

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN
PARA REJILLA DE VENTILACIÓN***

DOCUMENTO 2- MEMORIA

Alumno: Nieto Irureta, Eneko

Director: Lobato Gonzalez, Roberto

Curso: 2018-2019

Fecha: 20/10/2018

2. MEMORIA

2.1 OBJETO DEL PROYECTO	6
2.2 ALCANCE DEL PROYECTO	6
2.3 ANTECEDENTES	7
2.3.1 MOLDEO POR INYECCIÓN	7
2.3.2 Aspectos a tener en cuenta	8
2.3.2.1 Conicidad	8
2.3.2.2 Contracción	8
2.3.2.3 Redondeos	8
2.3.2.4 Tensiones internas	8
2.3.2.5 Rechupes	8
2.3.2.6 Líneas de soldadura	9
2.3.2.7 Acabado superficial	9
2.3.2.8 Contrasalidas	9
2.3.3 Materiales plásticos	10
2.3.3.1 ELASTÓMEROS	10
2.3.3.2 TERMOESTABLES	10
2.3.3.3 TERMOPLÁSTICOS	11
2.3.3.4 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PLÁSTICOS	14
2.3.3.5 MÉTODOS DE FABRICACIÓN PARA PLÁSTICOS	15
2.4 Máquina de inyección	20
2.4.1 Unidad de cierre	20
2.4.2 Unidad de plastificación	21
2.4.2.1 TOLVA	21
2.4.2.2 BARRIL DE INYECCIÓN	22
2.4.2.3 HUSILLO	22
2.4.2.4 VÁLVULA ANTIRRETORNO	23
2.4.2.5 BOQUILLA DE INYECCIÓN	23
2.4.2.6 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	23
2.4.3 Unidad de potencia	23
2.4.4 Unidad de control	24
2.4.5 Sistema de expulsión	24
2.5 Proceso de inyección	25
2.5.1 Cierre del molde	26
2.5.2 Inyección	27

2.5.2.1 DIAGRAMA TERMODINÁMICO DEL PROCESO DE INYECCIÓN	27
2.5.2.2 FASE DE INYECCIÓN	29
2.5.2.3 FASE DE MANTENIMIENTO (COMPACTACIÓN).....	30
2.5.2.4 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	31
2.5.3. Plastificación y dosificación.	33
2.5.4. Enfriamiento de la pieza	34
2.5.5. Apertura del molde y expulsión de la pieza.....	35
2.6 Molde de inyección.....	36
2.6.1. Parte fija o lado de inyección.....	37
2.6.1.1. PLACA SUPERIOR.....	38
2.6.1.2. PLACA PORTACAVIDADES	38
2.6.1.3. CENTRADOR	39
2.6.1.4. BEBEDERO, RAMALES DE DISTRIBUCIÓN Y ENTRADAS.....	39
2.6.1.5. CIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN	40
2.6.1.6. COLUMNAS GUÍA O COLUMNAS DEL MOLDE.....	40
2.6.2 Parte móvil o de expulsión.....	41
2.6.2.1. PLACA BASE.....	41
2.6.2.2. PLACA PORTANÚCLEOS.....	41
2.6.2.3. PLACA EXPULSORA.....	42
2.6.2.4. PLACAS LATERALES	43
2.6.2.6. EXPULSORES.....	43
2.6.2.8. LÍNEA DE PARTICIÓN	43
2.6.2.9. SALIDA DE GASES	44
2.6.2.10. AGUJEROS ROSCADOS Y CÁNCAMOS	44
2.6.3. Sistemas auxiliares de desmoldeo	44
2.6.3.1. CARROS LATERALES.....	44
2.7 Materiales utilizados.....	45
2.7.1 RESISTENCIA AL DESGASTE	45
2.7.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	46
2.7.3 RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	46
2.7.4 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	46
2.7.5 TENACIDAD	47
2.7.6 INTERCAMBIABILIDAD DEL ACERO	47
2.8 Fabricación de moldes	48
2.8.1 CONTRACCIÓN DE LA PIEZA	48
2.8.2 REDONDEOS DE CANTOS Y ESQUINAS.....	48

2.8.3	ÁNGULOS DE SALIDA.....	48
2.8.4	LÍNEAS DE SOLDADURA.....	49
2.8.5	RECHUPES	49
2.8.6	ACABADO SUPERFICIAL.....	49
2.9	Normas y referencias	50
2.9.1	Normas.....	50
2.9.2	Bibliografía	50

2.1 OBJETO DEL PROYECTO



Figura 1. Rejilla de ventilación del parachoques delantero del VW Polo 2012

La pieza a fabricar se trata de la rejilla de ventilación del parachoques delantero del automóvil Volkswagen Polo del año 2012. La pieza ha de fabricarse de plástico de tipo ABS puesto que es el material más utilizado en este tipo de piezas en la industria automovilística.

