

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**



## **DIPLOMADO**

### **Ingeniería en procesos plásticos**

## **TEMA DE TESINA**

### **Diseño de un molde para inyección de una pieza plástica**

## **ALUMNO**

**Moisés González Hernández**

## **ASESOR**

**MC. Guillermo Hiyane Nashiro**

## **CARRERA**

**Diseño Industrial**

## INDICE

<b>Portada</b>	<b>I</b>	
<b>Índice</b>	<b>II</b>	
		Página
<b>Lista de figuras</b>		1
<b>Resumen</b>		3
<b>Introducción</b>		4
<b>Capítulo I.- Aspectos generales.</b>		5
1.1 Antecedentes.		6
1.2 Aplicaciones del plástico.		7
1.3 Procesos plásticos y maquinaria.		8
1.4 Máquina de inyección.		14
1.4.1 Tipos de máquina de inyección.		14
1.5 Descripción de la máquina de inyección.		15
1.6 Características de la máquina de inyección.		20
1.7 Parámetros de una inyectora.		21
<b>Capítulo II.- Proceso de moldeo de plástico.</b>		22
2.1 Clasificación de los plásticos.		23
2.1.1 Tipos de termoplásticos.		24
2.1.2 Tipos de termoestables.		26
2.1.3 Tipos de elastómeros.		27
2.2 Identificación o codificación de los plásticos.		28
2.3 Moldeo de materiales plásticos.		29
2.3.1 Ciclo de inyección.		30
2.4 Factores del proceso de moldeo.		33
2.4.1 Temperatura.		34
2.4.2 Presión.		37
2.4.3 Velocidades y tiempos.		38
<b>Capítulo III.- Moldes de inyección.</b>		39
3.1 Moldes de inyección.		40
3.1.1 Descripción de las partes que conforman un molde de inyección.		41
3.2 Canales de alimentación.		42
3.2.1 Distribución de los canales.		44
3.3 Entradas de inyección.		45
3.4 Control de temperatura en moldes de inyección.		48
3.5 Tipos de expulsores y desmoldeos.		49
3.6 Selección de materiales.		50
		51

## **Capítulo IV.- Diseño de pieza y el molde.**

4.1 Pieza.	52
4.2 Características de la pieza.	53
4.3 Material.	54
4.4 Análisis de la pieza.	55
4.5 Diseño de la pieza de inyección.	59
4.5.1 Entrada.	59
4.5.2 Canales.	60
4.6 Diseño de molde de inyección.	61
4.6.1 Línea de partición del molde.	61
4.6.2 Análisis de ángulo de salida.	62
4.6.3 Núcleo y Cavidad.	63
4.6.4 Selección de la boquilla.	64
4.6.5 Salida de aire.	64
4.6.6 Sistema de expulsión.	64
4.6.7 Contracción de la pieza.	65
4.6.8 Sistema de refrigeración	66
4.7 Diseño del molde y sus componentes.	68
<b>Conclusión</b>	71
<b>Bibliografía</b>	72
<b>Documento de asignación de asesor</b>	73
<b>Documento de aprobación de tesina</b>	74

## Lista de figuras.

	Página.
Figura 1.1	7
Figura 1.2	9
Figura 1.3	9
Figura 1.4	10
Figura 1.5	10
Figura 1.6	11
Figura 1.7	11
Figura 1.8	12
Figura 1.9	12
Figura 1.10	13
Figura 1.11	13
Figura 1.12	15
Figura 1.13	16
Figura 1.14	17
Figura 1.15	19
Figura 1.16	20
Figura 2.1	23
Figura 2.2	28
Figura 2.3	28
Figura 2.4	30
Figura 2.5	31
Figura 2.6	31
Figura 2.7	32
Figura 2.8	34
Figura 2.9	35
Figura 3.1	40
Figura 3.2	41
Figura 3.3	43
Figura 3.4	43
Figura 3.5	44
Figura 3.6	44
Figura 3.7	45
Figura 3.8	46
Figura 3.9	46
Figura 3.10	47
Figura 3.11	47
Figura 3.12	48
Figura 4.1	52
Figura 4.2	53
Figura 4.3	55
Figura 4.4	55
Figura 4.5	55
Figura 4.6	55
Figura 4.7	56

Figura 4.8	Tiempo de llenado.	57
Figura 4.9	Temperatura en el frente del flujo.	57
Figura 4.10	Contracción volumétrica.	57
Figura 4.11	Tiempo para temperatura de expulsión.	58
Figura 4.12	Temperatura al final del llenado.	58
Figura 4.13	Presión al final del llenado.	58
Figura 4.14	Líneas de soldadura en la pieza.	59
Figura 4.15	Entrada de inyección.	59
Figura 4.16	Simetría en los canales.	60
Figura 4.17	Descripción de canales.	60
Figura 4.18	Unión de cavidades.	60
Figura 4.19	Líneas de partición.	61
Figura 4.20	Análisis de ángulo de salida.	62
Figura 4.21	Superficies desconectadas.	62
Figura 4.22	Definición núcleo y cavidad.	63
Figura 4.23	Separación del molde.	63
Figura 4.24	Boquilla de superficie curvada.	64
Figura 4.25	Contracción en % de materiales plásticos.	65
Figura 4.26	Distribución en serie	67
Figura 4.27	Sistema de enfriamiento	67
Figura 4.28	Tabla de contenido de calor	68
Figura 4.29	Sistema de enfriamiento (cavidad)	68
Figura 4.30	Sistema de enfriamiento (corazón)	68
Figura 4.31	Partes molde 1	69
Figura 4.32	Partes molde 2	69
Figura 4.33	Partes molde 3	70
Figura 4.34	Partes molde 4	70
Figura 4.35	Partes molde 5	70
Figura 4.36	Partes molde 6	71
Figura 4.37	Expulsión 1	71
Figura 4.38	Expulsión 2	71
Figura 4.39	Expulsión 3	71

## **RESUMEN**

En este trabajo se presenta y analiza la información que debemos tener en cuenta para desarrollar y diseñar un molde de inyección de una pieza plástica en la cual deben estar incluidos todos los requerimientos adecuados desde elementos básicos como la selección del material hasta los parámetros necesarios para un adecuado desmoldeo, esto con el objetivo de desarrollar una propuesta de un molde de una pieza especificada que cumpla con todos los requisitos necesarios para producir dicha pieza sin errores y de manera adecuada.

## **ABSTRACT**

This work presents and analyzes the information to keep in mind to develop and design an injection mold of a plastic part in which must be included all the basics aspects such as the choice of material until the requirements suitable for a correct unmolding process, this with the aim of developing a proposal for a mold of a specified piece that meets all the requirements necessary to produce this piece without errors and properly.

## INTRODUCCIÓN

Es importante entender que gracias a la globalización ha aumentado en los países la necesidad de competir por la producción de todo tipo de productos, esto ha hecho que los países desarrollen nuevas tecnologías para la producción, al mismo tiempo se ha experimentado con distintos materiales con la finalidad de reducir los costos, obtener una mayor ganancia y al mismo tiempo ser más competitivo.

Estos desarrollos tecnológicos y experimentación de materiales han llevado al uso del plástico en todo tipo de productos ya que es un material que tiene muchas variantes de acuerdo a su composición y al mismo tiempo resulta ser mucho más económico que otros materiales, lo cual hace posible usarlo en casi todo lo que nos rodea desde elementos sencillos como útiles escolares hasta elementos de gran complejidad como partes automotrices.

Debemos destacar que gracias al actual auge del plástico en todo el mundo se ha propiciado que se desarrollen procesos y máquinas más complejas y exactas para producir dichas piezas y objetos, tal es el caso de las máquinas de inyección de plástico, que ha creado la necesidad en esta industria de desarrollar moldes de inyección para producir de una manera más rápida, segura y en algunas ocasiones sin la necesidad de un operador, dichas piezas plásticas.

El diseño y desarrollo del molde es una parte fundamental de la producción ya que en esta parte del proceso de deben tomar en cuenta un sin número de elementos en cuanto al diseño de la pieza para que cuente con las características físicas adecuadas y al mismo tiempo en el molde para que permita que se realice la inyección de la mejor manera y que al final la pieza y el proceso sea adecuado y no presente fallas que retrasen la producción en serie.

La máquina de moldeo por inyección que conocemos en la actualidad ha sido influida por la gran demanda de productos de distintas características, diferentes polímeros, etc. estas han evolucionado de manera que el costo de producción sea menor y de una manera más rápida sin dejar de lado la calidad del producto.



---

# Capítulo I

---

## Aspectos generales

## **1.1 Antecedentes.**

John Hyatt registró en 1872 la primera patente de una máquina de inyección, que consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos. Sin embargo, se atribuye a la compañía alemana Cello-Werke el haber sido pionera de la máquina de inyección moderna, presentó en 1928 una patente incluyendo la descripción de nitrocelulosa (celuloide). Debido al carácter inflamable de la nitrocelulosa, se utilizaron posteriormente otros derivados celulósicos como el etanoato de celulosa. Los británicos John Beard y Peter Delafield desarrollaron paralelamente la misma técnica en Inglaterra, con los derechos de patente inglesa para la compañía F.A. Hughes Ltd.

El primer artículo de producción masiva en Inglaterra fue la pluma fuente, producida durante los años treinta por la compañía Mentmore Manufacturing, estas máquinas funcionaban originalmente con aire comprimido, el sistema de apertura de molde y la extracción de la pieza eran realizados manualmente, y los controles incluían válvulas manuales, sin control automático ni pantallas digitales; además, carecían de sistemas de seguridad.

En 1932 apareció la primera máquina para inyección operada con sistemas eléctricos, desarrollada por la compañía Eckert & Ziegler. Al mismo tiempo, otros países como Suiza e Italia empezaban a conseguir importantes avances en maquinaria. Ya a finales de los años treinta, el polietileno y el PVC, ambos de alta producción y bajo costo, provocaron una revolución en el desarrollo de la maquinaria, teniendo el PVC mayor éxito como material para extrusión.

En 1951 se desarrolló en Estados Unidos la primera máquina de inyección con un tornillo reciprocante (o, simplemente, husillo), aunque no fue patentada hasta 1956. Este cambio ha sido la aportación más importante en la historia de las máquinas inyectoras. Al finalizar la segunda guerra mundial, la industria de la inyección de plástico experimentó un crecimiento comercial sostenido. Sin embargo, a partir de la década de los ochenta, las mejoras se han enfocado a la eficiencia del diseño, del flujo del polímero, el uso de sistemas de software CAD, inclusión de robots más rápidos para extracción de piezas, inyección asistida por computadora, eficacia en el control de calentamiento y mejoras en el control de la calidad del producto.

## 1.2 Aplicaciones del plástico.

El empleo de los materiales plásticos es muy importante ya que cada día crece más la popularidad de dicho material, esto se debe a que el costo de producción es muy bajo y a las propiedades que tiene este material tales como resistencia mecánica y la posibilidad de poder fabricar piezas de distintos tamaños formas, colores, etc.

Por dicha razón el plástico es utilizado en casi todas las áreas imaginables, desde los productos más sencillos como utensilios de cocina hasta piezas más complejas y con mayores requerimientos tales como piezas automotrices, figura 1.1



**Figura 1.1 Productos fabricados con plástico.**

### **1.3 Procesos plásticos y maquinaria.**

Existen 4 pasos fundamentales para la manufactura y fabricación de plásticos.

1. Obtención de materia prima
2. Síntesis del polímero básico
3. Composición del polímero para su utilización industrial
4. Moldeo o deformación en forma final.

**Moldeo:** es la actividad en la cual se le da forma deseada al plástico con el apoyo de moldes, dichos moldes cuentan con cavidades en las cuales se introduce el material para que el plástico adquiera su forma a base de presión, la cual se ejerce mediante maquinas hidráulicas.

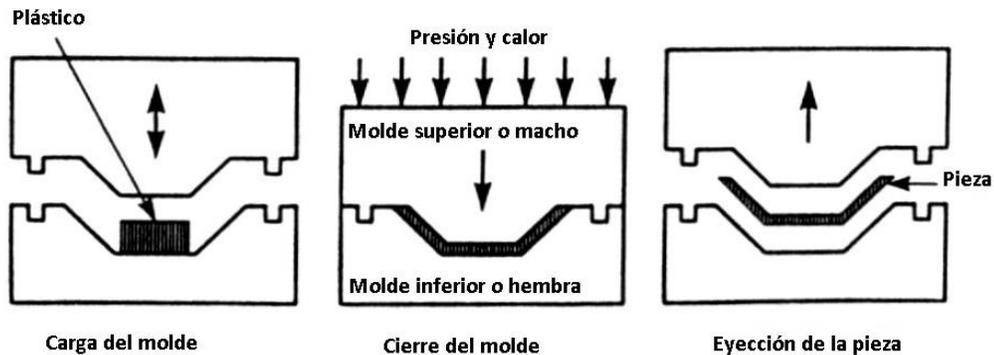
Existen 2 tipos de moldeo dependiendo de la cantidad de presión necesaria para realizar el proceso:

- **Moldeo a alta presión**
- **Moldeo a baja presión**

Existen 3 tipos de procesos de moldeo a **alta presión**:

- **Compresión**
- **Extrusión**
- **Inyección**

**Moldeo por compresión:** Es un método de moldeo en el que el material, en general precalentado, es colocado en la cavidad del molde abierto. El molde se cierra, se aplica calor y presión para forzar al material a entrar en contacto con todas las áreas del molde, mientras que el calor y la presión se mantiene hasta que el material se ha curado, figura 1.2



**Figura 1.2 Esquema de moldeo por compresión.**

### Máquina utilizada



**Figura 1.3 Máquina de compresión**

Orientada verticalmente contienen dos placas a las cuales se sujetan las mitades del molde.

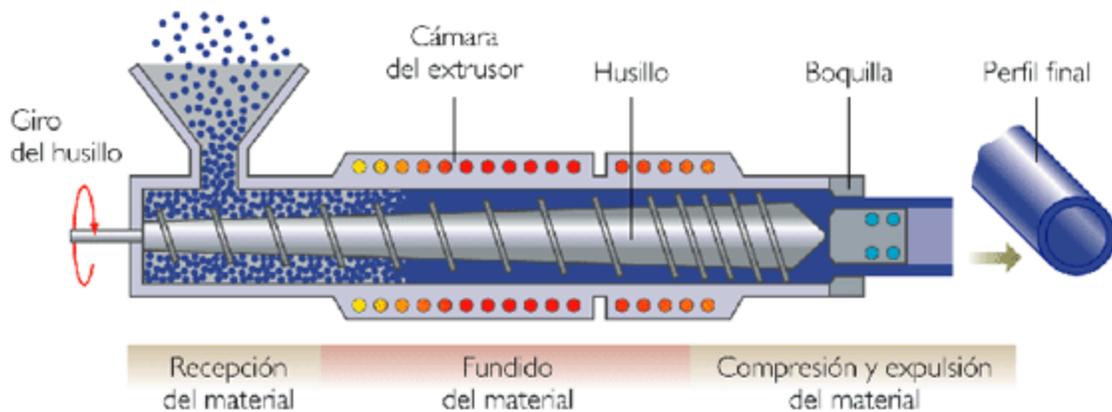
El proceso involucra dos tipos de actuación:

1. Carrera ascendente de la placa del fondo.
2. Carrera descendente de la placa superior.

Un cilindro hidráulico acciona generalmente las placas, para suministrar fuerzas de grandes toneladas. La mayoría de las prensas utilizan un cilindro hidráulico con el fin de producir la suficiente fuerza durante la operación de moldeo. El calor y la presión se aplican, con rangos de temperatura de 107°C a 163°C y 150 a 1.000 psi de presión, necesarios para curar las piezas. Los ciclos pueden variar desde menos de un minuto a cinco minutos. Las maquinaria constan de un molde "émbolo" macho y un molde hembra y espigas guías que aseguran el encastre perfecto entre ambos, figura 1.3

**Moldeo por extrusión:** Es un proceso industrial en donde se realiza una acción de prensado, moldeado de plástico, que por flujo continuo con presión y empuje se lo hace pasar por un molde que le da la forma deseada. El polímero es forzado a pasar a través de una boquilla por medio de la acción generada por el husillo que gira concéntricamente en una cámara llamada cañón.

