

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

MOLDE DE INYECCIÓN

DOCUMENTO 2- MEMORIA

Alumno/Alumna: López, Serrano, Alejandro

Director/Directora (1): Lobato, González, Roberto

Curso: 2017-2018

Fecha: Bilbao, 23/07/2018

2 Memoria

2.1 Introducción.....	6
2.2 Objeto del proyecto.....	6
2.3 Alcance del proyecto.....	7
2.4 Antecedentes.....	8
2.4.1 Moldeo por inyección	8
2.4.2 Procesos de inyección	12
2.4.3 Etapas del proceso de inyección	13
2.4.3.1 Unidad de cierre	14
2.4.3.2 Alimentación	14
2.4.3.3 Plastificación	15
2.4.3.4 Inyección.....	16
2.4.3.5 Apertura del molde y expulsión de la pieza	18
2.4.3.6 Enfriamiento	19
2.4.4 Identificación de las variables más importantes	19
2.4.4.1 Temperatura de inyección	20
2.4.4.2 Temperatura del molde.....	20
2.4.4.3 Distancia de carga.....	21
2.4.4.4 Tiempo de inyección.....	21
2.4.4.5 Tiempo de mantenimiento.....	21
2.4.4.6 Tiempo de enfriamiento	22
2.4.4.7 Tiempo de plastificación.....	22
2.4.4.8 Tiempos de movimiento	22
2.4.4.9 Tiempos de ciclo.....	23
2.4.4.10 Primera presión o presión de inyección.....	24
2.4.4.11 Segunda presión o presión de mantenimiento.....	24
2.4.4.12 Compresión.....	24
2.4.5 Defectos de piezas moldeadas por inyección	25
2.4.5.1 Análisis de error	25
2.4.5.2 Defectos de los moldes	25
2.4.6 Defectos más comunes	26

2.4.6.1 Rechupes.....	27
2.4.6.2 Rebaba	28
2.4.6.3 Marcas hundidas y huecos	28
2.4.6.4 Líneas de soldadura	29
2.4.6.5 Zona mate cerca del punto de colada	29
2.4.6.6 Estrías	30
2.4.6.7 Ráfagas	30
2.4.6.8 Pulido no uniforme.....	31
2.4.6.9 Líneas de flujo.....	32
2.4.6.10 Efecto “Jetting”	33
2.4.6.11 Efecto “Diésel”	34
2.4.6.12 Delaminación en capas	35
2.4.6.13 Efecto “Stick-Slip”	35
2.4.6.14 Grietas o macrogrietas	36
2.4.6.15 Grietas de tensiones	36
2.4.6.16 Falta de llenado completo de la pieza.....	37
2.4.6.17 Marcas de expulsor o de expulsión.....	37
2.4.6.18 Deformación por expulsión	37
2.4.6.19 Deformación o albeo	38
2.4.6.20 Material frío	39
2.4.6.21 Líneas de flujo frías	39
2.4.6.22 Aire atrapado, huecos y burbujas.....	40
2.4.6.23 Manchas negras.....	40
2.4.6.24 Gránulos de materia prima no fundida.....	41
2.4.6.25 Compactación excesiva.....	41
2.5 Normas y referencias	42
2.5.1 Bibliografía.....	42
2.5.2 Normas.....	43
2.5.3 Programas de cálculo.....	43
2.6 Análisis de soluciones	44
2.6.1 Proceso de diseño.....	44
2.6.1.1 Base del molde	45

2.6.1.2 Sistema de distribución.....	46
2.6.1.3 Sistema de refrigeración.....	47
2.6.1.4 Anillo centrador.....	48
2.6.1.5 Expulsores.....	48
2.6.1.6 Tornillos.....	49
2.6.1.7 Conectores	49
2.6.1.8 Tapón	50
2.6.2 Materiales utilizados.....	50
2.6.2.1 Materiales para la construcción de moldes	50
2.6.2.2 Materiales plásticos	53
2.6.3 Máquina de inyección.....	56

2.1 Introducción

Hoy en día existen múltiples métodos para la fabricación de las muchas piezas de plástico que hay en el mercado. Los diferentes tipos de procesos, vienen condicionados por la geometría, el tipo de plástico, las diferentes propiedades resistivas de la pieza, etc... Todas esas características, limitan la fabricación de estas piezas a determinados métodos: por extrusión, moldeo por inyección, moldeo al vacío, por soplado, etc.

Para este proyecto, se ha elegido el moldeo por inyección y se va a desarrollar el diseño de la pieza y el del molde para poder proceder a su fabricación.

2.2 Objeto del proyecto

El objetivo de este proyecto es el diseño y creación de un molde para una pieza determinada que se fabricará mediante la inyección en plástico. Se estudiarán las diferentes fases y procesos necesarios para el desarrollo y la fabricación del molde, tal y como son necesarios en este tipo de industrias. Se tendrán en cuenta los procesos necesarios para la elaboración de este proyecto, desde el diseño de los planos, así como la compra de los materiales necesarios, hasta llegar a la fabricación del molde.

Para diseñar la pieza, se ha utilizado un programa de diseño por ordenador CAD/CAM/CAE denominado SIEMENS PLM Software NX versión 10.

El diseño de la pieza de plástico, se realizará partiendo de una pieza similar y una vez definida, se comenzará con el diseño del molde.

El diseño del molde, así como del resto de sus componentes, se adaptará a los normalizados para los moldes de inyección de plásticos. La elección de los materiales y de las geometrías se hará en base a lo obtenido de los catálogos de la empresa DME, que también dispone de base de datos el programa anteriormente mencionado.

La pieza de plástico diseñada se trata de la parte superior de una aspiradora estándar. Para la realización del diseño, mediante un catálogo de una empresa de moldeo, se ha basado en su geometría para la realización del estudio, con unas medidas estándar de una aspiradora común.

Esta es la pieza que se fabricará en este proyecto.

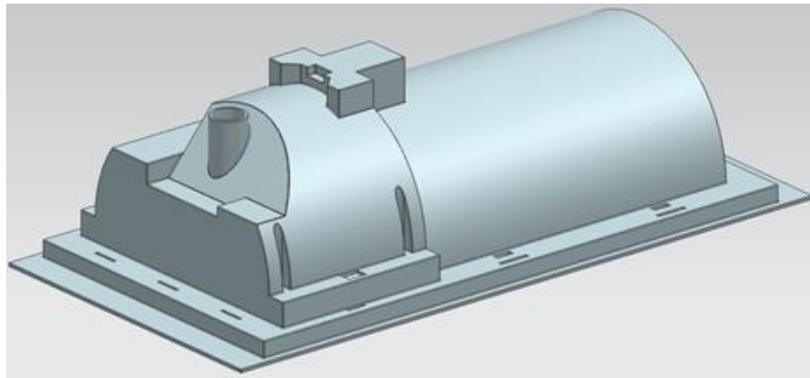


Figura 1 Vista isométrica de la pieza

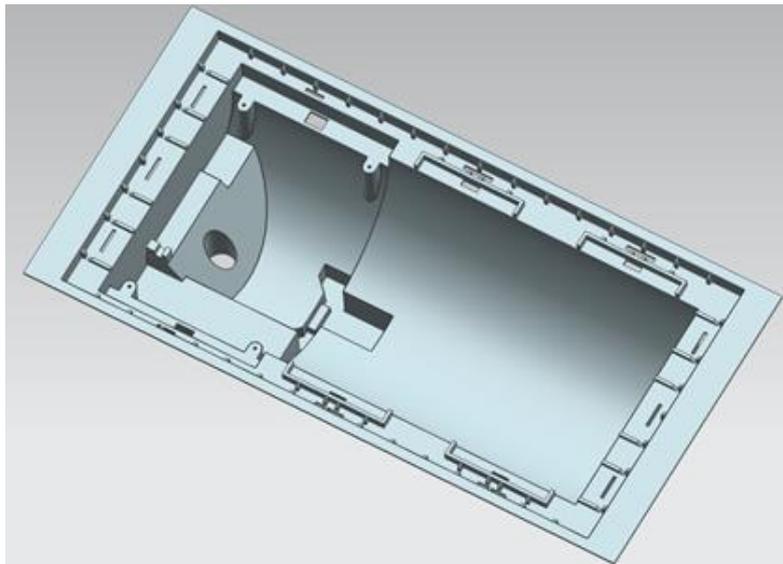


Figura 2 Vista inferior de la pieza

2.3 Alcance del proyecto

El proceso de diseño y fabricación constará de 2 partes:

Una vez terminado el diseño de la pieza, se procederá a la verificación y análisis mediante software de simulación de llenado y refrigeración de la pieza. Para ello, se ha utilizado el programa de Autodesk Simulation Moldflow Adviser versión 2017. Este programa, mediante

la utilización del método de cálculo de elementos finitos, es capaz de calcular los tiempos de llenado de la pieza, fuerza de cierre necesaria del molde, calidad de la pieza, temperatura en el frente de flujo, etc, además de advertir de posibles errores producidos durante el proceso, tales como atrapamientos de aire, líneas de soldadura y fallos de llenado entre otros. Con estos datos se puede saber dónde pueden estar los puntos óptimos o como realizar el diseño de los canales y circuitos de refrigeración para obtener un llenado en las mejores condiciones posibles. Con esto realizado se puede saber la calidad de llenado de la pieza, tiempos de llenado o la refrigeración del plástico entre otros.

Una vez comprobada la viabilidad del diseño y optimizarlo en todo lo necesario, se procederá al diseño del molde, basándose en todos los datos anteriores. Se procederá al diseño de los canales de refrigeración y se definirán las piezas no comerciales como son el núcleo y la cavidad del molde.

Con el programa SIEMENS PLM Software NX se procederá a su verificación.

2.4 Antecedentes

2.4.1 Moldeo por inyección

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semi-continuo que consiste en inyectar un polímero o material cerámico en estado fundido en un molde cerrado a presión, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semi-cristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

Los polímeros han logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido.

Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos susceptibles de ser reciclados son depositados en el ambiente, causando daños al medio ambiente. La popularidad de este método se explica con la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de fabricación, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy

complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, color y transparencia u opacidad, buena tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin insertos y con diferentes colores.

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.

Las máquinas de inyección de plástico derivan de las máquinas de fundición a presión para metales. La primera máquina de inyección se construyó en Alemania y era una máquina para la producción de piezas de materiales termoplásticos.

El moldeo por inyección de termoplásticos es el procedimiento que ha experimentado un desarrollo mayor dentro de la industria de moldeo; continuamente aparecen nuevos materiales; estos materiales puros o modificados amplían enormemente la posibilidad de lanzar al mercado nuevos productos plásticos. Paralelamente al progreso de los materiales han surgido nuevas máquinas de moldeo, que permiten una variedad más amplia de piezas que se pueden crear mediante inyección y que necesitan de menos trabajo posterior al moldeo para estar listas para su utilización lo que acelera de forma considerable la producción de piezas lo que abarata el precio.

Algunos de los equipos de inyección empleados más frecuentemente en la actualidad son los siguientes:

- En las primeras máquinas empleadas, la fase de fusión se realizaba en una cámara cilíndrica de calefacción. En estas máquinas el material, en forma de gránulos o granza, entra en el cilindro de calefacción a través de la tolva de alimentación situada en la parte posterior del cilindro. El material se calienta y funde en el cilindro de calefacción al mismo tiempo que circula hacia la parte anterior de éste, empujado en veces sucesivas por las emboladas de un pistón que se mueve ajustadamente en el cilindro de calefacción. Este émbolo actúa de pistón de inyección y obliga al material fundido a pasar desde el cilindro de calefacción a las cavidades del molde, realizando así la segunda fase del proceso. Por tanto, en estas máquinas, tanto la inyección como la fusión se realizan en un único cilindro diseñado para cumplir estos dos fines.

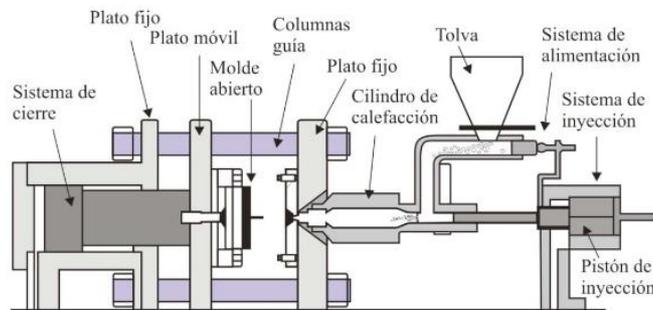


Figura 3 Inyección con pistón

- Las máquinas con pistón fueron paulatinamente sustituidas por las máquinas de inyección con pre-plastificación. En estas máquinas las etapas de fusión y plastificación son independientes, de modo que el diseño de cada una de las zonas de la máquina resulta más adecuado. La idea de la pre-plastificación consiste en calentar el material en una cámara o cilindro de calefacción y transferir el material ya caliente (al que nos referiremos como material plastificado) desde esta cámara al cilindro de inyección. Generalmente se distinguen dos tipos de máquinas con pre-plastificación: de pistón y de husillo. Además, pueden ser en paralelo o en ángulo según sea la disposición relativa de los cilindros de plastificación e inyección. En las máquinas de pre-plastificación el material plastificado se transfiere al cilindro de inyección cuando éste se encuentra vacío. Durante la inyección del material en el molde el propio émbolo de inyección actúa como válvula de cierre del cilindro de plastificación. Las máquinas con esta disposición tienen el inconveniente de que es preciso disponer de dos estructuras diferentes para soportar los esfuerzos originados en cada cámara.