Al tratarse de una pieza de plástico, su fabricación se desarrollará mediante **moldeo por inyección**.

2.2 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto a realizar constará de tres partes diferenciadas:

Primero se procederá a realizar el diseño de la pieza deseada de acuerdo con las condiciones establecidas por el cliente.

En segundo lugar, se procederá a realizar los análisis necesarios para la posible fabricación del producto. Para ello, se utiliza el software de simulación *Moldflow*, que permite obtener los análisis mediante el método de elementos finitos.

Con él, se realizarán numerosos cálculos: tiempo de llenado, fuerza de cierre, calidad de las piezas inyectadas. También se podrá saber si se han producido faltas de llenado o líneas de soldadura. Estos datos permitirán optar por distintas alternativas para el diseño correcto del molde. Así con toda la información recogida se podrá calcular el tipo y la disposición de la refrigeración del molde, elegir el material más adecuado y cuales son el tamaño y las secciones de la distribución más adecuada para el diseño del molde. Asimismo, se calculará el tiempo de llenado del molde y el tiempo de la refrigeración y se podrá obtener una estimación del tiempo total del ciclo de moldeo.

En cuanto se cerciore que la fabricación de la pieza es viable, se procederá a iniciar la tercera parte del proyecto que consiste en el diseño del molde de donde posteriormente se sacarán los planos necesarios para la fabricación de las piezas no comerciales, así como la obtención de los elementos comerciales que sean necesarios para proceder a un buen montaje y funcionamiento del molde. También se utilizarán los resultados para la creación de piezas que no estén normalizadas.

2.3 ANTECEDENTES

2.3.1 MOLDEO POR INYECCIÓN

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, mediante el proceso de inyección, esta máquina era totalmente manual, años más tarde en el mismo país se creó una máquina para la inyección de plásticos accionada por cilindros neumáticos, pero no tuvo mucho éxito debido a que eran necesarias máquinas con presiones superiores.

El moldeo por inyección de termoplásticos es el procedimiento que ha experimentado un desarrollo mayor dentro de la industria del 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 menos trabajo posterior al moldeo para estar listas para su utilización lo que acelera de forma considerable la producción de piezas, abaratando así el precio.

En la mayor parte de los casos, las máquinas de inyección de tornillos y las de tipo 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.

Los equipos de moldeo por inyección que se emplean actualmente con más frecuencia pertenecen a los siguientes tipos:

- La prensa de inyección a pistón lleva una cámara de calentamiento y un pistón que obliga al material a entrar en el molde
- La máquina de preplastificación a pistón e inyección en una segunda etapa consta de un cilindro de calentamiento convencional y de un pistón; en este cilindro se plastifica el material por calor y se impulsa a una segunda cámara o cilindro, generalmente de mayor capacidad, desde donde se inyecta en el molde por la acción de otro pistón.
- La prensa de tornillo de dos etapas, lleva en la mayoría de los casos, un tornillo fijo para plastificar los gránulos de plástico y empujar el compuesto fundido a una cámara desde la cual se trasfiere al molde con la ayuda de un pistón.
- El torpedo rotatorio, que es una variante de la prensa de inyección a pistón descrita anteriormente, va accionado por un eje que le obliga a dar vueltas dentro del cilindro de calentamiento, independiente del pistón de inyección, ayudando con ello a la fusión de la granza de plástico. El llenado posterior del molde se logra con el movimiento hacia adelante del pistón de inyección.

2.3.2 Aspectos a tener en cuenta

2.3.2.1 Conicidad

La conicidad es un aspecto clave a la hora de extraer la pieza del molde. Esto se debe a que en estado fluido el material plástico llena perfectamente el hueco del molde, pero al solidificar, el material se contrae dificultando la extracción.

En nuestro caso, la pieza tiene caras perpendiculares a las que habrá que aplicarles los ángulos de desmoldeo mencionados.

