de ciclo	15,34 seg	De acuerdo a los tiempos anteriores, el tiempo total de ciclo es de 15,34 seg.
Presión máxima de entrada	47,91 MPa	La presión llega a este valor cuando han transcurrido 1,63 seg que es cuando la cavidad se llena completamente del polímero fundido.
Fuerza de Cierre	2,64 Ton	La máxima fuerza de cierre se presenta cuando la cavidad ha sido llenada en su totalidad.
<b>ANÁLISIS RESISTENCIA DE MATERIALES (PLACA DE SUJECCIÓN + PLACA INTERMEDIA)</b>		
Peso	132,28 N	
Masa	13,49 Kg	
Volumen	0,0017 m <sup>3</sup>	
Tensiones: Tensión de von Mises	3,660e+08 N/m <sup>2</sup>	
Factor de seguridad	1,47	
<b>ANÁLISIS RESISTENCIA DE MATERIALES (PLACA DE SUJECCIÓN)</b>		
Peso	63,80 N	
Masa	6,51 Kg	
Volumen	0,0008 m <sup>3</sup>	
Tensiones: Tensión de von Mises	1,337e+09 N/m <sup>2</sup>	
Factor de seguridad	3,9	

### **Materiales poliméricos para inyección.**

Una de las características más importantes de los polímeros son su versatilidad en propiedades y economía. Esto se debe a su ligereza y a sus bajos requerimientos de energía en su fabricación, son muchos menores con respecto a otros materiales.

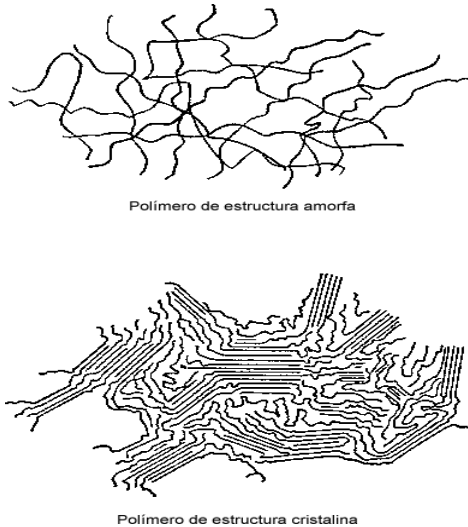
### **Propiedades**

La estructura interna de los polímeros determina las propiedades principales del material, los plásticos tienen una densidad baja debido a que su estructura es más desordenada, esto

también provoca absorción a la humedad lo cual afecta su fabricación, la polaridad de esta estructura también indica el nivel de absorción a la humedad.

**Físicas:** Esta estructura también afecta la transparencia de los plásticos, ya que si es muy desordenada, es amorfa lo cual el material será transparente, y si su estructura presenta ordenamiento. este es cristalino lo cual el material será translucido.

En la figura 12 se puede identificar las estructuras de los polímeros



*Ilustración 12 - Estructura de los polímeros*

**Eléctricas:** Debido a que los plásticos no poseen electrones libres estos no conducen la electricidad y por lo tanto son aislantes de esta misma.

**Térmicas:** Son malos conductores de calor, pero sin embargo cada uno de ellos presenta diferente comportamiento cuando son expuesto a temperaturas.

**Mecánicas:** Los plásticos tienen una estructura molecular, lo cual presentan unas propiedades mecánicas menores, módulo de elasticidad menor. Se presenta un comportamiento de deformación y recuperación interna.

Estas propiedades pueden ser mejoradas mediante aditivos, cargas y refuerzos

Los polímeros tienen varias formas de presentación, cada una de ellas es presentada de acuerdo con la necesidad y de las piezas a obtener. En la figura 13 se identifican las diferentes presentaciones de los polímeros

Estas pueden ser:

- Pulverizado
- Pellets
- Aglomerados granulados
- Resinas
- Pastas



Ilustración 13 Presentaciones de los polímeros

### **Materiales termoplásticos:**

Estos materiales están compuestos principalmente de carbono, silicio, azufre, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno entre otros. Al ser los polímeros en su mayoría materiales sintéticos, su obtención es derivada de la reacción química de determinadas sustancias como los nanómetros, estas substancias deben contener moléculas que al unirse den como resultado una macromolécula, por lo que estas moléculas tienen una configuración muy similar a la presentada por la unidad estructural del polímero.

Estos materiales son aptos para la inyección por sus propiedades y comportamientos que presentan cuando son sometidos a altas temperaturas: Fluye fácilmente debido a sus estructuras lineales, se puede reprocesar, transición vítrea baja  $T_g$  (estos tipos de materiales necesitan propiedades físicas fuertes).

A continuación, se relaciona una lista de los materiales más comunes, su uso, así como sus características más generales que pudieran ayudar al conocimiento de los que se inician en estas ramas del saber.

- Polietileno de alta densidad (PEAD): alta rigidez, estabilidad a la temperatura, así como de forma, buena dureza superficial, destacadas propiedades dieléctricas, insípido e inodoro, resistente a la ebullición y esterilizable.
- Polietileno de baja densidad: alta flexibilidad, buena resistencia térmica, baja dureza superficial, buenas propiedades dieléctricas, insípido e inodoro.

- Poliestireno (antichoque) PS3: alta rigidez, buenas propiedades dieléctricas, resistentes al choque, duras y tenaces, poca tendencia a la corrosión por tensiones por lo que es apropiado para inserción de piezas. Insípido e inodoro.
- Poliestireno (anticolérico) PS2: estabilidad de forma al calor especialmente alta, estabilidad de dimensiones y frente a la humedad, buenas propiedades dieléctricas reducida tendencia a formación de grietas e insípido e inodoro.
- Poliestireno (Normal): Gran rigidez y exactitud de las medidas, valores dieléctricos favorables, resistente a la humedad y estables al agua, Insípido e inodoro, tiende a formar grietas.
- Poliamida (PA): elevado alargamiento y tenacidad, bajos coeficientes de frotamiento, reducido desgaste (resistencia al desgaste), buena estabilidad de forma al calor, alta capacidad de absorción de agua, buena capacidad de vaporización se torna quebradizo al secarse.
- Polipropileno PP: elevada estabilidad de forma al calor, resistencia a la tracción y al choque, rigidez, buena dureza superficial sin tendencia a la corrosión por tensiones, esterilizable hasta 1200C, prácticamente sin absorción de H<sub>2</sub>O se hace quebradizo a temperaturas inferiores a 00C.
- Acetato de celulosa (CA): Elevada tenacidad, apropiada para piezas con inserciones metálicas, tacto agradable, poco sensible al sudor y a las raspaduras, buen brillo, atrae poco al polvo, estable al sonido, estabilidad de forma limitada por influencia de humedad y calor.
- Acetobutirato de celulosa (CAB): buena resistencia mecánica, resistencia al calor y a la humedad, muy resistente a la intemperie, buena lisura superficial, sin tendencia a la formación de grietas, apropiadas para la inyección con inserciones metálicas, incluso grandes, estable al sonido, reducida carga electrostática (poca atracción al polvo).
- Etilcelulosa (EC): tenacidad especialmente alta, pero reducida estabilidad de forma al calor.



- Masas SAN (Copolímero estireno – acrilonitrilo) SAN: dureza, tenacidad, resistencia a las raspaduras y al desgaste de las superficies, muy estable al clima, intemperie y envejecimiento, fisiológicamente inocuo.
- Masas ABS (Acrilonitrilo – butadieno – estireno) ABS: tenacidad, gran resistencia, rigidez y dureza, estable al sonido (sin resonancia), muy estable al clima, intemperie y envejecimiento, buenas propiedades dieléctricas, fisiológicamente inocuo.
- Polimetil – metacrilato (PMMA): alta resistencia mecánica, dureza superficial, estabilidad a la intemperie, transparente como el vidrio.
- Polivil – Carbazol (PV2): estabilidad al calor extraordinariamente elevado. Buenas propiedades dieléctricas, rígidas y quebradizas.
- Policarbonato (PC): Alta resistencia mecánica dentro de un amplio campo de temperatura, alta estabilidad de dimensiones y al calor, buenas propiedades dieléctricas, estabilidad al envejecimiento, reducida absorción de agua.
- Cloruro de polivinilo (PVC posclorado) PVC: elevada estabilidad de forma hasta 1050C, buena resistencia, dureza y tenacidad, buenas propiedades dieléctricas, difícilmente combustible.
- Cloruro de polivinilo (PVC Flexible) PVC: muy elástico, carácter semejante a la goma, debido a los efectos del plastificante no es apropiado para embalajes de productos alimenticios.
- Poliuretano (PUR): alta resistencia y exactitud de medidas, resistencia a la tracción al desgaste y al desgarre. Buenas propiedades dieléctricas, bajo absorción de agua.
- Poliamidas: Se designan con las siglas PA una poliamida es un tipo de polímero (macromoléculas, generalmente orgánicas, formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros), que contiene enlaces de tipo amida. Las poliamidas se designan con las siglas PA. La más conocida es el nylon. Puede presentarse de diferentes formas, aunque los dos más conocidos son la rígida y la fibra. Es duro y resiste tanto al rozamiento y al desgaste como a los agentes químicos. En su presentación rígida se utiliza para fabricar piezas de transmisión de movimientos tales como ruedas de todo tipo (convencionales, etc.), tornillos, piezas de maquinaria,

piezas de electrodomésticos, herramientas y utensilios caseros, etc. En su presentación como fibra, debido a su capacidad para formar hilos, se utiliza este plástico en la industria textil y en la cordelería para fabricar medias, cuerdas, tejidos y otros elementos flexibles.

- ❖ **Policarbonatos:** El policarbonato es un termoplástico resistente, dimensional estable, transparente, fácil de trabajar, moldear y termo formar, y son utilizados ampliamente en la manufactura moderna.

### **Tipos:**

- **Policarbonato Cristal y Negro para Inyección.** Entre otras el Policarbonato tiene las siguientes propiedades:
- Buena resistencia al impacto
- Buena resistencia a la temperatura, ideal para aplicaciones que requieran esterilización.
- Buena estabilidad dimensional
- Buenas propiedades dieléctricas
- Escasa combustibilidad.
- Es amorfo, transparente y tenaz, con tendencia al agrietamiento.
- Tiene buenas propiedades mecánicas, tenacidad y resistencia química.
- Es atacado por los hidrocarburos halogenados, los hidrocarburos aromáticos y las aminas.
- Es estable frente al agua y los ácidos.
- Buen aislante eléctrico.
- No es biodegradable. El policarbonato empieza a ser muy común tanto en los hogares como en laboratorios y en la industria debido a sus tres principales cualidades: gran resistencia a los impactos y a la temperatura, así como a sus propiedades ópticas. El policarbonato viene siendo usado en una gran variedad de campos:
- **Óptica:** usado para crear lentes para todo tipo de gafas.
- **Electrónica:** se utilizan como materia prima para CD, DVD y algunos componentes de los ordenadores.
- **Seguridad:** cristales antibalas y escudos antidisturbios de la policía.

**Diseño y arquitectura:** cubrimiento de espacios y aplicaciones de diseño. • **Decoración:** Como piso de policarbonato y ventanas de policarbonato

**Moldes de Pastelería:** utilizados para la elaboración de bombones y figuras de chocolate.

**Acetal:** Un acetal es una molécula con dos grupos alcoxi, unidos a un mismo átomo de carbono. Se suele diferenciar a los acetales de los cetales. Mientras que el átomo de carbono funcional de los cetales está unido necesariamente a dos átomos de carbono, en los acetales al menos una de las valencias la ocupa un átomo de hidrógeno. Sin embargo, las definiciones actuales consideran a los cetales como un subgrupo de los acetales.

Propiedades:

- Son altamente inertes a la acción de las bases o de reactivos nucleófilos.
- Son resistentes a los ácidos en ausencia de nucleófilos moderadamente fuertes.
- Reaccionan con nucleófilos en presencia de cantidades catalíticas de ácidos minerales, produciendo la ruptura del enlace acetálico.

Aplicaciones: El acetal dietílico del acetaldehído es un compuesto saborizante importante en los destilados alcohólicos.

La transformación de un aldehído, cetona o alcohol a acetal, denominada acetalización, constituye un método para introducir un grupo protector de dichos grupos funcionales a los reactivos básicos. Los acetales también son utilizados para preparar polímeros plásticos.

- Ventajas de los plásticos basados en acetales:
- Absorción de agua muy baja
- Resistentes químicamente
- Resistente a la hidrólisis por bases.

## **ESTADO DEL ARTE**

### **COLADA CALIENTE & COLADA FRIA**

Colada: Una colada es el camino que se debe recorrer el plástico fundido para poder llenar la cavidad del molde y formar la pieza; en otras palabras, es el canal que guía a la resina hacia la cavidad del molde con la forma de la pieza que se formará una vez que se enfríe y expulse el molde.

La colada se compone del bebedero; canal cónico inyectado desde la punta de la unidad de inyección como una unidad a parte del molde, las ramas y los puntos de inyección (a las cavidades del molde).

Existen dos tipos de sistemas de moldeo: el de colada fría y el de colada caliente: (Daniel Gutierrez, 2006)

#### **SISTEMA DE COLADA CALIENTE.**

El objetivo de un sistema de colada caliente es el de distribuir y mantener el material fundido desde la boquilla de la máquina hasta cada una de las actividades del molde.

Normalmente, un sistema de colada caliente representa entre un 15% a un 20% de la inversión se hará notar rápidamente, a través de los muchos beneficios económicos del moldeo de colada caliente.