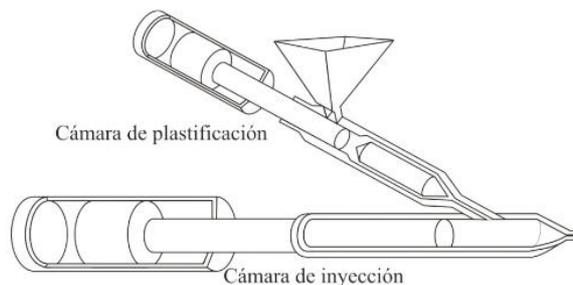


Figura 4 Inyección con pre-plastificación

- Las máquinas de husillo proporcionan un calentamiento uniforme del material así como un mezclado homogéneo. En estas máquinas la inyección del material se realiza desde la cámara de plastificación, que está provista de un husillo similar al de las máquinas de extrusión. El calentamiento del material se produce por tanto de forma similar a como ocurre en las máquinas de extrusión: la rotación del tornillo transforma parte de la energía mecánica en calor por fricción, y además las paredes calientes del cilindro contribuyen a aumentar la temperatura por conducción. La eficiencia en la transmisión

de calor de estas máquinas resulta muy elevada frente a las máquinas con pistón. Sin embargo, aquí a diferencia de lo que ocurre en las máquinas de extrusión, el tornillo además se mueve axialmente para realizar la inyección. El funcionamiento de estas máquinas en cuanto al transporte de sólidos, plastificación y transporte del fundido es análogo a lo que se estudió en el proceso de extrusión. En la actualidad son, con diferencia, las más utilizadas, por lo que a partir de ahora nos referiremos a ellas como “máquinas convencionales”.

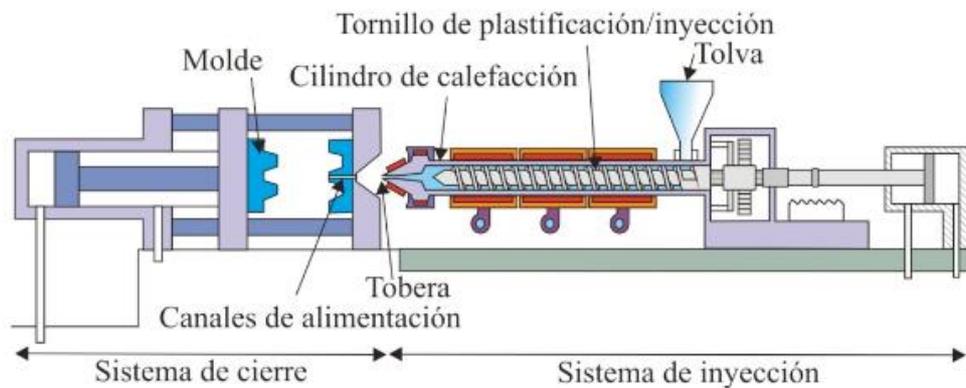


Figura 5 Inyección con usillo

En la mayor parte de los casos, las máquinas de inyección de tornillo alternativo, han desplazado a las primitivas prensas de pistón; esto ha dado lugar a un mayor crecimiento del moldeo por inyección y a aumentar el empleo de productos plásticos.

Existen prensas con movimiento horizontal o vertical. Las prensas con movimiento vertical son particularmente adecuadas en aquellos tipos de moldeo en que se utilizan inserciones o núcleos desmontables. La mitad móvil de la prensa contiene sistemas de expulsión o extracción para las operaciones del molde utilizadas con más frecuencia.

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. En este último, se fabrica una cavidad cuya forma es idéntica a la de la pieza que se desea obtener y para su tamaño se aplica un factor de contracción el cual se agrega en las medidas de la cavidad para que al enfriarse la pieza moldeada se logren las dimensiones deseadas. La cavidad se llena con plástico fundido, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.

2.4.2 Procesos de inyección

La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas.

- 1) Las temperaturas de procesamiento del polímero.
- 2) La capacidad calorífica del polímero
- 3) El calor latente de fusión, si el polímero es semicristalino.

El proceso de fusión necesita de un aumento de la temperatura del polímero, que resulta del calentamiento y la fricción de este con la cámara y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros no son buenos conductores de calor. Un incremento en temperatura disminuye la viscosidad del polímero fundido; lo mismo sucede al incrementar la velocidad de corte. Por ello ambos parámetros deben ser ajustados durante el proceso. Existen, además, cámaras y husillos fabricados con diferentes aleaciones de metales, para cada polímero, con el fin de evitar el desgaste, la corrosión o la degradación. Con algunas excepciones, la mayoría de los plásticos pueden utilizarse en las mismas máquinas.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo la cámara calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad del canal del husillo disminuye de forma gradual (o drástica, en aplicaciones especiales) desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. De esta manera, la presión en la cámara aumenta gradualmente. El esfuerzo mecánico, de corte y la compresión añaden calor al sistema y funden el polímero más eficientemente que si hubiera únicamente calentamiento, siendo ésta la razón fundamental por la cual se utiliza un husillo y no una autoclave para obtener el fundido.

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es que durante la dosificación el husillo retrocede transportando el material hacia la parte anterior de la cámara. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado. Esta cámara actúa como la de un pistón; el husillo entonces, se comporta como el émbolo que empuja el material. Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PvT (Presión, volumen, temperatura), que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundirse.

Las características más importantes del proceso de inyección son las siguientes:

- La pieza se obtiene en una sola etapa.
- Se necesita poco o ningún trabajo final sobre la pieza obtenida.
- El proceso es totalmente automatizable.
- Las condiciones de fabricación son fácilmente reproducibles.
- Las piezas acabadas son de una gran calidad.

Para el caso de la inyección de plásticos, se han de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- Dimensiones de la pieza. Tendrán que ser reproducibles y de acuerdo a unos valores determinados, lo que implicará minimizar las contracciones de la misma.
- Propiedades mecánicas. La pieza deberá resistir las condiciones de uso a las que esté destinada durante un tiempo de vida largo.
- Peso de la pieza. Es de gran importancia, sobre todo, porque está relacionada con las propiedades de ella.
- Tiempo de ciclo. Para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza.
- Consumo energético. Una disminución del consumo energético implicará un menor coste de producción.

2.4.3 Etapas del proceso de inyección

El proceso de obtención de una pieza de plástico por inyección, sigue un orden de operaciones que se repite para cada una de las piezas. Este orden, conocido como ciclo de inyección, se puede dividir en las siguientes etapas:

- 1) Cierre del molde.
- 2) Alimentación.
- 3) Plastificación o dosificación.
- 4) Inyección.
 - a) Fase de llenado.
 - b) Fase de mantenimiento.
- 5) Apertura del molde y expulsión de la pieza.
- 6) Enfriamiento de la pieza.

2.4.3.1 Unidad de cierre

La unidad de cierre del molde es el componente de la máquina que sostiene el molde, efectúa el cierre y la apertura, genera la fuerza para mantenerlo cerrado durante la fase de inyección y cuando el molde es abierto, expulsa la pieza moldeada.

Si la fuerza de cierre es insuficiente el molde tenderá a abrirse y el material escapará por la unión del molde. Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza.

$$F = P_m * A_p$$

Donde:

- F = Fuerza de cierre (N).
- P_m = Presión media (Pa).
- A_p = Área proyectada (m²).

2.4.3.2 Alimentación

La alimentación de material se llevará a cabo mediante una tolva de alimentación. Consiste en una especie de embudo y estará destinado a admitir el material en estado sólido que generalmente se recibirá en formas de grano y que permitirá la continua alimentación del molde cuando se vayan realizando sucesivas inyecciones.

Como el material, al haber sufrido mezclas previas, secados, transportes etc. Posee carga electrostática que implica que puedan atraer suciedades presentes en la fábrica tales como ceniza de cigarrillo o polvo en suspensión, algo que nos puede afectar a la calidad de nuestras piezas moldeadas.

Para ello la tolva de alimentación estará tapada en todo momento de manera que el material no se contamine. Se destapará únicamente en el momento en que el operario deba proceder a rellenar la tolva del material destinado a la inyección.

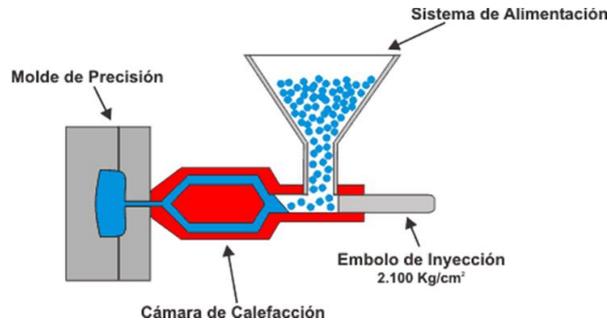


Figura 6 Sistema de alimentación

2.4.3.3 Plastificación

En la plastificación el material pasará del estado sólido en el que se encontraba en la fase de alimentación a estado plástico con la cual se procederá a inyectar el polímero dentro del molde.

La plastificación se obtendrá mediante 4 elementos:

Sistema de calefacción: Estará compuesto por múltiples bandas calefactoras también llamadas resistencias de manera independiente entre ellas de manera que a medida que vaya trasegando el material podremos ir variando la temperatura de cada una de las bandas llegando al final del cilindro en sus condiciones óptimas de inyección.

Husillo: El funcionamiento de este elemento, estará destinado a, debido a la mala conductividad térmica de los plásticos, a transformar la energía mecánica de rotación de su eje, al friccionar con el plástico, en energía de calor y con ello irá permitiendo la plastificación de dicho material. Será el elemento principal de plastificación de la unidad de inyección al friccionar con el material plástico que permitirá además gracias a la forma de su espira en forma de hélice, que el giro de éste, permita ir avanzando el material. Este elemento permitirá además homogeneizar la mezcla plastificada al producirse su avance obteniendo así una mezcla óptima en su punto de inyección.

Cilindro: Consiste en un tubo de acero que permite el alojamiento del husillo y de las bandas calefactores por su parte exterior de manera que consistirá el armazón dentro del cual se ensamblarán las diferentes piezas necesarias para la plastificación. Será la base del montaje de la unidad inyectora y soportará las fuerzas generadas al aplicarse la presión de inyección en el husillo.

Boquilla de inyección: Será el elemento que conectará la zona de plastificación con el bebedero donde comenzará a producirse la colada. Esta podrá ser abierta en el que no se obstaculiza la salida de material, o podrá ser también de válvula en el que se evita que se puedan producir solidificaciones que puedan provocar obstaculizaciones al paso de material al producirse solidificaciones. Este elemento, es decir la utilización de la válvula, se utilizará generalmente en materiales de baja viscosidad que puedan producir goteos con los efectos antes mencionados La homogeneidad del material es el factor más importante de la plastificación de manera que solo se podrán obtener piezas buenas a partir de una masa de inyección bien plastificada es por esto que tendrá gran importancia la correcta regulación de las temperaturas, presiones y velocidades de inyección.