El material es alimentado por una tolva que alimenta el cañón y por medio de una tolva que por la fuerza de empuje se funde, fluye y mezcla en el cañón y se obtiene por el otro lado con un perfil geométrico preestablecido, figura 1.4



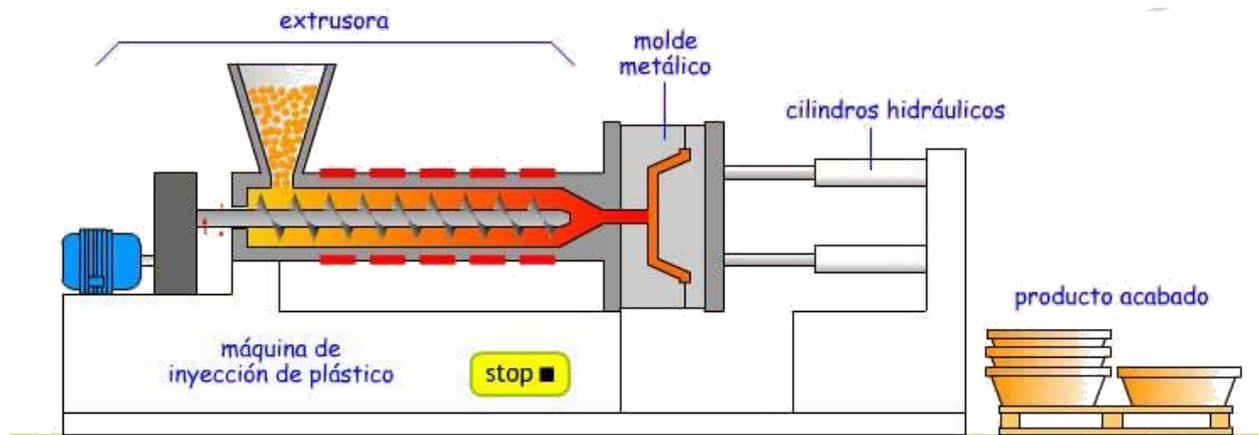
**Figura 1.4 Esquema de moldeo por extrusión.**

### Máquina utilizada



**Figura 1.5 Máquina de extrusión**

**Moldeo por inyección:** En este proceso el material se ingresa en forma de pellets por medio de una tolva la cual vierte el material en el cañón donde se encuentra un husillo que, por medio de presión y empuje funde dicho material para ser inyectado a presión en un molde donde se enfriará obteniendo la forma requerida para posteriormente ser expulsada y repetir el ciclo nuevamente, figura 1.6



**Figura 1.6** Esquema de moldeo por inyección.

### Máquina utilizada

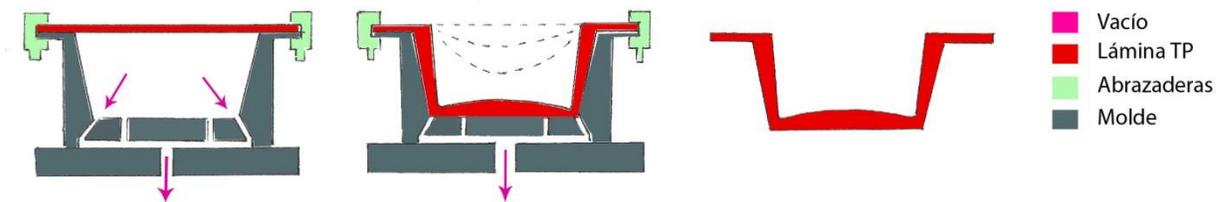


**Figura 1.7** Máquina de inyección

Existen 2 procesos de moldeo a **baja presión**:

- **Moldeo por vacío.**
- **Moldeo por soplado.**

**Moldeo por vacío:** Este proceso consiste en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay en el interior del molde donde se ha puesto una lámina en parte superior por lo que al efectuar el vacío la lámina precalentada se adaptará a la forma del molde, figura 1.8



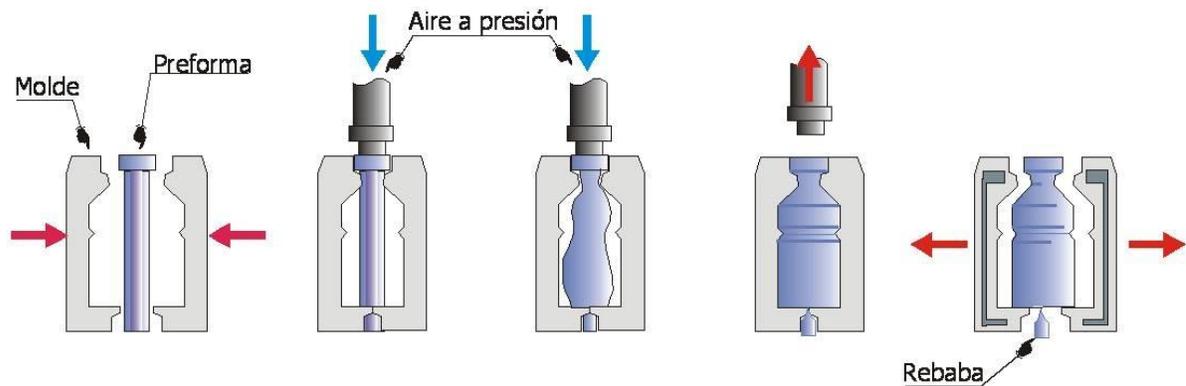
**Figura 1.8 Esquema de moldeo por vacío.**

**Máquina utilizada**



**Figura 1.9 Máquina de moldeo por vacío.**

**Moldeo por soplado:** En este proceso se coloca una preforma la cual tiene el aspecto de un tubo de ensayo o un tramo tubular el cual se introduce en el interior del molde hueco, para posteriormente inyectar aire a presión a través de la preforma caliente para que se expanda y conecte con las paredes del molde y así tome la forma requerida para luego enfriarla y retirar la pieza, figura 1.10



**Figura 1.10 Esquema de moldeo por soplado**

**Máquina utilizada**



**Figura 1.11 Máquina de moldeo por soplado**

## **1.4 La máquina de inyección**

Una maquina inyectora es un equipo que bombea material polimérico previamente calentado por medio de empuje y fricción hacia un molde el cual le dará la forma final a la pieza deseada.

### **1.4.1 Tipos de máquinas de inyección**

La gran diversidad de los objetos que se obtienen a partir del método de moldeo por inyección exige la existencia de una diversidad de máquinas de inyección que faciliten las exigencias de producción entre las que destacan:

- Sistemas de pre-plastificación
- Para moldeo descentrado
- Giratoria
- De inyección de multicomponentes.
- De coinyección (proceso sándwich).
- De inyección de pintura en el molde.
- De inyección para espumas rígidas.
- De inyección asistida por gas.
- De moldeo por inyección reactiva
- De inyección con fundido pulsante.

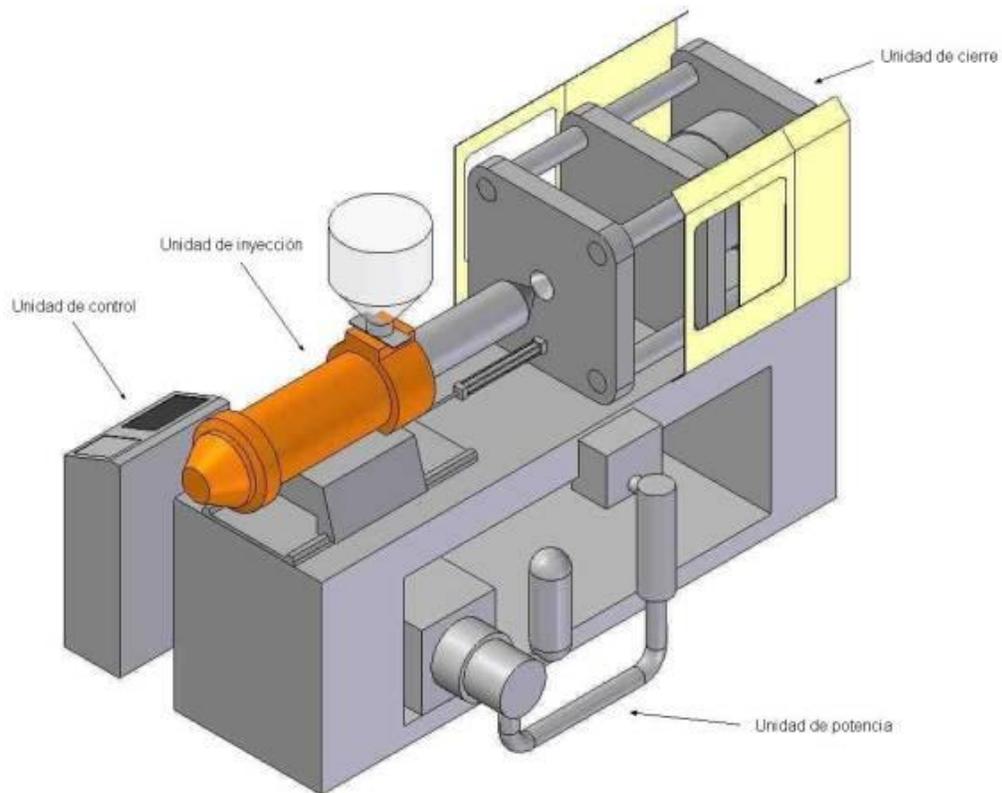
Además de los distintos tipos de máquinas existen también distintos arreglos en las unidades de inyección como:

1. Inyección y cierre horizontal (posición normal).
2. Cierre horizontal con inyección vertical.
3. Cierre e inyección vertical.
4. Cierre vertical e inyección horizontal.

## 1.5 Descripción de la máquina de inyección

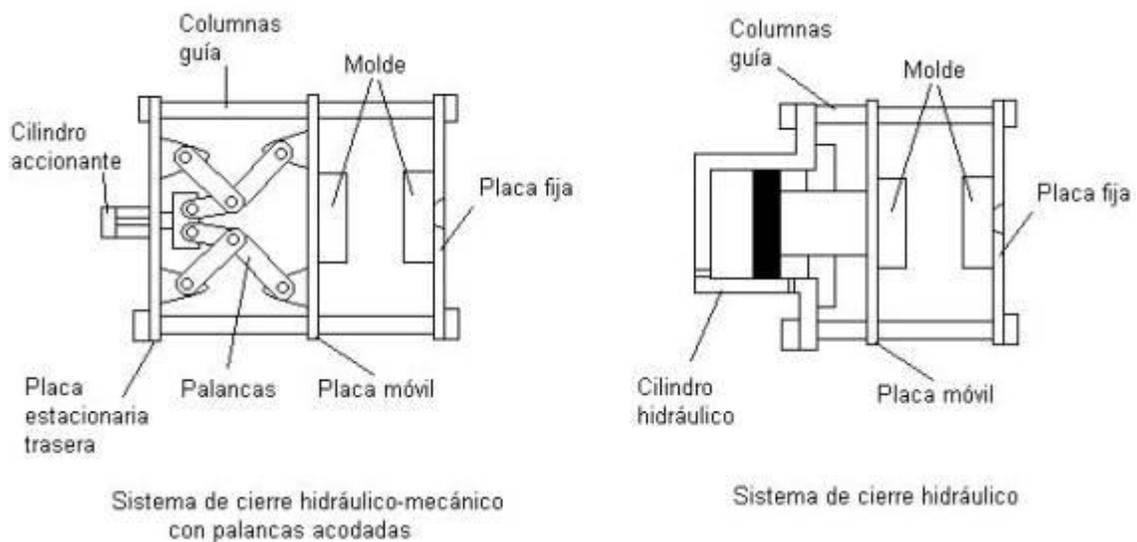
Una inyectora se compone de cuatro unidades principales, figura 1.12

- **La unidad de cierre**
- **La unidad de inyección**
- **La unidad de potencia**
- **La unidad de control**



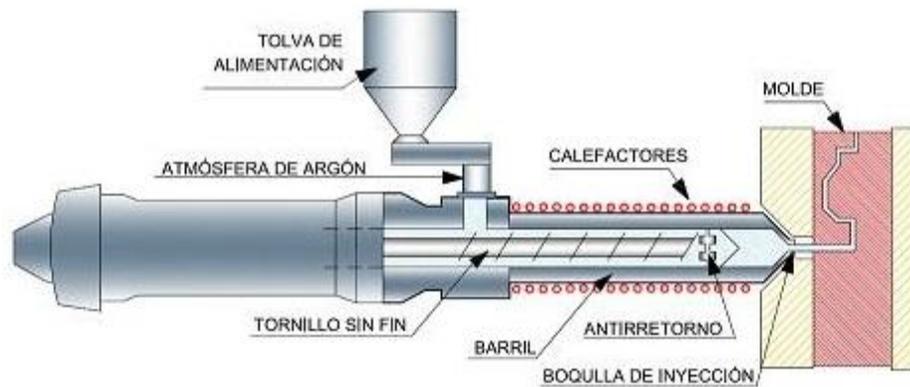
**Figura 1.12 Unidades de la máquina de inyección.**

**Unidad de cierre:** Esta unidad está compuesta de una prensa que contiene dos placas llamadas porta moldes, una es fija y otra móvil. Existen diferentes formas de accionar la placa móvil que pueden ser por medio de un mecanismo de placas acodadas, accionado hidráulicamente, por un cilindro hidráulico o por un sistema eléctrico de un husillo accionado por un motor. Para dimensionar la unidad de cierre se utiliza un parámetro fundamental que es la fuerza utilizada para mantener el molde cerrado y evitar la fuga de material, por lo general este valor se encuentra en toneladas (ton). Otros parámetros que también deben tomarse en cuenta son: la distancia mínima entre placas, la distancia máxima de apertura, las dimensiones de las placas, la distancia entre columnas y la carrera del sistema de expulsión, estos datos se utilizan para dimensionar los moldes, figura 1.13



**Figura 1.13 Sistemas de cierre.**

**Unidad de inyección:** Esta unidad está conformada por varias partes como son: la tolva de alimentación, el tornillo sin fin (husillo) el barril o cañón, la boquilla y las resistencias que se encuentran alrededor del barril. El ciclo de inyección inicia cuando el material pasa de la tolva a la zona de alimentación del husillo, al interior del barril, el cual se encarga de transportar dicho material por el efecto de la rotación del tornillo hacia la zona de fusión donde se plastifica, posteriormente el material se bombea hacia la parte delantera del husillo en la zona de dosificación cabe aclarar que durante el proceso de plastificación el husillo gira constantemente y cuando se va a realizar la inyección el husillo se detiene y actúa a manera de pistón haciendo fluir el plástico fundido hacia el molde llenando las cavidades, figura 1.14



**Figura 1.14 Partes de unidad de inyección.**

Debido a que la conductividad térmica del plástico es muy inferior a la de los metales se debe procesar de manera diferente en este caso en capas delgadas para que la transferencia de calor sea lo más rápida posible y sostenible económicamente. Esto se logra aprovechando el fenómeno de plastificación el cual consiste en la fusión de la capa de material al ponerla en contacto con la superficie del barril, que transmite calor por convección forzada al material sólido en las capas inferiores hasta que se plastifica completamente la masa del material.

En las inyectoras el calor es aportado por dos acciones el 50% lo aporta la fricción generada por el giro del tornillo con respecto al barril y el otro 50% las resistencias eléctricas.

**La unidad de potencia:** Es la unidad que brinda la potencia que utiliza el sistema para el funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre. Existen distintos tipos de sistema de potencia que se clasifican en:

- Sistemas de motor eléctrico con unidad reductora de engranajes.
- Sistemas de motor hidráulico con unidad reductora de engranajes.
- Sistemas hidráulicos directos.

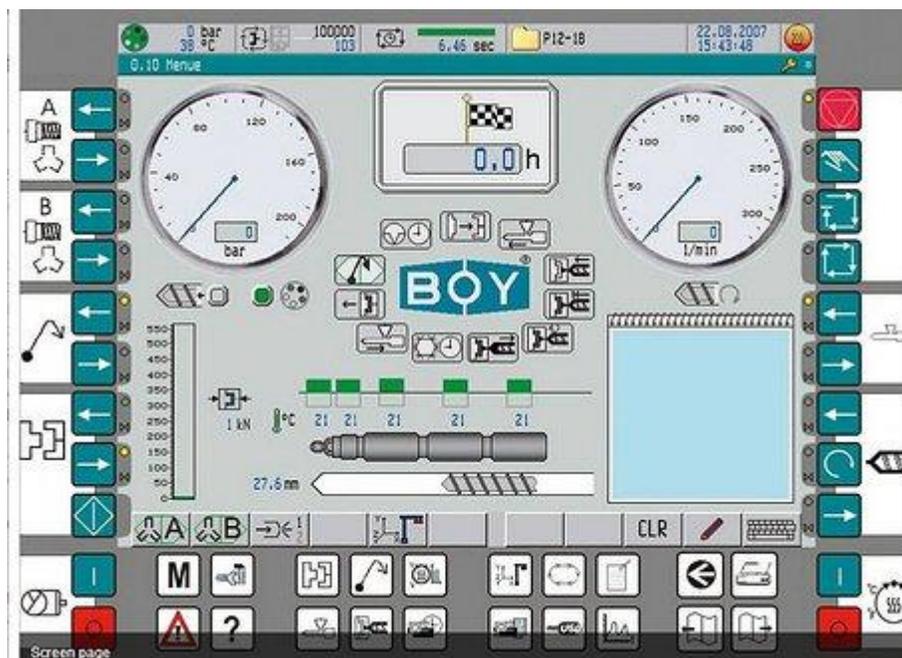
Sistema de potencia eléctrico: este sistema eléctrico tiene un mayor uso en máquinas pequeñas, se utiliza para el giro del husillo y para la apertura y cierre del molde. Esta máquina utiliza dos sistemas mecánicos de engranaje y palancas acodadas, uno de estos sistemas se encarga del cierre del molde y el otro para el tornillo, cada uno es accionado por un motor independiente. Al momento de la inyección el tornillo es accionado por un cilindro hidráulico. En los sistemas que cuentan con motor eléctrico la velocidad puede ajustarse solo en determinados valores lo cual puede ocasionar problemas en la reproducción de parámetros y hacer más difícil obtener piezas de calidad constante. Se debe considerar que el torque generado por los motores eléctricos es bastante grande y se debe tomar precaución al momento de utilizar tornillos con diámetros pequeños para evitar su rompimiento.

Sistema de potencia hidráulico: Los motores hidráulicos son de uso más común, el funcionamiento de estos se basa en transformar la potencia hidráulica de fluido en potencia mecánica. En comparación con los sistemas electromecánicos donde la potencia se transmite a través de engranajes y palancas, en un sistema de fluidos estos elementos son sustituidos parcial o totalmente por tuberías de conducción que transportan los fluidos a presión a los pistones de inyección y de cierre del molde. En estas operaciones el fluido de mayor uso es el aceite debido principalmente a sus propiedades lubricantes en aplicaciones en donde se involucran grandes cargas. En estos sistemas es común utilizar presiones que varían entre los 70 y 140 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación se describen algunas ventajas del motor hidráulico en comparación con el motor eléctrico:

- Fácil variación de velocidades, regulando el volumen de fluido.

- La relación entre el torque y la velocidad es aproximadamente lineal. El límite de torque se determina por la presión limitante y el torque de arranque es aproximadamente igual al de funcionamiento.
- Permite arranques y paradas rápidos debido al pequeño momento de inercia.
- Permite relaciones bajas de peso potencia, lo que posibilita alcanzar altas velocidades de inyección del material.

**La unidad de control:** Esta unidad contiene un controlador lógico programable (PLC) y controladores de proporcional integral derivativo (PDI) para las resistencias eléctricas del barril y de la boquilla. El PLC permite controlar el ciclo de inyección y recibe señales si hubiera casos de sobrepresión o finales de carrera para detener el ciclo si es necesario. Los controladores PID son los más adecuados para el control de la temperatura debido a su elevada velocidad de respuesta para mantener la temperatura a los niveles requeridos, figura 1.15



**Figura 1.15 Control de maquina inyectora.**

## 1.6 Características de la máquina de inyección

Dichas características definen las limitaciones en el tamaño y en el peso de la pieza a inyectar, tamaño del molde, producción etc. Estas incluyen las especificaciones del fabricante en donde se destacan las unidades de presión y cierre ya que es necesario contar con estos parámetros para basar en dichas características el diseño del molde.