## **1. Tipos de sistema de colada caliente:**

El sistema de colada caliente ha evolucionado a raíz del desarrollo de nuevas resinas, necesidad de producir grandes volúmenes de producción, mayor calidad de las piezas moldeadas, máquinas modernas etc. El desarrollo de los sistemas de colada caliente son los siguientes:

- **Colada aislada:**

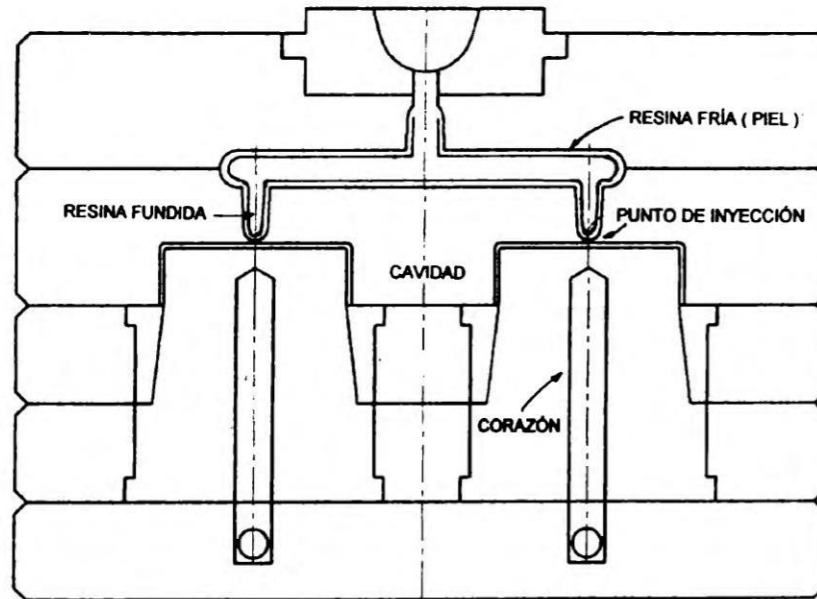
El sistema de colada caliente fue el primer sistema de colada caliente con el fin de eliminar la colada en cada ciclo de inyección. Este tipo de colada consiste en que durante el inicio del moldeo se forme una capa fría alrededor del canal de inyección con el fin de aislar el núcleo del canal y por ahí poder inyectar el plástico fundido manteniéndolo caliente gracias a esta capa aisladora.

Este tipo de sistema es de uso limitado, su aplicación se reduce a moldes pequeños y a piezas inyectadas en polietileno de baja densidad.

### **Desventajas:**

- Sensible a variaciones de ciclo.
- Su puesta en marcha es difícil.
- Cuando hay cambio de color hay que abrir el molde para retirar la mazarota.
- No hay control sobre la temperatura.
- Deja una pequeña huella del punto de inyección.

En la figura 14 se muestra un molde de colada caliente



*Ilustración 14- Sistema de colada aislada*

#### Colada aislada modificada:

Este sistema fue desarrollado para sustituir al anterior, ya que tiene la ventaja de que los canales de inyección son calentados internamente a través de resistencias tipo cartuchos.

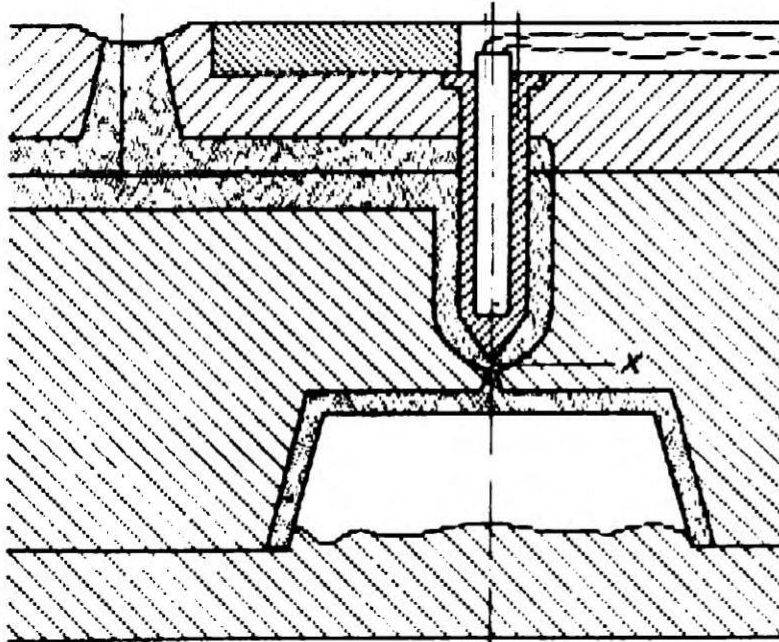
Las resistencias en el canal mantienen caliente la colada a través de interrupciones del ciclo, pero sujetan al plástico a gradientes de temperatura a lo largo de la resistencia y trae por consecuencia la degradación del polímero y puntos calientes en la zona del punto de inyección y todo esto debido a que una resistencia de este tipo tiene una variación en la temperatura de  $\pm 10\%$  lo que quiere decir, que una temperatura de  $220^{\circ}\text{C} \pm 22^{\circ}\text{C}$  (10%) tendrá un rango de variación de  $44^{\circ}\text{C}$  total.

Debido al diseño de este sistema (las resistencias están inmersas en el plástico), existen demasiadas zonas de obstrucción a lo largo del flujo por lo que las caídas de presión del flujo son inherentes.

#### **Desventajas del sistema (ya casi no se usa):**

- Su uso se limita a plásticos de baja viscosidad.
- Tiene grandes caídas de presión, se requiere mayor fuerza de cierre.
- Es de difícil cambio de color.
- Provoca degradación del material.

En la figura 15 se aprecia un sistema de molde con colada aislada



*Ilustración 15 - Colada aislada modificada*

Colada caliente:

Este tipo de colada es calentado externamente, lo que significa que la temperatura de la masa fundida es mantenida aplicando calor desde el exterior del flujo. Esto se hace mediante el calentamiento de una placa de acero (manifold) con un tipo de resistencia tubular, la temperatura de esta placa debe ser controlada a través de un termopar de retroalimentación, debido a que debe mantenerse a la temperatura del plástico fundido, esta placa deberá aislarse del molde frío. Para este efecto se usan piezas que provean soporte estructural y al mismo tiempo aislamiento térmico del manifold.

Un sistema de colada caliente tiene la posibilidad de procesar la mayoría de los **termoplásticos**, la flexibilidad en el tamaño del canal de flujo nos permite el moldeo de diferentes tamaños de piezas. No existe un diámetro de canal de colada que sea ideal para todas y cada una de las aplicaciones, el diámetro de la colada se selecciona de acuerdo con los requerimientos del tipo de plástico y peso de las piezas a inyectar. En la figura 16 se muestra un molde de colada caliente y sus partes.

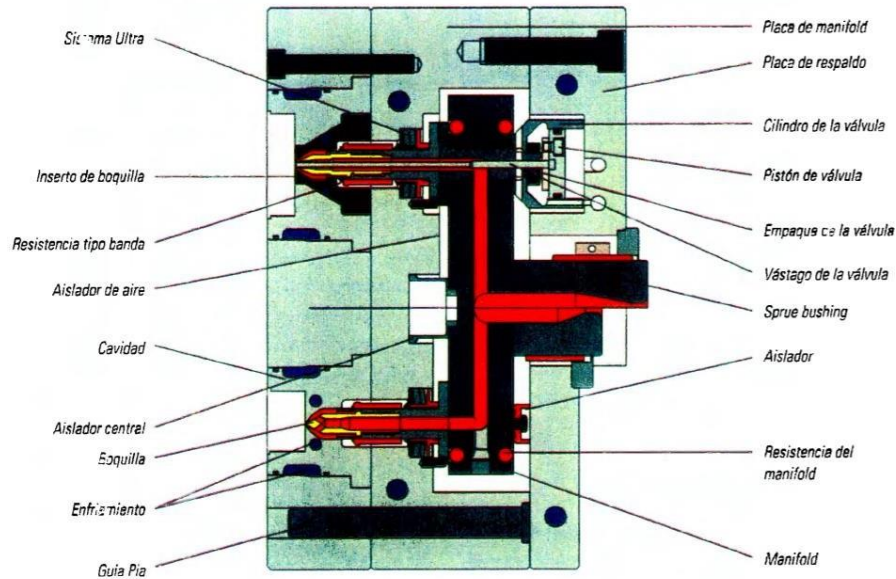


Ilustración 16 - Molde de colada caliente

## SELECCIÓN DE BOQUILLAS

Para seleccionar la boquilla correcta para una aplicación, se requiere de la siguiente información:

Posición y tipo de vestigio del punto de inyección.

Material y aditivos para inyectar.

Requerimientos de cambio de color.

Peso de la pieza y capacidad de flujo deseado para cada boquilla de inyección.

El proceso de selección de boquillas comienza con la determinación de la ubicación del punto de inyección de la pieza.

- **Material y aditivos:** El siguiente paso se basa en el material y los aditivos que se van a moldear. Algunas boquillas han sido diseñadas para materiales amorfos y otras para materiales cristalinos. También debe tomarse en cuenta las consideraciones de los materiales filamentosos, sensibles a la temperatura y abrasivos.
- **Requerimientos de cambio de color:** Este punto es debe tenerse en cuenta, porque cuando se hace un cambio de color por ejemplo del negro al blanco las piezas saldrán manchadas por un buen tiempo, esto se evita con una selección adecuada de la boquilla.
- **Peso de la pieza y capacidad de flujo deseado para cada boquilla de inyección:** El tamaño de la boquilla se determina, basándose en la viscosidad del material, y en la capacidad de flujo de cada punto de inyección. Con el fin de abarcar una amplia

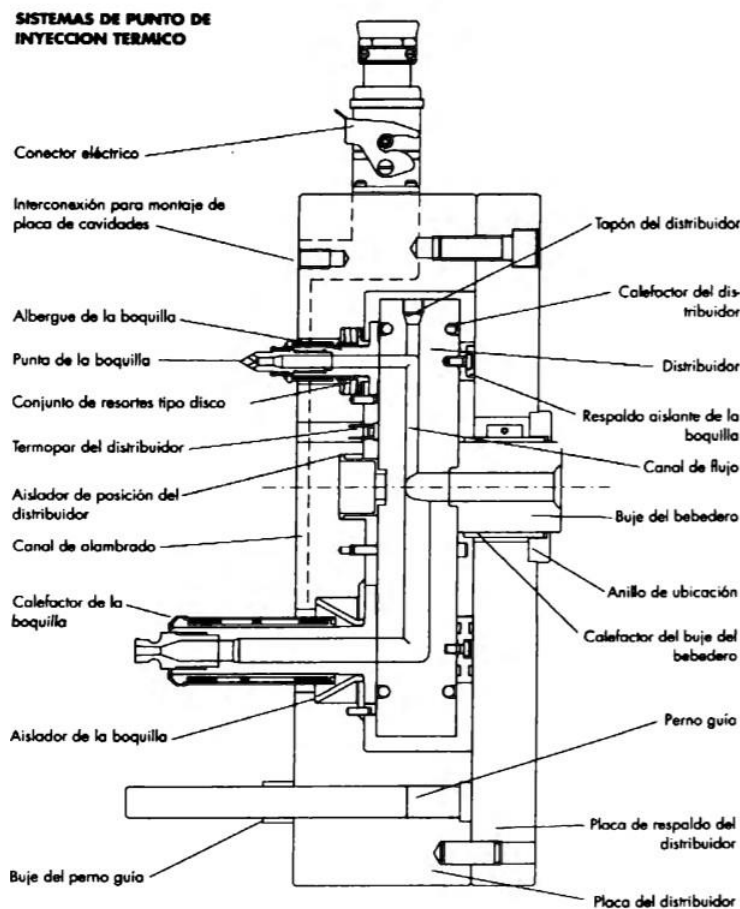
variedad de tamaños de piezas moldeadas los proveedores han desarrollado diferentes series de boquillas para cada aplicación.

## MÉTODOS DE INYECCIÓN EN SISTEMAS DE COLADA CALIENTE.

Los métodos de inyección pueden dividirse prácticamente en dos grupos:

### Inyección térmica

Este método se basa en la solidificación del material en la zona de inyección. con el posterior desprendimiento del material solidificado, se puede visualizar el sistema en la figura 17.



*Ilustración 17 - Sistema de punto de inyección térmico*

### Inyección con válvula

Una inyección con válvula se basa en una varilla que interrumpe mecánicamente el flujo de la resina a través del punto de inyección, figura 18.



### SISTEMAS DE PUNTO DE INYECCION CON VALVULA

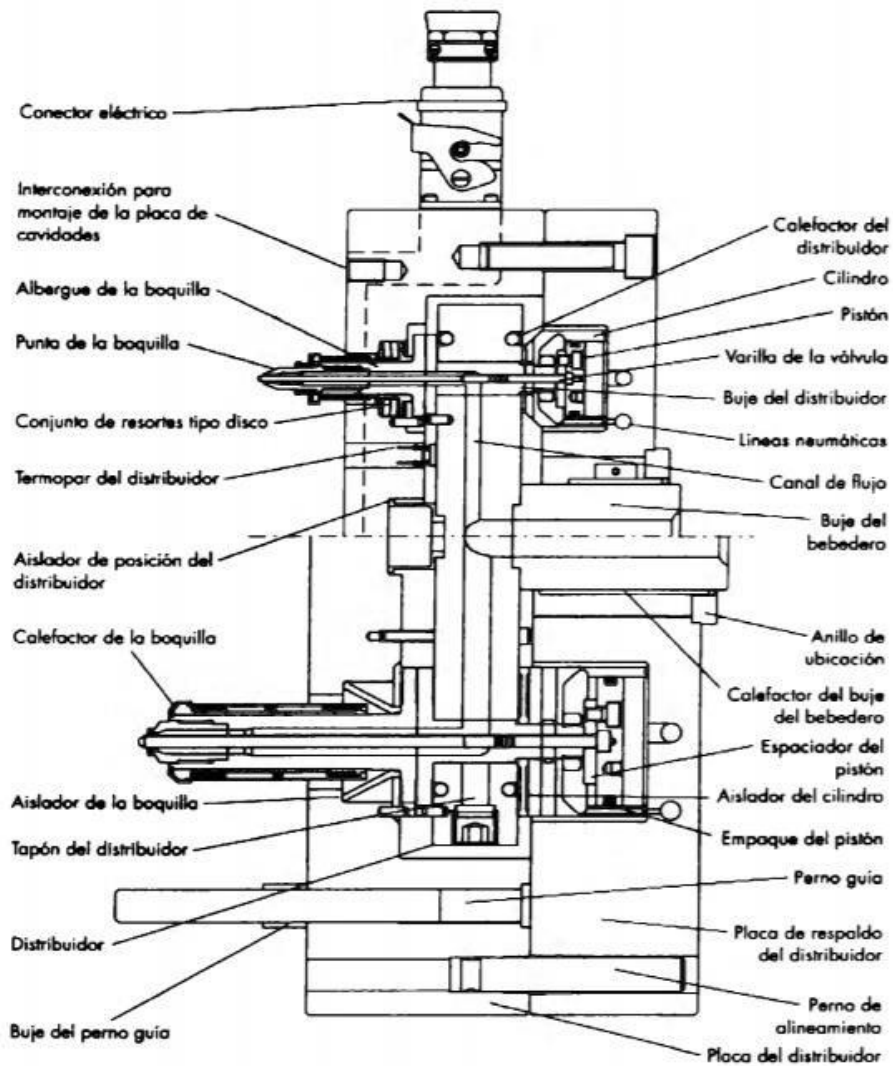


Ilustración 18 Sistema de punto de inyección con válvula

Puntos de inyección colada caliente

- **Inyección de punto caliente:**

Este método se usa típicamente para puntos de inyección perpendiculares a la superficie de moldeo. La solidificación del punto de inyección se logra eliminando el calor de la zona de inyección después de completar la inyección. La inyección con punta caliente genera un pequeño vestigio en la superficie moldeada. El tamaño de éste depende del tamaño y enfriamiento del punto de inyección, del material y de las condiciones de procesamiento.