2.3.2.2 Contracción

Conocer la contracción que posee nuestro material es imprescindible a la hora de diseñar el molde ya que, como ya hemos mencionado, al enfriarse, el material se contrae y por tanto deberemos diseñar la pieza con unas dimensiones ligeramente mayores a las originales. Estas dimensiones de diseño se obtienen multiplicando las dimensiones reales por un factor de contracción.

2.3.2.3 Redondeos

Deberemos evitar las aristas vivas y los ángulos rectos ya que en estos puntos, el fluido generará turbulencias debido al cambio brusco de dirección. Esto a su vez generará tensiones que desencadenan en deformaciones y que pueden ocasionar la ruptura de la pieza.

2.3.2.4 Tensiones internas

Deberemos evitar las aristas vivas y los ángulos rectos ya que en estos puntos, el fluido generará turbulencias debido al cambio brusco de dirección. Esto a su vez generará tensiones que desencadenan en deformaciones y que pueden ocasionar la ruptura de la pieza.

2.3.2.5 Rechupes

La causa de que aparezca este defecto es principalmente porque la parte de la pieza en contacto con el aire enfría a una velocidad mayor que la parte interior de la pieza y por ello se generan defectos en la pieza. A menudo estos defectos no son visibles porque se generan dentro del material. Esto se puede corregir reduciendo el espesor de la pieza o la velocidad de enfriamiento.

2.3.2.6 Líneas de soldadura

Las líneas de soldadura son otro de los defectos que puede provocar la ruptura de una pieza dado que provoca una gran debilidad allí donde se crea. La aparición de estas líneas se da allí donde se encuentran dos flujos de material a la hora del llenado del molde. Se suelen dar en piezas con más de un punto de inyección o alrededor de los agujeros.

2.3.2.7 Acabado superficial

Para obtener un buen acabado superficial en nuestra pieza necesitamos un buen acabado superficial en el molde (macho y cavidad). Para ello habrá que llevar a cabo una fabricación cuidadosa y ajustada.

Además, deberemos tener en cuenta el material del que está hecho el molde ya que debido al calor que van a soportar ambas partes, los elementos aditivos del acero pueden trastocar la apariencia de nuestra pieza.

2.3.2.8 Contrasalidas

Las contrasalidas son aquellas partes que requieren de una dirección de desmoldeo que no es perpendicular a la línea de partición, y que por esta razón quedarían atrapadas una vez la pieza estuviera acabada.

Para poder moldear estas partes lo que se hace es incorporar al molde unos carros laterales que ejercen de una especie de “machos móviles” que avanzan a la vez que se lleva a cabo el cierre del molde de tal forma que quedan en la posición necesaria.

2.3.3 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 resulta insuficiente para describir de forma clara 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 podrá contar con una multitud de materiales plásticos que se podrán descomponer en tres grandes familias.

2.3.3.1 ELASTÓMEROS

Los elastómeros son polímeros que se pueden estirar elásticamente y que después recuperan su forma y tamaño originales. Los enlaces que forman las uniones entre las moléculas solo pueden romperse a temperaturas elevadas.

Los elastómeros pueden tanto quemarse como ablandarse. Sin embargo, frecuentemente la temperatura a la que reblandecen es superior a la temperatura de ignición.

El grupo de elastómeros comprende los hules naturales (goma o caucho) o los hules sintéticos y se caracterizan por poder ser alargados 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. A menudo, no suelen ser materiales aptos para el moldeo por inyección.

2.3.3.2 TERMOESTABLES

Los polímeros termoestables, o resinas, son materiales que a temperatura ambiente son muy duros y rígidos, pero al mismo tiempo frágiles.

Se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada. También se pueden quemar, agrietar y carbonizar, pero no se reblandecen ni se funden, es por ello que no se pueden refundir.

Serán fundidas inicialmente por la acción del calor aunque posteriormente, si se continúa con la aplicación de este, se produce un cambio químico irreversible y se vuelven infusibles e insolubles, por lo que se han encontrado pocos métodos que permitan su reciclado.

Para producir este endurecimiento se necesitara 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 estos materiales se aplican en múltiples campos.