Partes principales de una máquina de inyección, figura 1.16

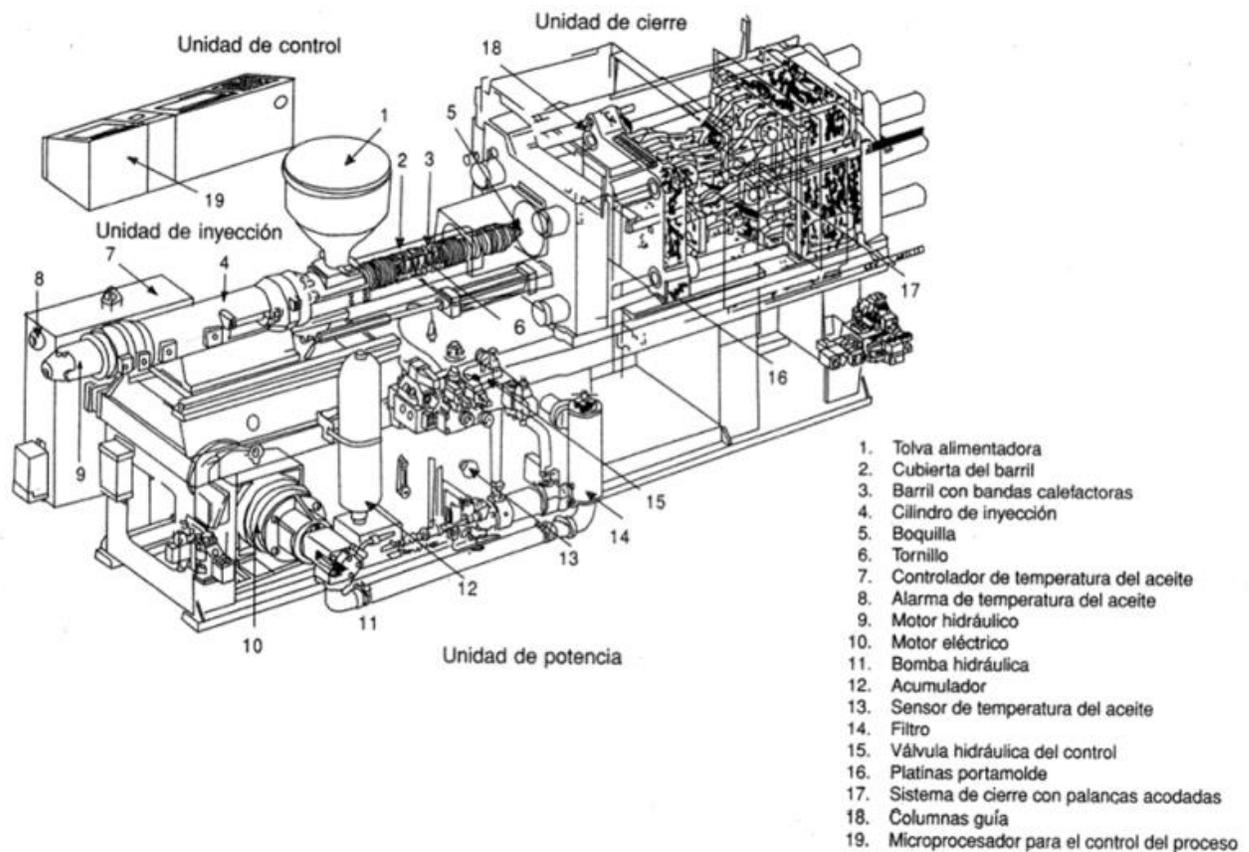


Figura 1.16 Partes de máquina de inyección.

## 1.7 Parámetros de una inyectora

Las principales características utilizadas para dimensionar y comparar máquinas inyectoras son:

- Capacidad o fuerza de cierre: usualmente se da en toneladas (ton)
- Capacidad de inyección: es el volumen de material que es capaz de suministrar la máquina en una inyección ( $\text{cm}^3/\text{inyección}$ ).
- Presión de inyección: es la presión máxima a la que puede bombear la unidad de inyección el material hacia el molde. Usualmente se trabaja a un 60% de esta presión o menos.
- Capacidad de plastificación: es la cantidad máxima de material que es capaz de suministrar el tornillo, por hora, cuando plastifica el material; se da en kg/h.
- Velocidad de inyección: es la velocidad máxima a la cual puede suministrar la unidad de inyección el material hacia el molde; se da en  $\text{cm}^3/\text{s}$ .

---

# Capítulo II

---

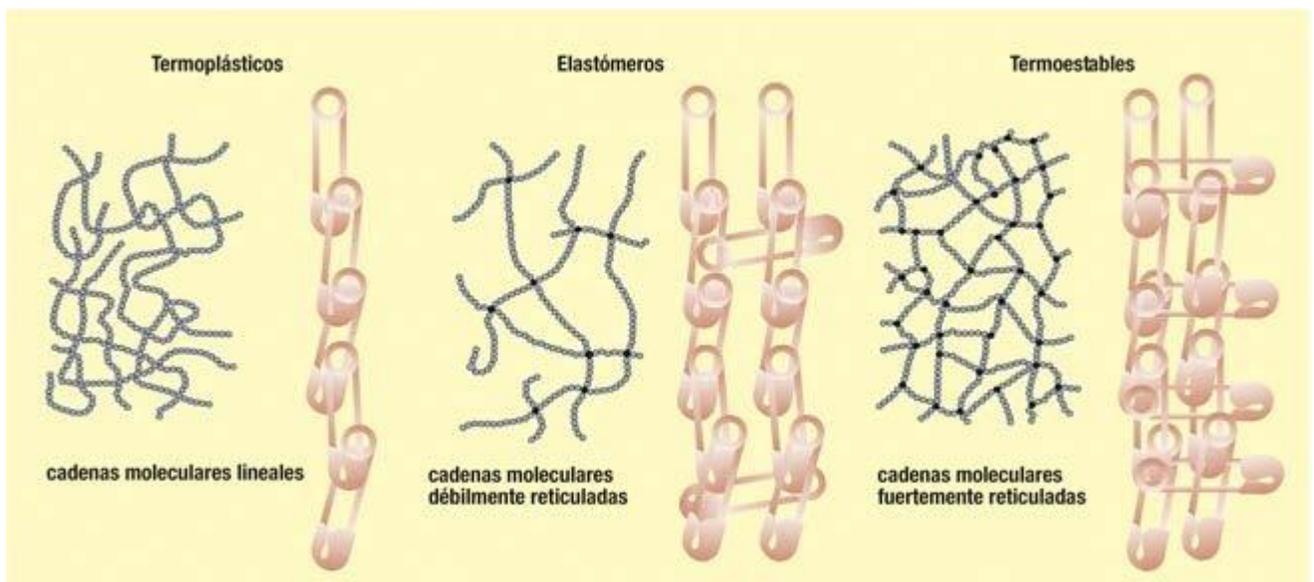
## Proceso de moldeo de plástico

## 2.1 Clasificación de los plásticos

Teniendo en cuenta esta distribución de entrelazado de las macromoléculas, podemos clasificar los plásticos en tres grupos:

- Termoplásticos
- Termoestables
- Elastómeros

Según su comportamiento frente al calor, figura 2.1



**Figura 2.1 Cadenas poliméricas según el tipo de plástico.**

**Termoplásticos:** Son los plásticos que al calentarse se ablandan y por lo tanto se pueden moldear y al enfriarse se endurecen. Pueden llegar a fundirse. El proceso de calentamiento-enfriamiento se puede repetir tantas veces como se quiera. El 80% de los plásticos son así.

Estos polímeros están formados por moléculas que forman cadenas lineales.

Son de origen sintético.

### 2.1.1 Tipos de termoplásticos.

**Cloruro de polivinilo (PVC):** Es relativamente duro e impermeable, fácil de cortar con tijeras y de gran duración a la intemperie. Existen dos tipos:

- **Flexible:** Se usa para recubrir conductores eléctricos, mangueras de jardín...
- **Rígido:** Tiene alta resistencia mecánica y dureza, su aplicación más conocida es en tuberías, canaletas, perfiles, marcos de puertas y ventanas...

**Poliestireno rígido (PS):** Es un plástico bastante frágil y ligero, pero muy resistente a los ataques químicos y a la humedad. Es transparente pero se puede colorear. Se utiliza en utensilios de cocina, mangos de tijeras, difusores de lámparas, cajas para CDs...

**Poliestireno expandido:** Se conoce como porexpan. Es muy ligero y excelente aislante térmico. Su densidad es baja, y es esponjoso y blando. Se usa en aislamientos térmicos y acústicos, embalajes de objetos frágiles...

**Polietileno de alta densidad (HDPE):** Sus moléculas se encuentran muy juntas, ocupan poco volumen y su densidad es alta al igual que su temperatura de fusión. Algunas de sus propiedades son.

- Rígido.
- Tenaz.
- Transparente.
- Resistente.
- Difícil de pegar.
- Resistente al ataque químico.

Se usa para contenedores, cascos, botellas, elementos de señalización, neveras...

**Polietileno de baja densidad (LDPE):** Las moléculas no son lineales. El plástico es flexible y la temperatura de fusión es más baja que la de alta densidad. Propiedades:

- Blando
- Ligero
- Flexible
- Transparente u opaco
- Débil

Es el más utilizado, dado que se usa en la fabricación de bolsas, vasos, film, invernaderos...

**Polipropileno (PP):** Es tenaz, ligero y barato. Se puede doblar muchas veces sin romperse, tiene una densidad bastante baja. Se usa en cubos, carpetas, carcasas de electrodomésticos, botellas, resistentes...

**Metacrilato:** Puede ser transparente u opaco en frío es muy frágil, pero al calentarlo a una alta temperatura se le puede dar forma. Se agrieta al cortarlo o taladrarlo y es muy duro. Se usa en faros y pilotos de automóviles, ventanas, relojes, gafas, expositores...

**Teflón:** Tiene la misma composición que el 'polietileno', pero con átomos de flúor. Tiene una gran estabilidad química, es muy resistente a los ataques químicos y resistente a temperaturas relativamente altas. Es un buen aislante eléctrico y es antiadherente.

**Celofán:** se presenta en películas transparentes. Es flexible resistente, brillante, adherente y transparente con color. Muy resistente a grasas, aceites y al aire. Se fabrica con celulosa a partir de la madera. Puede obtenerse celofán resistente al calor y a la humedad. Se usa en envoltorios, adhesivos y en decoración.

**Poliamidas o nylon:** Plástico muy resistente a la tracción y tenaz, duro, impermeable, translúcido, deslizante y resistente al desgaste. Existen distintos tipos de nylon, el más conocido es en forma de fibra. Se emplea para correas, engranajes, tornillos, tuercas, cepillos de dientes, tela, cuerdas de guitarra, etc.

**Polietilentereftalato (PET):** Es transparente e impermeable a componentes gaseosos como el CO<sub>2</sub> de las bebidas gaseosas, resistente a los ácidos y temperaturas extremas. Se usa para botellas de refrescos, envases para horno y congelador, cintas de video y audio...

**Termoestables:** Son los plásticos que una vez formados no pueden volver a moldearse o fundirse, porque se descomponen y se carbonizan. Suelen ser más duros y resistentes que los otros, pero son más frágiles, porque si los intentas doblar se fracturan.

### 2.1.2 Tipos de termoestables:

**Resina de poliéster:** Es un plástico con alta resistencia mecánica, polimeriza a la temperatura ambiente. Se suministra con una resina con endurecedor que se mezclan antes de su uso. Si se combina, se obtiene un plástico rígido, duro y frágil. Se emplea para cascos de barcos, tejados, depósitos, paneles de coches, cañas de pescar, esquíes...

**Resina epoxi:** Es parecida a la resina de poliéster, pero más cara. Tiene buena resistencia mecánica y química, buenos aislantes eléctricos. Se usa en revestimientos de latas de alimentos, adhesivos...

**Baquelita:** También conocidos como 'Fenoles' Fue uno de los primeros plásticos inventados y fabricados a partir de productos químicos. Es un plástico duro, frágil y de un color oscuro y brillante.

Se caracteriza por ser insensible al color, la humedad o al ataque de ácidos y es buen aislante eléctrico. Se usa en portalámparas, mangos de sartenes, operadores eléctricos, teléfonos, soldadores...

**Melamina:** También conocida como 'Aminas' Muy resistentes al calor, la humedad y la luz. Ligera, resistente, muy dura, insípida, inodora y aislante térmico. Se emplea para forrar tableros de madera principalmente, recubrimientos para papel, encimeras, ceniceros, mesas, bandejas...

**Poliuretano:** Es un material esponjoso, flexible, blando, macizo, adherente, y elástico. Se denomina más comúnmente como 'gomaespuma'. Se emplea para colchones, asientos, prendas de vestir elásticas, pegamentos y barnices.

### **Plásticos elastómeros:**

Los elastómeros se caracterizan por su gran elasticidad y capacidad de estiramientos y rebote, recuperando su forma original una vez que se retira la fuerza que los deformaba. Comprenden los cauchos naturales obtenidos a partir del látex natural y sintético; entre estos últimos se encuentran el neopreno y el polinutadieno.

Los elastómeros son materiales de moléculas grandes las cuales después de ser deformadas a temperatura ambiente, recobran en mayor medida su tamaño y geometría al ser liberada la fuerza que los deformó.

#### **2.1.3 Tipos de elastómeros.**

**Caucho natural:** se extrae del látex obteniendo de la savia del árbol del caucho. Se precisa realizar la vulcanización que consiste en añadir azufre y calentarlo. Es resistente, inerte y muy elástico. Se usa en neumáticos, guantes, colchones, globos, calzado...

**Caucho sintético:** Se obtiene del petróleo y tiene unas propiedades similares a las del caucho natural pero superior en la resistencia al ataque químico. Se usa en la fabricación de parachoques, gamas elásticas, chupetes...

**Neopreno:** Es un caucho sintético incombustible, similar al caucho sintético, pero de propiedades superiores. Se emplea para trajes de buceo, correas industriales, rodilleras y coderas...

**Silicona:** Tienen como base el silicio. Son resistentes a los agentes químicos, la humedad, el calor, a la oxidación. Es el elastómero que más resiste la temperatura, es pastoso. Se utiliza para sellar juntas contra la humedad, prótesis, recubrimientos...

## 2.2 Identificación o codificación de los plásticos.

Existe una gran variedad de plásticos y para clasificarlos, se usa un sistema de codificación. Los productos llevan una marca que consiste en el símbolo internacional de reciclado, que se representa de esta manera, figura 2.2



**Figura 2.2 Símbolo internacional de reciclado.**

Con el código correspondiente en medio según el material. El objetivo principal de este código es la identificación del tipo de polímero del que está hecho el plástico para su correcto reciclaje, es decir indica se trata de un plástico reciclable, lo que no quiere decir que el objeto esté hecho de plástico previamente reciclado.

El número presente en el código, está designado para la identificación del polímero del que está hecho el plástico y no tiene nada que ver con la dificultad de reciclaje, figura 2.3



**Figura 2.3 Código de identificación del plástico.**

En el apartado de 'otros' acorde con el número 7, podríamos clasificar los siguientes tipos con sus abreviaturas:

1. Metacrilato o polimetacrilato de metilo= PMM
2. Resina epoxi fibra= PROX
3. Poliéster= POLOR
4. Teflón o politetra fluoretileno= PTFE
5. Polietileno= PE
6. Nilón o poliamidas= PA
7. Poliéster reforzado con fibra de vidrio (que hemos nombrado anteriormente)= GUP.

### **2.3 Moldeo de materiales plásticos.**

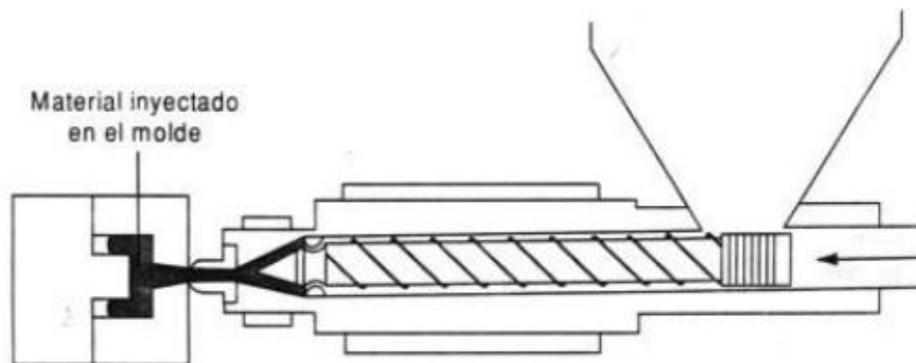
Es importante destacar la diferencia en la tecnología utilizada para el moldeo de los materiales termoplásticos y los termoestables de acuerdo a la temperatura adecuada para su procesamiento ya que los materiales termoplásticos deben ser calentados a la temperatura de fusión para que posteriormente sean inyectados en moldes fríos para solidificarse y los materiales termoestables se deben comprimir, plastificar e inyectar a bajas temperaturas en moldes calientes. para completar la acción de reticulación y endurecimiento.

### 2.3.1 Ciclo de inyección

Tomando en cuenta que los ciclos de operación para las clasificaciones de plástico más comunes son distintos, entendiendo como ciclo de inyección se describirá la secuencia de operaciones para la producción de una pieza.

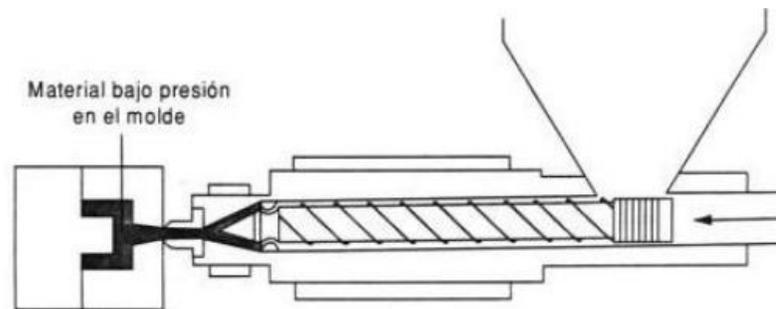
El ciclo de inyección de los materiales termoplásticos está compuesto de las siguientes etapas:

1. Se cierra el molde vacío al mismo tiempo que se tiene lista la cantidad de material que será inyectado dentro del barril de la máquina.
2. Se realiza la inyección al introducir el material fundido mediante el tornillo sin fin que previamente se detuvo para realizar la acción de pistón forzando el material a pasar desde la boquilla a las cavidades del molde con la velocidad y presión adecuadas, en relación al tamaño y material de la pieza, figura 2.4



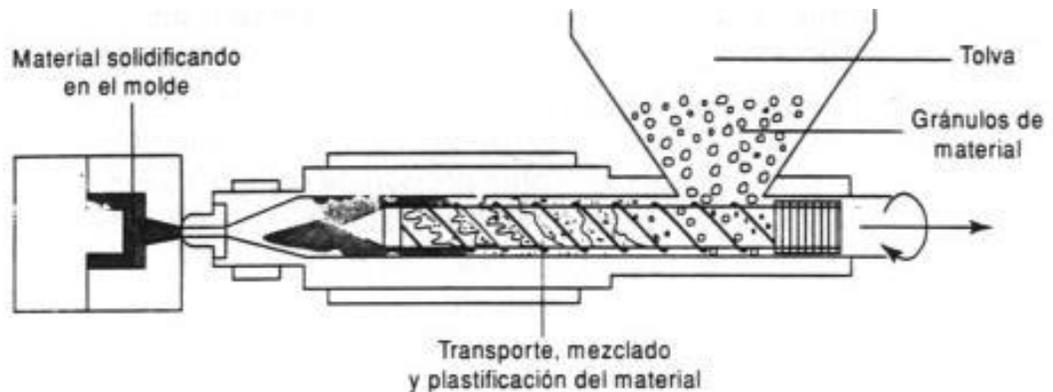
**Figura 2.4 Inyección del material.**

- Una vez que se concluyó la inyección, se mantiene la presión sobre el material que se inyecta para mientras se solidifica, esto se hace para evitar la contracción de la pieza durante su enfriamiento, dicha fuerza se le conoce como presión de sostenimiento o pos-presión. Una vez que la pieza comienza a solidificarse se realiza la liberación de aplicación de presión y de la pieza, figura 2.5



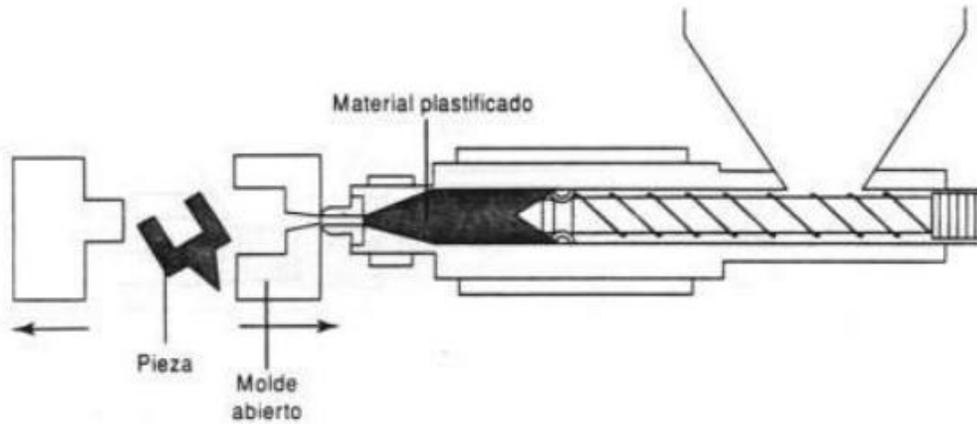
**Figura 2.5 Aplicación de la presión de sostenimiento.**

- El tornillo gira para hacer circular los gránulos de plástico desde la tolva y plastificarlos, posteriormente el material es llevado hacia la parte delantera del tornillo ocasionando una fuerza de presión contra la boquilla cerrada lo que ocasiona que retroceda el tornillo permitiendo que el material requerido para la inyección se acumule en la parte delantera del mismo.