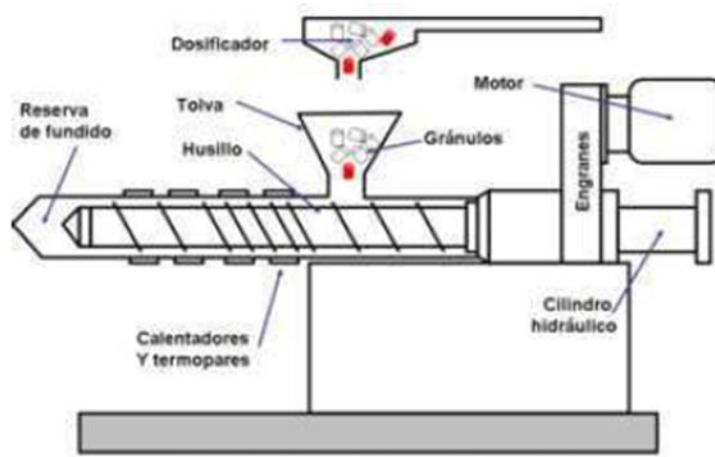


Figura 7 Proceso de plastificación

2.4.3.4 Inyección

El proceso de inyección será el proceso crucial en la fabricación de las piezas ya que en este se procederá a insertar en la oquedad el plástico fundido, previamente de manera que deberán ser controlados una multitud de parámetros tales como las revoluciones del husillo, el material a inyectar, el tamaño del husillo, la compresión, la temperatura del cilindro, la duración del ciclo, la velocidad de inyección etc. Estos valores serán interdependientes entre sí de manera que para poder realizar un correcto graduado de la máquina se deberá recurrir de forma empírica comenzando por valores tabulados. Pasaremos a explicar los parámetros fundamentales como serán las temperaturas, velocidades y presiones que aparecen a lo largo de la inyección y el graduado necesario para conseguir una correcta inyección.

2.4.3.4.1 Diagrama termodinámico del proceso de inyección

Durante el ciclo de inyección el material se ve sometido a una serie de cambios termodinámicos, es decir, se ve sometido a unas variaciones de presión, temperatura y volumen mientras dura el ciclo. A continuación, se describirá el proceso de inyección apoyándose en el diagrama P, v, T. Este diagrama es característico de cada material, se obtiene mediante ensayos realizados en el laboratorio y relaciona las variables siguientes:

- Presión que actúa sobre el material polímero (P).
- Volumen específico del material (v) que es igual a la inversa de la densidad del material. Los polímeros a temperaturas altas y presiones elevadas experimentan variaciones de volumen debido su compresibilidad.
- Temperatura a la que se ve sometido el material a lo largo del ciclo (T).

A continuación, se muestra un diagrama P, v, T:

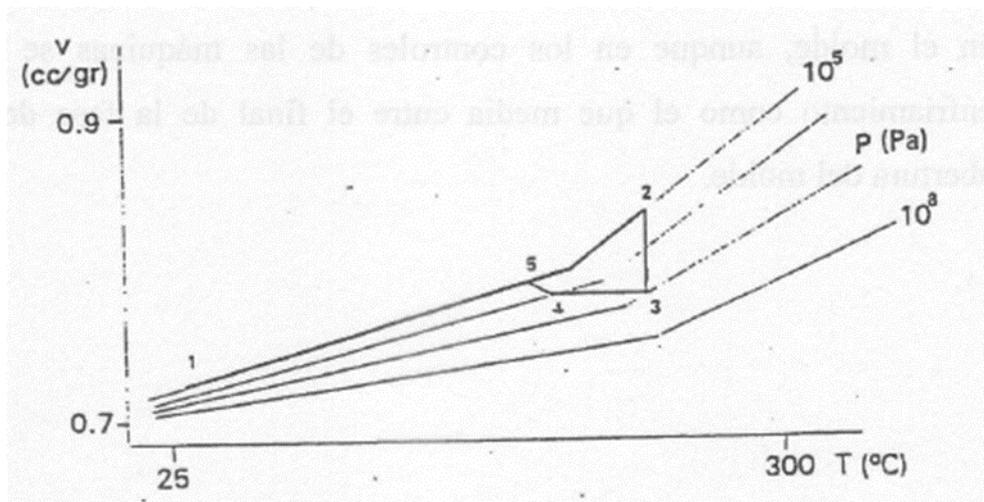


Figura 8 Diagrama P, v, T

Estudiaremos la transición de cada una de las fases en las que se desarrolla la pieza obtener desde el punto inicial que será su llegada a la tolva.

- **Recorrido 1-2**

Corresponde a la fase de dosificación y plastificación. En la posición 1 el material se encuentra en la tolva de alimentación a temperatura ambiente y presión atmosférica, es decir, en estado sólido. En la posición 2 el material se encuentra fundido en la zona delantera del husillo como parte integrante de una dosis y a la temperatura de inyección. El proceso 1-2 aparece como isobaro, es decir, tiene lugar sin variar la presión, aunque en realidad no lo es ya que hay un pequeño incremento de presión.

- **Recorrido 2-3**

Corresponde a la fase de inyección (llenado más presurización) también denominada 1ª fase de inyección. Es un proceso de compresión que idealmente se puede considerar isoterma, aunque realmente se produzca una pequeña variación de temperatura.

- **Recorrido 3-4**

Corresponde a la fase de mantenimiento también llamada 2ª fase de inyección. Se introducirá más material para que no se pierda volumen al enfriarse. Es un proceso isócoro (a volumen constante).

- **Recorrido 4-5**

Corresponde a la fase de enfriamiento. Se produce a presión variable decreciente.

- **Contracción**

El molde alojará en su interior la masa fluida de plástico que al enfriarse se solidificará, de modo que la pieza ya podrá ser desmoldeada. En este proceso de enfriamiento el material ha visto reducido su tamaño, de modo que hay que tener presente el factor de contracción del material.

2.4.3.5 Apertura del molde y expulsión de la pieza

Cuando se considera que el material de la pieza ha alcanzado la temperatura denominada de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección.

Este proceso lo realizan los expulsores del molde, que deben ser capaces de soportar la fuerza de compresión a la que están sometidos y soportar adecuadamente el pandeo.

2.4.3.6 Enfriamiento

Esta fase comienza simultáneamente con la de llenado (inyección), dado que el material empieza a enfriarse tan pronto como toca la pared del molde. Finaliza cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su extracción. De esta forma, esta fase del ciclo se solapa con las anteriores. En ocasiones es necesario esperar un tiempo, entre la etapa de plastificación y la de apertura de molde, para que se produzca el enfriamiento requerido de la pieza. El objetivo de ello es conseguir una consistencia tal, que impida su deformación al ser expulsada. Las variables que más afecta en esta fase es la temperatura de molde.

La fase de mantenimiento termina cuando solidifica el bebedero o el punto de inyección. A partir de entonces ya no entra más material en la cavidad. Durante las fases de llenado y mantenimiento, el material dentro de la cavidad ya ha comenzado a solidificar contra la pared del molde que está más fría. Las capas más externas solidifican antes. El tiempo de enfriamiento empieza con la inyección.

El enfriamiento es más lento hacia el centro de la pieza ya que los plásticos son poco conductores del calor. El calor cedido por la solidificación se disipa a través de las capas externas de las paredes del molde. El tiempo de enfriamiento depende del tipo de pieza que se enfría dentro del molde. No es necesario esperar que toda la pieza enfríe hasta la temperatura del mismo, sino que es suficiente que estén frías las regiones externas de la pieza, para poder extraerla en condiciones estables. Con ello se consigue optimizar el tiempo de producción y así poder realizar el siguiente ciclo.

Durante la fase de enfriamiento se prepara el material en la unidad de plastificación, para la próxima inyección.

2.4.4 Identificación de las variables más importantes

Existen numerosas variables que pueden afectar al proceso de inyección de forma directa o indirecta. Para determinar cuáles son las mejores condiciones de operación, desde el punto de vista de productividad y calidad, es importante conocer muy bien el proceso y saber cuáles de estas variables tienen más efecto sobre estos dos aspectos.

A partir de los conocimientos que se tienen sobre el proceso de inyección, se puede hacer una clasificación de las variables que influyen, de forma más significativa, en la productividad del proceso y en la calidad de la pieza. De mayor a menor importancia, según

pertenezcan a una de estas cuatro categorías: temperaturas, distancias, tiempos y presiones. Es importante mencionar la interdependencia existente entre estas cuatro categorías de variables, de modo que cada una depende de las demás. El cambio de cualquiera de ellas afectará a las otras.

2.4.4.1 Temperatura de inyección

La temperatura de inyección es importante, ya que los materiales poliméricos requieren alcanzar cierto valor de temperatura, para obtener condiciones idóneas de viscosidad y fluidez para poder inyectarlo. Todo ello contrasta con que esta temperatura debe ser lo suficientemente baja, como para que no se aceleren los procesos fisicoquímicos que conduzcan a la degradación del material.

La temperatura utilizada para inyectar, afectará la calidad de la pieza porque influirá en el grado de contracción de la misma. Así, a mayor temperatura de inyección, mayor será el cambio volumétrico entre el plástico fundido y sólido; por tanto, existirá una mayor contracción. A pesar de ello, utilizar una temperatura de inyección mayor, supondrá que la viscosidad del material sea menor; permitirá entonces una mejor compactación, en el interior de la cavidad del molde, con lo que la contracción disminuirá. El grado de contracción final dependerá del equilibrio entre estos dos factores.

2.4.4.2 Temperatura del molde

La temperatura del molde es muy importante en el proceso de inyección, ya que afecta de forma directa a la calidad de la pieza inyectada. El objetivo del enfriamiento del molde es extraer calor de la cavidad, a fin de disminuir la temperatura hasta la solidificación del material plástico, de forma que este enfriamiento se produzca homogéneamente en toda la pieza.

El enfriamiento se consigue haciendo pasar por los conductos de refrigeración del molde agua o aceite. Gracias a este flujo de líquido y a la excelente conductividad del metal que forma el molde, se produce el intercambio de calor y se logra la disminución de la temperatura de la pieza moldeada.

La temperatura del molde afecta directamente al tiempo de ciclo, la contracción, el alabeo, el acabado o brillo superficial y la cristalinidad.

Cuando la temperatura del molde sea alta, se obtendrá una pieza con más brillo y cristalinidad. Por el contrario, un enfriamiento rápido tendrá como consecuencia la formación de una capa exterior amorfa y acortará, significativamente, el tiempo de ciclo.

2.4.4.3 Distancia de carga

La inyección de material plástico en el interior del molde se realiza en dos etapas: la inyección del material en la fase de llenado y la aplicación de la presión de mantenimiento en la fase de mantenimiento. La distancia de carga en el cilindro debe ser suficiente, para que se pueda llenar aproximadamente el 90-99 % del molde, durante la fase de inyección.

2.4.4.4 Tiempo de inyección

El tiempo de inyección se relaciona con la velocidad de inyección de manera inversa. Así, tiempos de inyección pequeños implican velocidades muy elevadas. Además, la velocidad de inyección también está relacionada directamente con la presión de inyección. A velocidades muy altas la presión de inyección crece muy rápidamente, a causa de la resistencia al flujo en la boquilla y en la entrada de la cavidad. Con velocidades menores, en cambio, el plástico se va solidificando a medida que se inyecta el material; aumentando la viscosidad y disminuyendo la sección de paso. En las máquinas hidráulicas la velocidad de inyección, o el tiempo de inyección, se controla mediante el caudal de aceite. De esta forma, el husillo fuerza al material plastificado hacia el interior del molde siguiendo un perfil de velocidades. Normalmente, las velocidades del principio y del final de la etapa de inyección son menores, para tratar más suavemente los elementos de la máquina de inyección y del molde. Otro aspecto a tener en cuenta es la diferencia de temperaturas entre la entrada y el final de la pieza inyectada. Cuando el tiempo de inyección es muy corto, la temperatura, al final del recorrido del plástico inyectado, puede ser mayor que la de inyección; a causa del calentamiento por fricción que sufre el material. Con tiempos elevados las temperaturas suelen ser inferiores; existiendo un tiempo de inyección intermedio, donde se igualan la temperatura de inyección y la de la última zona llenada del molde.

2.4.4.5 Tiempo de mantenimiento

La duración de la etapa de mantenimiento se conoce como tiempo de mantenimiento y tiene una influencia decisiva. Si este tiempo es demasiado corto el plástico puede salir de la cavidad hacia el sistema de alimentación y la unidad de inyección; con los consiguientes cambios de orientación y disminución de la tenacidad de la pieza, fluctuaciones en el peso, falta de reproducibilidad y una gran variedad de defectos.

2.4.4.6 Tiempo de enfriamiento

El tiempo de enfriamiento del molde comienza en la fase de inyección, cuando el material se solidifica en la pared del molde. Sin embargo, este tiempo de enfriamiento debe prolongarse más allá de la fase de mantenimiento.

Es recomendable que las regiones externas de la pieza estén frías para poder extraerla del molde en condiciones estables sin que ésta se deforme. Así, se consigue acortar el tiempo de ciclo significativamente mejorando la productividad del proceso. Un aspecto decisivo para la economía de un proceso de inyección es el número de piezas producidas por unidad de tiempo, que depende en gran medida del tiempo de enfriamiento y éste, a su vez, varía proporcionalmente en relación con el cuadrado del espesor de la pared de la pieza. Por tanto, no es recomendable inyectar piezas excesivamente gruesas. Además, para que el enfriamiento se produzca de forma homogénea en toda la pieza es mejor que los espesores de ésta sean uniformes.