2.3.3.2.1 Plásticos de urea-formaldehido (UF)

Se trata de resinas incoloras de gran dureza y resistencia a la tracción. Se trabajan a compresión, inyección y transferencia. Su principal aplicación es la fabricación de adhesivos y lacas. También se emplean como aglomerantes de masas prensables y planchas de construcción.

2.3.3.2.2 Plásticos de melamina-formaldehido (MF)

Estos compuestos tienen gran estabilidad térmica, buenas cualidades eléctricas y una excelente resistencia a la humedad. Se utilizan en la fabricación de lacas, adhesivos, como aglomerantes en planchas de construcción y en masas prensables y productos laminados. Su principal aplicación es el recubrimiento de conglomerado y otros derivados de la madera.

Las masas de resina de melamina con carga de celulosa tienen mayor resistencia frente a la temperatura y al rayado que la mayoría de los termoplásticos, razón por la cual se utilizan mucho en la confección de vajillas.

2.3.3.3 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.

La característica principal de este tipo de material es que se ablandan a medida que se calientan. Gracias a esta propiedad este tipo de plásticos pueden ser refundidos en repetidas ocasiones. Así es posible reutilizarlo o reciclarlo simplemente volviéndolo a recalentar o remodelar.

A temperatura ambiente pueden ser blandos, duros y frágiles, incluso duros y tenaces. Sin embargo, al ser calentados se reblandecen, adquiriendo características de un líquido pastoso, lo que los hace óptimos para el moldeo. Sin embargo, no pueden ser utilizados a altas temperaturas.

2.3.3.3.1 Acrílico

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

2.3.3.3.2 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; disponibles con diversos grados de resistencia a la intemperie, humedad y productos químicos; estabilidad dimensional de aceptable a mala.

2.3.3.3.3 Nylon (poliamida)

Familia de resinas usadas en ingeniería que poseen una tenacidad y resistencia sobresaliente al desgaste, junto un 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.

2.3.3.3.4 Óxido fenileno

Excelente estabilidad dimensional; 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.

2.3.3.3.5 Poliéster

Excelente estabilidad dimensional; 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.

2.3.3.3.6 Sulfuro de polifenileno

Resistencia sobresaliente, excelente resistencia a baja temperatura; inerte a la mayoría de los compuestos químicos en un amplio rango de temperaturas; de lenta combustión, requiere altas temperaturas para su procesado.

2.3.3.3.7 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 alta temperatura puede aplicársele una capa galvanoplástica; alto costo.

2.3.3.3.8 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 le produce fragilidad, propiedades de menor calidad y color amarillo.

2.3.3.3.9 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.

2.3.3.3.10 Polietileno

Amplia variedad de grados: compuestos con densidad baja, media 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.

2.3.3.3.11 Poliamida

Gran resistencia al calor y al envejecimiento por el calor. Resistencia al impacto y resistencia al desgaste; tenacidad, capacidad para absorber agua, excelentes propiedades eléctricas; difícil de procesar por los métodos convencionales; alto costo.

2.3.3.3.12 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 y puede aplicársele una capa galvanoplástica.

2.3.3.3.13 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.

2.3.3.3.14 Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Es un material de gran tenacidad, incluso a baja temperatura. Además es duro y rígido; resistencia química aceptable; baja absorción de agua, por lo tanto buena estabilidad dimensional; alta resistencia a la abrasión; se recubre con una capa metálica con facilidad. El ABS se puede, en unas de sus variantes, cromar por electrólisis dándole distintos baños de metal a los cuales es receptivo.

Este será el material que conforme la pieza a moldear en este proyecto.

2.3.3.4 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PLÁSTICOS

Los materiales termoplásticos sometidos a tracción, no seguirán fielmente la ley de Hooke, según la cual dentro de ciertos límites, las deformaciones son proporcionales a la carga.

A temperaturas normales bajo carga constante, se producirá en los termoplásticos la deformación plástica. Esto implica, que una pieza moldeada bajo la acción de una carga constante prolongada en el tiempo, continuará deformándose y no importara que la carga unitaria sea inferior a la del punto de cedencia. Al aumentar la temperatura se disminuirá drásticamente su resistencia mecánica y en consecuencia disminuirá también la rigidez del producto con lo que se facilitara su deformación.