**Figura 2.6 Retroceso del tornillo y acumulación de material de inyección.**

5. El material que se encuentra en el interior del molde continúa enfriándose mediante un fluido refrigerante que disipa el calor. Una vez que ha concluido el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y se extrae la pieza.



**Figura 2.7 Enfriamiento y extracción.**

6. El molde cierra y el ciclo se reinicia.

## 2.4 Factores del proceso de moldeo

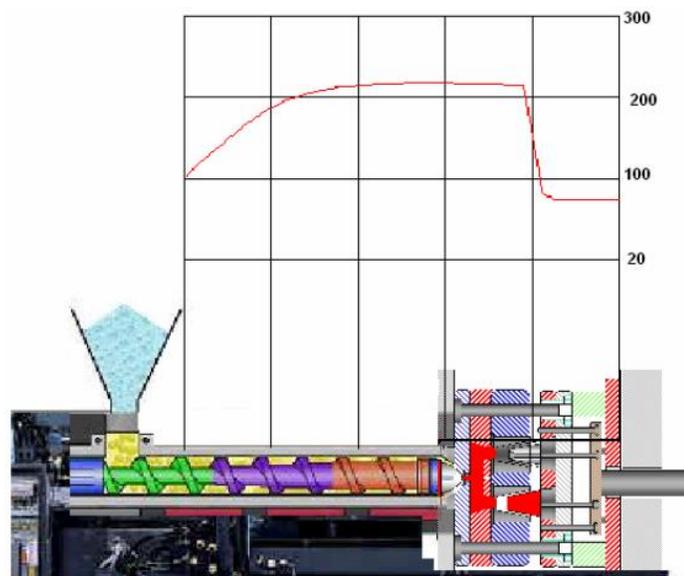
Debemos tomar en cuenta que existen distintos factores que influyen en el proceso de moldeo de una pieza, estas variables para los materiales termoplásticos se dividen en 3 grupos principales para los materiales termoplásticos, que son:

1. El material de moldeo: Es importante tomar en cuenta características del material a inyectar tales como su fluidez, su comportamiento térmico y propiedades físicas ya que características como la viscosidad y la fluidez, una vez que los polímeros están fundidos, tienen grandes variables que dependen de las propiedades de la resina como de las condiciones en las que se lleva a cabo el proceso de moldeo, aspectos como las variaciones en temperatura, presión y el tiempo de inyección deben ser rigurosamente calculados ya que estos pueden facilitar o perjudicar la inyección de piezas si no se utilizan los parámetros adecuados.
2. Condiciones de moldeo: En esta parte del proceso se deben de tomar en cuenta todas las condiciones bajo las cuales se llevará a cabo la inyección del plástico como la temperatura de la masa que fluye, la temperatura del molde, presiones, tiempos de inyección y tiempos de enfriamiento. Dentro de estas condiciones los factores más importantes dentro del proceso son 3: presión, temperatura y tiempo.
3. Máquinas utilizadas y moldes: En este paso se analizan las dimensiones, fuerzas y sistemas necesarios para llevar a cabo el proceso sin derrames por ejemplo: sistemas de plastificación, la capacidad y volumen de inyección, fuerza de cierre necesaria, dimensiones de las platinas en la máquina y en los moldes, el tipo de molde, sistema de alimentación y de regulación de temperatura.

### 2.4.1 Temperatura

Es importante considerar que el proceso de plastificación y de fusión juegan papeles diferentes según sea el caso de un material termoestable o un material termoplástico, ya que en los materiales termoplásticos si la temperatura es constante la viscosidad también lo es, de manera que si existen variaciones de temperatura se traducirán en variaciones de viscosidad, esto nos ayudará a llenar con mayor facilidad un molde complejo al aumentar la temperatura que disminuya la viscosidad del material a inyectar.

A continuación se presenta una gráfica donde se puede apreciar la variación de temperatura en el ciclo de inyección de un material termoplástico, figura 2.7

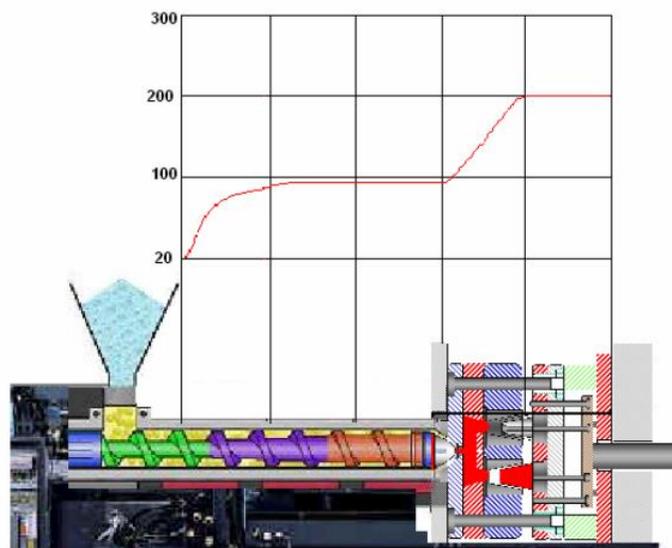


**Figura 2.8 Variación de temperatura en el ciclo de inyección de termoplásticos.**

En la gráfica se puede apreciar la curva de temperatura la cual refleja que el material se precalienta y plastifica antes de inyectarse en el molde en un intervalo de temperatura de 130° a 220°c con el husillo. Posteriormente el material es inyectado a presión dentro del molde donde se enfría para que tome la forma de la pieza requerida a una temperatura entre 60° y 70°c para posteriormente ser expulsado de la máquina.

Ahora, tomando en cuenta el caso de los materiales termoestables debemos considerar que en la relación temperatura- viscosidad se agrega el factor tiempo ya que la temperatura de la masa del material de moldeo se controla por la temperatura del tambor en donde las camisas de agua ayudan a regular el punto en el que el material empezara a convertirse en plástico. En este proceso la velocidad del tornillo, la velocidad de inyección y la velocidad de contrapresión crean calor por fricción, es por esto que todas estas variables deben coordinarse y ajustarse de tal manera que la masa pueda inyectarse de manera adecuada sin sobrecalentarse, lo que provocaría que la masa se cure antes de llenar en su totalidad la pieza, o que se enfríe, lo que ocasionaría que los tiempos tengan que ser extendidos para producir piezas de calidad aceptable.

A continuación se presenta una gráfica donde se puede apreciar la variación de temperatura en el ciclo de inyección de un material termoestable, figura 2.8



**Figura 2.9 Variación de temperatura en el ciclo de inyección de termoestables.**

A diferencia de los materiales termoplásticos en la curva de temperatura de los termoestables se puede observar que el material viene precalentado y plastificado a baja temperatura entre 70°C y 90°C en el cilindro donde posteriormente es inyectado a presión dentro del molde que se encuentra calentado a una alta temperatura.

Como se menciona con anterioridad la temperatura es un factor de gran importancia ya que esta ayuda a garantizar la calidad en un proceso de inyección.

Se debe saber que existen factores externos que transmiten calor como lo son el cilindro de plastificación, que agrega el calor que genera el husillo al girar y mezclar el material. Dichos factores son:

1. La forma del husillo.
2. Variación de velocidad de rotación del husillo.
3. Valores de contrapresión.

Es por esta razón que se utilizan una serie de termopares externos en las diferentes zonas donde hará el recorrido el material desde la tolva hasta la boquilla de alimentación, dichos termopares se conectan a un sistema de control que se encarga de mantener la temperatura en un rango determinado para una mayor calidad de inyección.

**Viscosidad del material:** Es importante definir la viscosidad como una característica intrínseca del material plástico que se inyectara, la cual se define como la dificultad o facilidad con la que fluye un material a lo largo de un conducto, a su vez debemos considerar que los materiales poliméricos no son newtonianos, su viscosidad no es constante y depende de parámetros como la temperatura y la velocidad a la que se somete para que fluya dentro de la cavidad.

### 2.4.2 Presión

La presión utilizada para el proceso de inyección requiere vencer la resistencia que produce el material fundido que se inyecta a lo largo de su trayectoria, dicha resistencia se genera por distintas razones tales como:

- Las reducciones bruscas de las secciones correspondientes a la boquilla, a los canales de alimentación y las entradas del mismo molde.
- La longitud de la trayectoria y la forma de la cavidad que debe de producir la pieza a moldear.
- El material que se endurece de forma progresiva al realizar la trayectoria.

A continuación se mencionan los elementos de la máquina inyectora de plástico que se ven involucrados en la generación de presión de inyección:

1. Cilindro de inyección.
2. Motor hidráulico para la rotación del husillo.
3. Cilindro para el movimiento de la unidad de inyección.
4. Cilindro para el accionamiento de grupo de cierre de moldes.

El ciclo de inyección está formado por dos tipos de presión: la presión primaria y la presión secundaria, donde intervienen diversos valores en tiempos sucesivos.

Presión primaria: Es la que controla la presión del material y se encarga de mover el tornillo hacia adelante para llenar las cavidades del molde.

Presión secundaria: Es la que se encarga de completar el llenado de las cavidades y mantiene la presión en el material hasta que la pieza se ha curado y le permita al tornillo regresar.

### 2.4.3 Velocidades y tiempos.

Cuando se habla de velocidades de inyección nos referimos al avance del husillo en la fase de inyección. La velocidad y el tiempo están ligados porque varían en razón inversa.

A continuación se describen factores que determinan el proceso y calidad en la pieza, relacionados con velocidad y el tiempo:

**Velocidad de rotación del husillo:** La velocidad de rotación determina la capacidad de plastificación de la máquina pero también influye en la homogeneidad y la uniformidad de la temperatura del material dentro del cilindro. Al aumentar las r.p.m. del husillo se incrementa la cantidad de calor que se genera por fricción.

Según la viscosidad del material estos son algunos de los valores de rotación más comunes.

1. Materiales muy fluidos 0.6 1.2 m/s.
2. Materiales con fluidez media 0.3 a 0.6 m/s.
3. Materiales termofijos o elastómeros 0.6 a 1.2 m/s.

**Tiempo de enfriamiento de piezas termoplásticas:** El tiempo de enfriamiento condiciona la duración del ciclo de moldeo y esto está ligado a la productividad de la máquina.

El tiempo de enfriamiento debe calcularse de acuerdo a las siguientes variables:

1. Temperatura del material fundido.
2. Temperatura de solidificación del material.
3. Coeficiente de conductividad térmica del material.
4. Temperatura del molde.
5. Espesor de la pieza moldeada.

**Tiempo de enfriamiento en piezas termofijas:** El tiempo de enfriamiento de los termofijos depende de la propiedad intrínseca de la resina básica que constituye el aglutinante del compuesto de moldeo.

La duración del enfriamiento está limitado por estas dos variables

1. Plastificación del material que será inyectado en el próximo ciclo.
2. Endurecimiento de la cantidad de material inyectado en el molde.

---

# Capítulo III

---

## Moldes de inyección

### 3.1 Moldes de inyección

La función del molde de inyección es recibir el plástico caliente que envía la máquina de inyección a una presión alta para llenar las cavidades que este contiene, que al enfriarse tomará la forma de la pieza requerida ya que el molde en su interior contiene la forma inversa de la pieza deseada.

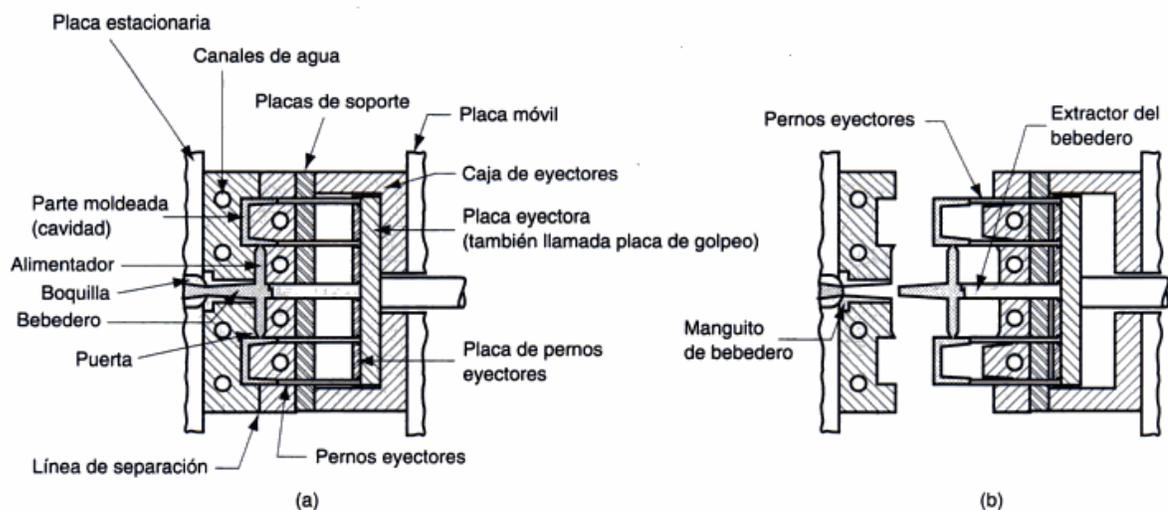
Los moldes se pueden clasificar según sus características físicas o de trabajo:

Por número de cavidades.	Por su forma de trabajo.	Por el tipo de construcción.
a) .-Una sola cavidad b) .-Múltiples cavidades	a) .-Manuales b) .-Semiautomáticos c) .-Automáticos	a) .-Dos placas b) .-Tres placas c) .-Sin sobrantes.

De acuerdo a las partes del molde se dividen por funciones en los siguientes sistemas:

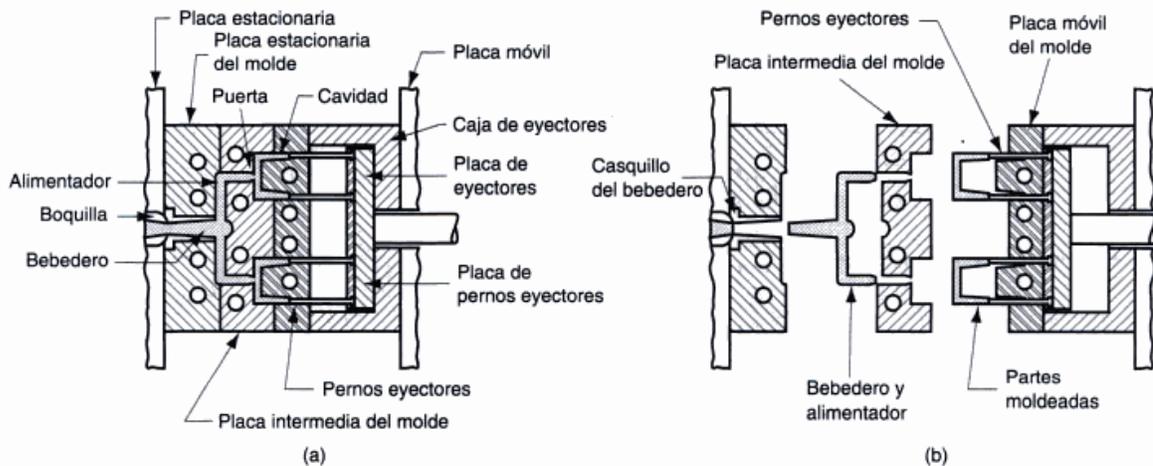
1. Sistema de alimentación
2. Sistema de expulsión de pieza
3. Sistema de refrigeración
4. Guiado del molde

Partes de un molde de dos placas para moldeo por inyección de termoplásticos, figura 3.1



**Figura 3.1** Detalles de Molde de inyección de dos placas: (a) molde cerrado (b) molde abierto.

Partes de un molde de tres placas para moldeo por inyección de termoplásticos, figura 3.2



**Figura 3.2** Detalles de molde de inyección de tres placas (a) molde cerrado (b) molde abierto.

### 3.1.1 Descripción de las partes de que conforman un molde de inyección.

**Alimentador o canal:** Es aquel que conecta el bebedero con la entrada y la cavidad.

**Bebedero:** Es el canal para el flujo de material de la boquilla del cilindro de inyección hasta los canales del molde.

**Boquilla:** El extremo anterior de un cilindro de inyección, que restringe el flujo de material caliente por un orificio pequeño.

**Cavidad:** Parte del molde que forma la superficie exterior de la pieza moldeada dicha pieza siempre se encuentra del lado fijo del molde.