## SISTEMA DE COLADA FRIA

En un molde de dos placas, la estructura la colada y las partes de la cavidad están unidas y para separar a ambas del molde, se tiene que usar un sistema de expulsión. Por otra parte, en un molde de tres placas, la colada se encuentra en una placa separada. Como resultado, las partes de la cavidad pueden ser expulsadas por sí solas.

Es importante tener en cuenta, que independientemente de que el molde sea de dos o tres placas, la colada siempre se muele y recicla. Esto ayuda a reducir los residuos de plástico, pero hace que el tiempo de ciclo aumente.

### Ventajas:

- Es económico
- Permite el cambio de colores de manera fácil.
- Se pueden usar polímeros de uso general como polímeros de ingeniería.
- Si se utiliza robots para separar las coladas, el tiempo de ciclo puede ser bastante rápido

### Desventajas:

- Es más lento que un sistema de colada caliente.
- Existe la posibilidad de residuos plásticos de las coladas sólidas si no se pueden remoler y reciclar o si estas son muy grandes.

## COLADA CALIENTE VS COLADA FRIA

- Reducción del ciclo: La mayor porción del ciclo de moldeo para una parte de plástico es el tiempo de enfriamiento, que es la cantidad de tiempo que requiere el plástico inyectado para solidificarse antes de que el molde abra y la parte sea expulsada. En un molde de colada fría la sección de pared más gruesa es la de los canales de inyección (mazarota) y el ciclo de moldeo tiene que esperar hasta que la colada haya solidificado para poder ser expulsada. La eliminación de la colada significa menos tiempo de recuperación ya que el husillo de la máquina no tiene que plastificar la colada. Si la colada torna entre 20 y 25 % del peso de la inyección completa, esto reduciría el tiempo de recuperación proporcionalmente. La reducción del peso total de inyección (piezas y mazarota), significa también que el tiempo de inyección ha sido reducido, ya que no tenemos que llenar la colada.
- Ahorro de energía: La eliminación de la colada reduce la cantidad de plastificación requerida por la unidad de inyección, la cual automáticamente reduce la energía consumida por cada parte, proporcionalmente al peso de la colada. El uso de un

sistema de colada caliente elimina el uso del molino y el extractor de colada, los cuales requieren energía para operar.

- Mejoramiento de la calidad de la pieza: El sistema de colada caliente ofrece un flujo balanceado a todas las cavidades del molde (flujo balanceado significa: que la resina es transportada a cada cavidad con la misma presión y temperatura) resultando en un peso de la pieza consistente de cavidad a cavidad.

El flujo balanceado ofrece menos piezas rechazadas. La reducción de la presión de inyección significa menos esfuerzos residuales en las piezas moldeadas proporcionando mayor resistencia a éstas, así como también menos presión de inyección significa que no nos va a abrir el molde durante la inyección evitando que las piezas salgan con flash (en metal: rebaba).

- Menor unidad de inyección de la máquina. La reducción del tamaño de tiro permite que la máquina tenga una unidad de inyección pequeña al igual que el husillo. Maquinaria pequeña reduce la inversión de capital, resultando ya sea en un costo menor por pieza o más ganancias.

## **ELEMENTOS DE CALEFACCIÓN PARA LOS MOLDES DE COLADA CALIENTE**

Los elementos de calefacción son el corazón de un sistema de colada caliente. Por esta razón, cuando se seleccionan piezas de recambio, el costo no debe estar por encima de la calidad.

Los elementos de calefacción para los sistemas de colada han cambiado tanto como los sistemas mismos. Debemos de considerar a los torpedos de inyección y manífull como el cuerpo – los elementos de calefacción son el corazón, el controlador de temperatura, el cerebro y los termopares son los nervios que conectan el sistema entero.

A continuación, se describen cada uno de los elementos que intervienen:

- Resistencia de cartucho o tubular.
- Resistencia para inyector o torpedo de inyección.

## **LIQUIDOS REFRIGERANTES**

El sistema de refrigeración está diseñado para procurar una temperatura de funcionamiento adecuada y mantenerla para cualquier proceso operativo. Para ello, monitorizan diferentes síntomas que permitan evaluar el estado y el funcionamiento del sistema. (Tecnología del plástico, 2015)

### Temperatura del refrigerante

Se mide la temperatura del refrigerante en un punto crítico del sistema. Mediante su monitorizado, se puede determinar si existe un funcionamiento anormal producido por el aumento de temperatura (sobrecalentamiento) o por una disminución de la temperatura (subenfriamiento).

El sobrecalentamiento es el fallo más común y suele ser causado por una falta de refrigerante debido a fugas, por anomalías en el sistema o por una bomba de refrigerante defectuosa.

### Consumo de refrigerante

El consumo de refrigerante es la cantidad de refrigerante perdida, principalmente debido a fugas, y que es necesario reponer. Las fugas externas son debidas a la falta de estanqueidad dónde el líquido refrigerante sale de la máquina, mientras que, en las fugas internas, el líquido refrigerante pasa a otros sistemas de la máquina.

El consumo de refrigerante disminuye su volumen total en el circuito y, por lo tanto, reduce la capacidad de disipar calor. La pérdida de disipación de calor está ligada con el sobrecalentamiento del sistema.

### Presión del circuito de refrigeración

Normalmente, el sistema de refrigeración está presurizado mediante una válvula de sobrepresión para aumentar la temperatura de ebullición del fluido refrigerante de ese modo se garantiza que el fluido no se evapore y circule por el sistema en fase líquida. Una caída de la presión es indicativa de un fallo en la válvula de sobrepresión o de una fuga en el sistema de refrigeración.

### Estado del refrigerante

Mediante el análisis del estado del refrigerante se puede determinar el momento óptimo para realizar un cambio de refrigerante y, además, diagnosticar fallos en el sistema.

El estado del líquido refrigerante está determinado principalmente por tres factores: el tipo de líquido refrigerante, el tiempo de funcionamiento y el estado de los elementos del sistema de refrigeración. Debido al efecto de las reposiciones o rellenos, a la corrosión de los conductos y a la degradación de los aditivos, se incrementa la contaminación y la degradación cuanto más tiempo de utilización tiene el refrigerante.

El fluido refrigerante se compone de una mezcla de agua y anticongelante (etilenglicol, propilenglicol u otros) a la que se le añaden aditivos inhibidores de la corrosión. Una técnica muy extendida para realizar un seguimiento rápido del estado del refrigerante es mediante el uso de un refractómetro, con el cual se puede determinar la concentración de anticongelante en el agua.

Moldes de inyección de termoplásticos: Boquilla para ciclos cortos.

Thermoplay ha desarrollado unas boquillas con válvula de obturación adaptando sus modelos al moldeo de artículos técnicos en los que la velocidad de inyección y las altas presiones requieren de un alto rendimiento.

La zona de la junta entre la boquilla y la placa de distribución se ha mejorado para compensar las altas presiones de inyección durante los ciclos de producción rápidos. La sección del canal interior de la boquilla se ha incrementado para mejorar el flujo de material, un mayor intercambio de calor en la zona del punto de inyección facilita el enfriamiento de la aguja.

Por último, el tipo de construcción proporciona un sello mecánico completo, incluso en ausencia de dilatación térmica. Se trata de una seguridad extra en caso de un arranque frío accidental.

Las aplicaciones más comunes de estas boquillas son piezas con espesores finos, que requieren velocidad alta de inyección y ciclos de producción rápidos.

Sensores en las cavidades para optimizar el proceso de inyección

En el programa Horizonte 2020, de la Unión Europea, se está concluyendo actualmente un interesante programa cuyo objetivo es ayudar a optimizar el desempeño de las máquinas de inyección sobre la marcha.

La manufactura inteligente intenta incrementar la adaptabilidad del proceso a través de sistemas de control computarizado. En moldeo por inyección esto puede ser traducido a flexibilidad mejorada de la planta: corriendo muchos productos/moldes en paralelo con la menor generación de residuos.

En el presente, los últimos modelos de las máquinas de moldeo por inyección incorporan mecanismos de control de calidad que pueden echar abajo la producción si los parámetros de la inyectora se desvían de los definidos por este mecanismo como óptimos. Infortunadamente, estos sistemas fallan a la hora de especificar la avería y proporcionar trazabilidad del producto.

El sistema de control de la máquina controla la temperatura y la presión en la cavidad cuando el polímero fundido ingresa al molde. Sin embargo, el empleo de sensores en la cavidad hace posible monitorear estas variables, y cuando se combinan con los parámetros de proceso de la inyectora (tales como pospresión, velocidad de inyección y tiempo de ciclo), los estándares de calidad pueden ser mejorados. Un control completo de todas las máquinas que trabajan en una planta es el objetivo principal. En la figura 19 se muestra el sensor de medida para la presión dentro de un molde de inyección



Figura 5: Sensor para la medida directa de la presión.

*Ilustración 19 - SENSOR PARA LA MEDIDA DIRECTA DE PRESION*

Durante la inyección, la máquina y las características del molde necesitan ser monitoreadas para posteriormente representar calidad de producto y eficiencia en el ciclo productivo. La inyección dentro del molde es monitoreada a través de sensores de presión y temperatura. Al mismo tiempo, la conexión del DAS (Sistema de adquisición de Datos) con la máquina permite a los operadores recuperar información en tiempo real de los parámetros del proceso. El DAS es individual para cada máquina de inyección y en una planta de producción a gran escala deben correrse varias unidades DAS simultáneamente.

El Sistema de Predicción Avanzada (APS), es una herramienta de software que ayuda a optimizar el proceso de moldeo por inyección. Esta funciona a través de algoritmos numéricos basados en técnicas de Machine Learning para proporcionar directrices en control de calidad.

### Tecnología EDM

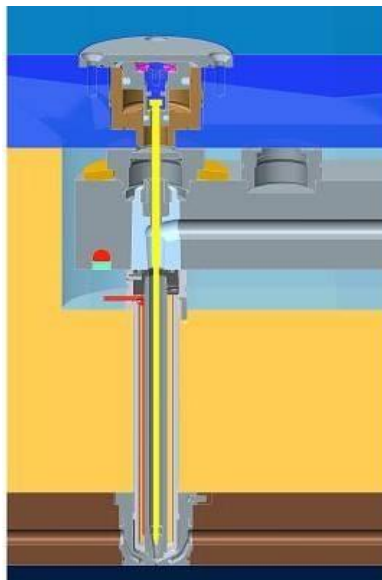
La tecnología 3DS de GF Machining Solutions para estructura tridimensional logra resultados interesantes mediante la aplicación de parámetros de mecanizado que influyen de manera positiva la formación de cráteres más anchos y redondeados en la fase final del proceso.

Un detalle muy interesante de este procesamiento final es que el resultado de la medición del parámetro de rugosidad superficial ( $R_a$ ) es el mismo que el de los acabados finales hechos con otros métodos.

Con este nuevo sistema se propone: Los cráteres más anchos y redondeados logran tener fuerzas de desmoldeo menores, debido a que el plástico no se “incrusta” en cavidades

delgadas y profundas. Según el reconocido fabricante de moldes alemán Kurt Harz, dueño de la empresa Lauer Harz GmbH, “La aplicación de esta tecnología en sus productos ha logrado rebajar las fuerzas de desmoldeo a más de la mitad de las originales”. En las aplicaciones en las que más beneficio ha tenido este fabricante de la zona de Luedenscheid es que ahora no requiere pulir ciertas cavidades estrechas para desmoldar partes delgadas.

Una ventaja adicional de lograr menores fuerzas de desmoldeo, es la de poder expulsar la pieza a una mayor temperatura, reduciendo los tiempos de ciclo de inyección. Esto además evita que quede una gran cantidad de residuos incrustados en la superficie del molde después de cierto número de horas de trabajo. En la figura 20 se aprecia un sistema de boquilla para ciclo cortos y rápidos



*Ilustración 20 Boquillas para ciclos rápidos: diseñadas para la inyección en aplicaciones de embalaje*

## **ENFRIAMIENTO ADECUADO DEL MOLDE**

Generalmente, a los altos polímeros se les da su primera forma cuando estos están fundidos, se inyecta la masa a una elevada presión y gran velocidad en el molde, cuya cavidad tiene la forma del artículo deseado.