2.4.4.7 Tiempo de plastificación

El tiempo de plastificación o de carga es el tiempo que tarda la máquina en cargar material para la próxima inyectada y será afectado por:

- La temperatura.
- La velocidad de giro del husillo.
- La contrapresión.
- El tipo del material.

2.4.4.8 Tiempos de movimiento

Los tiempos de movimiento corresponden a los siguientes:

- Apertura del molde.
- Expulsión.
- Cierre del molde.

2.4.4.9 Tiempos de ciclo

El tiempo de ciclo depende, principalmente, de los tiempos de las etapas o fases de:

- Cierre del molde.
- Inyección.
- Enfriamiento de la pieza.
- Apertura del molde y expulsión de la pieza.

De esta manera, la variable más importante en el diseño de una pieza de plástico es la velocidad de enfriamiento, debido a la gran influencia en el tiempo de ciclo, y por lo tanto, en los costes de transformación. De esta manera, el tiempo de enfriamiento ocupa la mayor parte del tiempo de ciclo y solapa la acción las siguientes fases:

- Inyección: fase de llenado y fase de mantenimiento.
- Plastificación o dosificación.

Como ya se comentó, el tiempo de enfriamiento depende del tipo de pieza que se enfría en el molde. No es necesario esperar hasta que toda la pieza enfríe hasta la temperatura del molde, sin que estén lo suficientemente enfriadas las regiones externas de la pieza para poderla extraer del molde en condiciones estables. Con esto se consigue optimizar el tiempo de producción.

Así el tiempo de enfriamiento y, por tanto, el tiempo de ciclo dependerá principalmente de:

- Temperatura del material fundido.
- Temperatura de la pared del molde.
- Temperatura de expulsión.
- Conductividad térmica del material.
- Calor específico del material.
- Espesor: La parte más gruesa será la última en enfriar dentro del molde, influyendo en el tiempo de enfriamiento.

2.4.4.10 Primera presión o presión de inyección

La presión de inyección durante la fase de llenado ha de ser la suficiente para que se pueda conseguir la velocidad deseada, y, por tanto, el tiempo de inyección deseado. De esta manera, la presión de inyección depende de los mismos factores que la velocidad.

2.4.4.11 Segunda presión o presión de mantenimiento

La presión de mantenimiento o segunda presión se aplica una vez ha finalizado la etapa de inyección de material en el molde. El objetivo es completar el llenado del molde y compactar el material del interior de la cavidad para minimizar la contracción que tiene lugar durante su solidificación.

Para fijar la presión de mantenimiento con la que se va a trabajar se ha de tener en cuenta que si ésta es demasiado baja o si la duración de esta fase es excesivamente corta pueden aparecer rechupes o vacuolas en la pieza inyectada, de esta manera, las dimensiones de la pieza pueden estar fuera de las tolerancias especificadas o haber reflujos de material plástico no consolidado desde el molde hacia la unidad de plastificación (o incluso no llenar la pieza).

Si la presión de mantenimiento resulta ser demasiado elevada puede producirse una sobrecompactación de la pieza, que implica un aumento de las tensiones residuales, además de una posible disminución de las propiedades mecánicas y aparición de deformaciones en la pieza o alabeos.

2.4.4.12 Compresión

La contrapresión en la plastificación frena el retroceso del husillo en la fase de carga. El aumento en los valores de este parámetro afectará directamente a la temperatura del material procesado. De esta forma, al aumentar la contrapresión se tiene que el tiempo de plastificación aumenta, por lo que también lo hará el tiempo de permanencia en la cámara. La compresión sobre el material aumenta, lo que incrementa la temperatura del fundido.

Una primera consecuencia de un aumento en la contrapresión, es que se registra un ligero aumento en la cantidad de material cargado. Se recomiendan valores de contrapresión de entre 5 y 10 MPa, ya que, si se tienen valores muy bajos, se pueden tener piezas inconsistentes y con poca homogenización del material. Por el contrario, elevados valores de contrapresión ocasionarán un aumento en la contribución de la fricción a la temperatura del fundido, pudiendo degradarse.

2.4.5 Defectos de piezas moldeadas por inyección

El procesado de los termoplásticos se encuentra cada día con una gran variedad de dificultades de diferente naturaleza. Las piezas moldeadas por inyección se encuentran repetidamente con estos problemas debido principalmente a errores de proceso, lo cual hace que no se cumplan las especificaciones deseadas y se rechace la pieza inyectada, con las consiguientes pérdidas económicas. Es importante, por tanto, conocer cada uno de los problemas y la causa que los provoca.

2.4.5.1 Análisis de error

Todos los defectos de las piezas inyectadas dependen de una causa, que en algunas ocasiones no puede ser directamente reconocida o clasificada. Se puede evitar la repetición de un defecto sólo después de haber diagnosticado y corregido su origen. Por tanto, es de vital importancia la integración del análisis sistemático de los errores y fallos en la producción.

Primero, debe ser reconocido el error. Esto no es problema en el caso de defectos superficiales, pero, sin embargo, a veces, varios defectos implican cambios estructurales que no pueden ser detectados simplemente con una inspección visual.

Por esta razón deben introducirse pruebas especiales en el proceso de producción para determinar rápidamente si la pieza que ha salido del molde posee las especificaciones correctas.

El principal objetivo del análisis del error es determinar el fenómeno físico responsable del defecto en concreto. Una vez conocido el antecedente, es fácil introducir las medidas oportunas para eliminar el defecto.

2.4.5.2 Defectos de los moldes

La mayor parte de quejas debidas a defectos de piezas de inyección de plástico puede ser atribuida a errores triviales del proceso de producción. Sin embargo, hay que decir que los errores estructurales tanto de la pieza inyectada como del molde, son a menudo la razón por la cual el molde no puede conseguir la calidad requerida de la pieza incluso cambiando los parámetros de proceso.

A continuación, se presenta una lista de algunos de los defectos estructurales más comunes, además de la descripción de los errores de proceso, para determinar si el defecto puede ser corregido cambiando los parámetros de proceso o bien si ha de ser modificado el molde.

2.4.6 Defectos más comunes

El moldeo por inyección es un proceso complicado y puede fallar muchas cosas. Algunos defectos comunes en las partes moldeadas por inyección son los siguientes:

- 1) Rechupes y vacuolas.
- 2) Zona mate cerca del punto de colada.
- 3) Estrías (estrías quemadas, estrías de oxidación, vetas en el material).
- 4) Pulido no uniforme.
- 5) Líneas de flujo.
- 6) Jetting (efecto chorro).
- 7) Efecto Diesel (áreas quemadas por concentración de gases).
- 8) Delaminación en capas (pieles).
- 9) Efecto stick-slip (irisados circulares o micro alas).
- 10) Grietas o micro grietas.
- 11) Grietas de tensiones.
- 12) Falta de llenado completo de la pieza.
- 13) Marcas del expulsar.
- 14) Deformación por la expulsión.
- 15) Deformación o alabeo (warpage).
- 16) Material frío.
- 17) Líneas de flujo frías.
- 18) Aire atrapado.
- 19) Manchas negras.
- 20) Granza sin fundir.
- 21) Compactación excesiva.

A continuación, se explican algunos de los defectos citados anteriormente, su manifestación en el producto final, sus posibles causas y sus correcciones. Para analizar mejor cada uno de ellos, los defectos se pueden clasificar como:

- Defectos de superficie.
- Defectos de contorno exterior (forma).
- Propiedades mecánicas diferentes.

2.4.6.1 Rechupes

Los rechupes son unos defectos visuales típicos que desvirtúan el aspecto de la pieza inyectada. Si no se añade material a la cavidad del molde mientras el plástico se contrae, y si las capas todavía no están suficientemente fuertes debido a una falta de refrigeración, se forman hendiduras entre la pared de la cavidad y la corteza de la pieza. Estas hendiduras son denominadas rechupes.

Los rechupes también se forman incluso después de que la pieza es extraída del molde. Cuando la pieza es extraída se forma una capa rígida exterior. Si la pieza ha sido inyectada demasiado deprisa el núcleo todavía se encuentra en estado líquido. El calor contenido en este núcleo debe ser todavía extraído. Esto crea un estado tensional que se traduce en contracciones en la parte exterior de la pieza.



Figura 9 Marcas por rechupe

2.4.6.2 Rebaba

Esto ocurre cuando la fusión de polímero se mete en la superficie de separación entre las partes del molde, también puede ocurrir alrededor de los pernos de eyección. El defecto es causado generalmente por:

- 1) Venteos y claros muy grandes en el molde.
- 2) Presión de inyección demasiado alta comparadas con la fuerza de sujeción.
- 3) Temperatura de fusión demasiado alta.
- 4) Tamaño excesivo de la carga.



Figura 10 Rebaba

2.4.6.3 Marcas hundidas y huecos

Estos son defectos relacionados generalmente con secciones gruesas de la pieza.

Una marca hundida ocurre cuando la superficie exterior del molde solidifica, pero la contracción del material interno causa que la costra se deprima por debajo de la superficie nominal.

Un hueco es causa por el mismo fenómeno básico, sin embargo, el material retiene su forma y la contracción se manifiesta como un hueco interno debido al alto esfuerzo a la tensión en el polímero aún fundido. Estos defectos pueden tener su origen en un incremento de la

presión de compactación que sigue a la inyección. Una mejor solución es diseñar la parte para tener secciones con espesor uniforme y usando secciones más delgadas.

2.4.6.4 Líneas de soldadura

Las líneas de soldadura ocurren cuando la fusión del polímero fluye alrededor de un corazón u otros detalles convexos en la cavidad del molde y se encuentran en la dirección opuesta; los límites así formados se llaman líneas soldadas y pueden tener propiedades mecánicas que son inferiores a las del resto de la parte. Las temperaturas altas de fusión, las presiones altas de inyección, las localizaciones alternas de las puertas en la pieza y una mejor ventilación son formas de evitar este defecto.

2.4.6.5 Zona mate cerca del punto de colada

La siguiente foto muestra una pieza inyectada con este defecto. Un examen correcto del proceso de llenado del molde y de los esfuerzos generados muestra el origen del defecto.



Figura 11 Marcas de los puntos de inyección

El flujo laminar del plástico fundido sólo puede ser mantenido si la fricción estática entre la superficie del fluido y la pared de la cavidad permanece constantemente mayor que la fuerza de cizalla ejercida entre las capas del fluido.

En este caso la solución es intentar conseguir condiciones más favorables para la creación de una capa suficientemente fuerte para resistir la fuerza de cizalla del flujo, mediante la reducción de la velocidad inicial de inyección. Después puede subirse la velocidad de inyección con el fin de obtener una velocidad de fusión uniforme.

2.4.6.6 Estrías

Las ráfagas, especialmente las debidas a quemaduras, a humedad y a aire, son muy similares, haciendo muy difícil su clasificación, si no imposible. Si el fundido se daña térmicamente por temperaturas demasiado altas y/o tiempos de residencia demasiado largos, se originan productos gaseosos de descomposición, que son visibles en la superficie, por su color parduzco o plateado.

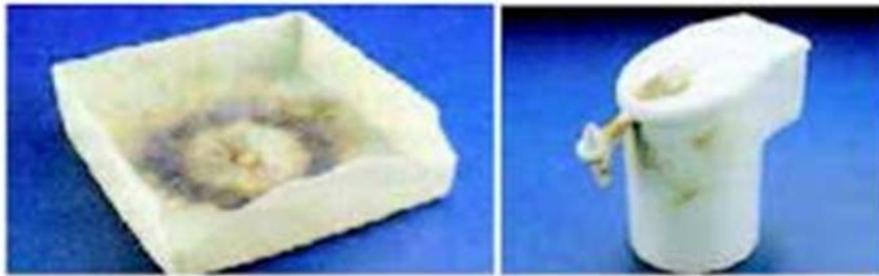


Figura 12 Marcas de estrías

2.4.6.7 Ráfagas

Las ráfagas tienen un aspecto muy similar a las estrías, sin embargo, estas tienen diversas causas:

- La ráfaga aparece periódicamente aparece detrás de secciones estrechas (puntos de cizalla) o cantos vivos del molde.
- La temperatura de la masa está cerca del límite superior del proceso.
- Disminuyendo la velocidad de avance del husillo se obtiene una reducción del defecto.
- La reducción de la temperatura de masa actúa positivamente contra el defecto.
- Largo tiempo de permanencia en la unidad de plastificación o en la parte delantera del husillo (debido, por ejemplo, a interrupciones en el ciclo de trabajo o a inyecciones de poco volumen).
- Alto contenido de material recuperado o el material ha sido fundido varias veces anteriormente.
- El molde está equipado con colada caliente.
- El molde está equipado con boquilla de válvula.