**Extractor del bebedero:** Ejector que expulsa el bebedero del molde.

**Línea de separación:** Es la línea que define la separación del corazón de la cavidad.

**Manguito de bebedero:** Es el canal que conecta la boquilla del cilindro de inyección con el sistema de canales del molde.

**Pernos eyectores:** Son las espigas de acero que se encuentran en la cavidad del molde que se encuentran conectadas a una placa separada detrás del molde.

**Placa estacionaria:** Es la placa que se encuentra fija a la máquina y no tiene movimiento alguno

**Placa eyectora:** actúa cuando se abre el molde para forzar a los pernos eyectores contra la pieza moldeada y así empujarla afuera de la cavidad.

**Placa móvil:** La placa que se encarga de abrir y cerrar el molde, es aquella a la que se fija el corazón.

**Puerta (Gates):** elemento que permite separar la pieza de la boquilla de inyección sin alterar la forma.

### 3.1.2 Partes del molde y su ubicación dependiendo de la función que realizan

Lado fijo	Lado móvil
Platina aisladora	Placa aisladora
Placa sujetaroda	Placa sujetadora
Bebedero	Barra expulsora
Pernos guía	Tacones espaciadores
Placa porta cavidades	Placa expulsora
Cavidades	Placa retenedora de botadores
	Placas paralelas
	Pernos de expulsión
	Tacones de soporte
	Placade soporte
	Placa portacorazones
	Corazón

### 3.2 Canales de alimentación

Dichos canales conducen el material desde el bebedero a la entrada de la cavidad, deben de tomarse varios aspectos en cuenta en su diseño ya que deben evitar que el material se enfríe antes de llenar por completo la cavidad, evitar la pérdida de carga, mantener un flujo simultaneo y mantener el flujo hasta después de la presión de mantenimiento.

Existen 2 tipos de canales:

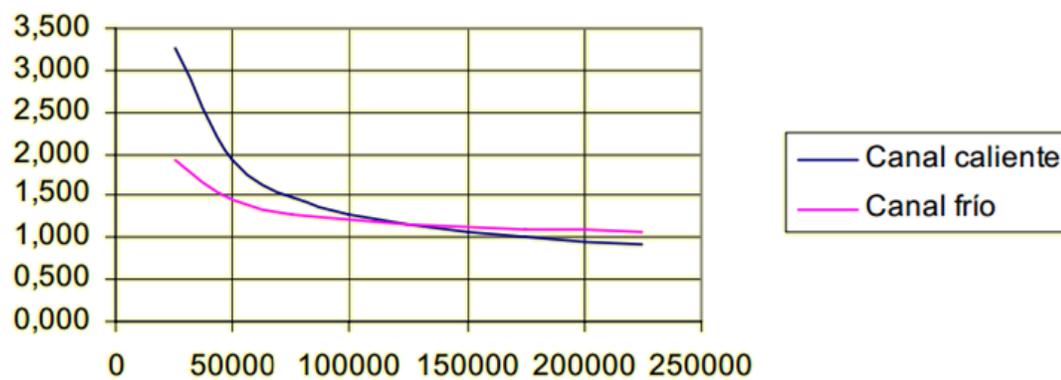
**Canales fríos:** Se solidifican y se expulsan con la pieza, se usan principalmente en moldes sencillos sus principales desventajas es que consumen más material, sus canales requieren de una mayor longitud y existe la necesidad de expulsar dichos canales.

**Canales calientes:** En este tipo de canales el material se mantiene permanentemente fundido tiene una mayor ventaja en relación del consumo de material ya que es menor a diferencia de los

canales fríos, también tiene condiciones de entrada más controladas, su principal desventaja es que forman parte de moldes más complejos lo que hace más costosa su aplicación.

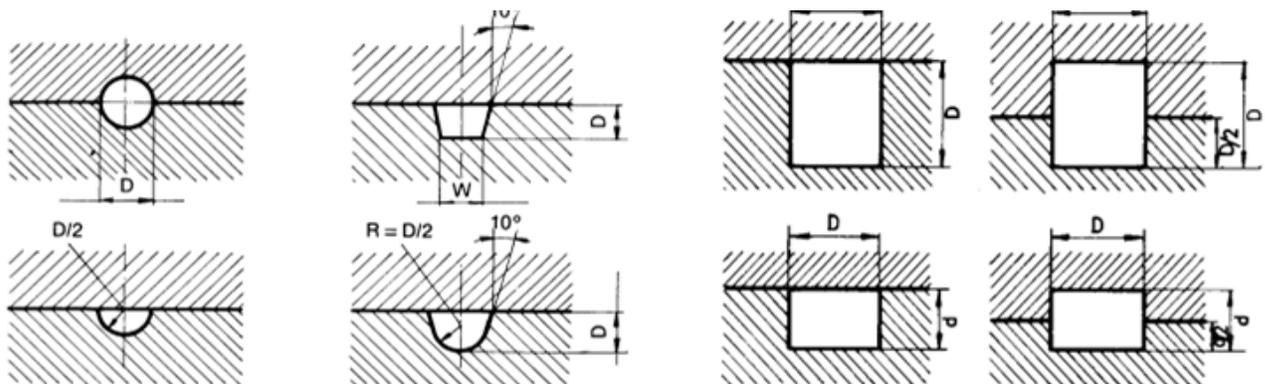
Uno de las características más importantes de estos tipos de canales es que se puede realizar la inyección sin colada en las piezas termoplásticas, también representan una menor pérdida de presión, de esta forma por medio sistemas de canal calientes se pueden inyectar piezas extremadamente grandes.

Costos relativos a los tipos de canales, figura 3.3



**Figura 3.3 Costos en relación al tipo de canal.**

Formas de canales, figura 3.4



**Figura 3.4 Formas de canales**

### 3.2.1 Distribución de los canales

Se deben de construir de la forma más recta posible, evitando cualquier recodo innecesario, para conseguir que, independientemente de la situación, las cavidades de un molde múltiple se llenen de forma simultánea y homogénea (suponiendo que las cavidades son idénticas) y que las cavidades dispongan de un mismo tiempo de conformación.

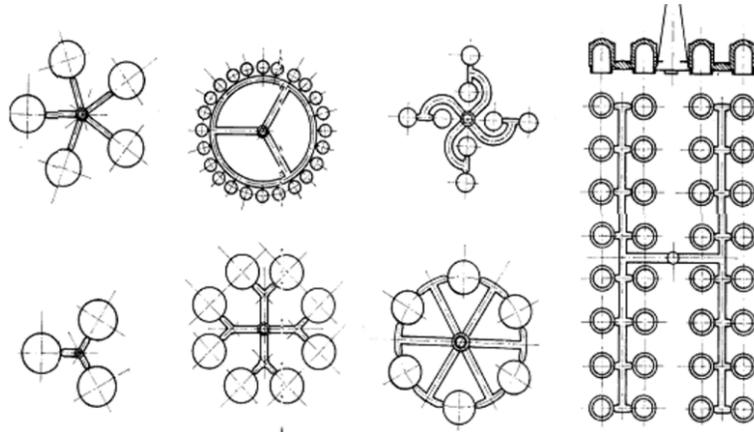


Figura 3.5 Ejemplos de distribución adecuada de canales.

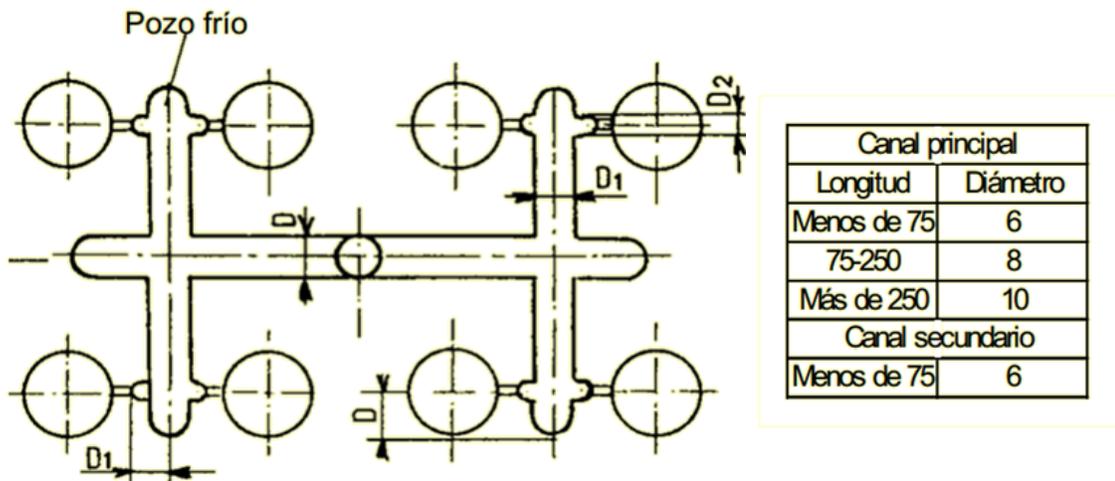


Figura 3.6 Configuración básica de los canales.

### 3.3 Entradas de inyección

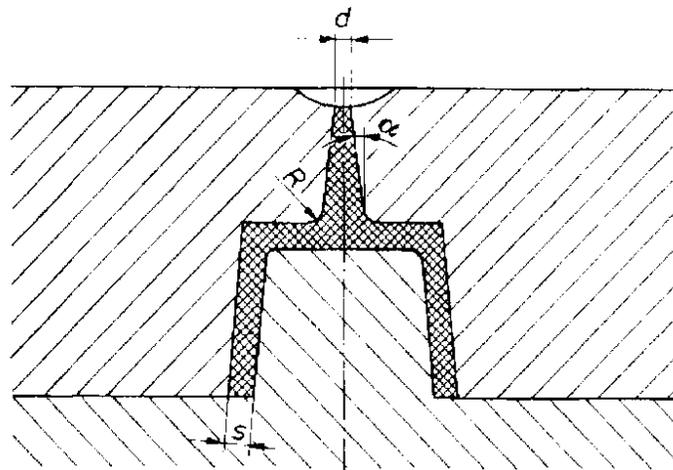
La entrada es el orificio donde entra la masa a la cavidad de la pieza dicha entrada debe cumplir con objetivos para llevar una correcta inyección como crear un frente de flujo uniforme y continuo y debe permitir que la entrada de material en la fase de mantenimiento.

La posición del punto de inyección depende de factores como el peso de la pieza y el espesor de la pared.

El punto de inyección debe cubrir con los siguientes requisitos:

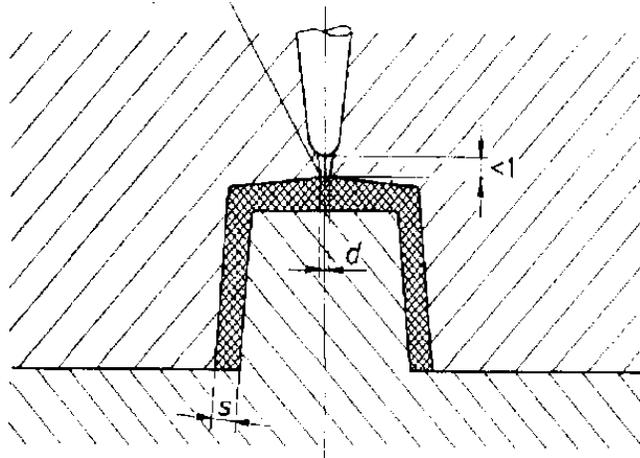
- Debe permitir un flujo fácil.
- Originar un frente de flujo continuo en las paredes más gruesas.
- Encontrarse cerca de las superficies donde se exija mayor acabado.
- Se reduzca el número de líneas de soldadura.
- Que las longitudes del flujo sean semejantes.
- No deje marcas visibles no deseadas.

**Colada cónica, con o sin barra:** Se aplica por lo general para piezas de espesores de pared relativamente grueso, y también para la transformación de materiales de elevada viscosidad en condiciones térmicamente desfavorables. La barra ha de separarse después del desmoldeo de la pieza, figura 3.7



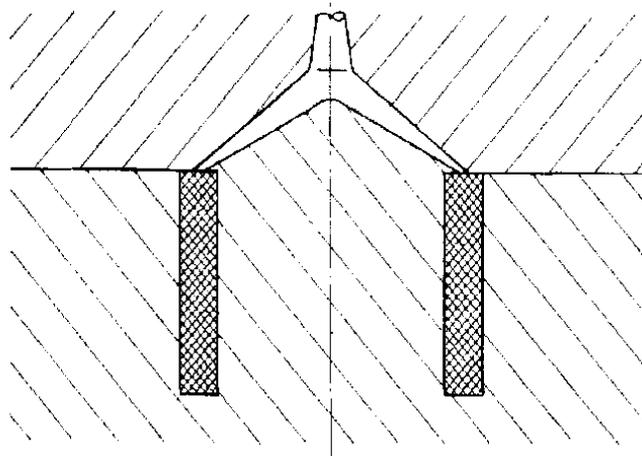
**Figura 3.7 Colada cónica.**

**Entrada puntiforme (o capilar):** A diferencia de la colada de barra, la colada de sección puntiforme se separa generalmente de forma automática. Si molestan los pequeños restos de esta sección, «d» puede tener la forma de una pequeña cavidad lenticular en la superficie de la propia pieza. Para la expulsión automática de una colada cónica con sección puntiforme se utilizan las boquillas neumáticas de uso general, figura 3.4



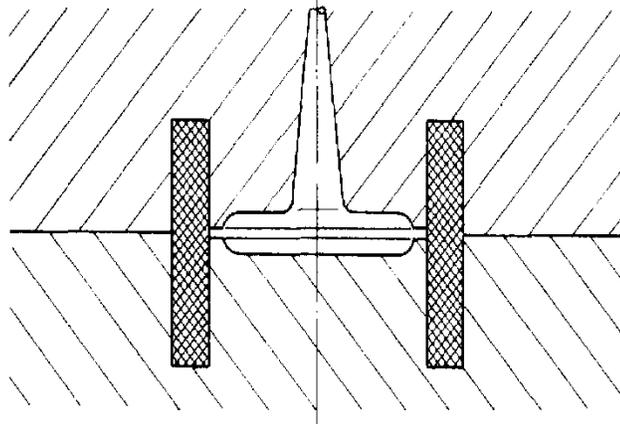
**Figura 3.8 Entrada Puntiforme.**

**Colada de paraguas:** La colada de paraguas es adecuada para la fabricación, por ejemplo, de cojinetes de fricción con una precisión de redondez elevada, evitando además al máximo la existencia de líneas de unión. Las desventajas son el apoyo unilateral del nodo central y la necesidad de operaciones de mecanizado para eliminar la colada, figura 3.5



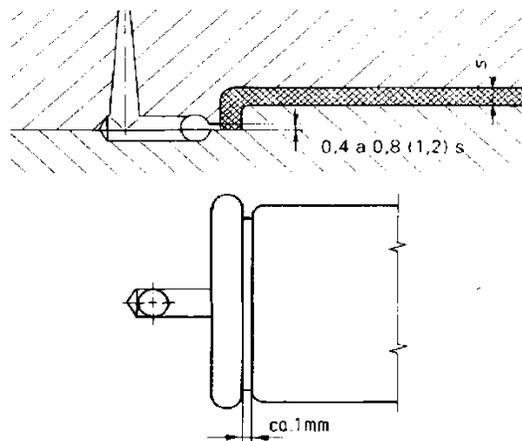
**Figura 3.9 Colada de paraguas.**

**Colada de disco:** Aquí se unen preferentemente piezas cilíndricas por el interior, sin líneas de unión residuales. En el caso de materiales fibrosos de refuerzo (por ejemplo fibras de vidrio), la colada de disco puede favorecer la tendencia a la contracción. La colada se ha de eliminar después del desmoldeo.



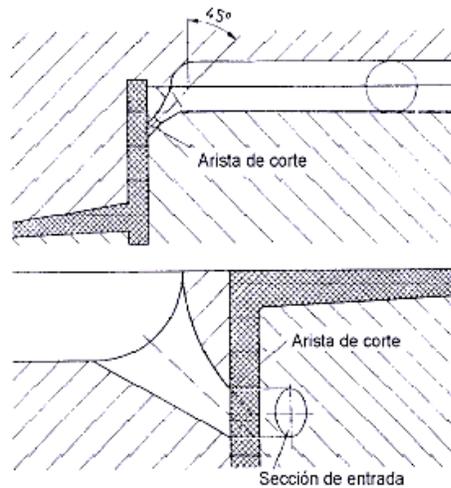
**Figura 3.10 Colada de disco.**

**Entrada laminar o de cinta:** Para fabricar piezas planas con un mínimo de contracción y de tensión es aconsejable la entrada en forma de cinta, con una anchura igual a la de la pieza este tipo de entrada origina una distribución homogénea del frente de la colada. Un cierto adelantamiento del material líquido en el sector de la colada de barra se puede compensar con la corrección de la sección de entrada. La lámina de entrada es cizallada generalmente, por lo que no impide una fabricación automática.



**Figura 3.11 Entrada de cinta.**

**Entrada de túnel o submarina:** La entrada de túnel es adecuada para la inyección lateral de las piezas. Sin tener en cuenta los posibles problemas por obturación precoz, la entrada de túnel permite secciones muy pequeñas, y con ello se consiguen marcas residuales casi invisibles sobre la pieza. Cuando se inyectan materiales abrasivos, figura 3.8



**Figura 3.12 Entrada submarina.**

### **3.4 Control de temperatura en moldes de inyección**

Se debe considerar que es importante determinar el tipo de plástico que se empleara en la inyección ya que dependiendo de esto el molde deberá calentarse o enfriarse por medio del control de temperatura del molde. Para la transmisión térmica regularmente se usa agua o aceite, en el caso de los termoestables se calienta el molde por medio de resistencias eléctricas, este control de temperatura tiene influencia directa sobre la calidad y el aprovechamiento de las piezas inyectadas ya que se ve reflejado directamente en estos factores:

- La deformación de las piezas, sobre todo en los materiales parcialmente cristalinos.
- El nivel de tensión de la piezas inyectadas y su fragilidad, ya que en el caso de los termoplásticos amorfos puede aumentar las formación de grietas por tensión.
- El tiempo de enfriamiento y el tipo de ciclo.

Las diferencias de temperatura en el molde y/o diferentes velocidades de enfriamiento son responsables de la deformación.

### **3.5 Tipos de expulsores y desmoldeos.**

Tomando en cuenta de la contracción que sufre el material debido a los cambios de temperatura sobre los machos del molde es importante usar diferentes tipos de expulsores para su desmoldeo como:

- Pasadores cilíndricos de expulsión
- Casquillos de expulsión
- Placas de extracción
- Regletas de expulsión
- Anillos de expulsión
- Mordazas correderas
- Separadores por aire comprimido
- Extractores de plato.

El tipo de extractor que utilizaremos deberá ser elegido tomando en cuenta la pieza a inyectar, también se debe tomar en cuenta que la presión superficial que se ejerce sobre la pieza a expulsar debe de ser la mínima posible para evitar deformaciones.