Dado que el enfriamiento es un factor de gran importancia para determinar la calidad y rentabilidad de un molde se toma en cuenta el mismo al iniciar la construcción de este, la cual debe hacerse siguiendo el llamado principio del cono, el cual determina que la pieza ha de enfriarse uniformemente comenzando desde el borde exterior hacia el punto de la colada. Por lo general al elegir la temperatura del molde se ha de tener en cuenta factores como las exigencias económicas y la técnica de producción, ya que las temperaturas elevadas pueden llegar a producir:

- Buenas superficies
- Buena fluidez
- Reducido grado de orientación y pocas tensiones propias
- Pocas grietas de tensión
- Poca contracción posterior
- Largos tiempos de enfriamiento

En la tabla 10 se relacionan temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección:

Tabla 10 : Temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección

Material	Temperatura de elaboración (°C)	Temperatura del molde (°C)
Poliétileno de baja densidad	170 - 260	0 - 70
Poliétileno 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
Copolímero 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

## PROCESOS DE MECANIZADO

Se refiere a la elaboración de piezas de determinada configuración geométrica mediante el proceso de arranque de capas sobrantes. Entre los principales tipos de mecanizado se encuentran: por abrasión, mecanizado térmico, ultrasónico, mecanizado por arranque de viruta y el electro mecanizado, haciendo énfasis en los dos últimos mencionados ya que estos son los principales procesos que se utilizan para el acabado de un molde. (Fonseca, 2018), figura 21.



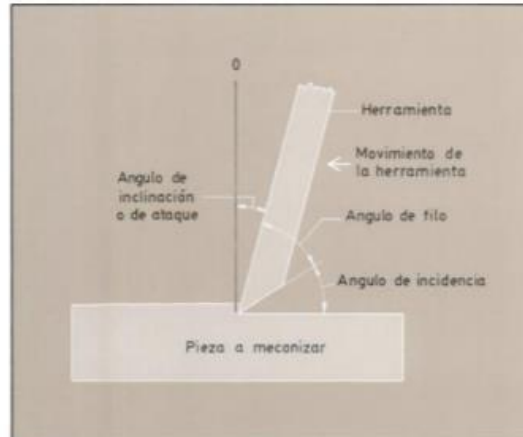


Ilustración 21- Posición relativa de la herramienta de corte y la pieza a mecanizar

### Mecanizado por arranque de viruta

En este caso el metal de la pieza a mecanizar se fuerza de modo intenso, exactamente delante del extremo cortante de la herramienta, así produciendo el arranque del metal el cual se rompe de modo aproximadamente perpendicular a la cara de la herramienta lo que hace que se produzca la formación de viruta, la misma que puede ser cortada, arrancada o continua, dando paso a que el metal fluya por la cara de la herramienta. (Solá, 1989)

En la figura 22 se muestran los principales procedimientos de mecanizado con arranque de viruta los cuales se aplican en la construcción de un molde:

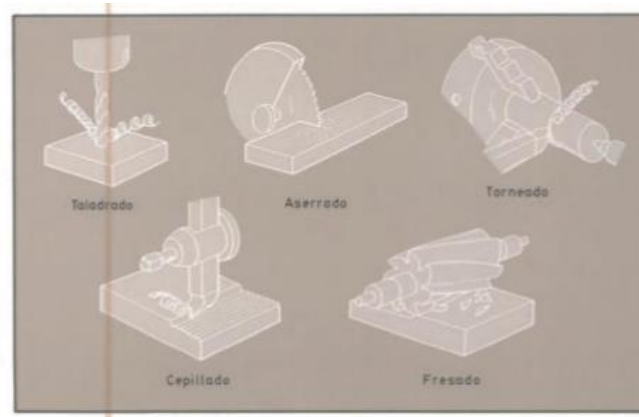


Ilustración 22 -Tipos de mecanizado con arranque de viruta.

### Electro mecanizado

Este consiste en colocar la preforma o pieza a mecanizar en una cuba frente a un electrodo-útil, que debe tener la “forma negativa” de la pieza deseada o del modelo y conectarla con un electrodo del generador de corriente. Dicha preforma se disuelve selectivamente en el baño a una velocidad que es proporcional a la densidad de la corriente en cada zona superficial. La densidad que se estabiliza uniformemente a medida que la pieza a electromecanizar se “acopla” frente al electrodo útil.

El volumen del cráter que se forma en la pieza depende de la energía (amperaje y voltaje) y de la energía (chispa o arco), naturaleza del metal de la pieza, del electrodo útil y del líquido iónico. Ya en el proceso propiamente denominado 34 electroerosión, la chispa o el arco saltan entre los puntos más próximos situados uno en cada electrodo lo cual implica eliminación de los salientes de la pieza y el acoplamiento de la forma de la pieza a mecanizar con el electrodo.

En algunas condiciones se forma una burbuja de gas. Al final de la descarga, la presión del interior de la burbuja disminuye bruscamente lo cual da lugar a un efecto de expulsión del metal líquido, que puede ser una cavitación, donde el ciclo se volverá a iniciar al aproximarse los electrodos, en la zona de menor distancia interelectrónica.

### **Control numérico por computadora (CNC)**

La manufactura asistida por computadora (CAM) utiliza el resultado del dibujo asistido por computador (CAD). Combinando estos dos, el CAD y el CAM, el diseñador ha logrado el efecto de aumentar considerablemente la exactitud y la productividad, así como una calidad tremenda en las prestaciones de sus proyectos (Rodríguez, 1992)

Uno de los principales métodos de transmisión de la información de diseño del CAD al CAM es el de CN, que significa control numérico. También se le denomina control numérico por computador (CNC), el cual puede almacenar diseños que son usados en una gran variedad de procesos de manufactura que están relacionados.

Dando como resultado de esto la fabricación de una parte del producto o de la manufactura de este completo, realizado de una manera totalmente automática por 38 las máquinas, con las medidas y los requerimientos de límites, tolerancias y precisión deseada.

### **Ventajas de las máquinas herramientas NC.**

- La precisión de los componentes es alta.
- La capacidad de producción.
- El costo general de las herramientas es menor.
- Se pueden realizar más operaciones en cada configuración de la pieza de trabajo
- Los cambios de diseño se pueden incorporar fácilmente
- Se reduce sustancialmente el error del operario

### **Aplicaciones de las máquinas CNC**

En la actualidad, casi no existen empresas o industrias que no utilicen máquinas herramientas CNC, realizando en estas los procesos más básicos como el torneado, el fresado, cepillado, taladrado, planeado y el rectificado que se aplican para maquinar y terminar algunos componentes. Teniendo así las siguientes razones para determinar la utilización de estas:

- En las máquinas herramientas convencionales (manuales), el tiempo de corte es de 15 a 25% del total del proceso, mientras que en las máquinas herramientas CNC, el tiempo de corte es de 75 a 80%, es decir el tiempo de entrega de un elemento (pieza) se reduce considerablemente.
- Generalmente, las partes requieren cambios de diseño. Haciendo posible dichos cambios en una máquina CNC gracias a la flexibilidad para adaptar esas partes.
- La producción tiene un proceso continuo y de calidad precisa en cantidades de lotes, siendo este de cantidades pequeñas o medias. - La considerable reducción de la inversión en el manejo de las herramientas y en los accesorios para sujeción.

### **Estructura de un programa CNC**

Dado que un programa de control numérico es un conjunto de información codificada que se traduce en una serie de órdenes y pasos que se producen de forma correlativa, dichas órdenes tienen que efectuarse en una secuencia lógica establecida para que el control de la máquina herramienta sea capaz de ejecutarlas.

A dichas labores o conjunto de tareas se les denomina programación, siendo el objetivo principal de este obtener un programa CNC mediante el cual se pueda mecanizar una determinada pieza, misma programación puede ser del tipo cerrada o abierta, la del tipo cerrada es la clase de programación que se realiza siguiendo una tabla o estructura de forma más o menos aislada el mismo que no se utiliza en la actualidad, por otra lado la programación de tipo abierta es la más utilizada por los fabricantes de controles y se trata de un sistema que permite escribir líneas con solamente dos caracteres o líneas con hasta 250 caracteres, pero con unas normas a respetar y en el orden de escritura predeterminada.

### **Fresado**

Es una máquina que haciendo girar una herramienta de corte con el fin de eliminar material de una pieza de trabajo móvil.

- La herramienta de corte se monta en el husillo y gira a distintas velocidades, en función de las especificaciones de la herramienta y del material.
- La pieza se fija a una mesa conocida como carro transversal.
- El carro transversal mueve la pieza de trabajo y la pone en contacto con la herramienta de corte. La herramienta elimina material de la pieza de trabajo en los puntos de contacto, creando piezas terminadas.

### **Tipos de fresadoras**

- **Fresadoras Verticales:** El eje del husillo es vertical, lo que significa que la herramienta se puede mover arriba abajo, acercándose o alejándose de la parte superior o de la superficie de la pieza.

- **Fresadoras horizontales:** El eje del husillo es horizontal, es decir, que la herramienta puede moverse de lado a lado, acercándose o alejándose de la cara de la pieza.

### Operaciones relacionadas con el fresado

**Planeado:** Una operación de planeado consiste en un corte plano a través de toda la superficie de la pieza. Elimina una capa de material, dando como resultado una superficie plana y lisa. Se realiza este proceso normalmente, para determinar o demarcar en el material una superficie de referencia, desde la cual se puede trabajar o crear un acabado de superficie deseado a partir de la pieza en bruto. En la operación de planeado, la herramienta de corte se mantiene a una altura fija, mientras que la pieza se mueve hacia atrás y adelante en recorridos que se superponen. En la figura 23 se visualiza el proceso de fresado.

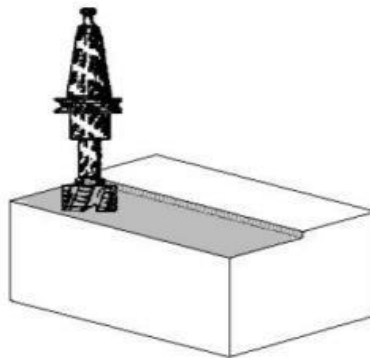


Ilustración 23- Fresado por planeado.

### Taladro

En una operación de taladro, la broca se desplaza a un punto específico en la pieza se taladra a profundidades específicas. Spectra CAM crea el código de NC que centra la boca en cada punto y taladra un agujero de un diámetro y a una profundidad determinados. Se debe instalar el taladro apropiado para los distintos tamaños de agujero. Las máquinas CNC pueden equiparse con conmutadores automáticos de herramientas, de manera que se pueda instalar distintas fresadoras o fresas sin la intervención de la operación. *Figura 22* procesos de taladrado

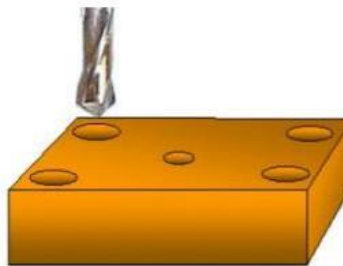
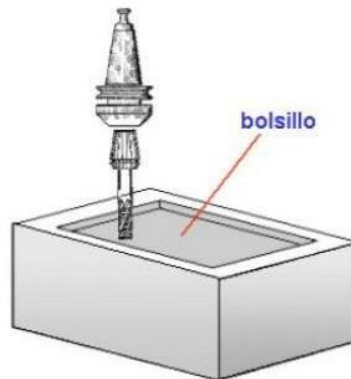


Ilustración 24 -Proceso de fresado

## Vaciado

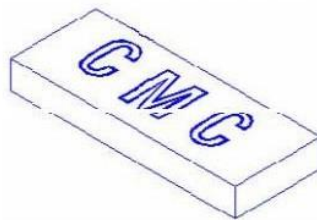
Las operaciones de vaciado eliminan todo el material dentro de un área cerrada con límites definidos por una geometría CAD. Una geometría es cerrada cuando su punto inicial y su punto final se conectan formando una ruta completa. Círculos, óvalos, cuadrados, rectángulos e incluso polígonos de formas raras son ejemplos de geometrías cerradas. *Figura 23* proceso de vaciado



*Ilustración 25 - Fresado por vaciado*

## Grabado

El grabado permite añadir letras a las piezas. Para realizar operaciones de grabado en el plano XY que son creados con CAD. Se puede especificar la fuente y la profundidad. *Figura 24* proceso de grabado laser



*Ilustración 26- Fresado por grabado*

## CNC Router

Es una máquina de corte o grabado controlada por computador (CNC), que trabaja con una herramienta de fresado o broca que puede tallar con precisión y exactitud los materiales en tres o más dimensiones a la vez. Es una máquina muy versátil, ya que puede trabajar sobre casi cualquier tipo de superficie blanda.

Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en 3 ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles.

Existen Routers CNC de muchos portes, desde el tamaño para escritorio o para hacer piezas de barco. Aunque hay muchas configuraciones, la mayoría tienen pocas partes específicas, una dedicada al control de CNC, uno o más motores de eje, inversores de corriente alterna, y una mesa. Las fresadoras están generalmente disponibles en 2, 3 y 5 ejes.

### **Funcionamiento:**

Es necesario dimensionar el diseño deseado en un software compatible con la tecnología de programación CNC del dispositivo. Son muchos los programas que pueden ser utilizados; desde InDesign e Illustrator, hasta AutoCAD, FreeHand, Rhinoceros, Inventor y Google Sketchup.

Posteriormente, estos diseños son llevados a programas de generación en código (Código G), que permiten la lectura del Router CNC.

La interpretación del Código G se expresa en coordenadas cartesianas numéricas y las convierte a número binario que enviará a la interface, drivers y al final a los motores que se moverán en la posición que se le indique.

Una vez programada la máquina, esta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola.