- Disminuyendo la temperatura de la masa disminuye el defecto.

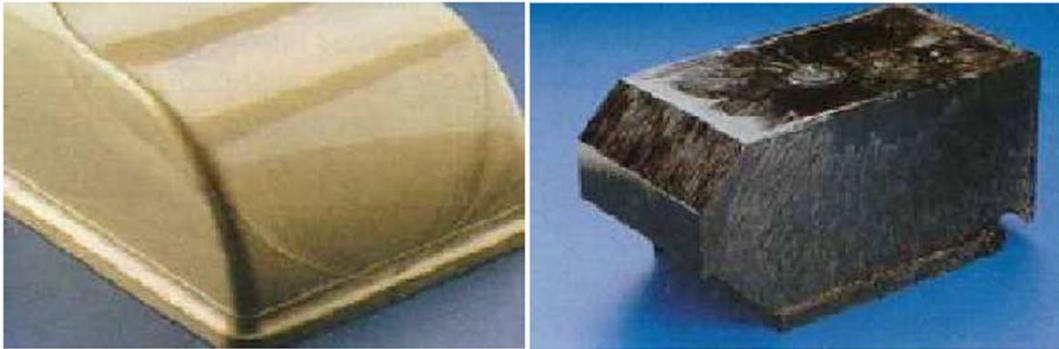


Figura 13 Ráfagas

2.4.6.8 Pulido no uniforme

Las diferencias de brillo aparecen a menudo por las variaciones de espesor de las paredes en la zona visible de las piezas. El brillo de una pieza moldeada es la apariencia de su superficie, cuando es expuesta a la luz.

Si un rayo de luz incide en la superficie, su dirección cambiará (refracción de la luz). Mientras que una parte de la luz será reflejada por la superficie, la otra parte reflejará dentro de la pieza o la penetrará con distintas intensidades. La impresión de brillo será tanto mejor cuanto menor sea la rugosidad de la superficie. Para ello, debe proyectarse un molde de paredes pulidas al máximo posible, y no un molde de paredes texturizadas o satinadas.

Las diferencias de brillo son el resultado de los distintos comportamientos de proyección del plástico sobre las paredes del molde, a causa de las diferentes condiciones de enfriamiento y diferencias de contracción.

La deformación de las zonas ya enfriadas (debida, por ejemplo, a distorsión durante el enfriamiento en el molde) puede ser otra causa de diferencias del brillo.

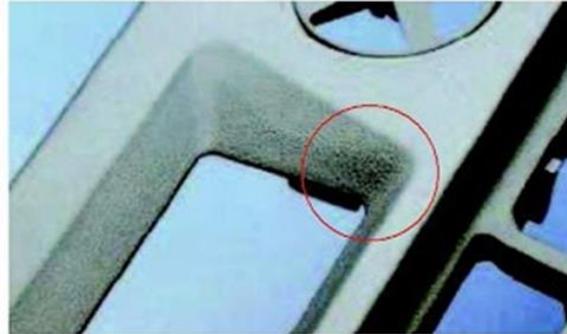


Figura 14 Diferencias de brillo

2.4.6.9 Líneas de flujo

La línea de soldadura en las piezas de plástico representa, en la mayor parte de los casos, un defecto óptico y un debilitamiento mecánico. Puede aparecer una muesca y/o cambio de color. Las muescas son particularmente visibles en piezas negras o transparentes, de superficies lisas o muy pulidas. Los cambios de color son visibles principalmente en piezas con pigmentos de efecto metálico.



Figura 15 Líneas de flujo

Las líneas de soldadura se originan cuando se encuentran dos o más frentes de flujo. Los frentes de flujo redondeados de la masa quedan aplastados y unidos cuando se tocan. Este proceso requiere el estiramiento del flujo.

Si la temperatura y la presión no son lo suficiente altas, las esquinas de los frentes de flujo no se desarrollarán del todo, apareciendo una muesca. Además, los fluidos ya no se mezclarán homogéneamente, produciéndose posiblemente una zona más débil mecánicamente.

Si se usan compuestos que contengan aditivos (por ejemplo, pigmentos de color), es posible que se produzcan fuertes orientaciones de dichos aditivos cerca de la línea de soldadura. Estas orientaciones también pueden ser causa de cambios de color cerca de la línea de soldadura.

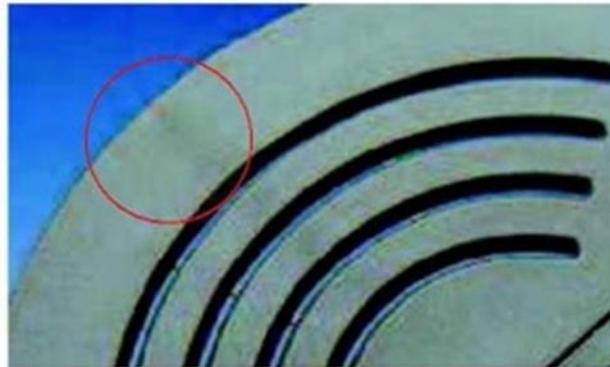


Figura 16 Líneas de unión o soldadura

2.4.6.10 Efecto “Jetting”

“Jetting” es la formación de un cordón de plástico fundido que entra en la cavidad del molde desde el conducto de colada, en un movimiento incontrolado.

El cordón fundido hace un mínimo contacto con la pared de la cavidad, extendiéndose en pliegues durante la fase de llenado que después son rodeados por el plástico fundido que entra a continuación. Este fenómeno crea una falta de homogeneidad, deformaciones, tensiones locales internas, etc.

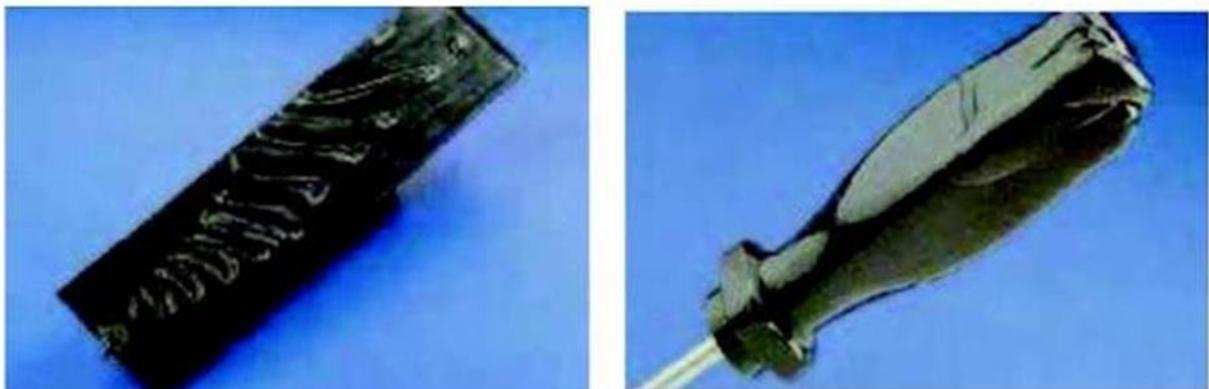


Figura 17 Efecto “Jetting”

La causa física del “jetting” se basa en un insuficiente flujo del polímero fundido desarrollado en la cavidad. El flujo ideal no se consigue necesariamente durante la fase de llenado del molde sin las medidas correctas. Esto es particularmente cierto en puntos donde de repente el canal se ensancha. Las dificultades de mantener un flujo correcto se agravan con los cambios bruscos del canal de fusión y con la velocidad del plástico inyectado.

2.4.6.11 Efecto “Diésel”

Son unas manchas negras (quemaduras) en la superficie de la pieza moldeada. A menudo las piezas no están totalmente llenas en esas zonas. El efecto diésel es puramente un problema de ventilado o salida de aire. Puede darse cerca de agujeros ciegos, encajes, final de recorrido, y cerca de puntos donde convergen varios frentes de flujo. Ocurre cuando el aire no puede escapar o no se desplaza suficientemente rápido hacia las comisuras, canales de ventilación o expulsores. Hacia el final del proceso de inyectado, el aire queda comprimido y sube de temperatura. El resultado son temperaturas muy altas que pueden llegar a la auto ignición del plástico y ser la causa de quemaduras en el material.

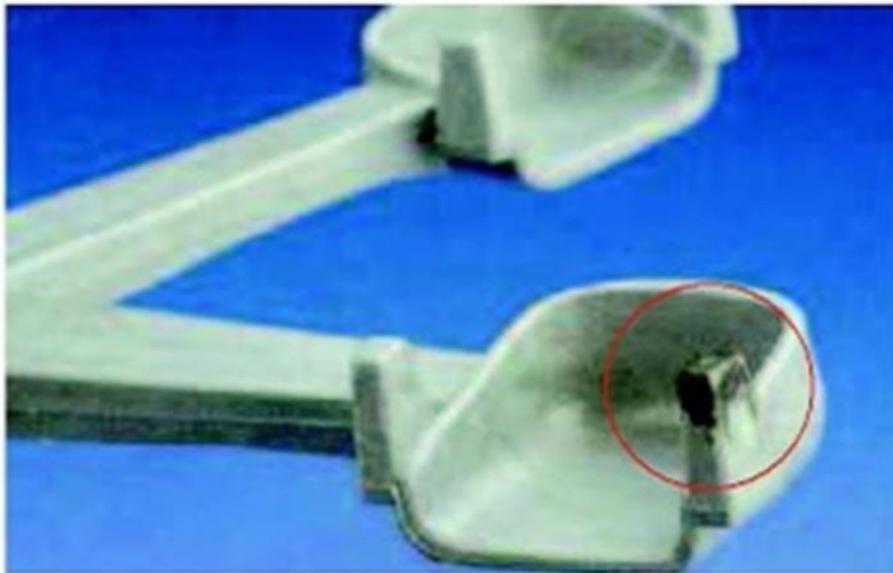


Figura 18 Efecto Diésel

2.4.6.12 Delaminación en capas

Otro defecto que ocurre en los moldes de inyección es cuando el polímero fundido está sujeto a un esfuerzo de cizalladura excesivo durante la fase de llenado. Este defecto ocurre principalmente en zonas delgadas y largas de la pieza.

La delaminación puede ser eliminada con la reducción de la diferencia de temperatura entre molde y material.



Figura 19 Delaminación

2.4.6.13 Efecto “Stick-Slip”

Este defecto superficial recuerda las ranuras de un disco. La razón física de este son las vibraciones elásticas del plástico fundido inyectado. Esto se debe en parte a una velocidad demasiado lenta en conjunción con las paredes de la cavidad, relativamente frías. Estas ranuras en la pieza inyectada también pueden ser producidas por una falta de presión de inyección. Una baja temperatura del plástico fundido y/o la temperatura del molde en combinación con las dos causas mencionadas anteriormente son a menudo las responsables del efecto “Stick-Slip”.

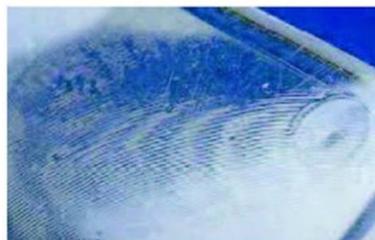


Figura 20 Deslizamiento de capas

2.4.6.14 Grietas o macrogrietas

Si se utilizan sustancias agresivas (por ejemplo, grasa, soluciones alcalinas, etc.), el blanqueo y las roturas por tensión aparecerán a menudo, sobre todo después de largo tiempo de servicio de la pieza.

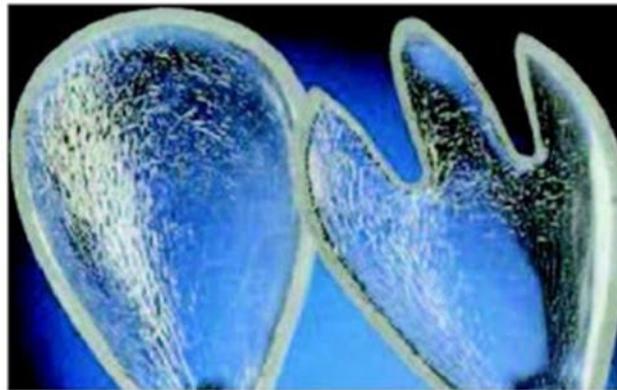


Figura 21 Grietas

2.4.6.15 Grietas de tensiones

La coloración blanca por tensión está causada por tensiones tanto internas como externas (por ejemplo: elongación). Las áreas expuestas a la tensión se vuelven de color blanco. Las roturas por tensión suelen tener la dirección del desmolde.



Figura 22 Tensión superficial en las bisagras

El color blanco y las roturas que se producen a causa de la tensión tienen lugar cuando se sobrepasa la deformación máxima tolerada (por ejemplo, por tensión exterior o por deformación). La deformación máxima depende del tipo de material que se utilice, de la estructura molecular, del proceso y del clima que rodea a la pieza.