Por lo regular los machos y también los dispositivos de extracción están situados en la parte móvil de la máquina de inyección.

Los extractores sirven no solo para el desmoldeo, sino también para la evacuación de los gases de la cavidad ya que una salida defectuosa de la cavidad puede tener estas consecuencias:

- Llenado parcial de la cavidad
- Unión defectuosa de frentes del material
- Efecto “diesel” ósea daños térmicos en la pieza (quemaduras).

### 3.6 Selección de materiales

Es necesario que los materiales utilizados en la fabricación de moldes tengan ciertas propiedades para conseguir la máxima utilidad del mismo, tales como:

- **Alta resistencia al desgaste:** Para aumentar la rigidez de las piezas que se inyectaran se refuerzan con distintos tipos de materiales que son abrasivos por esto se debe elegir adecuadamente el material o el recubrimiento de las superficies.
- **Alta resistencia a la corrosión:** Existen componentes agresivos como los equipamientos protectores contra el fuego, o el mismo material puede originar agresiones químicas a las superficies del molde. Junto con los materiales de relleno y refuerzos con efectos abrasivos pueden surgir daños acumulativos, por esta razón es necesario utilizar aceros de alta resistencia.
- **Alta estabilidad de medidas:** La inyección de plásticos exige temperaturas internas de la pared del molde de hasta 250°. Esto supone que se debe contar con aceros de alta temperatura de revenido para evitar cambios de la estructura del molde y evitar cambios en las medidas lo que afectaría a la pieza.
- **Buena conductibilidad térmica:** Es de gran importancia al inyectar termoplásticos parcialmente cristalinos, así que para influenciar la conducción de calor se utilizan aceros de diferente aleación y recubrimientos al interior de la superficie.

### 3.7 Aceros para moldes

La rigidez de la herramienta está en función de la selección de acero, ya que el módulo de elasticidad es prácticamente igual en todos los aceros comunes para herramientas. Pero los diferentes materiales pueden cumplir de diferente manera las exigencias específicas, estos son los aceros más utilizados:

- Aceros de cementación.
- Aceros bonificados.
- Aceros para temple integral.
- Aceros resistentes a la oxidación.
- Materiales especiales.

---

# Capítulo IV

---

**Diseño de la pieza y el molde**

## 4.1 Pieza

Para el diseño del molde es indispensable conocer las características de la pieza que se va a procesar como:

- Geometría
- Material
- Peso
- Volumen

La pieza a inyectar es una carcasa para un video juego en este caso un play station pocket (psp) la cual se presenta a continuación su imagen, figura 4.1



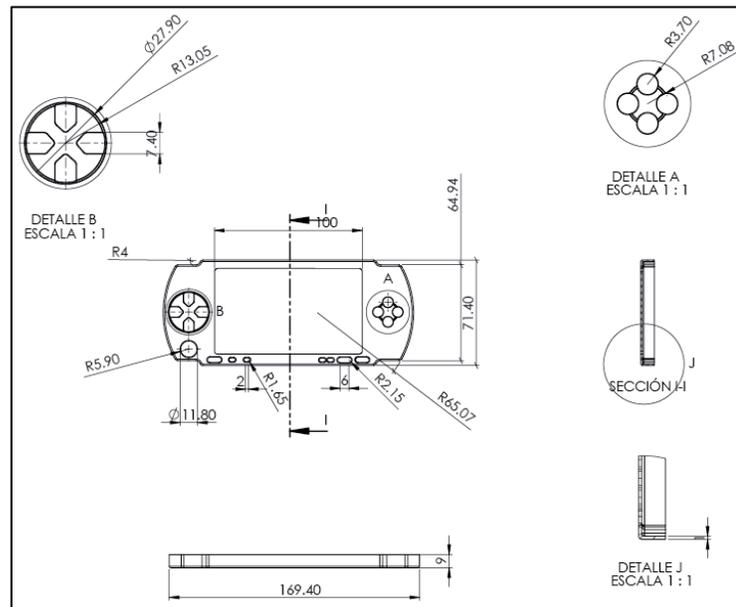
**Figura 4.1 Pieza de inyección.**

El análisis de la geometría de la pieza tiene como objetivo evaluar la posibilidad de desmoldeo que tendrá en base a sus características, su área de proyección y la complejidad necesaria para el molde.

Como aspectos principales para el diseño de una pieza de manera correcta se debe considerar ciertos puntos:

- Que se usen radios y redondeos adecuados para evitar concentración de esfuerzos y facilitar el desmoldeo de la pieza.
- El espesor de la pieza debe ser uniforme para evitar contracciones que afecten el proceso de desmoldeo.
- Mantener las distancias adecuadas si la pieza cuenta con orificios.

Es indispensable conocer los planos de la pieza a inyectar para la creación correcta del molde, figura 4.2



**Figura 4.2 Planos de la pieza.**

#### 4.2 Características de la pieza y el molde.

Una vez que se ha desarrollado la pieza que inyectaremos debemos de definir las características deseadas tanto de la pieza como del molde para iniciar la construcción en dicho proceso debemos aspectos como:

- Material
- Características del material
- Área proyectada de la pieza
- Fuerza de cierre
- Acabado que se busca en la pieza
- Numero de cavidades
- Tipo de colada

### 4.3 Material

El material que se eligió para la pieza de inyección es el acronitrilo butadieno estireno (ABS) y la ficha técnica se presenta a continuación.

Typical values 1) at 23°C	Test method 2)	Unit	Values
<b>PROPERTIES</b>			
Polymer abbreviation	-	-	ABS
Density	ISO 1183	kg/m <sup>3</sup>	1040
Filler content: Glass fiber (GF)	-	%	-
Water absorption, equilibrium in water at 23°C	similar to ISO 62	%	0.95
Moisture absorption, equilibrium 23°C/50% r.h.	similar to ISO 62	%	0.24
<b>PROCESSING</b>			
Processing: Injection moulding (M), Extrusion (E), Blow moulding (B)	-	-	M
Melt volume-flow rate MVR	ISO 1133	cm <sup>3</sup> /10min	34
Temperature	ISO 1133	°C	220
Load	ISO 1133	kg	10
Pre-drying: Temperature	-	°C	80
Pre-drying: Time	-	h	2-4
Melt temperature, injection moulding	-	°C	220 - 260
Mould temperature, injection moulding	-	°C	30 - 60
Moulding shrinkage, free, longitudinal	-	%	0.4 - 0.7
<b>FLAMMABILITY</b>			
UL94 rating at 1.6 mm thickness	UL 94	class	HB
Automotive materials (thickness d >= 1mm)	-	-	+
<b>MECHANICAL PROPERTIES</b>			
Tensile modulus	ISO 527-1/-2	MPa	2300
Yield stress, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	MPa	44
Yield strain, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	%	2.4
Nominal strain at break, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	%	12
Flexural strength	ISO 178	MPa	65
Charpy impact strength (23°C)	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	125
Charpy impact strength (-30°C)	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	90
Izod notched impact strength (23°C)	ISO 180/1A	kJ/m <sup>2</sup>	22
Izod notched impact strength (-30°C)	ISO 180/1A	kJ/m <sup>2</sup>	7
Charpy notched impact strength (23°C)	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	19
Charpy notched impact strength (-30°C)	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	7
Izod notched impact strength, method A (23°C)	ASTM D 256	J/m	240
Ball indentation hardness	ISO 2039-1	MPa	99
Force	ISO 2039-1	N	358
Duration	ISO 2039-1	s	30
<b>THERMAL PROPERTIES</b>			
HDT A (1.80 MPa), measured using dried specimens	ISO 75-1/-2	°C	94
HDT B (0.45 MPa), measured using dried specimens	ISO 75-1/-2	°C	99
Vicat softening temperature VST/A/50	ISO 306	°C	102
Vicat softening temperature VST/B/50	ISO 306	°C	95
Max. service temperature (short cycle operation)	-	°C	80
Coefficient of linear thermal expansion, longitudinal (23-80)°C	ISO 11359-1/-2	E-4/°C	0.8 - 1.1
Thermal conductivity	DIN 52612-1	W/(m K)	0.17
<b>ELECTRICAL PROPERTIES</b>			
Volume resistivity	IEC 60093	Ohm*m	1E13
Electric strength K20/P50, d = 0.6 - 0.8 mm	IEC 60243-1	kV/mm	38

### Características de la pieza.

Plástico contemplado para la fabricación de la pieza.

**Material a inyectar:** ABS

**Densidad del material:** 1.05 g/cm<sup>3</sup>

**Área proyectada:** 120.95 cm<sup>2</sup> x 2

**Fuerza de cierre:** 36.285 Ton. X 2= 72.57 ton.

**Maquina necesaria:** 100 Ton. Mínimo.

**Acabado superior:** A1

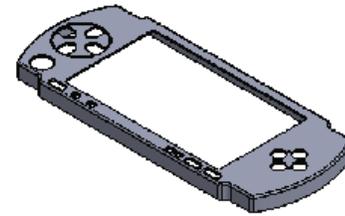


Figura 4.3 Pieza.

### Características del molde.

**Tipo de colada:** Fría

**No. cavidades:** 2

**Distribución de cavidad:** En línea

**Canal de alimentación redondo** D= 0.9mm

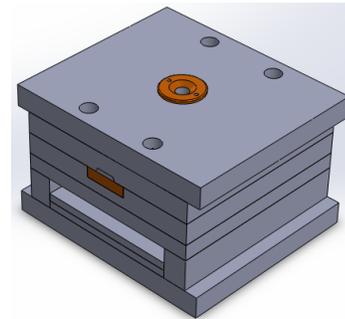


Figura 4.4 Molde.

### 4.4 Análisis de la pieza

Para analizar y crear la pieza nos apoyamos de dos software uno llamado SOLIDWORKS (figura 4.5) para crear un modelo en tercera dimensión de la pieza para posteriormente exportarlo al segundo software llamado MOLDFLOW (figura 4.6) y analizar y calcular un sin número de elementos indispensables, que son claves para el desarrollo del molde y realizar una correcta inyección.



Figura 4.5 Logo Solidworks.



Figura 4.6 Logo Moldflow.

En dichos programas pudimos obtener los datos que se presentan a continuación.

### Procesamiento recomendado

Temperatura de la superficie del molde	50 C
Temperatura de masa fundida	230C

### Intervalo de temperatura (recomendado)

Minimo	25 C
maximo	80 C

### Intervalo de temperatura de masa fundida (recomendado)

Minimo	200 C
Maximo	280 C
Temperatura absoluta de masa fundida	320 C
Temperatura de expulsion	88 C

Se analizo en que parte de la pieza se deberian colocar las entradas de la masa fundida, eligiendo el punto mas optimo para la inyeccion.

 Punto donde se colocara la entrada.

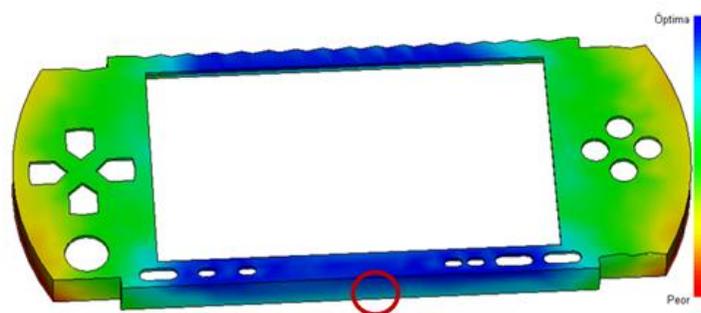
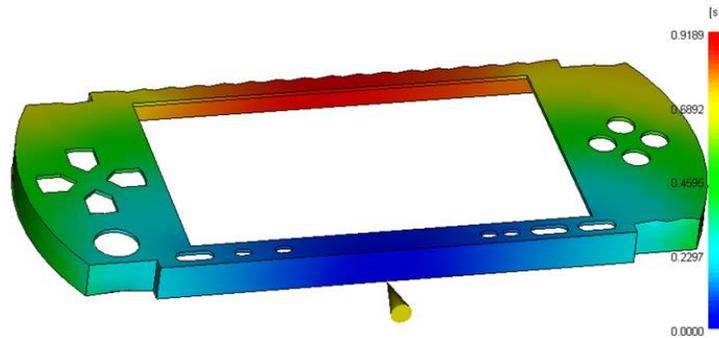


Figura 4.7 Idoneidad de las entradas.

Una vez elegido el punto donde estará la entrada calculamos el tiempo de llenado de la pieza, figura 4.8

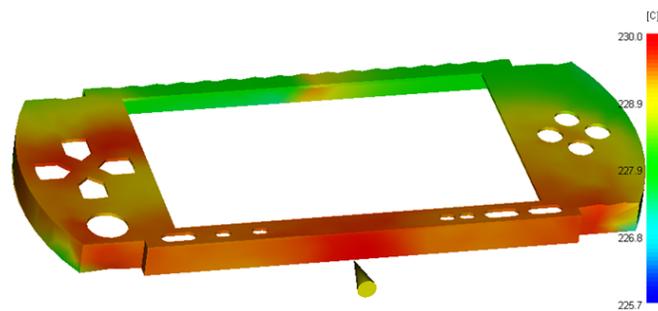
**Tiempo de llenado: 0.9189(s)**



**Figura 4.8 Tiempo de llenado.**

Calculo de la temperatura en el frente del flujo, figura 4.9

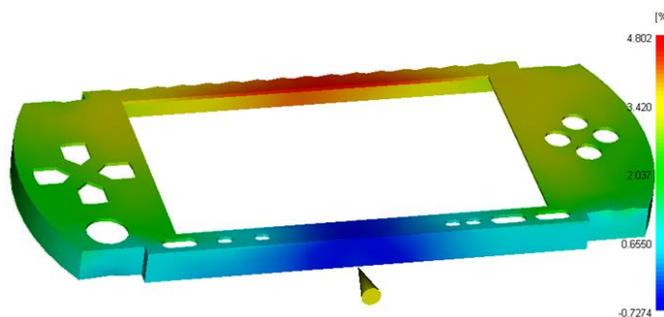
**Temperatura: 230 C**



**Figura 4.9 Temperatura en el frente del flujo.**

Calculo de la contracción volumétrica en la inyección, figura 4.10

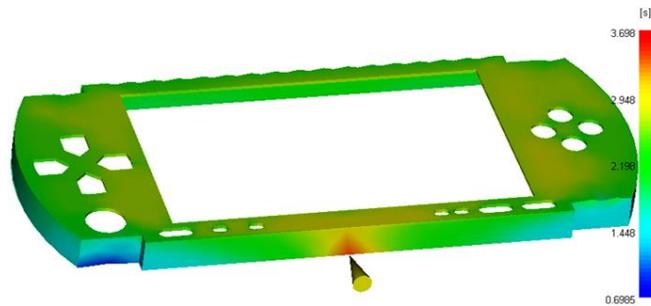
**Contracción: 4.802 %**



**Figura 4.10 Contracción volumétrica.**

Tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión, figura 4.11

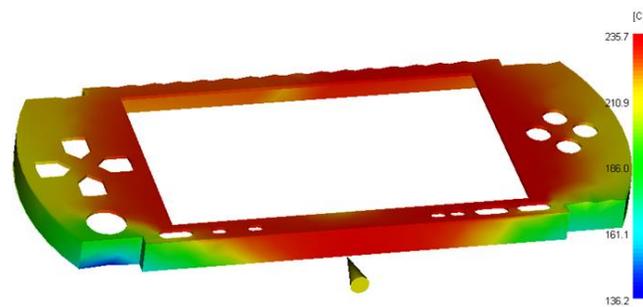
**Tiempo requerido: 3.698 (s)**



**Figura 4.11 Tiempo para temperatura de expulsión.**

Temperatura de la masa al final del llenado, figura 4.12

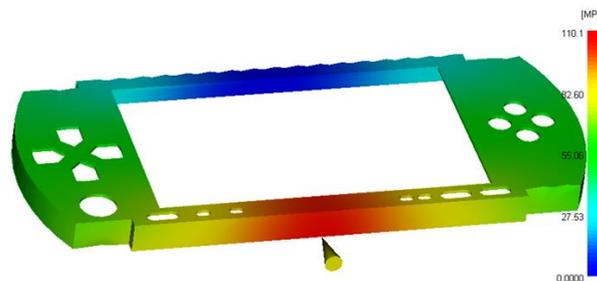
**Temperatura: 235.7 C**



**Figura 4.12 Temperatura al final del llenado.**

Presión al final del llenado de la pieza, figura 4.13

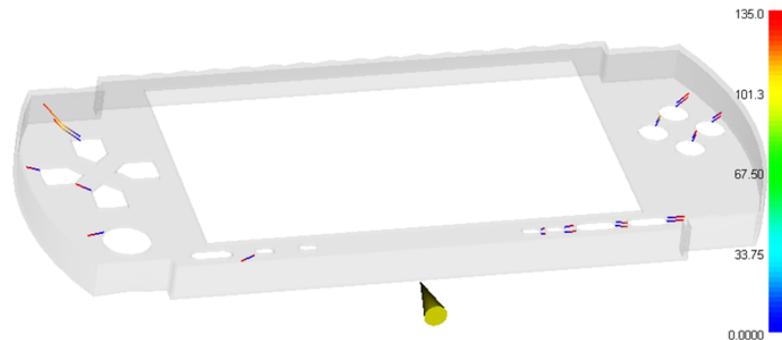
**Presión al final del llenado: 110.01 (MPa)**



**Figura 4.13 Presión al final de llenado.**

Lineas de soldadura que presenta la pieza, figura 4.14

**Lineas de soldadura: 135.0 (grad)**



**Figura 4.14 Líneas de soldadura en la pieza.**

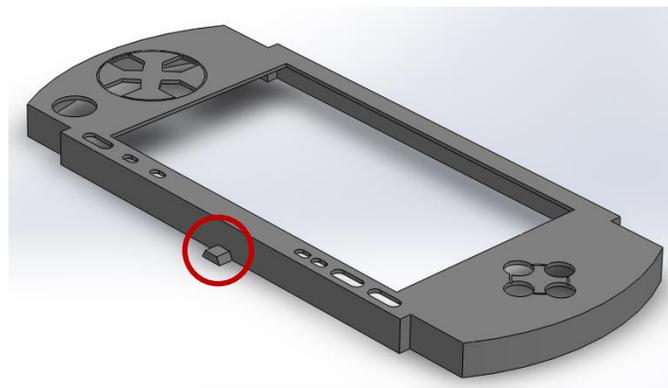
#### **4.5 Diseño de pieza de inyeccion**

Debemos tomar en cuenta que el molde que se desarrollara es de 2 cavidades por lo tanto en base a los analisis anteriores debemos construir una pieza que pueda inyectarse de manera adecuada tomando toda la informacion.