Los polímeros termoestables, son a su vez poco influenciados por las variaciones de temperatura. Se trata en general de plásticos rígidos, bastante frágiles, que al someterse a tracción se romperán sin presentar debilitamiento. Por tanto, las variables que influirán sobre el comportamiento mecánico y sobre la estabilidad de los materiales plásticos serán:

- Variación de la temperatura de trabajo y la absorción de agua.
- Tiempo de aplicación de la carga estática y fenómeno de deformación plástica.
- Esfuerzos dinámicos de larga duración que provocaran roturas por fatiga.
- Envejecimiento causado por la intemperie.
- Defectos en la estructura de la pieza debido a regulaciones hechas sin cuidado.

2.3.3.5 MÉTODOS DE FABRICACIÓN PARA PLÁSTICOS

Dentro de las técnicas de moldeo de plásticos se podrán optar por diferentes soluciones de fabricación principalmente dependiendo de la forma de la pieza a fabricar.

Es por esto que la industria ha desarrollado una serie de métodos de fabricación de manera que estos se puedan adaptar a las necesidades del cliente.

2.3.3.5.1 Moldeo por extrusión

En el moldeo por extrusión se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua.

A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Por lo tanto, será un proceso idóneo para piezas de gran longitud en comparación con su sección transversal que se mantendrá constante de manera que se podrá cortar el material extruido a la longitud deseada.

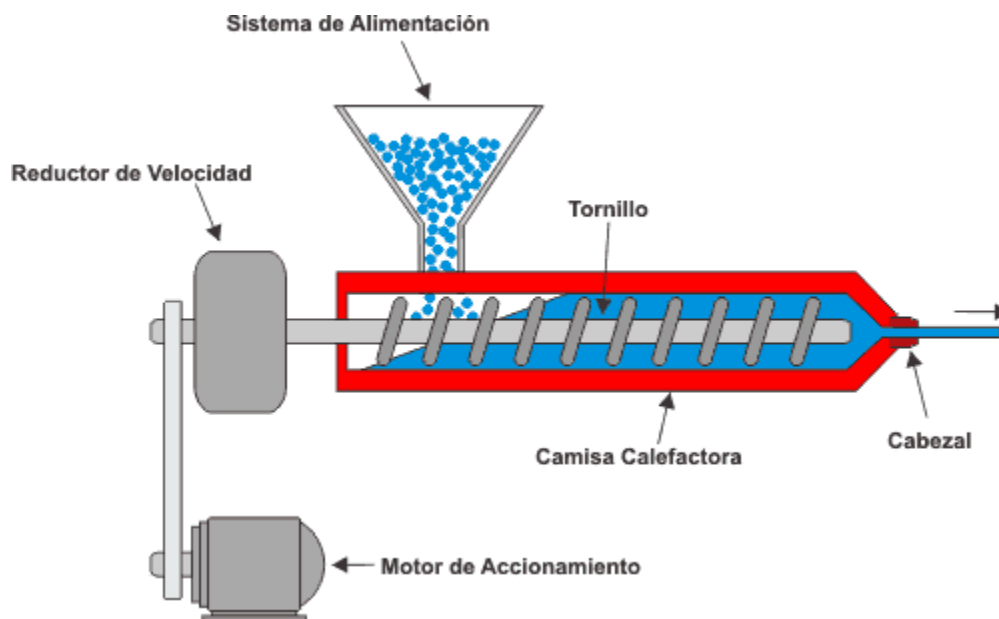


Figura 2. Extrusora

2.3.3.5.2 Moldeo por soplado

En general, todos los procesos de moldeo por soplado consisten en obtener una preforma, fijarla dentro de un molde de soplado y, a una temperatura específica de cada material para que tenga consistencia suficiente, inyectar aire en su interior para que se adapte a las paredes del molde, permitir su enfriamiento bajo presión y abrir el molde para extraerla cuando ha alcanzado suficiente consistencia.

El moldeo por soplado ofrece una serie de ventajas sobre otros procesos de gran serie, como la inyección, en tanto que permite contrasalidas, posibilidad de variar el espesor de la pared y, en función de las bajas presiones utilizadas, bajas tensiones residuales. Presenta, al mismo tiempo, factores de coste favorables.

El proceso permite utilizar plásticos con un peso molecular más elevado que, por ejemplo, la inyección, por lo que es posible obtener paredes más delgadas y resistencias más elevadas a igualdad de peso, y mejor comportamiento a los agentes ambientales y productos químicos que producen fisuración por tensiones.