2.4.6.16 Falta de llenado completo de la pieza

Se produce en una pieza que ha solidificado antes de llenar completamente la cavidad. El defecto se puede corregir incrementando la temperatura o la presión. El efecto también puede originarse por el uso de una máquina con capacidad de dosificación insuficiente, en cuyo caso se necesita una máquina más grande.

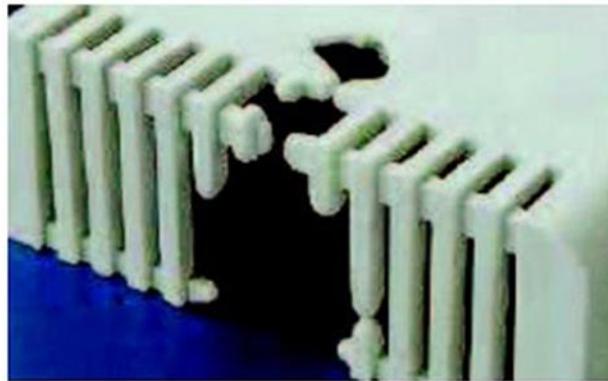


Figura 23 Falta de llenado

2.4.6.17 Marcas de expulsor o de expulsión

Las marcas de expulsión son depresiones o elevaciones en el lugar correspondiente a la posición de los expulsores visibles en la superficie de las piezas. Estas diferencias de espesor de pared pueden causar diferencias de brillo o depresiones en la superficie visible de la pieza.

2.4.6.18 Deformación por expulsión

Según el grado en que haya sido perjudicada la pieza, hay una clasificación de las marcas de expulsión, roturas, zonas de excesiva tensión y expulsores profundamente hundidos. Son críticas las piezas con contrasalidas, que hayan de ser desmoldadas sin piezas móviles (por ejemplo, correderas).



Figura 24 Deformación al expulsar

2.4.6.19 Deformación o albeo

Las causas físicas de las deformaciones pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Las fuerzas necesarias para el desmolde no pueden aplicarse sin dañar la pieza.
- El movimiento de desmolde es obstaculizado en algún punto.

El total de la fuerza de desmolde aplicada es algo crucial y debe, por tanto, mantenerse baja. Además de otros factores, la contracción de la pieza ejerce un impacto directo sobre las fuerzas de desmolde.

Cambiando los parámetros de proceso, puede influirse considerablemente sobre las fuerzas de desmolde y la contracción. Sin embargo, debe tenerse en consideración que la geometría de la pieza moldeada es un factor muy importante a la hora de producirse deformaciones debidas a las fuerzas que se producen en el desmolde.

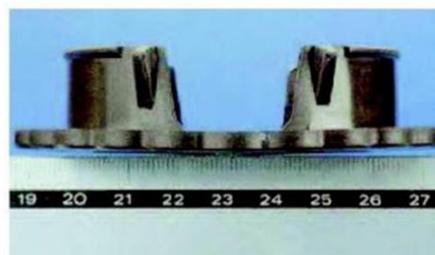


Figura 25 Pandeo o albeo

2.4.6.20 Material frío

El fluido frío que sale por la boquilla (también en colada caliente) y que va a parar al interior del molde, puede originar marcas parecidas a las ráfagas del tipo de cola de cometa. Estas pueden aparecer cerca de la entrada o bien esparcirse por toda la pieza.



Figura 26 Gota fría

Cuando se fuerza el recorrido, el material frío también puede ser la causa de las líneas de soldadura visibles debido a que obligan la masa a dividirse.

2.4.6.21 Líneas de flujo frías

La línea de soldadura en las piezas de plástico representa, en la mayor parte de los casos, un defecto óptico y un debilitamiento mecánico. Puede aparecer una muesca y/o cambio de color. Las muescas son particularmente visibles en piezas negras o transparentes, de superficies lisas o muy pulidas. Los cambios de color son visibles principalmente en piezas con pigmentos de efecto metálico.



Figura 27 Líneas de flujo frías

2.4.6.22 Aire atrapado, huecos y burbujas

Con sólo modificar ciertos parámetros de proceso de inyección no se evita la formación de huecos. Es más efectivo tener en cuenta ciertas propiedades específicas referentes al material plástico al empezar el diseño tanto de la pieza como del molde.

- Aumentar la temperatura de fusión.
- Aumentar la temperatura de la pared de la cavidad.
- Aumentar la velocidad de avance del tornillo.
- Aumentar la presión de mantenimiento.
- Aumentar el tiempo de sostenimiento
- Revisar la válvula anti retorno si es necesario.



Figura 28 Atrapamiento de aire y burbujas

6.4.6.23 Manchas negras

Aparecen unas manchas negras en la superficie de la pieza debidas a degradación térmica del material o a suciedad o desgaste. Hay distintos factores que pueden ocasionar la formación de manchas oscuras o de piezas moteadas. Pueden ser por dos tipos de causas: por el material o por la máquina.

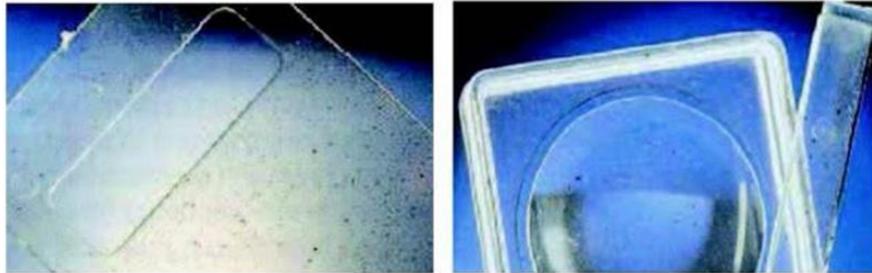


Figura 29 Manchas negras

2.4.6.24 Gránulos de materia prima no fundida

Aparecen en zonas débiles de la estructura de la pieza acabada, y son el origen de las grietas. La siguiente foto muestra los infundidos en una microtomía, sacada del fondo de un cubo de agua.

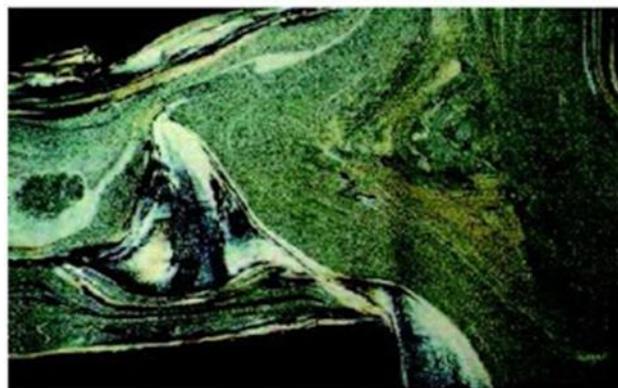


Figura 30 Gránulos sin fundir

Este defecto se produce por una falta de temperatura en el cilindro durante el proceso de plastificación. Por tanto, el defecto proviene de unos parámetros incorrectos de la máquina de inyectar.

2.4.6.25 Compactación excesiva

Después de la fase de llenado del molde, estando todavía la mazarota y la entrada a la cavidad en estado fundido, se pasa a la presión de mantenimiento, que es más baja que la de inyección.

La función de esta presión de mantenimiento es la de aportar material por la parte más interna de la pieza, para suplir con ello la reducción de espesor debida a la contracción por enfriamiento.

La presión de mantenimiento es efectiva hasta que se colapsa la entrada a la cavidad por enfriamiento. A partir de este momento no se podrá añadir más material. El enfriamiento de la entrada de la cavidad es función de:

- La temperatura del material.
- La temperatura del molde.
- El tiempo de duración de la presión.

Si se retira la presión antes de tiempo, la pieza no quedará compactada, tendrá menos peso del que cabría esperar. Si se retira la presión de mantenimiento en el momento adecuado, la pieza tendrá el peso correcto.

Si se logra mantener la entrada del material caliente, y la presión durante más tiempo, el material, una vez enfriado, ejercerá tanta presión perpendicular a las paredes del molde que, según sea su geometría, si esta presión se efectúa en sentido perpendicular al eje principal de la máquina podrá llegar a impedir incluso la apertura del molde, y, además, dependiendo de la salida que tenga el molde y el texturizado de la pared de la figura, podrá producir ralladuras inaceptables. Aún en el supuesto de que la máquina pueda abrir el molde, la pieza resultará de mayor peso del que estaba calculado con el consiguiente perjuicio económico.

2.5 Normas y referencias

2.5.1 Bibliografía

- Manuales:
 - Manual práctico NX9 CAD
 - Manual práctico CAD Básico y Avanzado NX5

- Dubois, J. y Pribble, W. "Ingeniería de moldes para plásticos" Ed: Urno, S.A., Bilbao (1972).
- W.Mink; Inyección de plásticos; Editorial Gustavo Gili; 2ª edición.

- Páginas Web:

- Video tutoriales NX.
- http://www.eng.utoledo.edu/mime/faculty_staff/faculty/afatemi/papers/2000IJFoesleFatemiVol22P495.pdf
- www.mateusole.net
- <http://es.scribd.com/doc/22869890/Moldes-de-Inyeccion-Para-Plasticos>

2.5.2 Normas

- UNE 157001/2002: Criterios generales para la elaboración.
- ASTM A681: Especificaciones estándar para aceros aleados para herramientas.
- ISO 2768: Tolerancias generales dimensionales.
- ISO 286: Tolerancias y ajustes.
- DIN 912: Tornillos cilíndricos Allen.
- DIN E 16750: Moldes de inyección para materiales plásticos.
- DIN 1530-4: Eyectores de molde plano.

2.5.3 Programas de cálculo

El uso de un programa CAD/CAM/CAE para el diseño de los moldes y sus diferentes componentes, nos permite analizar las piezas antes de su fabricación, para así poder resolver los posibles problemas que se podrían generar durante el proceso de fabricación. De este modo, nos evitamos los costes generados por piezas mal fabricadas o los posibles defectos que pudieran aparecer, con el consiguiente gasto de tiempo y materiales. Por lo tanto, se pueden incrementar enormemente los beneficios de la producción.

Para el diseño de la pieza y los diferentes componentes del molde se ha trabajado con el software SIEMENS PLM Software NX en su versión 10. Una de las aplicaciones de este software, es el asistente para moldes o Mold Wizard. Esta aplicación contiene una amplia base de datos con diversos componentes para los moldes. En caso de necesitar componentes que no aparezcan en la base de datos del programa, nos proporciona varias herramientas para la creación de nuevos componentes.

Durante el proceso de diseño del molde, pueden aparecer complicaciones o problemas q nos obliguen a cambiar ciertos componentes o a rediseñar partes de la pieza.

Con la ayuda del software específico Autodesk Simulation Moldflow Adviser, es posible hacer simulaciones del proceso de llenado de la pieza, así como calcular los puntos óptimos para la inyección del material o la fuerza necesaria para el cierre del molde. Por otro lado, también nos proporciona información sobre los posibles errores o defectos que hubieran aparecido durante el llenado, como las líneas de soldadura o posibles atrapamientos de burbujas de aire. Con estos datos y conociendo las condiciones que deberá soportar la pieza, podemos saber si su fabricación es viable o son necesarios hacer algunos ajustes antes de proceder con la fabricación.

2.6 Análisis de soluciones

2.6.1 Proceso de diseño

Para comenzar con el proceso de diseño, se parte de unas medidas básicas de una aspiradora, en este caso será de 400mm x 200mm. Una vez hecho el diseño inicial, serán necesarios algunos cambios para facilitar su fabricación y así poder prescindir de algunos componentes, como por ejemplo la deslizadera.

Una vez obtenido el diseño inicial de la pieza, se procederá al diseño del molde, partiendo de las medidas de la pieza. La primera elección que se tomará será el material requerido para la pieza a fabricar, en este caso el material que se ha elegido es polipropileno.

Tras definir cuáles de las caras serán parte de la cavidad y cuáles las del núcleo, algunas de ellas manualmente, el programa nos muestra la pieza con la diferencia de colores para definir las caras.