##### **4.5.1 Entrada**

Por esta razon tomando en cuenta el punto optimo para realizar la inyeccion colocamos la entrada donde se conectara el canal que conduce el material fundido a la pieza y que al mismo tiempo nos permite retirar este sobrante de manera facil despues de la inyección.

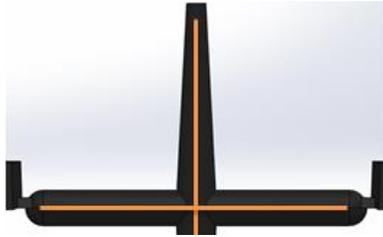
Dicha entrada tiene una forma trapezoidal que permite el acceso facil del material, figura 4.15



**Figura 4. 15 Entrada de inyección.**

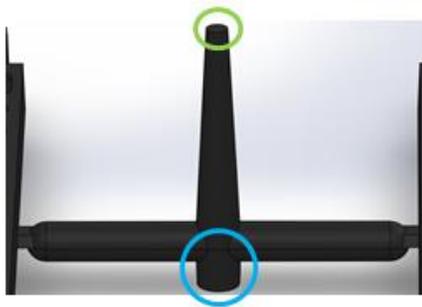
#### 4.5.2 Canales

Para el diseño de la pieza es sumamente importante el diseño de los canales ya que dicho canal permitirá el paso del material desde la boquilla de inyección hacia las 2 cavidades del molde.



**Figura 4.16 Simetría en los canales.**

La distribución de los canales es simétrico para que la inyección se realice de la manera mas adecuada y el flujo sea continuo y parejo.



**Figura 4.17 Descripción de canales.**

○ Canal principal, se encarga de llevar el material fundido hasta las dos cavidades.

○ Pozo frío, Pequeña extensión del sistema de canales más allá de una intersección de canales, que es lo bastante grande como para albergar una cantidad de masa fría de material.



**Figura 4.18 Unión de cavidades.**

Los canales cumplen la función de realizar la inyección de forma lo mas pareja posible y de mayor rapidez llenando por igual las dos cavidades.

## 4.6 Diseño del molde de inyección

Esta actividad la realizamos una vez teniendo el diseño de la pieza ya que es parte del ciclo productivo, ya que implica el diseño fabricación y evaluación del molde que se utilizara para fabricar la pieza.

Debemos analizar la información básica, fundamentalmente la geometría y características de la pieza, para que el proceso completo de inyección y desmoldeo se realicen de manera adecuada y sin errores que retrasen de cualquier manera el ciclo de inyección o que creen deformaciones en la pieza.

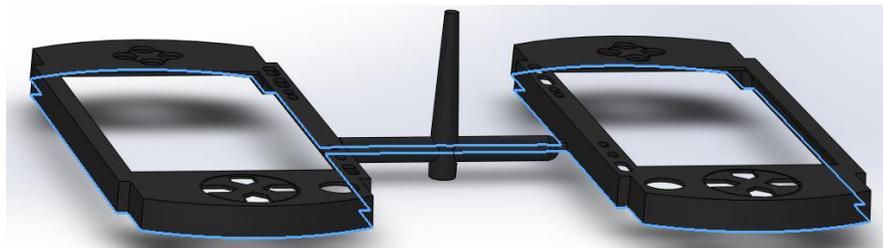
Para dicho proceso debemos definir el tipo que molde usaremos basados en la pieza, el número de cavidades, el tipo de puntos de inyección, posición de la pieza, máquina de inyección y cantidad de placas requeridas.

En este caso se concluye que el molde que cubre con las características requeridas es un molde estándar de dos placas.

### 4.6.1 Línea de partición del molde

La línea de partición define el límite donde se separan el corazón y la cavidad del molde, esta línea divide estas dos partes fundamentales del molde que son las que se encargan en dar la forma a la pieza.

A continuación se presentan un imágenes donde se puede apreciar la línea de separación que tendrá el molde desde la pieza, figura 4.19



**Figura 4.19 Línea de partición.**

#### 4.6.2 Análisis de ángulo de salida

Es fundamental hacer un análisis de los ángulos de salida que presenta la pieza para definir estos ángulos y modificar el desmoldeo según el criterio adecuado de construcción de moldes, esto para que la pieza pueda separarse adecuadamente del molde y no se atasque en el mismo gracias a la contracción que sufre el material al enfriarse la pieza.

En las imágenes siguientes podemos observar que se ha hecho el análisis de ángulos de salida en la pieza, donde modificamos los ángulos de la pieza para un correcto desmoldeo, de esta forma los ángulos de salida positivos (color verde) que dará forma a la cavidad del molde y los ángulos de salida negativos (color rojo) que darán forma al corazón del molde, figura 4.20

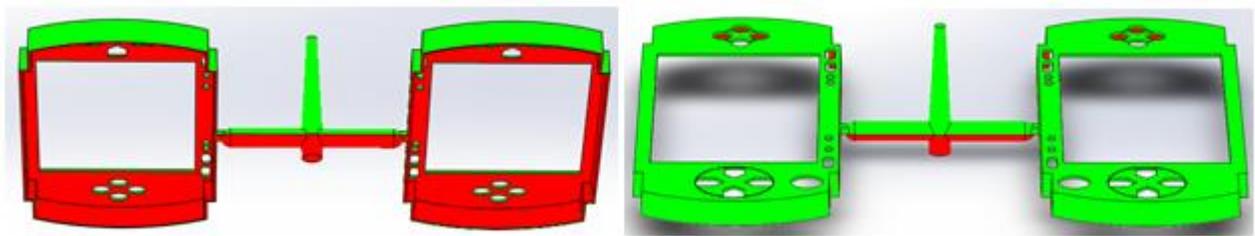


Figura 4.20 Análisis de ángulo de salida.

En el diseño de la pieza en Solidworks debemos definir las superficies desconectadas que son aquellas que el software toma como huecos, como no podemos construir el molde si estas se encuentran indefinidas, debemos crear bucles de contacto para simular que la superficie está completa para así poder definir el núcleo y la cavidad.

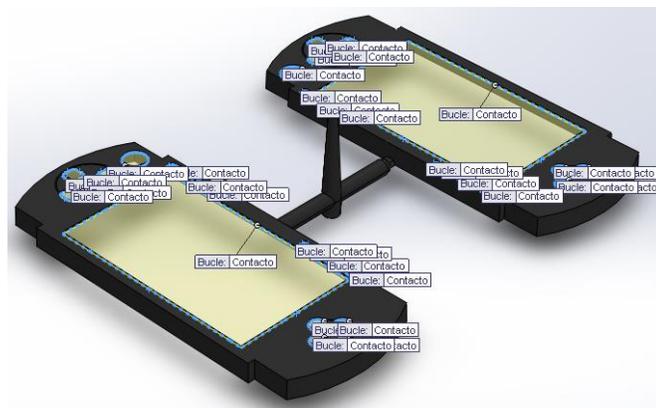
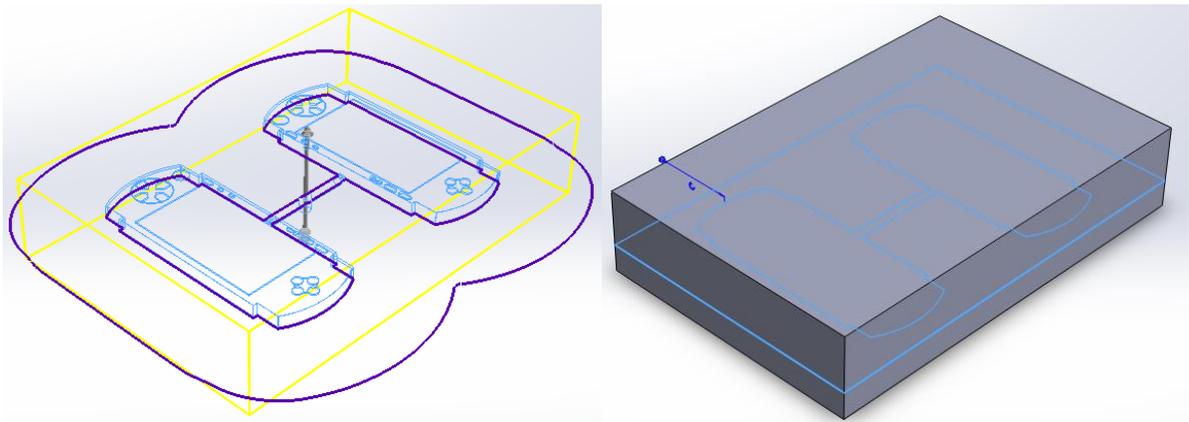


Figura 4.21 Superficies desconectadas.

### 4.6.3 Núcleo y cavidad

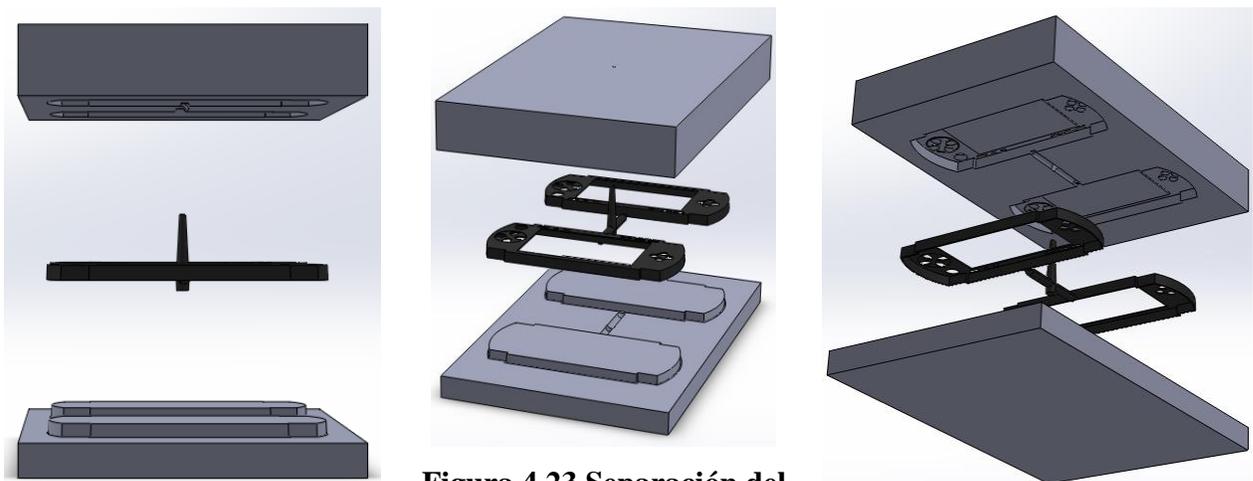
Una vez que hemos definido la línea de partición, hemos colocado los ángulos de salida correctamente y definido las superficies desconectadas podemos crear el núcleo y cavidad de nuestro molde.

En la imagen se muestra como la línea de partición del molde junto con una superficie de separación (color morado) definen en qué punto se separara el molde definiendo así las dos partes de dicho molde.



**Figura 4.22 Definición núcleo y cavidad.**

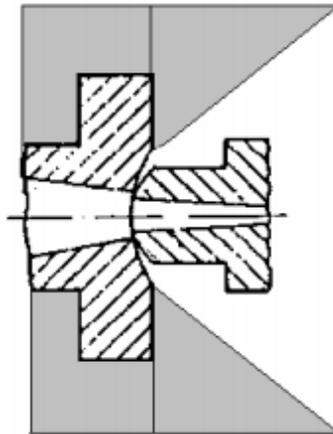
A continuación procedemos con la separación del molde para verificar que se hayan creado adecuadamente el núcleo y cavidad con las condiciones dadas para el diseño de la pieza, figura 4.23



**Figura 4.23 Separación del molde.**

#### 4.6.4 Selección de la boquilla.

Analizando los tipos de boquillas existentes concluimos que la boquilla mas adecuada para nuestro molde es la boquilla redonda ya que nos es util para acomodar la punta esferica del bebedero y facilitar el centrado, debemos recordar que el taladro de la boquilla debe ser 1 o 2 mm menor que el del bebedero ya que esto nos ayudara a evitar retenciones del material.



**Figura 4.24 Boquilla de superficie curvada.**

#### 4.6.5 Salida de aire

Se planea que el aire salga por los claros que tienen el sistema de expulsión y por la línea de partición del molde ya que si no evitamos que se disipe el aire que se encuentra al interior del molde se atrapara en la parte más alta de la cavidad o en las líneas donde se une el flujo lo que ocasionara quemaduras en la superficie.

#### 4.6.6 Sistema de expulsión

Para retirar la pieza del molde debemos elegir y acomodar de una manera adecuada las varillas expulsoras para evitar alguna deformación en la pieza y al mismo tiempo expulsar la pieza adecuadamente sin alteración alguna.

En este caso emplearemos el sistema mecánico con varilla de expulsión, como punto clave debemos considerar que es imprescindible que la pieza se mantenga del lado del punzón para que

pueda ser expulsada por las varillas, esto se logra mediante resaltes o implementando una diferencia de temperaturas.

Utilizaremos la laca de retorno con 8 varillas de cabeza cónica y vástago cilíndrico, con un diámetro de 3 mm para cada carcasa lo que nos da un total de 16 varillas de expulsión colocadas adecuadamente para evitar la deformación de la pieza.

#### 4.6.7 Contracción de la pieza.

Es de suma importancia considerar que los plásticos fundidos al enfriarse se contraen dentro del molde lo que nos lleva a tener piezas con dimensiones menores a las del molde, esto puede derivar en problemas de diseño o de ensamble con otras piezas dependiendo del caso si la geometría de la pieza final es funcional.

Es por esto que debemos tomar en cuenta el porcentaje de contracción de la pieza que moldearemos, ya que los porcentajes de contracción varían dependiendo del material utilizado nos basaremos en la siguiente tabla para sumar dicho porcentaje a las dimensiones del molde y el resultado final sea una pieza con las dimensiones requeridas, figura 4.25

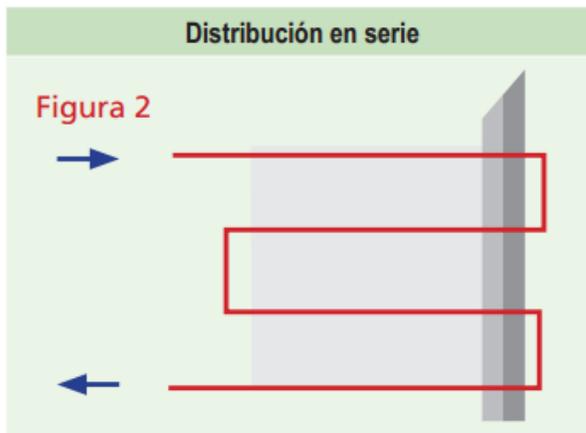
Material	% de contracción
Poliamida 6.	1 - 1.5
Poliamida 6 + fibra de vidrio 0.5	0.5
Poliamida 6.6	1 - 2
Poliamida 6.6 + fibra de vidrio 0.5	0.5
Poliétileno baja densidad.	1.5 - 3
Poliétileno alta densidad.	2 - 3
Poliestileno.	0.5 - 0.6
Estireno - acrilonitrilo.	0.4 - 0.6
Polimetacrilato.	0.3 - 0.6
Material	% de contracción
Policarbonato	0.8
Copolimero de acetato.	2
Cloruro de polivinilo duro.	0.5 - 0.7
Cloruro de polivinilo blando.	1 - 3
Acrinitrilo-butadieno-estireno.	0.4 - 0.6
Polipropileno.	1.2 - 2
Acetato de celulosa.	0.5
Acetobutirato de celulosa.	0.5
Propionato de celulosa.	0.5

Figura 4.25 Contracción en % de materiales plásticos.

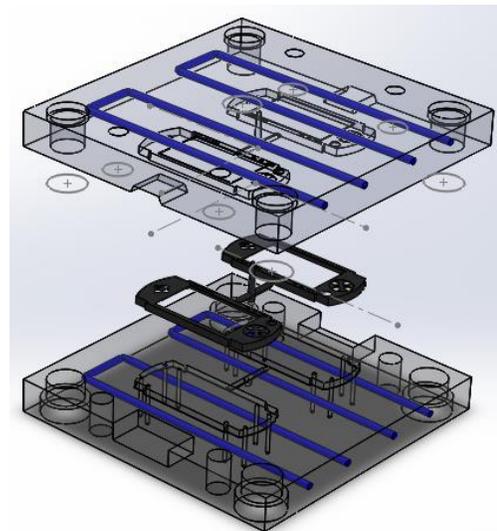
#### 4.6.8 Sistema de refrigeración.

Uno de los aspectos fundamentales en la construcción del molde es el sistema de refrigeración ya que dicho sistema enfriará el molde y por lo tanto la pieza después de la inyección para que pueda ser expulsada del molde a la temperatura adecuada.

Se eligió un sistema de distribución en serie ya que sus ventajas son que tiene un bajo riesgo de obturación, el proceso tiene una elevada seguridad e implica un fácil conexionado.



**Figura 4.26 Distribución en serie.**



**Figura 4.27 Sistema de enfriamiento.**

Después de analizar la pieza en el software Moldflow se concluye que la temperatura del refrigerante que recorrerá los canales del sistema de enfriamiento debe de ser de 25.11 C

El enfriamiento del molde debe ser homogéneo en todos los componentes del molde con el fin de evitar los efectos de las contracciones diferenciales, debemos tener claro que un enfriamiento mal adaptado puede ocasionar un sin número de defectos en la pieza inyectada tales como:

- Deformación: un enfriamiento demasiado intenso puede ocasionar que las paredes de la pieza no sean uniformes.
- Marcas de eyectores: un enfriamiento insuficiente ocasiona que la pieza no esté suficientemente endurecida y quede marcada por los eyectores.
- Burbujas: estas se ocasionan por un enfriamiento desigual lo que ocasionan burbujas de aire dándole un acabado de mala calidad a la pieza.

Existen diferentes medios refrigerantes que deben considerarse dependiendo del material y la temperatura con la que se trabajara generalmente se usa 2 tipos de refrigerantes: agua tratada o aceite diatérmico, en esta ocasión debido a los requerimientos de temperatura del material y del molde utilizaremos agua para enfriar todo el sistema.

En la tabla siguiente podemos apreciar la cantidad de calor que se debe de remover con el sistema de enfriamiento para reducir el tiempo de inyección y de la misma manera optimizar costos y eliminar deformaciones en las piezas.