### **Aplicaciones:**

El Router CNC puede cortar, grabar, crear contornos o tallar sobre una gran variedad de materiales blandos, sin dañarlos o rayarlos con la precisión del CNC. Algunas de sus posibles aplicaciones son:

- Artesanías
- Gráficos y señalética
- Fabricación de muebles y carpintería en general
- Maquinado de superficies sólidas
- Hojas de fabricación plásticas o en plástico
- Grabado de superficies sólidas
- Maquinado en 3D

### **Materiales:**

Permite cortar materiales rígidos, pero no demasiado duros como:

- PVC espumado
- MDF y Triplay
- Acrílico
- Madera solida (blanda)
- Poliuretano

También permite el corte y grabado de materiales no ferrosos como:

- Aluminio
- Cobre
- Latón
- Níquel
- Bronce

## **NORMAS ISO PARA MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO**

- **ISO 14955-1, Máquinas Herramienta – Evaluación ambiental en máquinas herramienta – Parte 1:** Metodología de diseño para máquinas herramientas energéticamente eficientes, aborda la eficiencia energética de las máquinas herramienta durante su vida útil. Identifica las funciones principales y los componentes de la herramienta de máquina que son responsables de la demanda de energía durante la fase de uso. Estos componentes se comparan luego con los componentes anteriores o con el estado de la técnica para su mejora futura.
- **ISO 14955-2, Máquinas herramienta – Evaluación ambiental de máquinas herramienta – Parte 2:** Métodos para medir la energía suministrada a máquinas herramienta y componentes de máquina herramienta. Soporta la metodología de diseño de ahorro de energía de acuerdo con ISO 14955-1 proporcionando métodos prácticos para medir la energía suministrada a las máquinas herramientas.

Estándares mundiales:

- **ISO 6983** (International Standardization Organization)
- **EIA RS274** (Electronic Industries Assiation)

## **DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)**

El término diseño asistido por computadora fue desarrollado por Douglas Ross y Dwight Baumann en 1959 y aparece por primera vez en 1960, en un anteproyecto titulado “Proyecto de diseño asistido por computadora” (Computer Aided Design Project). En esa época ya se había comenzado a trabajar en la utilización de sistemas informáticos en el diseño, fundamentalmente de curvas y superficies, estos trabajos se desarrollaron en la industria automovilística, naval y aeronáutica. (Inc., 2016)

El diseño asistido por computadora (CAD), puede ser definido como el uso de sistemas informáticos para ayudar en la creación, modificación, análisis o en la optimización de un diseño. En los programas CAD es posible crear una representación gráfica de una pieza en tres dimensiones que permite visualizar todos los aspectos del diseño propuesto desde cualquier ángulo.

En el presente trabajo, el software utilizado para el modelamiento del molde con el cual se van a fabricar los llaveros es SolidWorks. Modelar las piezas y ensamblar el molde permite al equipo encargado de fabricar los llaveros reducir errores de fabricación y garantizar la obtención de productos de calidad.

## SOFTWARE DE SIMULACION

### SolidWorks Plastics

Permite a los diseñadores de piezas, moldes y herramientas, la capacidad de simular el proceso de moldeo por inyección, eliminando suposiciones para asegurar que una pieza de plástico inyectado sea fabricada con calidad y lanzar mejores productos al mercado con un menor costo.

Le permite predecir y evitar defectos de fabricación en diseños de piezas de plástico y moldes de inyección, lo que elimina las costosas rectificaciones, mejora la calidad de la pieza y reduce el tiempo de comercialización.

SOLIDWORKS® Plastics ofrece una simulación fácil de usar para analizar las piezas de plástico y los moldes de inyección. Simula el modo en que el plástico fundido fluye durante el proceso de moldeo por inyección para predecir los defectos relacionados con la fabricación de modo que pueda evaluar rápidamente las posibilidades de fabricación de una pieza durante el diseño. En la figura 27 software de simulación SOLID WORKS

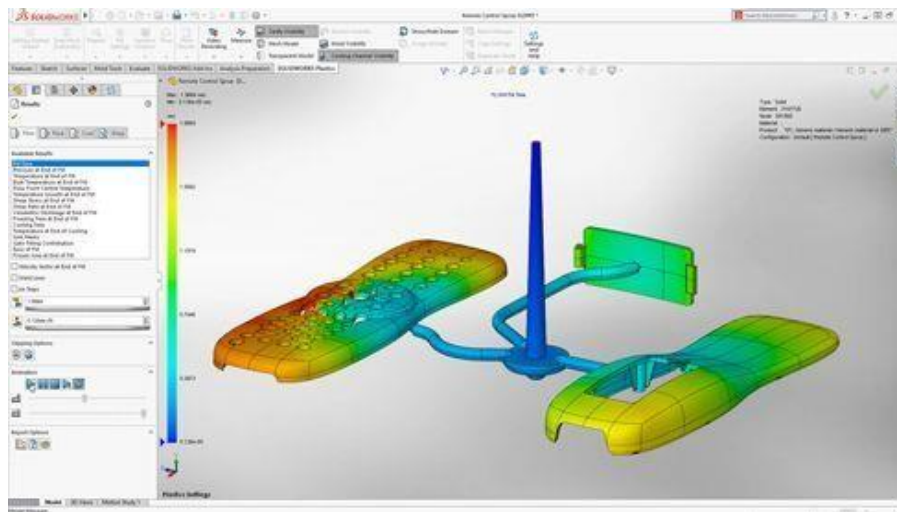


Ilustración 27 -SolidWorks Plastics

### Moldex3D

Es el software más completo para la simulación de procesos de moldeo por inyección de materiales plásticos. Con tecnología de cálculo totalmente 3D permite alcanzar los niveles de precisión y estándares exigidos en la industria.



Es un producto desarrollado por Coretech System Co. que incorpora las tecnologías de análisis más avanzadas. Con interfaz amigable, proporciona incluso a un no experto realizar estudios y encontrar soluciones para potenciales problemas en la pieza y/o en el diseño del molde.

Moldex3D dispone de un conjunto completo de herramientas de simulación para productos en plástico inyectados con una tecnología basada en mallado sólido híbrido y en el método de volúmenes finitos de alto rendimiento.

Es el producto CAE líder en el mundo para la industria del moldeo por inyección de plásticos. Con la mejor tecnología de análisis en su clase, Moldex3D puede ayudarlo a simular la gama más amplia de aplicaciones de procesos de moldeo por inyección para optimizar el diseño y la fabricación del producto, acortar el tiempo de comercialización y maximizar el ROI del producto. Figura 28 software de simulación MOLDEX 3D

### Características:

- Preprocesamiento incrustado en CAD
- Motor de malla 3D automático superior
- Tecnología de malla 3D de alta resolución
- Computación paralela de alto rendimiento
- Malla Moldex3D

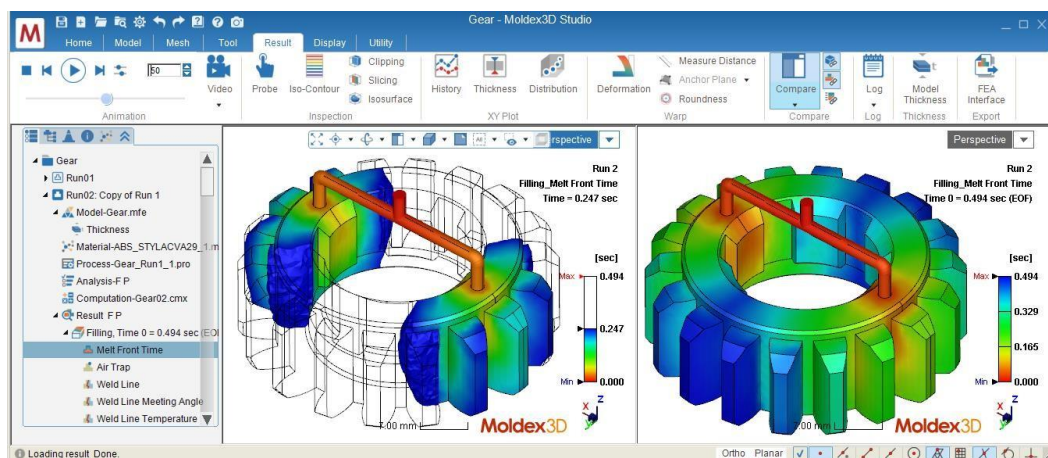


Ilustración 28 -Moldex3D

### TIIPFLOW

La herramienta de trabajo Tiipflow nace por la necesidad de crear una aplicación Web capaz de estimar de una manera rápida y sencilla los parámetros del proceso de moldeo por inyección de termoplásticos en geometrías simples a través de un navegador Web, para así, poder valorar los resultados y estudiar sin son los apropiados para el proceso que se llevaría a cabo con las máquinas de inyección correspondientes

Además de realizar el cálculo de los parámetros de moldeo, Tiipflow va a contar con una serie de funcionalidades que otorgaran un valor añadido a la aplicación. Una de estas funcionalidades va a ser el «Sistema Experto». Cualquier usuario, con los privilegios suficientes, podrá rellenar los datos del sistema experto de tal manera que, cuando un usuario se encuentre realizando una simulación, dicho sistema, mediante una serie de mensajes en la interface Web, nos irá indicando posibles consecuencias o soluciones a los parámetros testeados o a los resultados obtenidos. Todos estos mensajes van a poder ser administrados por usuarios de nivel administrador. Así, un usuario con unos buenos conocimientos en la inyección de termoplásticos podrá administrar el “Sistema Experto” de tal manera que pueda servir como ayuda y enseñanza a personas que cuenten con pocos conocimientos en estos campos.

La aplicación también va a contar con una base de datos donde ira guardando la distinta información que se vaya generando en cada simulación. además, la base de datos de materiales va a estar ligada al «Sistema Experto» mencionado anteriormente, ya que cada familia a la que pertenezca un material va a tener unos determinados parámetros por los que se rija su «Sistema Experto». En las figuras 29 y 30 se muestran el software TIIPFLOW con su respectivo diagrama de diseño

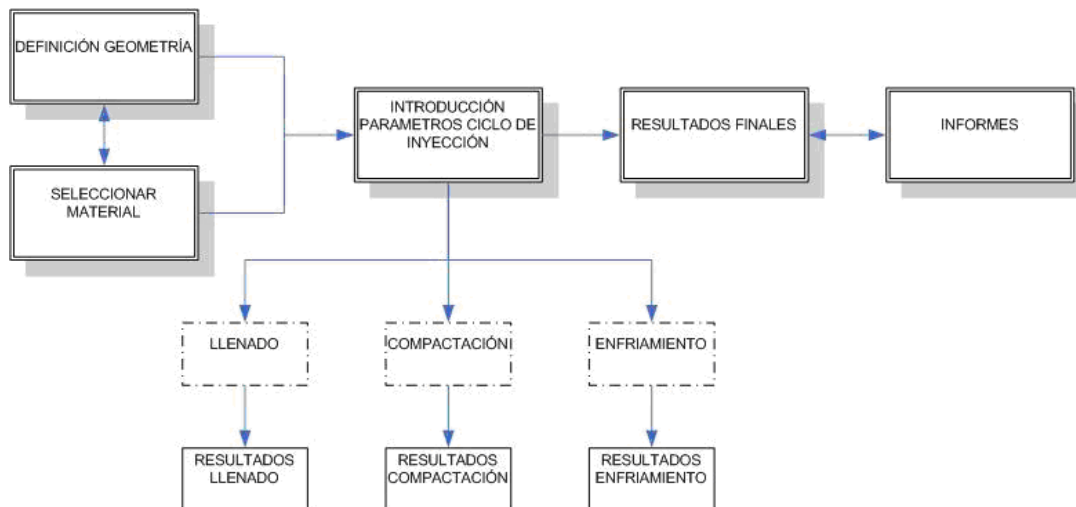


Ilustración 29- Diagrama de diseño

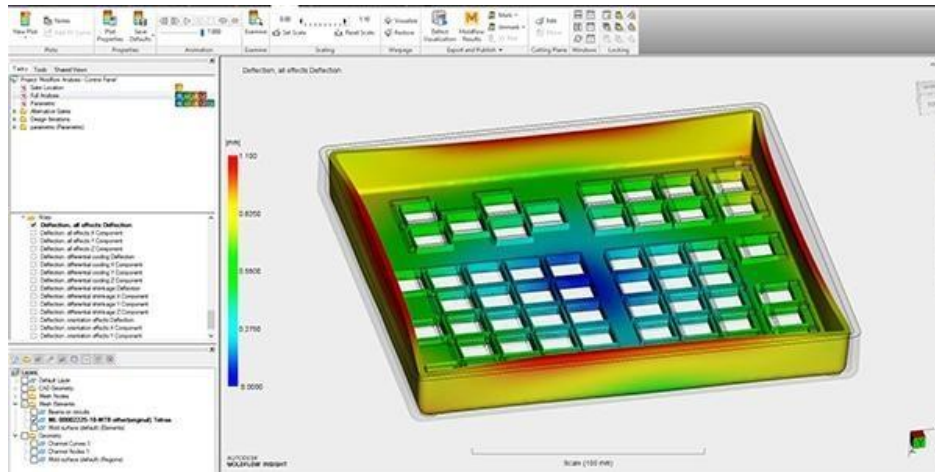


Ilustración 30 -TIIPFLOW

## METROLOGÍA

La metrología es la ciencia de las mediciones. Se trata de Establecimiento, Reproducción, Conservación y Transferencia de unidades de medida y sus estándares. (Patil, 2018).

### Alcance de la metrología:

- Fabricación: la metrología se ocupa de la fabricación de diversos instrumentos.
- Rango y capacidades: la metrología se utiliza para encontrar los rangos y capacidades de varios instrumentos utilizados para la medición.
- Calibración: la metrología se utiliza para calibrar los instrumentos de medición. Según los estándares prescritos con un alto grado de precisión.
- Métodos de medición: la metrología se ocupa de los diferentes métodos de medición, esenciales para obtener mediciones precisas.
- Preparación de diseños y planos: la metrología se ocupa de la elaboración de diseño y planos para diferentes tipos de calibres.
- Mantener y definir los estándares: para mediciones precisas, la metrología se ocupa de definir y mantener los estándares.