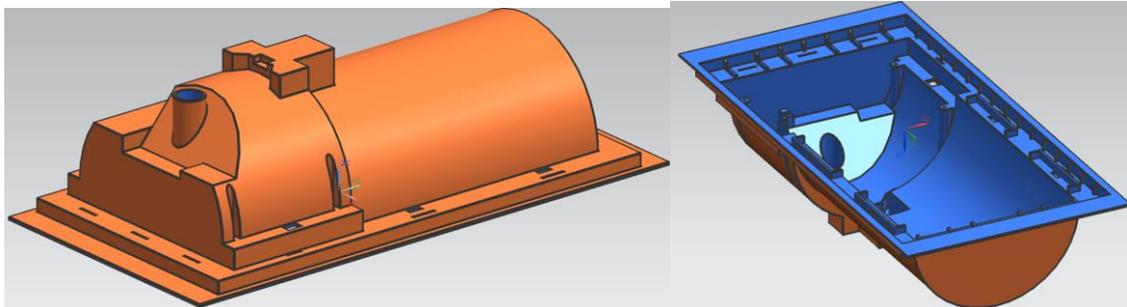


Figura 31 Delimitación en color del núcleo y cavidad

Una vez definidas las caras, hay que diseñar la superficie de partición que corresponde a la superficie que separa las dos partes principales del molde, que son la cavidad y el núcleo.

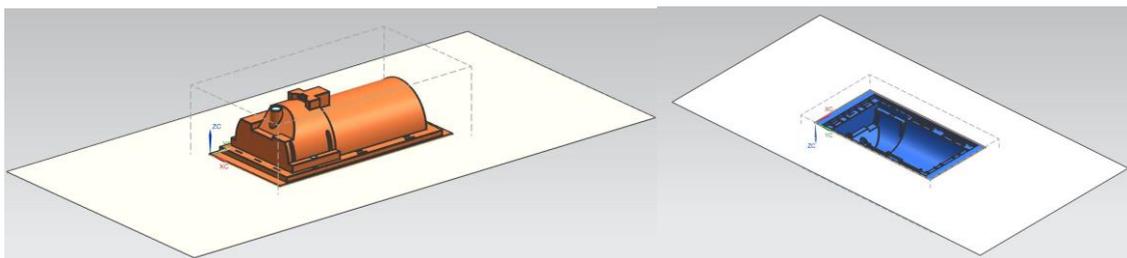


Figura 32 Superficie de partición

Tras definir la superficie de partición, el programa nos crea lo que serían las piezas definitivas del núcleo y la cavidad, tras las cuales se procedería a la inserción de las piezas base estándar del molde. Estas piezas y componentes, están reunidas en una base de datos de piezas normalizadas entre las cuales se encuentran las marcas DME, Futaba o HASCO entre otras.

Una vez añadida la base del molde, se irán diseñando el resto de componentes estándar o modificados necesarios para la completa definición del molde, tales como: el bebedero, el anillo de centrado, expulsores, canales de refrigeración, tornillos, etc.

2.6.1.1 Base del molde

El administrador de moldes, ofrece múltiples proveedores de bases de moldes desde los cuales cargar y seleccionar los componentes del nuevo molde.

Una vez elegido el proveedor y el modelo del molde, hay que seleccionar o editar los parámetros para adaptarlos al tamaño de la pieza.

- DME 4560

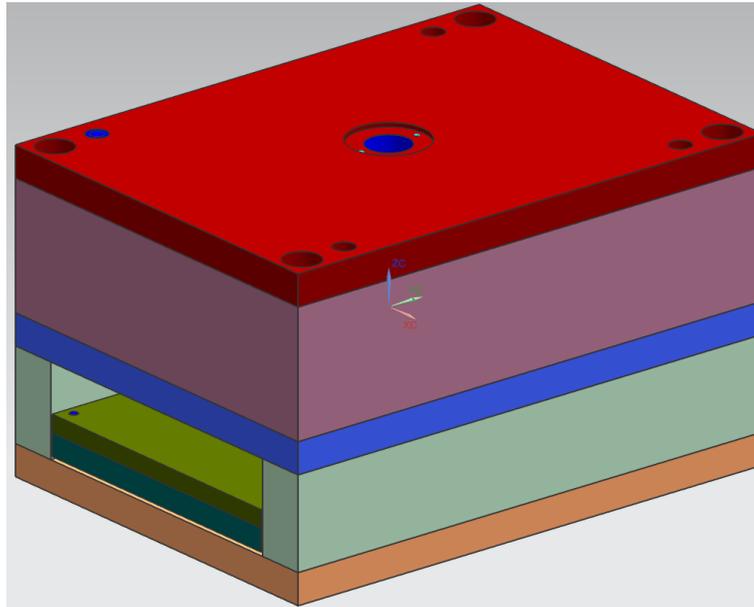


Figura 33 Base del molde

2.6.1.2 Sistema de distribución

Consistirá en el sistema mediante el cual se podrá inyectar el plástico fundido a las piezas y para ello se deberán utilizar una serie de elementos o zonas mecanizadas. Para poder explicarlo se deberá atender al método mediante el cual el material plástico pasa a lo largo del molde. Cuando la mezcla caliente del polímero entra en contacto con el metal del molde que está a menos temperatura, forma el skin, una película solidificada. El resultado del skin es que actúa como un aislante térmico y mantiene el núcleo del flujo en buenas condiciones de temperatura para conseguir el llenado de la cavidad del molde. Este núcleo debe conservarse sin plastificarse hasta que la pieza esté totalmente solidificada. De este modo, adquiere plena eficacia la presión, necesaria para compensar la contracción volumétrica que ocurre durante el proceso de solidificación. La geometría de los canales de alimentación tiende a la forma del skin alrededor de la mezcla, resultando una bajada de presión proporcional a la bajada efectiva del volumen del flujo.

Los sistemas de distribución suelen estar divididos en tres etapas: El bebedero, los canales y las entradas del material. En este caso el sistema de distribución constará solamente del bebedero, que conectará directamente con la cavidad y el hueco donde irá la pieza.

2.6.1.2.1 Bebedero

Será por donde se alimentará la pieza. Tendrá una sección circular y su diámetro estará diseñado dependiendo de los parámetros geométricos de las piezas deseando que no sea excesivamente grande ya que implicaría un alargamiento del ciclo de inyección.

- HASCO_MM Z50 24x76x48x23



Figura 34 Bebedero

2.6.1.3 Sistema de refrigeración

La refrigeración constará de dos circuitos con una serie de orificios en la placa de cavidad y un circuito con cuatro deflectores en la placa del núcleo y de un diámetro concreto, que al colocarlo próximo a la pieza que se va a fabricar y que pasará agua a temperatura ambiente, enfriará la pieza de la manera más rápida posible acortando el ciclo de una manera más económica.

El diseño correcto de los sistemas de refrigeración se llevará a cabo teniendo en cuenta que el enfriamiento de la pieza inyectada no debe realizarse ni muy despacio, lo que implicaría el alargamiento del ciclo, ni muy corto ya que podría implicar que el calor evacuado por las caras de las piezas sea mayor que el necesario, lo que podría implicar un enfriamiento excesivamente rápido en las superficies externas de las piezas dando lugar a defectos superficiales.

2.6.1.4 Anillo centrador

Es el encargado de mantener al bebedero en su correcta posición y sirve como enlace entre la máquina de inyección y el molde. En él debe encajar la boquilla procedente de la máquina de inyección de modo que acople correctamente las dos partes.

- DME_MM DHR21 80x12

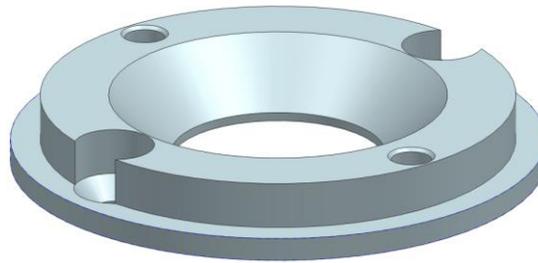


Figura 35 Anillo centrador

2.6.1.5 Expulsores

Una vez terminados todos los procesos de llenado de la pieza y tras su refrigeración, es el momento de la expulsión de la pieza. Cuando el molde comienza con la apertura, el sistema de apertura acciona la placa en la que están alojados los expulsores, en la placa porta-expulsores, y así conseguir despegar la pieza del molde y sacarla del mismo.

Estos expulsores serán varillas comerciales que quedan alojadas entre las 2 placas que componen el porta-expulsores. Para proceder a su diseño se deberá comprobar la resistencia a pandeo de los mismos y la resistencia a fatiga, ya que al aplicar la presión de inyección y la segunda presión, estas presiones actúan sobre la parte superior de los expulsores pudiendo deformarlos de manera que se deberá atender al diámetro de los mismos para conseguir una correcta expulsión.

Normalmente se les aplica algún tratamiento térmico para aumentar su dureza y soportar dichas fuerzas.

- DME_MM

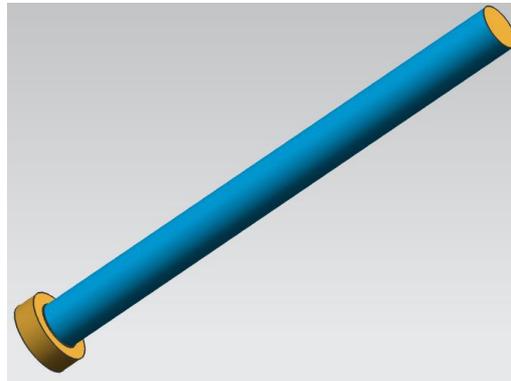


Figura 36 Expulsor

2.6.1.6 Tornillos

Como elementos de unión fija y desmontable de las placas se utilizan tornillos de montaje, cilíndricos y con hexágono interior en la cabeza. Las placas no pueden ir soldadas entre sí.

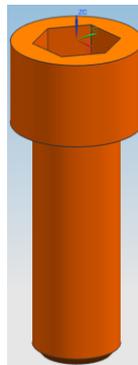


Figura 37 Tornillos

2.6.1.7 Conectores

Sirven para unir los sistemas de refrigeración del molde a las mangueras del líquido refrigerante.

- DMS H81-09-250

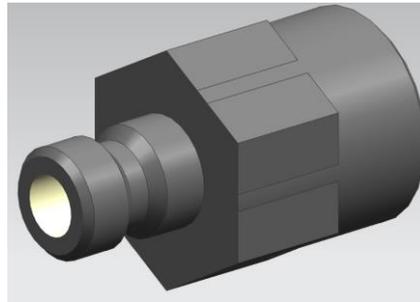


Figura 38 Conector de refrigeración

2.6.1.8 Tapón

Sirve para bloquear el flujo por el conducto donde está conectado.

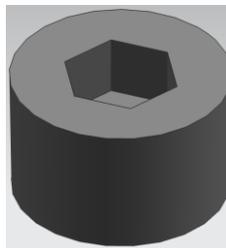


Figura 39 Tapón

2.6.2 Materiales utilizados

2.6.2.1 Materiales para la construcción de moldes

Con el objetivo de conseguir la máxima utilidad es necesario que los materiales usados en la fabricación de moldes tengan las siguientes propiedades:

- Alta resistencia al desgaste: Para aumentar la rigidez de las piezas inyectadas, éstas se refuerzan con fibras de vidrio, materiales minerales, etc., a gran escala. Estos, así como los pigmentos de color, son altamente abrasivos. Por lo tanto, es de gran importancia la elección del material y/o del recubrimiento de las superficies.

- Alta resistencia a la corrosión: Los componentes agresivos como, por ejemplo, los equipamientos protectores contra el fuego, o el mismo material pueden originar agresiones químicas a las superficies del molde. Es aconsejable utilizar aceros de alta resistencia a la corrosión o con recubrimientos de las superficies (por ejemplo, cromado múltiple).
- Alta estabilidad de medidas: La inyección, por ejemplo, de plásticos de elevada resistencia térmica exige temperaturas internas de la pared del molde de hasta 250º C. Esto presupone la aplicación de aceros con una elevada temperatura de revenido. Si no se tiene en cuenta esta exigencia, se puede producir, en función de la temperatura, un cambio de la estructura del molde, y con ello un cambio de las medidas del mismo. Preferentemente se utilizan aceros bonificados que pueden ser mecanizados por arranque de viruta.
- Buena conductibilidad térmica: En el caso de inyectar termoplásticos parcialmente cristalinos, la conductibilidad térmica en el molde adquiere gran importancia. Para influenciar adecuadamente la conducción del calor, se pueden utilizar aceros de diferente aleación. No obstante, esta medida para controlar la termoconducción es relativamente limitada. Respecto a una termoconducción sensiblemente superior del cobre y sus aleaciones, se han de tener en cuenta el bajo módulo de elasticidad, la poca dureza y la baja resistencia al desgaste. Por medio de la cantidad y tipo de los componentes de la aleación se pueden variar los valores mecánicos hasta ciertos límites, al mismo tiempo varía la conductibilidad térmica.

2.6.2.1.1 Aceros

Las exigencias que debe satisfacer un acero para la construcción de moldes destinados al moldeo por inyección, atienden a las condiciones impuestas a la pieza terminada y además a los esfuerzos a los que se ve sometido el molde.