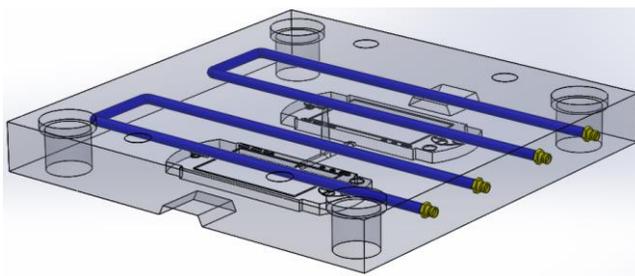
Tabla.1 Valores de contenido de calor para algunos termoplásticos

Material	Temp Fundido (°C)	Tempe Molde (°C)	$\Delta T$	Calor específico Jkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Calor a remover
CA	210	50	160	1700	272
PET	240	60	180	1570	283
PMME	240	60	180	1900	242
PC	300	90	115	3000	345
ABS	240	60	180	1968	364
PS	220	20	200	1970	394
PA 6	250	80	170	3060	520
PA 66	280	80	200	3075	615
LDPE	210	30	180	3180	572
HDPE	240	20	220	3640	801
PP	240	50	190	2790	670

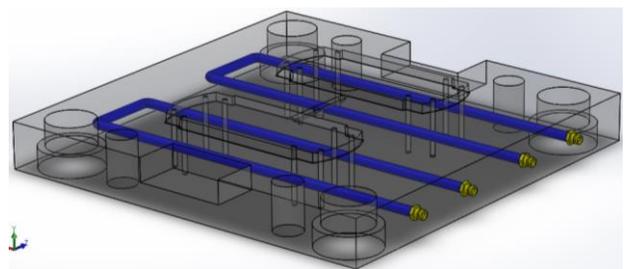
Valores de cantidad de calor a remover por unidad de masa (J/g) para algunos materiales, según temperaturas de procesamiento y del molde típicas para cada material.

**Figura 4.28 Tabla de contenido de calor.**

De acuerdo a los requerimientos de diseño debido al material y a la pieza se determina el uso de 4 canales de enfriamiento en la cavidad y 4 en el corazón, analizando el espesor de la pieza y las necesidades del sistema se determina el uso de 8 canales de 8 mm de diámetro o (.31-.40 in), el centro de los canales del sistema se encuentran a  $1.5-2 (d) = 12-16$  mm respecto a la cavidad y el corazón del molde para un enfriamiento adecuado.



**Figura 4.29 Sistema de enfriamiento (cavidad)**



**Figura 4.30 Sistema de enfriamiento (corazón)**

#### 4.7 Propuesta de molde y sus componentes.

Una vez que hemos definido y analizado todos los aspectos a considerar para la creación de moldes y las piezas seleccionadas para expulsión utilizamos en programa de modelado en 3d para simular todas las piezas requeridas para la inyección así como el sistema de expulsión que se definen a continuación en las siguientes imágenes:

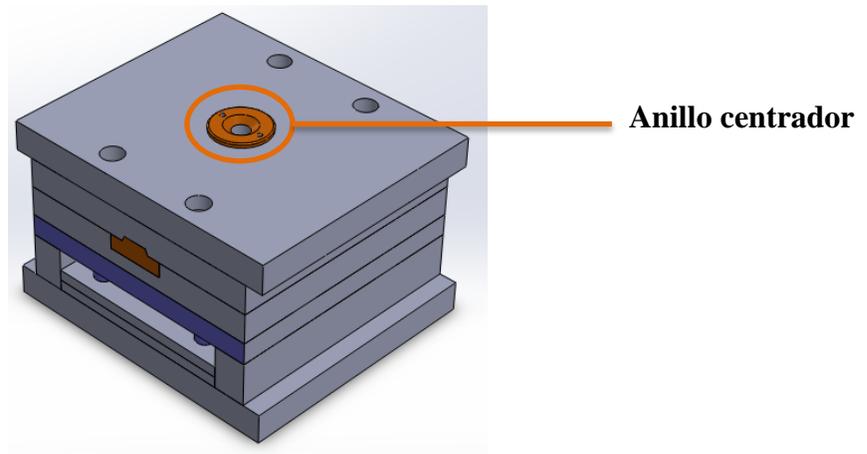


Figura 4.31 Partes molde 1.

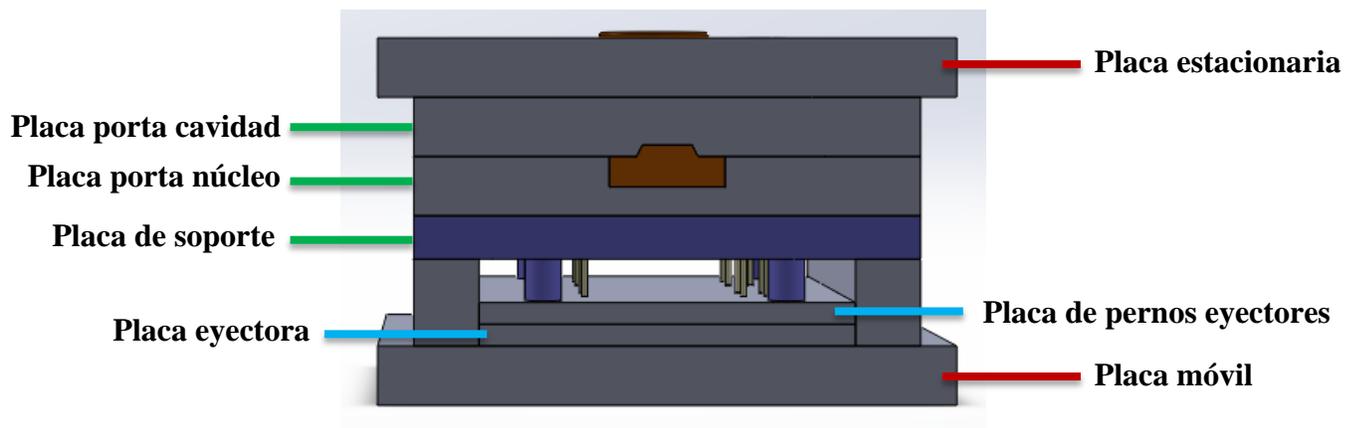
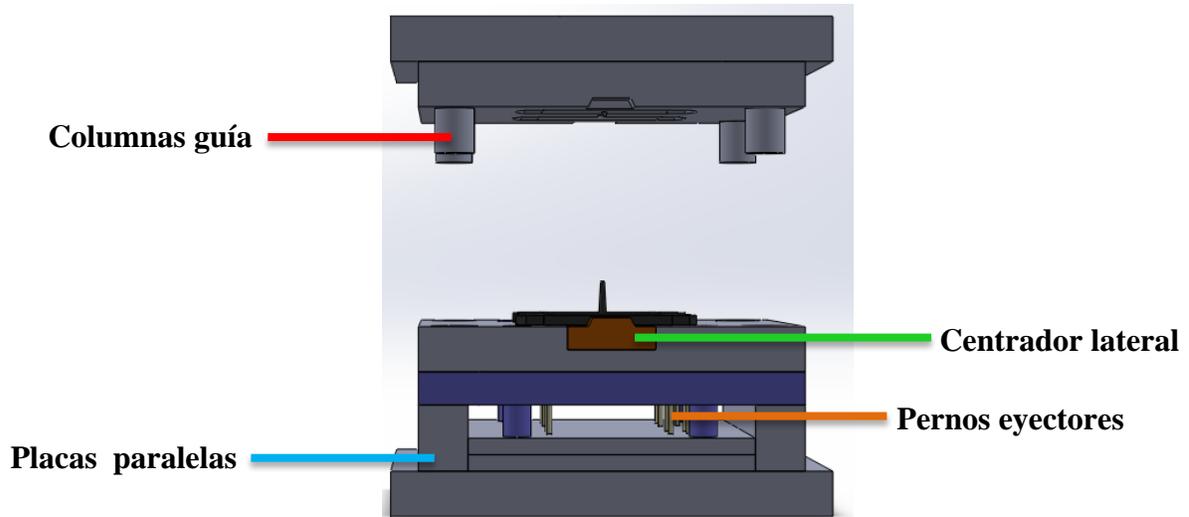
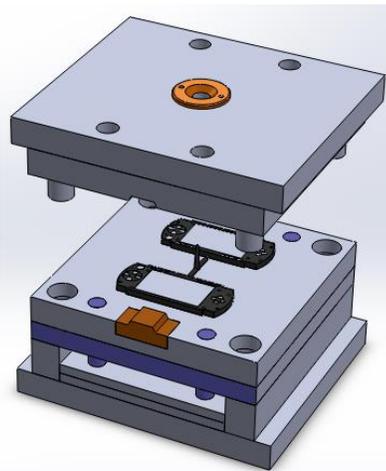


Figura 4.32 Partes molde 2.

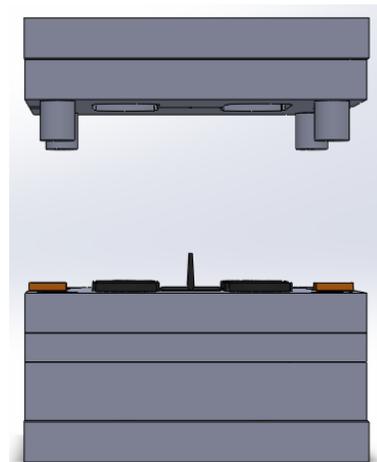
En la siguientes imágenes se separa el molde como lo hara en el proceso de inyección, donde se puede apreciar la línea de separación que definira el nucleo y la cavidad, en las cuales podemos observar y definir partes del mismo que son necesarias en el diseño del molde.



**Figura 4.33 partes molde 3**

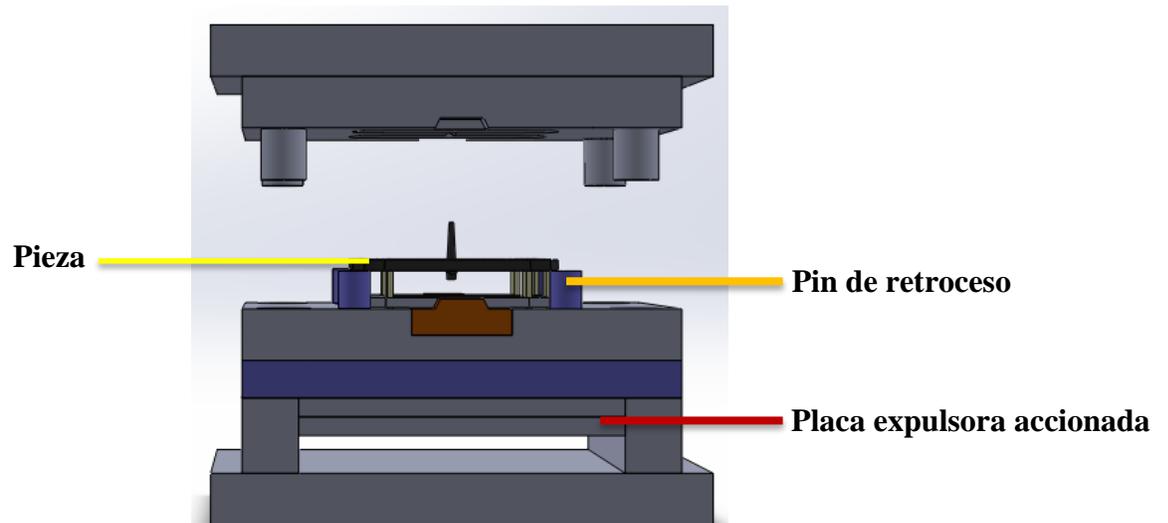


**Figura 4.34 Partes molde 4**



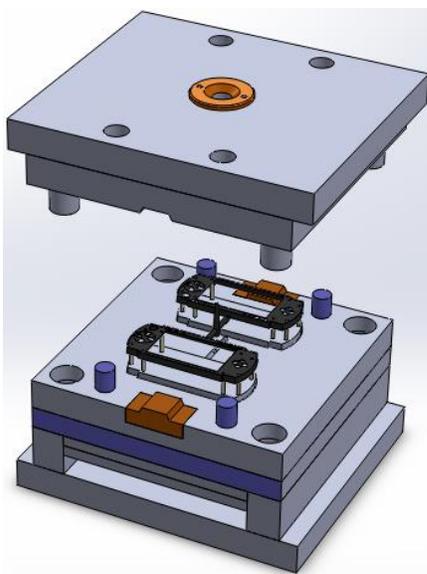
**Figura 4.35 Partes molde 5**

A continuación se simula la acción de expulsión de la pieza en el proceso de inyección en el cual la placa eyectora empuja la placa de pernos eyectores la cual impulsa dichos pernos hacia el frente con la finalidad de expulsar la pieza del molde para concluir el ciclo de inyección e iniciar nuevamente el proceso.

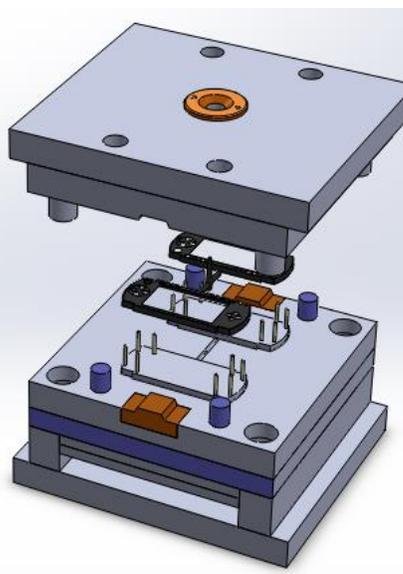


**Figura 4.36 Partes molde 6**

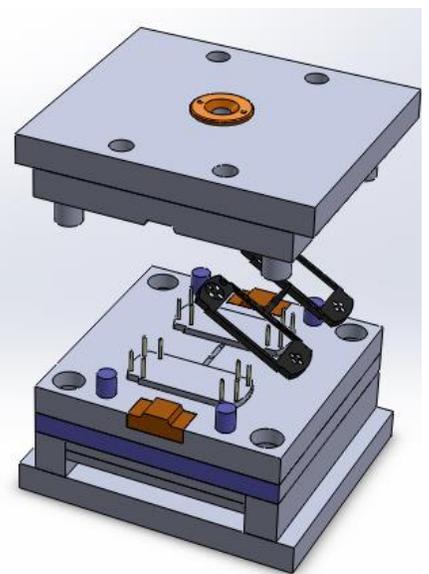
Secuencia de expulsión de la pieza en el proceso de inyección:



**Figura 4.37 Expulsión 1**



**Figura 4.38 Expulsión 2**



**Figura 4.39 Expulsión 3**

## **Conclusión.**

En este proyecto se puede observar la evolución de la industria del plástico a lo largo de la historia, la cual ha creado la necesidad de desarrollar máquinas más precisas y complejas para optimizar la producción de piezas plásticas de todos los tamaños posibles, por esta razón es imprescindible conocer todos los aspectos y procesos necesarios para la producción de dichas piezas plásticas, ya que en este trabajo nos enfocamos específicamente al proceso de inyección de plástico y a la creación de moldes para inyección. Debemos recalcar la importancia de conocer todos los aspectos fundamentales para la creación de dichos moldes ya que al implicar procesos automatizados debemos de reducir los márgenes de error al mínimo y reducir costos de producción, todo esto se puede lograr con un diseño de pieza y de molde adecuado respetando al máximo las especificaciones del cliente y analizando todos los requerimientos necesarios para elegir los materiales más adecuados y escoger los acabados que tendrá el molde para darle a la pieza el aspecto requerido.

También debemos considerar todos los aspectos de producción y de diseño que van ligados a las capacidades de las máquinas, esto nos lleva a entender y definir los límites en cuanto a producción ya que se deben calcular todos los esfuerzos que se generan en la producción de una pieza para identificar la máquina que se utilizará.

Uno de los aspectos fundamentales a considerar es el uso de software que nos permita simular la pieza y analizar un sin número de elementos que nos ayudarán a la creación del molde ya que estos nos ayudan a simplificar el proceso de producción y al mismo tiempo nos ayudan a corregir y detectar errores sin la necesidad de tener pérdidas económicas importantes.

La creación y desarrollo de moldes de inyección es un proceso complejo que requiere un análisis profundo de la o las piezas a desarrollar en el cual debemos definir objetivos y reducir costos y a la vez optimizando el proceso de producción.

## **Bibliografía.**

- Tecnología de polímeros, M. Beltrán y A. Marcilla, edición 2012.
- Fundamentos de manufactura moderna, Mikell P. Groover, Editorial Prentice-Hall, 1997 primera edición.
- Moldes de inyección para plásticos 100 casos prácticos, Hans Gastrow, Editorial Hanser.
- Procesamiento de plásticos: (inyección, moldeo, hule, pvc), DH Morton-Jones, editorial limusa, 1999.
- Moldeo por inyección de termoplásticos, Saúl Sánchez Valdés, Oliverio S., Isaura Yáñez Flores, editorial Limusa, 2003.



Centro Universitario, Enero 09, 2014.

**C. MOISÉS GONZÁLEZ HERNÁNDEZ,**  
 Pasante (s) del área de Ingeniería en Diseño Industrial,  
**PRESENTE .**

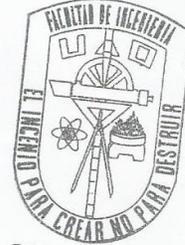
En respuesta a la solicitud que Usted (es) plantea (n) sobre la ASIGNACIÓN de ASESOR, necesario para la elaboración de la TESINA, y requisito para la acreditación del DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PROCESAMIENTOS PLÁSTICOS se le (s) designa al (la) MC. GUILLERMO HIYANE NASHIRO, para desarrollar el tema: "DISEÑO DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE UNA PIEZA PLÁSTICA" por lo que deberá (n) dirigirse al catedrático para ponerse de acuerdo y realizar el trabajo correspondiente tomando en cuenta los lineamientos que para su elaboración otorga el Centro de Educación Continua.

Por lo anterior me permito hacer de su conocimiento que la tesina deberá entregarse debidamente empastada y en disco compacto; aprobada por su asesor y la coordinación del área a más tardar el día 10 de marzo del 2014.

**ATENTAMENTE**

"El ingenio para crear, no para destruir"

M. en I. RUBÉN RAMÍREZ JIMÉNEZ,  
 COORDINADOR



CENTRO DE  
 EDUCACIÓN  
 CONTINUA

FIRMA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR  
 MC. GUILLERMO HIYANE NASHIRO

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ 11 Enero 2014

De enterado



Cp. Archivo.  
 Cpr\*



Centro Universitario, Abril, 2014.

**A QUIEN CORRESPONDA:**

Hago constar que el (os) pasante (s) de la Licenciatura de Diseño Industrial C. MOISÉS GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, aprobó (n) la TESINA del DIPLOMADO DE PROCESAMIENTOS PLÁSTICOS impartido por el Centro de Educación Continua para lo cual presenta (n) el trabajo titulado: "DISEÑO DE UN MOLDE PARA INYECCIÓN DE UNA PIEZA PLÁSTICA"

Aprobada con fines de Titulación.

**MC. GUILLERMO HIYANE NASHIRO**

ASESOR DE TESINA

Académico UAQ # 9216