Básicamente, el proceso consiste en obtener una preforma, situarla en un molde hueco en dos piezas que pinza uno o ambos extremos, inyectar aire a presión dentro de la preforma caliente para que conecte con las paredes del molde y tome su forma, permitir su enfriamiento y abrir el molde para retirar la pieza.

Además, las máquinas de soplado llevan incorporados varios elementos similares a los otros procesos como son: una unidad extrusora mediante la cual el material avanza dentro del hueco realizado. Más tarde, en un momento preciso se inyecta aire a presión de manera que el material se expande llegando a las paredes de la cavidad obteniendo el producto deseado.

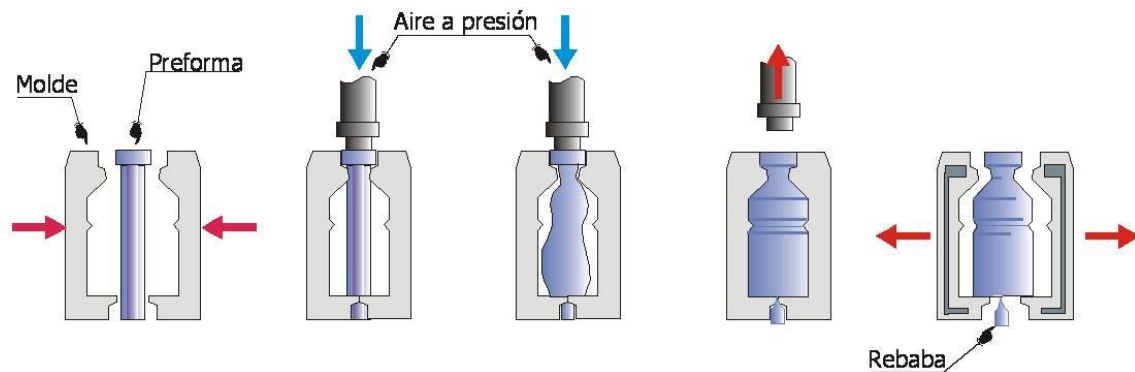


Figura 3. Moldeo por soplado. Esquema.

2.3.3.5.3 Moldeo por transferencia

En este proceso, dos materias primas diferentes se inyectan consecutivamente en cavidades diferentes de moldes, a través de boquillas separadas, para producir una parte moldeada individual. En primer lugar, en una cavidad se inyecta la primera materia prima, luego esta es transferida a otra cavidad, donde se inyecta la segunda materia. Cumplido este último paso, se evacua el producto terminado del molde.

En estos procesos especiales es necesario obtener una coordinación estrecha entre la máquina y el molde, a través del sistema de control. El molde y sus mecanismos determinaran el tamaño de la máquina para el proceso. Si existe un mecanismo de transferencia debe especificarse si debe hacerse una rotación en el molde mismo o si con un mecanismo robotizado o un sistema móvil se hace la función de transferencia.

Otra posibilidad es la de emplear una mesa rotatoria con varios moldes incorporados a ella. Si el molde debe rotar en la máquina, la diagonal del molde debe ser menor que la distancia entre las dos diagonales formadas entre las barras de unión de la máquina. Si se emplea una mesa rotacional se incrementara la altura del molde.

En cualquier caso se debe prestar atención especial al diseño del sistema de inyección de las partes moldeadas. Es absolutamente necesario que el eyector este acoplado con el molde a usarse. Los extractores de los centros moldeados y el programa de la secuencia de accionamiento son puntos a considerarse. El arreglo de las unidades de inyección, por otro lado, está determinado por cada aplicación.