Por ello los aceros deben de poseer las siguientes propiedades:

- Buenas condiciones para su elaboración.
- Resistencia a la compresión, temperatura y abrasión.
- Aptitud para el pulido.
- Suficiente resistencia a la tracción y a la tenacidad.
- Tratamiento térmico sencillo.
- Deformación reducida.
- Buena conductividad térmica.

- Buena resiliencia.

Por raro que parezca el factor decisivo para la elección del acero no es el esfuerzo de compresión, ya que los aceros templados pueden soportar tranquilamente 250 o 300 $mm^2 kp$ de compresión pura, sino el esfuerzo de flexión, que deben resistir los elementos de los moldes, en particular los de los moldes grandes. Por ello se recomienda emplear aceros de cementación de núcleo tenaz y superficie endurecida, pero estos aceros de cementación tienen un complicado tratamiento térmico y su elaboración exige mucho tiempo. Por esta razón, se recurre preferentemente a los aceros bonificados.

Se entiende que un acero no puede presentar todas estas propiedades. Por ello antes de fabricar el molde, hay que tener en cuenta las propiedades principales impuestas por su aplicabilidad. Estas pueden estimarse según estos cuatro puntos de vista:

- Tipo de masa de moldeo a elaborar (exigencias relativas a la corrosión, abrasión, conductividad térmica y viscosidad).
- Tipo y magnitud del esfuerzo mecánico previsible (tamaño de la cavidad, presión de inyección, variaciones de forma en el molde, presión residual necesaria).
- Método de obtención de vaciado de bloque (arranque de viruta, erosión).
- Tratamiento térmico necesario, con sus correspondientes variaciones en las dimensiones.

De acuerdo con estas consideraciones, se procederá a la elección del acero apropiado entre la gama que nos ofrece el mercado. Los aceros pueden clasificarse en:

- Aceros de cementación.
- Aceros de temple total.
- Aceros de bonificación.
- Aceros resistentes a la corrosión.
- Aceros de nitruración.

2.6.2.1.2 Elementos normalizados

Además de las piezas del molde que entran en contacto con el plástico o materiales de moldeo, también hay que tener en cuenta una serie de piezas sometidas también a esfuerzos mayores o menores. Estas piezas son los expulsores, placas de fijación, placas intermedias,

anillos de centrado, etc..., estos elementos pueden adquirirse ya terminados. Gracias a su producción en serie, estos elementos resultan baratos y fáciles de conseguir en caso de rotura.

2.6.2.2 Materiales plásticos

La industria del plástico en cualquiera de sus variantes ha sido desarrollada y mejorada a lo largo de las últimas décadas mediante la aplicación de diversas innovaciones o tecnologías. Entendemos como plástico a un material capaz de ser moldeado, sin embargo, esta definición no es suficiente para describir de forma clara a la gran variedad de materiales que así se denominan. La tecnología utilizada, dependerá del tipo de pieza o productos que se deseen obtener y para ello se podrán contar con una multitud de materiales plásticos que se podrán descomponer en tres grandes familias:

- **Elastómeros:** El grupo de los elastómeros comprende los hules naturales (goma o caucho) o los hules sintéticos y se caracterizan por poder ser elongados entre un 100% y un 200%. Las mejores propiedades de estos materiales se obtendrán tras un proceso de vulcanizado en el que el caucho es endurecido mediante la presencia del azufre, donde tras ser tratados, no podrán ser plastificados y serán más resistentes a la acción de los agentes químicos.
- **Resinas termoestables:** Estas resinas, sólo podrán ser fundidas una sola vez y se caracterizarán por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada. Serán fundidas inicialmente por la acción del calor, pero posteriormente, si se sigue con la aplicación de este, se produce un cambio químico irreversible y se vuelven infusibles e insolubles. Para producir este endurecimiento se necesitará la aparición de agentes reticulantes. En general, los termoestables poseen una buena estabilidad dimensional, estabilidad térmica, resistencia química y propiedades eléctricas. Es por ello que los materiales termoestables se aplican en múltiples campos.
- **Termoplásticos:** Este grupo de materiales plásticos, son resinas con una estructura molecular lineal que, al moldearse en caliente, no sufren ninguna modificación química. La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación, puede repetirse. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina y la reducción de las propiedades óptimas de trabajo de estos materiales.

Los dos últimos, tienen una aplicación similar y más dentro del proceso de inyección por lo que a la hora de elegir el material que necesitemos para la fabricación de nuestra pieza, deberemos atender a ambas clases de polímeros: para poder elegirlo deberemos atender a las propiedades mecánicas que necesitará nuestra pieza y para ello explicaremos las principales características mecánicas de cada uno de los 2 tipos de polímeros.

TABLA 1B RESINAS TERMOFIJAS

RESINAS TERMOFIJAS (resinas base)	SÍMBOLO ISO 1043	Denominación
Fenólicas	PF	resina fenol-formaldehído
Melamínicas	MF MPF	resina melamina-formaldehído resina melamina-fenol-formaldehído
Ureicas	UF	resina urea-formaldehído
Alquídicas	—	resina alquídica
Alfílicas	PDAP	resina alílica (polidial-ilftalato)
Epóxicas	EP	resina epóxica
Poliésteres insaturados	UP	resina poliéster (insaturada)
Poliuretanos (con estructura reticulada)	PUR	resina poliuretánica (rígida o flexible)
Silicónicas (con estructura reticulada)	SI	resina silicónica (rígida o flexible)

Figura 40 Tabla materiales termoestables

TABLA 1A RESINAS TERMOPLÁSTICAS

RESINAS TERMOPLÁSTICAS (resinas base)	Símbolo ISO 1043	Denominación
Acrílicas	PMMA	polimetil-metacrilato
Celulósicas	CA CAB CP	acetato de celulosa acetobutirato de celulosa propionato de celulosa
Estirénicas	PS SB ABS SAN*	poliestireno poliestireno alto impacto acrilonitrilo-butadieno-estireno acrilonitrilo-estireno
Vinílicas	PVC PVAC	cloruro de polivinilo poliacetato de vinilo
Polioléfinicas	PE PP	polietileno polipropileno
Poliacetalicas	POM	poliacetal (polio-simetileno)
Poliámidas**	PA 66 PA 6 PA 610 PA 11 PA 12	poliamida 66 poliamida 6 poliamida 610 poliamida 11 poliamida 12
Policarbonatos	PC	policarbonato
Poliésteres Termoplásticos	PBTP PETP	polibutilén-terefalato polibutilén-terefalato
Polifenilénicas	PPO*	polióxido de fenileno
Poliuretanos (con estructura lineal)	PUR	poliuretano termoplástico
Resinas Fluoro-carbónicas	FEP ETFC* PCTFE	fluoro etileno-propileno tetrafluoroetileno-etileno trifluoroetileno-policloro

Figura 41 Tabla materiales termoplásticos

Acrílico: Alta claridad óptica excelente, resistencia a la intemperie en exteriores; duro, superficie brillante; excelentes propiedades eléctricas, resistencia química aceptable; disponible en colores brillantes transparentes.

Celulósicos: Familia de materiales tenaces y duros; acetato, propionato, butirato de celulosa y etil celulosa. Los márgenes de las propiedades son amplios debido a las composiciones; disponible con diversos grados de resistencia a la intemperie, humedad y productos químicos; estabilidad dimensional de aceptable a mala; colores brillantes.

Nylon (poliamida): Familia de resinas usadas en ingeniería que tienen tenacidad y resistencia sobresalientes al desgaste, bajo coeficiente de fricción y propiedades eléctricas y resistencia química excelentes. Las resinas son higroscópicas; su estabilidad dimensional es peor que la de la mayoría de otros plásticos usados en ingeniería.

Óxido Fenileno: Excelente estabilidad dimensional (muy baja absorción de humedad); con propiedades mecánicas y eléctricas superiores sobre un amplio margen de temperaturas. Resiste la mayoría de los productos químicos, pero es atacado por algunos hidrocarburos.

Policarbonato: Tiene la más alta resistencia al impacto de los materiales transparentes rígidos; estabilidad en exteriores y resistencia a la deformación plástica bajo carga excelentes; resistencia a los productos químicos aceptable; algunos solventes aromáticos pueden causar agrietamiento al esfuerzo.

Poliéster: Estabilidad dimensional, propiedades eléctricas, tenacidad y resistencia química excelentes, excepto a los ácidos fuertes o bases; sensible al ranurado; no es adecuado para uso en exteriores o en instalaciones para agua caliente; también disponible en los termofraguantes.

Polietileno: Amplia variedad de grados: compuestos con densidad baja, mediana y alta. Los tipos BD son flexibles y tenaces. Los tipos MD y AD son más fuertes, más duros y más rígidos; todos son materiales de peso ligero, fáciles de procesar y de bajo costo; poca estabilidad dimensional y mala resistencia al calor; resistencia química y propiedades eléctricas excelentes. También se encuentra en el mercado polietileno de peso molecular ultra-alto.

Poliamida: Gran resistencia al calor y al envejecimiento por el calor. Resistencia al impacto y resistencia al desgaste altas; bajo coeficiente de expansión térmica; excelentes propiedades eléctricas; difícil de procesar por los métodos convencionales; alto costo.

Sulfuro de polifenileno: Resistencia sobresaliente química y térmica; excelente resistencia a baja temperatura; inerte a la mayoría de los compuestos químicos en un amplio

rango de temperaturas; inherentemente de lenta combustión. Requiere alta temperatura para su proceso.

Polipropileno: Resistencia sobresaliente a la flexión y al agrietamiento por esfuerzo; resistencia química y propiedades eléctricas excelentes; buena resistencia al impacto; buena estabilidad térmica; peso ligero, bajo costo, puede aplicársele una capa galvanoplástica.

Poliestireno: Bajo costo, fácil de procesar, material rígido, claro, quebradizo como el cristal; baja absorción de humedad, baja resistencia al calor, mala estabilidad en exteriores; con frecuencia se modifica para mejorar la resistencia al calor o al impacto.

Polisulfona: La más alta temperatura para la deflexión por calor entre los termoplásticos que se procesan por fusión; requiere alta temperatura de proceso; tenaz (pero sensible al ranurado), fuerte y rígido; propiedades eléctricas y estabilidad dimensional excelentes, a una alta temperatura puede aplicársele una capa galvanoplástica; alto costo.

Poliuretano: Material tenaz, de extrema resistencia a la abrasión y al impacto; propiedades eléctricas y resistencia química buenas; puede obtenerse en películas, modelos sólidos o espumas flexibles; la exposición a la radiación ultravioleta produce fragilidad, propiedades de menor calidad y color amarillo; también hay poliuretanos termofraguantes.

Cloruro de polivinilo: Muchos tipos disponibles; los rígidos son duros, tenaces y tienen excelentes propiedades eléctricas, estabilidad en exteriores y resistencia a la humedad y a los productos químicos; los flexibles son fáciles de procesar, pero tienen propiedades de menor calidad; la resistencia al calor va de baja a moderada para la mayoría de los tipos de PVC; bajo costo.

2.6.3 Máquina de inyección

La elección de la máquina de inyección se ha basado en la fuerza del cierre, la presión y el volumen de inyección y en las medidas exteriores del molde.

Para esta ocasión, la máquina escogida es de la casa SIEPLA, modelo D250/1100 tipo C.



Figura 42 Máquina de inyección

En la imagen siguiente, se muestra la tabla con las especificaciones de la máquina, así como las diferentes versiones y la elección tomada.

		Company	D250/1100		
			A	B	C
Unidad de Inyección	Diámetro husillo	mm	50	55	60
	Relación L/D	L/D	22.0	20.0	18.3
	Volumen de inyección (teórico)	cm ³	497	601	715
	Peso de inyección (PS)	g	452	547	651
	Presión de inyección	MPa	224.0	185.1	155.6
	Capacidad de inyección	cm ³ /s	195.3/224.0	236.3/271.0	281.3/322.5
	Carrera de inyección	mm		253	
	Velocidad de inyección	cm/s		10.0/11.4	
	Velocidad giro husillo	rpm		199/228	
Unidad de Cierre	Fuerza de cierre	KN		2500	
	Recorrido de apertura	mm		550	
	Distancia entre barras	mm		580x580	
	Máximo de molde	mm		600	
	Mínimo de molde	mm		250	
	Carrera de expulsión	mm		160	
	Fuerza expulsión	KN		67	
Otros	Número de expulsores	ud		9	
	Presión máxima bomba	MPa		17.5	
	Potencia motor	KW		22/30	
	Potencia calefacción	KW		17.1	
	Número de expulsores	Kg		50	
	Capacidad tanque de aceite	L		550	
Peso	T		8.2		

Figura 43 Tabla de datos de la máquina de inyección