### Objetivos o necesidad de la metrología

- Para lograr la estandarización.
- Para averiguar las fuentes de errores.
- Útil en la selección de instrumentos y calibres adecuados.
- Tener buena exactitud y precisión.

- Metrología y control de calidad 1-3 Conceptos básicos de metrología
- Reducir el costo de la inspección mediante el uso eficaz y eficiente de las instalaciones disponibles.
- Evaluar productos recientemente desarrollados.
- Mejorar la satisfacción del consumidor.
- Reducir reprocesos y rechazos.
- Ayuda a lograr la intercambiabilidad de piezas.

### **Clasificación de la metrología**

- Metrología científica: se ocupa del establecimiento y desarrollo de estándares de medición junto con su mantenimiento.
- Metrología industrial: debe garantizar el 'funcionamiento adecuado de las instrumentos 'utilizados en' industria 'así como en procesos de' producción y prueba '.
- Metrología legal: las vinculaciones obligatorias y legales se especifican en unidades de medición, métodos de medición, instrumentos de medición, que deben ser seguidos estrictamente durante el acto de medición.

### **Exactitud y precisión:**

- El acto de medir debe indicar las dimensiones reales de una pieza. Pero, ninguna medición puede ser absolutamente precisa. Por tanto, siempre hay algún error y la cantidad de error o inexactitud depende de varios factores.
- La precisión se define como "la proximidad del valor medido de componente producido con su verdadero valor
- Cuanto mayor sea el error, menor será la precisión y viceversa.

### **Factores que afectan la precisión:**

- Estándares de calibración: la precisión puede verse afectada por la temperatura ambiente (atmosférica) condiciones, tales como, expansión del metal utilizado en instrumentos de medición debido aumento de temperatura, propiedades elásticas de los metales y estabilidad de instrumento durante un largo período, etc.
- Pieza de trabajo que se mide: la precisión puede verse afectada por el estado de lugar de trabajo como, limpieza, estado de la superficie, disposición adecuada, etc.
- Instrumentos de medida: los instrumentos de medida y, por tanto, la precisión puede verse afectado por fuentes de errores, como histéresis, juego, fricción, cero errores de deriva, deformación en la manipulación o uso de piezas pesadas.
- Error humano: la persona o el inspector que realiza la medición puede no tener la habilidad requerida. Entrenamiento inadecuado o falta de habilidad de manejo o La actitud casual del inspector puede afectar el valor medido y por lo tanto precisión.

- Influencias ambientales: cambios en las condiciones atmosféricas (ambientales) como temperatura, vibraciones, relámpagos, presión, etc. Pueden afectar la precisión.

### **Precisión**

La precisión no tiene significado para una sola medición, solo existe cuando se realizan varias mediciones para la misma cantidad en idénticas condiciones.

Para cualquier conjunto de medidas, los resultados individuales obtenidos pueden variar ligeramente del valor medio.

Por lo tanto, la precisión se define como "la repetibilidad de un proceso de medición".

- El sistema industrial moderno se basa en la producción en masa, donde los diferentes Las piezas de una máquina se fabrican en grandes cantidades en diferentes plantas y ensamblado en alguna otra planta. Por lo tanto, es esencial que cualquier parte, elegida al azar debe encajar correctamente con cualquier otra pieza de acoplamiento.

### **Precauciones al usar un instrumento para obtener una alta precisión y precisión:**

- Se deben conocer todas las fuentes importantes de inexactitud.
- Como los errores no se pueden eliminar por completo, por lo tanto, se deben hacer esfuerzos para reducirlos al mínimo valor.
- En la medida de lo posible, debe seguirse el principio de similitud, es decir, las condiciones atmosféricas, en las que se realizan las mediciones deben ser similar a las condiciones en las que se calibraron los instrumentos.
- Deben usarse dispositivos de aumento en los instrumentos, de modo que, las lecturas se pueden tomar con la participación de personas capacitadas para evitar errores de parálisis.

### **Clasificación de Errores**

Al tomar medidas con la ayuda de diferentes instrumentos de medición, pueden surgir varios tipos de errores.

- Errores controlables o sistemáticos.
- Errores aleatorios

Errores controlables o sistemáticos: Estos errores son controlables tanto en su magnitud como en su dirección (o signo algebraico). Si se hacen los intentos adecuados para analizar estos errores, se pueden identificar, reducir y controlar.

Errores de calibración:

- Estos tipos de errores se deben a variaciones en la escala calibrada de su valor nominal.

- La longitud real de los estándares de línea y los estándares finales, como escalas grabadas y los medidores de deslizamiento, respectivamente, pueden variar del valor nominal en una pequeña cantidad.

Errores ambientales:

- Variaciones de las condiciones atmosféricas respecto a los convenidos internacionalmente estándares (como 20 ° C de temperatura y 1.01325 bar de presión) pueden introducir errores en los tamaños medidos de los componentes.
- Pero, si las temperaturas del instrumento de medición y la pieza de trabajo no son las mismas, entonces es probable que exista un error en la medición. Esta cantidad de error es directamente proporcional a la diferencia de temperatura. La diferencia en sus temperaturas da lugar a errores en las medidas.

Errores evitables:

- Estos errores ocurren principalmente debido a la desalineación de los centros de las piezas de trabajo. Se produce un error debido a la desalineación, cuando la línea central de la pieza de trabajo no está perpendicular a las líneas de graduaciones o divisiones grabadas a escala.

Los errores aleatorios no son consistentes, pero son inherentes a la medición

- Pequeña variación en las posiciones del estándar y la pieza de trabajo medido, durante la configuración de la disposición de medición.
- Poco desplazamiento de las articulaciones de palanca en los instrumentos de medición.
- Fluctuaciones transitorias en la fricción en el instrumento de medición.
- Error del operador al leer pantallas tipo puntero o escalas grabadas.

### **Micrómetro:**

El micrómetro de rosca de tornillo se utiliza para encontrar el diámetro de paso de las roscas de tornillo precisamente, se puede visualizar en la figura 31.



*Ilustración 31 -Micrómetro*

### Aplicaciones Micrómetro:

- Medición de tono.
- Medición del diámetro externo.
- Medición del diámetro interno.
- Medición de un ángulo.
- Medición del diámetro efectivo.

El micrómetro de rosca: es como un micrómetro ordinario, con la diferencia, que está equipado con un yunque especial y un husillo cónico.

- El yunque especial tiene una V interna, que encaja sobre la rosca.
- Por lo tanto, la V interna del yunque especial se puede ajustar al ángulo de hélice de la rosca, siendo medido.
- El eje cónico del micrómetro se puede deslizar hacia atrás o hacia adelante, de modo que puede tocar la raíz de una rosca de un lado.
- En micrómetro de rosca, es fundamental que, "cuando el husillo cónico está puesto en contacto con la V interna del yunque, el micrómetro debe indicar cero".
- El extremo del husillo apunta a un cono de  $60^\circ$  y la V interna del yunque especial también ranurado  $60^\circ$ , siempre que el ángulo de rosca de la rosca sea de  $60^\circ$  (métricos hilos). Por lo tanto, el ángulo de la V del yunque especial y el ángulo del eje cónico, ambos corresponden al ángulo roscado del perfil de la rosca. V interna de yunque especial es libre de girar para ajustarse al ángulo de hélice de la rosca que se está midiendo.
- La punta afilada del eje está conectada a tierra.
- En otras palabras, se permite que el valor interno del yunque especial gire en el marco micrométrico.
- Si se ajusta correctamente, este micrómetro da un diámetro efectivo.

### Calibrador pie de rey 12 in

El calibrador es un instrumento de medición dotado de una escala y un nonio que se desliza en ella. Este instrumento fue concebido para tomar medidas lineales externas por contacto. Él también puede medir dimensiones internas, profundidades, resaltos, entre otras.

Acondicionamiento del calibre:

- Limpiar el calibre correctamente
- Verificar que no presente golpes
- Cerrar las mandíbulas y verificar que no permita el pasaje de luz entre ellas.

Ventajas:

- Uso fácil y rápido
- De diversas formas y tamaños para cualquier necesidad

- Fácil de trasladar.
- Buena relación precio-calidad.

## **CONTROL DE CALIDAD**

La inmersión de nuevas tecnologías en el sector industrial busca encontrar estabilidad en los procesos y consecuentemente en la fabricación de productos funcionales, seguros y de calidad. Según, (Campos, 1992) cuanto mayor es la productividad, mayor generación de puestos de trabajo y estabilidad en el mercado, satisfaciendo sus clientes con un menor costo de producción.

Actualmente, existes múltiples herramientas que se pueden usar para las mejoras y diagnósticos, pero una de las principales es el uso de técnicas estadísticas que viene mejorando todo sistema operacional, además de permitir que los productos fabricados sean más competitivos.

La inclusión y aplicación del control estadístico del proceso, permite detectar posibles inestabilidades en variables de proceso, así como tomar las medidas correctivas necesarias que brinden estabilidad del proceso y la reducción de variabilidad. Cuanto mayor sea la reducción de la variabilidad, mejor será el desempeño en operación de las piezas inyectadas, mejor apariencia, y mayor estabilidad dimensional.

### **Control estadístico del proceso (CEP).**

El Control Estadístico del Proceso (CEP) se refiere a una herramienta asociada a procesos de calidad y mejoramiento continuo que puede resumirse en recolección, análisis estadístico e interpretación de datos para tomar acciones de mejora en los procesos productivos, disminuyendo la variación dimensional y de propiedades físicas y mecánicas del producto terminado. Esto se ve reflejado en una disminución de defectos y facilidad para diagnóstico de los mismos.

### **¿POR QUÉ VARÍAN LOS PROCESOS?**

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Las características del producto fabricado no son uniformes y presentan variabilidad. Dicha variabilidad es indeseable y el objetivo es reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro los parámetros establecidos.

### **VARIABLES A MEDIR PARA EL CEP**

- Temperatura del molde
- Temperatura del fundido.
- Temperatura de salida del agua refrigerante del molde de inyección.
- Velocidad de inyección.
- Tiempo de inyección.



- Masa inyectada por ciclo.

Las variables anteriores, pueden incidir sobre las propiedades del producto final, y la aplicación de un CEP en ellas puede ser de ayuda para mantener el proceso controlado.

### CEP en inyección utilizando conmutación por presión.

Al utilizar conmutación por presión se logra que entre en el molde la misma cantidad de material en cada uno de los ciclos. Lo anterior implica que, si hay alguna variación en la dosificación, el tornillo recorrerá la carrera suficiente para llenar el molde, pero sobraré o faltará en la punta de inyección esa cantidad de material representa la variación. Esa cantidad de material es el colchón o cojín, figura 32.

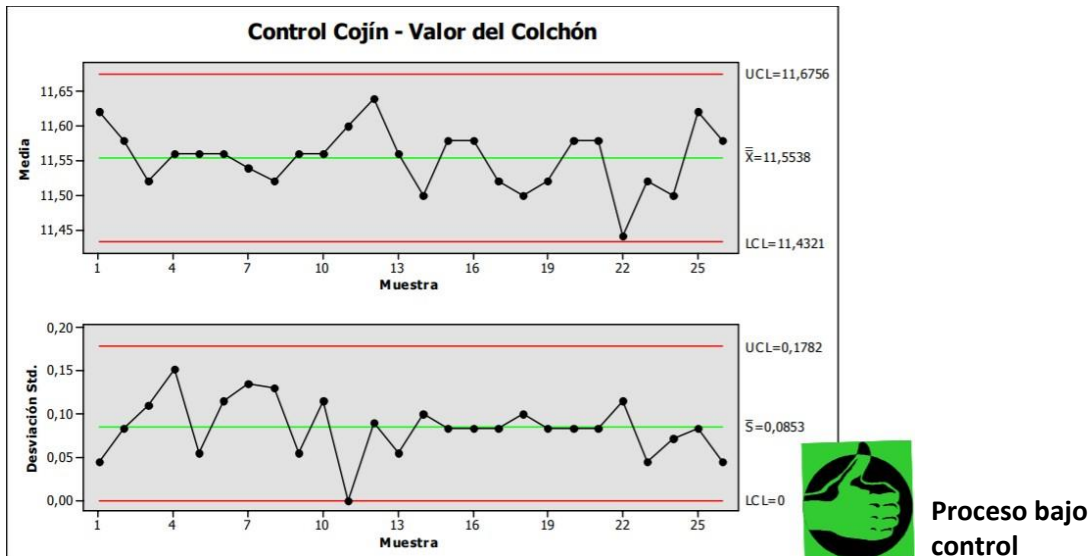


Ilustración 32- Gráfico de control de cojín. Al conmutador por presión.

Si este (el cojín) fuera un indicador de variación, este puede alertar en caso de que haya problemas de cavidades tapadas, cambios en la viscosidad del material – utilización incorrecta de la materia prima, o falla en calefactores, problemas de dosificación.

### Gráficos de control

Los gráficos de control son una importante herramienta que representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso.

Ejemplo:

Máquina de inyección: Una característica de calidad importante es el peso de la pieza, porque indica la cantidad de material inyectado en la matriz, si la cantidad de material inyectado es bajo la pieza será deficiente y si ocurre el efecto contrario la pieza se encarece.

En el lugar de salida de las piezas hay un operario que cada cierto rango de tiempo pesa la pieza y registra los datos:

Pieza 1: 55.1 gr

Pieza 2: 57.1 gr

Pieza 3: 53.3 gr

Pieza 4: 53.9 gr

Los datos anteriores, se registran en un gráfico de líneas en función del tiempo, figura 33.

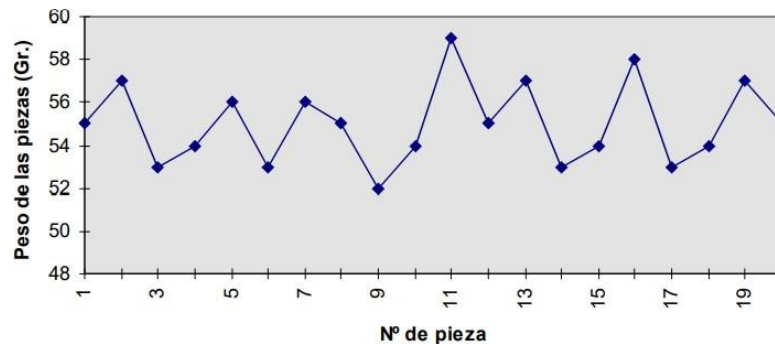
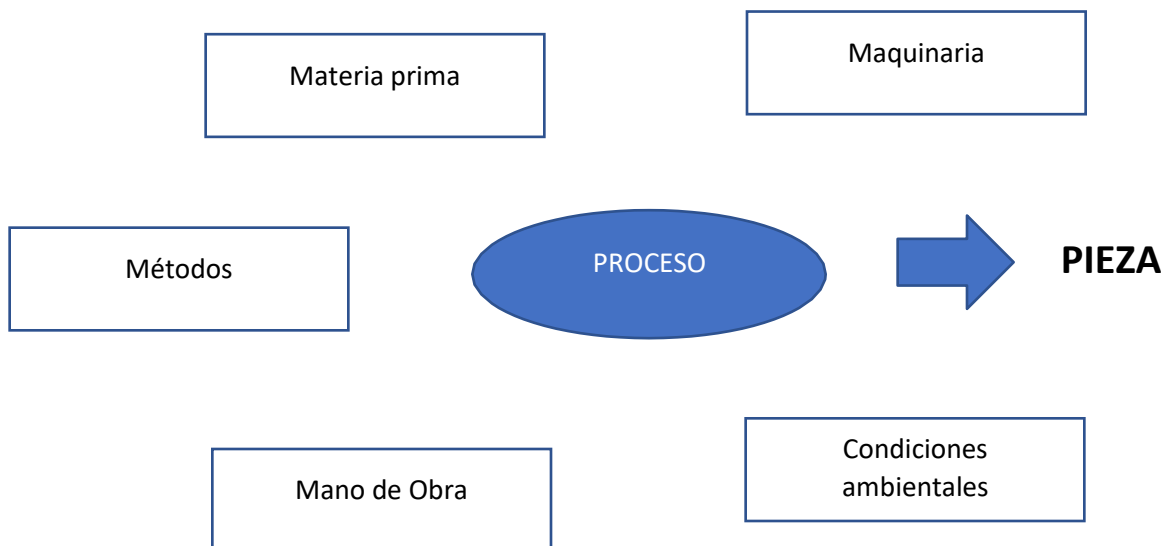


Ilustración 33 - líneas en función del tiempo

Se visualiza una línea quebrada irregular, que nos muestra las fluctuaciones del peso de las piezas a lo largo del turno. Esta es la fluctuación esperada natural del proceso. Los valores se mueven alrededor de un valor central (promedio), la mayor parte del tiempo cerca del mismo. Pero en algún momento puede ocurrir que aparezca uno o más valores demasiado alejados del promedio.

¿Como se puede distinguir si se produce por la fluctuación natural del proceso o porque el mismo ya no está funcionando bien?

Todo proceso de fabricación funciona bajo ciertas condiciones o variables que son establecidas por las personas que lo manejan para lograr una producción satisfactoria.



Cada uno de estos factores está sujeto a variaciones que realizan aportes más o menos significativos a la fluctuación de las características del producto, durante el proceso de fabricación. Los responsables del funcionamiento del proceso de fabricación fijan los valores de algunas de estas variables, que se denominan variables controlables. Por ejemplo, en el caso de la inyectora se fija la temperatura de fusión del plástico, la velocidad de trabajo, la presión del pistón, la materia prima que se utiliza.

Un proceso de fabricación es una suma compleja de eventos grandes y pequeños. Hay una gran cantidad de variables que sería imposible o muy difícil controlar. Estas se denominan variables no controlables. Por ejemplo, pequeñas variaciones de calidad del plástico, pequeños cambios en la velocidad del pistón, ligeras fluctuaciones de la corriente eléctrica que alimenta la máquina, etc.

Los efectos que producen las variables no controlables son aleatorios. Además, la contribución de cada una de las variables no controlables a la variabilidad total es cuantitativamente pequeña. Son las variables no controlables las responsables de la variabilidad de las características de calidad del producto. Los cambios en las variables controlables se denominan Causas Asignables de variación del proceso, porque es posible identificarlas. Las fluctuaciones al azar de las variables no controlables se denominan Causas No Asignables de variación del proceso, porque no son pasibles de ser identificadas.

**Causas Asignables:** Son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar, por ejemplo, una falla de la máquina por desgaste de una pieza, un cambio muy notorio en la calidad del plástico, etc. Estas causas provocan que el proceso no funcione como se desea y por lo tanto es necesario eliminar la causa, y retornar el proceso a un funcionamiento correcto.

**Causas No Asignables:** Son una multitud de causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una de las cuales ejerce un pequeño efecto en la variación total. Son inherentes al proceso mismo y no pueden ser reducidas o eliminadas a menos que se modifique el proceso.

Cuando el proceso trabaja afectado solamente por un sistema constante de variables aleatorias no controlables (Causas no asignables) se dice que está funcionando bajo Control Estadístico. Cuando, además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está fuera de control.

El uso del control estadístico de procesos lleva implícitas algunas hipótesis:

- Una vez que el proceso está en funcionamiento bajo condiciones establecidas, se supone que la variabilidad de los resultados en la medición de una característica de calidad del producto se debe sólo a un sistema de causas aleatorias, que es inherente a cada proceso en particular.

- El sistema de causas aleatorias que actúa sobre el proceso genera un universo hipotético de observaciones (mediciones) que tiene una Distribución Normal.
- Cuando aparece alguna causa asignable provocando desviaciones adicionales en los resultados del proceso, se dice que el proceso está fuera de control.

La función del control estadístico de procesos es comprobar en forma permanente si los resultados que van surgiendo de las mediciones están de acuerdo con las dos primeras hipótesis. Si aparecen uno o varios resultados que contradicen o se oponen a las mismas, es necesario detener el proceso, encontrar las causas por las cuales el proceso se apartó de su funcionamiento habitual y corregirlas.

### **Análisis experimental**

Inicialmente, se procede a hacer el desmontaje del molde de la máquina de inyección de la universidad ECCI (figura 34) y como primera fase se hizo el levantamiento dimensional de la placa porta cavidades lo cual arrojó resultados para sacar la conclusión que hay oportunidades de mejora en el diseño de la placa, teniendo en cuenta la incorporación de nuevas metodologías para la mejora funcional y estética.



*Ilustración 34 -Ensayos molde de inyeccion*

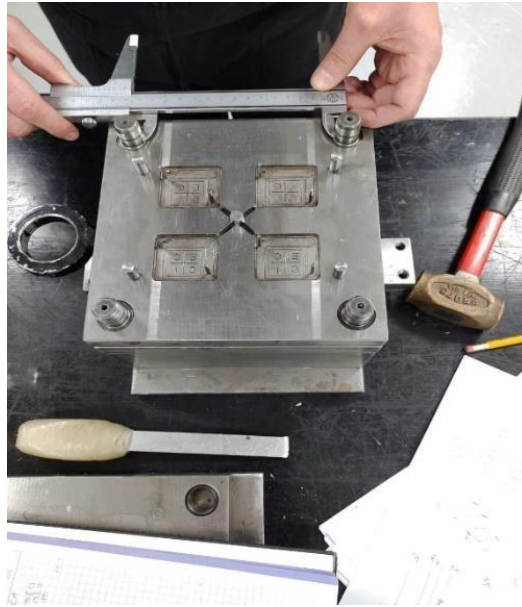
Para ejecutar estos ensayos fue necesario utilizar instrumentos de medición y herramientas las cuales hacen más fácil su realización, los cuales fueron:

- Grúa diferencial
- Mesa de trabajo
- Calibrador pie de rey 12 in – Nivel de apreciación 0.05 mm / 1/128 in.
- Mazo de caucho
- Llaves Bristol
- Puntero de aluminio

- Micrómetro

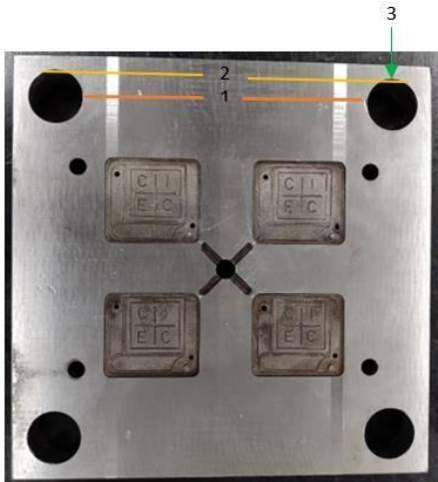
Teniendo en cuenta, el levantamiento dimensional se realizó tal como se ve en la (figura 35) acatando todas las normas de bioseguridad implantadas por la universidad ECCI y los respectivos elementos de seguridad industrial para su posible realización:

- Botas de seguridad
- Bata
- Guantes industriales (para retirar el molde de la máquina de inyección)



*Ilustración 35 - Levantamiento dimensional*

Para obtener las dimensiones entre centros de los agujeros se hizo el paso a paso de la figura 36.



1. Calcular la medida interna entre agujeros.
2. Calcular la medida externa entre agujeros.
3. Calcular el diámetro de los agujeros.

Teniendo las medidas anteriores y la dimensión de la placa se pudo determinar la posición de cada uno de los agujeros. El proceso anterior se replicó, en los pines de expulsión, pines de retorno y bujes guía.

Ilustración 36 - Metrología de placa porta cavidades

Diámetros:

$$D_{max} = \frac{4 \cdot P_{coolant} \cdot V_{coolant}}{\pi (\mu_{coolant})(4000)}$$

$$D_{max} = \frac{4 \left( \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{m}^3} \right) \left( 6,2 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)}{\pi (0,001 \text{ Pa})(4000)}$$

$$D_{max} = 0,0197 \text{ m}$$

$$D_{max} = 20 \text{ mm}$$

$$D_{min} = \sqrt[5]{\frac{(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}) \cdot (0,20 \text{ m}) \cdot (6,2 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}})^2}{10 \pi \cdot 100 \cdot 10^3 \text{ Pa}}}$$

$$D_{min} = 2.8 \text{ mm}$$

$$2.8 \text{ mm} < D < 20 \text{ mm}$$

El tapón de enfriamiento seleccionado es JP-250 (1/16) con una un diámetro de la línea de enfriamiento de 4.76 mm.

Pérdida de presión del líquido refrigerante

$$\Delta P_{line} = \frac{P_{coolant} \cdot L_{line} \cdot V_{coolant}^2}{10 \pi \cdot D^5}$$

$$\Delta P_{line} = \frac{\left( \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (0,2 \text{ m}) \cdot \left( 6,2 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^2}{10 \pi \cdot (0,011 \text{ m})^5}$$

$$\Delta P_{line} = 3.62 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

Diámetro mínimo de la línea de refrigeración

$$D = \sqrt[5]{\frac{(1000 \frac{kg}{m^3}) \cdot (0,20 \text{ m}) \cdot (6,2 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s})}{10 \pi \cdot 100 \cdot (100 \times 10^3 \text{ Pa})}} = 3.004 \times 10^{-3} = 3.004 \text{ mm}$$

Pérdida de presión en la cavidad del molde

$$\Delta P = \frac{2kl}{R} \left[ \frac{1}{\pi R^3} V_{melt} \right]^n$$

$$\Delta P = \frac{2(5300)(1,425)}{(0,03)} \left[ \frac{1}{\pi(0,03)^3} 56,3 \times 10^{-6} \right]^{0,37}$$

$$\Delta P = 6,3 \text{ MPa}$$

Tiempo de enfriamiento

$$T_c = \frac{D^2}{23,1 \alpha} \ln \left[ 1,6 \frac{T_{melt} - T_{coolant}}{T_{eject} - T_{coolant}} \right]$$

$$T_c = \frac{(4,5 \times 10^{-3})^2}{23,1 (5,53 \times 10^{-7})} \ln \left[ 1,6 \frac{175 - 80}{107 - 80} \right]$$

$$T_c = 2,73 \text{ s.}$$

Tiempo de enfriamiento calculado con el espesor más grande del sistema que corresponde al diámetro mayor del cono bebedero 4.5 mm de diámetro.

Una vez obtenidos los resultados dimensionales se decide continuar con el diseño de la placa porta cavidades y los planos de ingeniería en el software SolidWorks, esta herramienta de diseño es bastante completa para este tipo de proyectos. *Ver anexo 9*

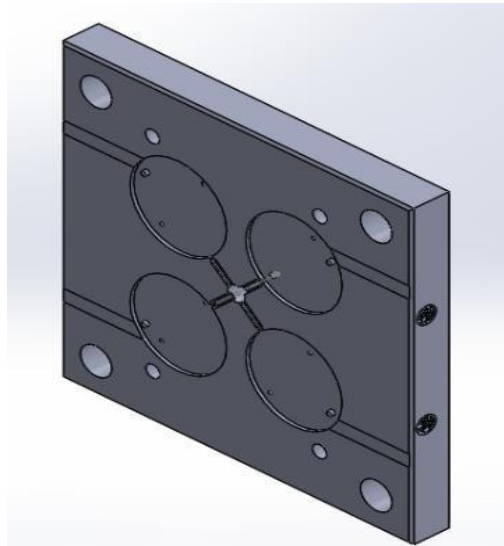


Ilustración 37 -Diseño 3D placa porta cavidades

Obtenido el diseño se hace una simulación de llenado para verificar cómo se comporta el material cuando pasa por los canales y entra a la cavidad, verificación de espesores, flujos de llenado, líneas de soldadura et. Figura 38. . (ver anexo resumen de simulación de flujo)

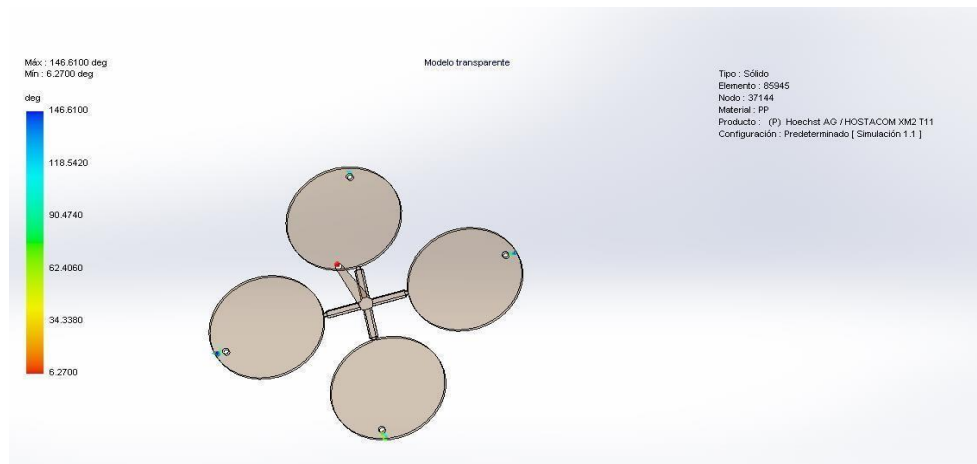


Ilustración 38 -líneas de soldadura



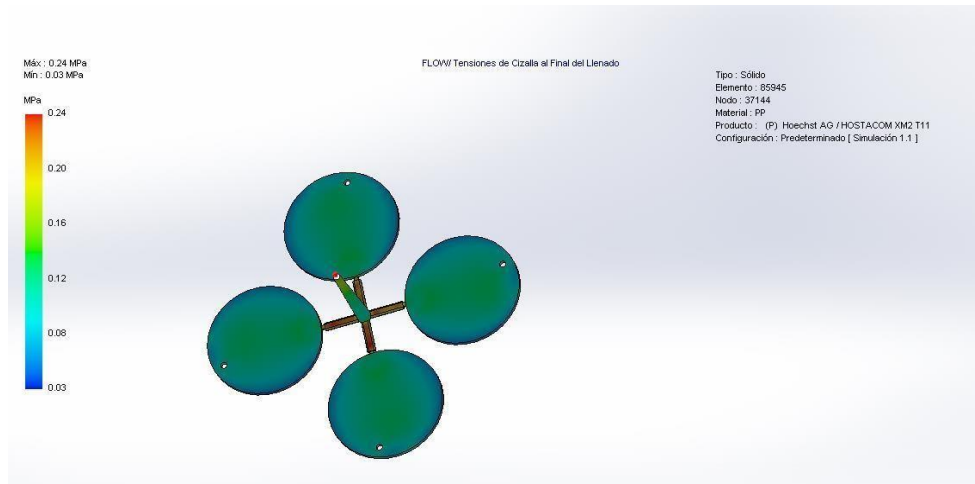


Ilustración 39 -Comportamiento del material en las cavidades

Al finalizar, se elaboraron los planos de ingeniería de la placa porta cavidades como lo muestra la siguiente figura 40. Ver anexo 9

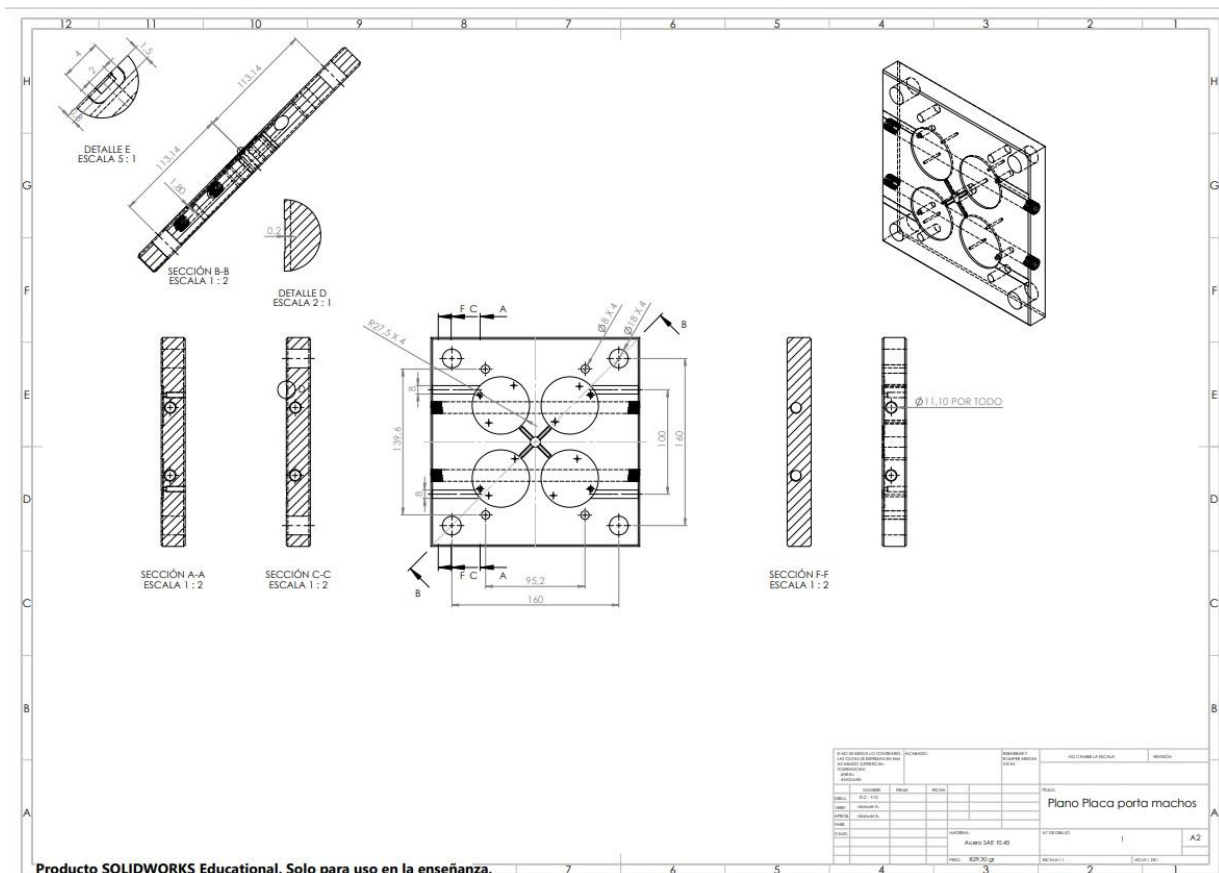


Ilustración 40 -Planos de ingeniería

## CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta la metodología de diseño aplicada (ingeniería Concurrente) podemos determinar que los materiales y diseños seleccionados cumplen satisfactoriamente con las necesidades planteadas en cuanto a estándares de funcionalidad y calidad.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación de llenado podemos concluir que el material seleccionado y el diseño implementado en el molde de inyección son adecuados, puesto que las líneas de soldadura que se generan no impacta la calidad y funcionalidad del producto.
- Los análisis de resistencia de materiales garantizan un alto nivel de seguridad 1,47 (placa machos + placa intermedia) y 3,9 (placa machos). Teniendo en cuenta los valores anteriores, se asegura que la placa porta machos no vaya a sufrir fracturas o que se vea afectada su vida útil
- Las cavidades tardan 1,67 seg para que sean llenadas con el polímero fundido, es decir, el tiempo anterior mencionado es el necesario para que se presente la presión más alta en el molde de inyección.
- El tiempo necesario para que las piezas inyectadas se enfríen en su totalidad es de 8,66 seg, lo anterior es definido por ciertos parámetros como la temperatura de procesamiento del polímero, temperatura de inyección entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACEROS ESPECIALES ACES SA. (n.d.). *ACEROS ESPECIALES ACES SA*. From <http://www.acerosespeciales.net/>
- Alvaro Guarín, G. P. (2002). *Estudio del arte de moldes de inyección en Colombia*. Medellín: Revista Universidad EAFIT.
- Bodini, C. (1992). *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos*. México: MC GRAW-HILL.
- Campos, V. F. (1992). *Controle da Qualidade Total (estilo japonês)*. Belo Horizonte: Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.
- Christianity today. (2001). *Methodical pietist. CT Christianity today*.
- COMPAÑIA GENERAL DE ACEROS. (n.d.). *COMPAÑIA GENERAL DE ACEROS*. From <https://www.cga.com.co/>
- Daniel Gutierrez, C. O. (2006). *SISTEMA DE INYECCIÓN CON COLADA CALIENTE*. Hidalgo, México: Universidad autónoma del estado de Hidalgo.
- Fonseca, A. (2018). *Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporation*. Tesis. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Larre, i. V. (n.d.). *Estructuras del acero*.
- Mata, J. G. (2006). *PROCESO DE RESPUESTA TÉRMICA RÁPIDA EN EL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN*. Santillo, Coahuila: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA.
- Maya, E. (2007). *Diseño de molde de inyección de plástico ingeniería concurrente*. México DF: Instituto Politécnico Nacional.
- Patil, V. T. (2018). *Metrology and Quality Control*. India.
- Rodríguez, M. y. (1992). *Comprobación y optimización del programa CNC para el mecanizado por arranque rápido*. México.
- Solá, M. (1989). *Electro mecanizado: electroerosión y mecanizado electroquímico*. Tesis. Barcelona, España: Narcombo S.A.
- Tecnología del plástico. (2015). *Moldeo por inyección: sistemas de refrigeración*.
- Tecnología del plástico. (2018). *Soluciones de industria 4.0 y novedades para inyección durante la NPE 2018*. 1.

## Tabla de Ilustraciones

- [1] Biografías y Vida. (s.f.). *Biografías y Vida*. Obtenido de Biografías y Vida: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/fotos/hyatt.jpg>
- [2, 3] BLOGSPOT. (s.f.). *BLOGSPOT*. Obtenido de BLOGSPOT: <https://4.bp.blogspot.com/-yJcb6q4zKQM/TfYseVLIDHI/AAAAAAAAAWY/GSneWDaHvNA/s1600/partes+inyectora.JPG>
- [5] Ingeniería y mecanica automotriz. (s.f.). *Ingeniería y mecanica automotriz*. Obtenido de Ingeniería y mecanica automotriz: <https://www.ingenieriy mecanicaautomotriz.com/wp-content/uploads/2020/01/20-0.jpg>
- [6, 7, 10] Jorge Herrera, C. Z. (2018). *Universidad Santo Tomas*. Obtenido de Universidad Santo Tomas: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15562/2018jorgeherrera.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- [17] Kistler. (2020). *Monitorización del proceso de inyección a través de la presión en cavidad*.
- [19, 20] Ledesma, J. S. (2001). *Metodología para el diseño de moldes de inyección de plástico de colada caliente*. Estado de México: Metodología Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey.
- [30, 31] Patil, V. T. (2018). *Metrology and Quality Control*. India.
- [4, 18] O.C SISTEMAS S.L. (s.f.). Boquillas para ciclos rápidos: diseñadas para la inyección en aplicaciones de embalaje. *Boquillas para ciclos rápidos: diseñadas para la inyección en aplicaciones de embalaje*.
- [11, 12, 13, 25, 26, 27, 28] R.G.W PYE. (1968). *INJECTION MOULD DESIGN*. Longman Science & Technology.
- [9] RAMTEC. (2018). *RAMTEC*. Obtenido de RAMTEC: <https://ramtec.com.mx/tecnologia/>
- [14, 15, 16] School Nueva Granada. (2019). *Course Hero*. Obtenido de Course Hero: <https://www.coursehero.com/file/79639825/Colada-calientedocx/>
- [8] voestalpine High Performance Metals Colombia S.A. (s.f.). *voestalpine High Performance Metals Colombia S.A.* Obtenido de voestalpine High Performance Metals Colombia S.A.: <https://www.voestalpine.com/highperformancemetals/colombia/es/productos-marcas/boehler/>
- [21, 22, 23, 24] Solá, M. (1989). Electro mecanizado: electroerosion y mecanizado electroquimico. *Tesis*. Barcelona, España: Narcombo S.A.
- [29, 32, 33, 34, 35, 38] Autores
- [36, 37] Informe de simulación SolidWorks - Autores

## **CIBERGRAFIA**

Acero AISI / SAE 1045 - Cia. General de Aceros S.A. (cga.com.co)

AISI 1045 - ACEROS ESPECIALES ACES.S.A.

Consideraciones de selección de materiales para moldeo por inyección (nanomoldcoating.com)

Placa A-1045 | Abastecedora de Aceros y Maquilas SA de CV (aamsa.com)

I- ESTRUCTURA DE LA MATERIA (utn.edu.ar)

[https://www.academia.edu/7268440/Sistema\\_de\\_inyeccion\\_con\\_colada\\_caliente](https://www.academia.edu/7268440/Sistema_de_inyeccion_con_colada_caliente)

C45 Steel - DIN 17200 - EN 10083 Standard quenched and tempered structural steel (otaisteel.com)

<https://formlabs.com/latam/>

<https://www.plasticstoday.com/injection-molding/wittmann-battenfeld-connects-dots-what-industry-40-can-do-you>

<https://gammaflux.com/>

<https://www.thermoplay.it/en>

**ANEXOS**

Anexo 1: Ficha técnica CGA

Anexo 2: Ficha Técnica aceros grado ingeniería 1045

Anexo 3: Axxecol 1045

Anexo 4: Fichas SAE 1045f Dimecol.

Anexo 5: Ficha técnica grupo palme 1045

Anexo 6: [C45 Steel - DIN 17200 - EN 10083 Standard quenched and tempered structural steel \(otaisteel.com\)](http://otaisteel.com)

Anexo 7: Norma AISI ASTM 1045

Anexo 8: Simulación de llenado

Anexo 9: Diseño y planos de ingeniería en SolidWorks

Anexo 10: Análisis 1 de esfuerzos por elementos finitos

Anexo: 11: Análisis 2 de esfuerzos por elementos finitos