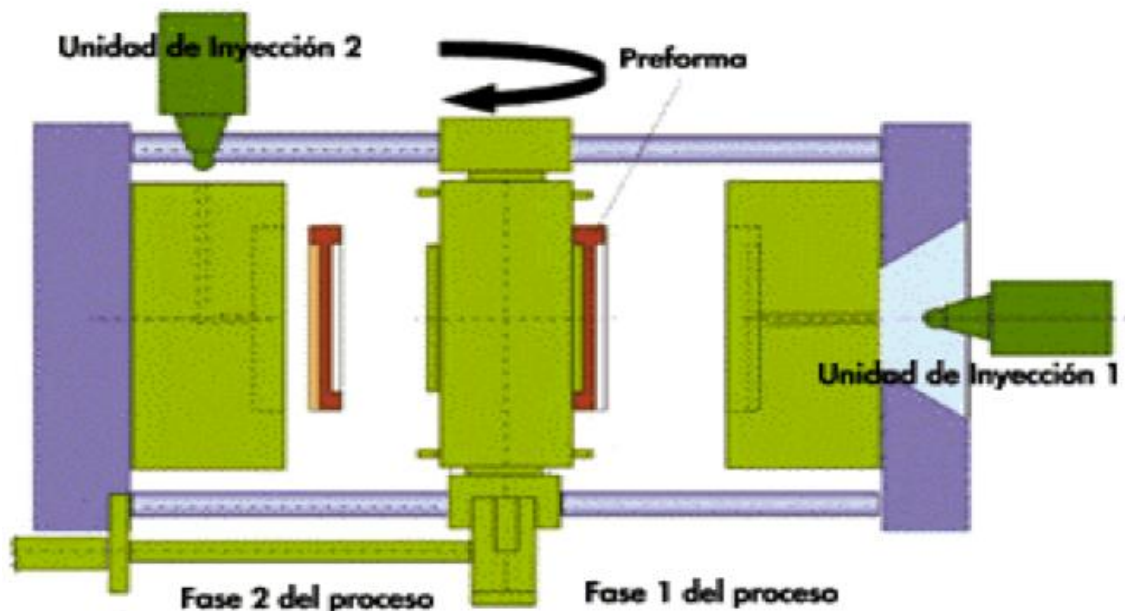


Figura 4. Moldeo por transferencia.

2.3.3.5.4 Moldeo por compresión o sandwich

La inyección en sándwich es una variación del proceso de co-inyección como se puede observar cuando se compara el proceso descrito en la figura superior, ya mencionada, con el proceso en sándwich de la figura inferior.

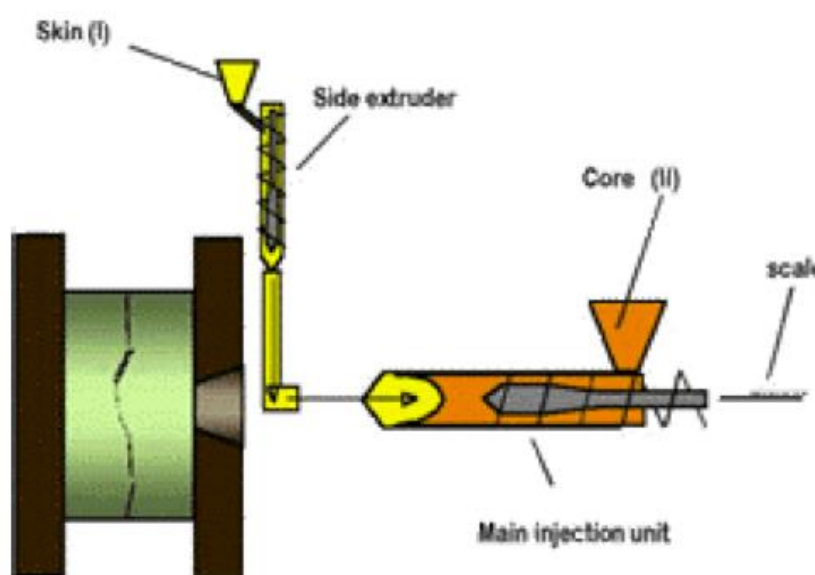


Figura 5. Moldeo por compresión.

Los dos materiales fundidos se acumulan de una manera consecutiva en un cilindro común y luego se inyectan en un solo paso de inyección en el interior de la cavidad del molde. Debido a la acción de empuje del material central que empuja hacia delante el material que conforma la piel del producto, se forman automáticamente las capas de piel externa y de material central de una manera intercalada en el molde.

El material central es plastificado en el extrusor principal de la máquina inyectora y el material que conforma la piel se plastifica en un extrusor auxiliar que se agrega a la máquina. El material fundido de la piel se introduce en el barril del extrusor principal haciendo uso de un sistema de dosificación volumétrica o con base en el control de la presión de la resina.

Normalmente, la introducción de este material en el barril se hace con poca resistencia de la presión del material central. Esta es la única modificación que se hace con respecto al proceso de moldeo tradicional y por ello es tan simple de aplicar.

2.3.3.5.5 Moldeo por inyección

El proceso de moldeo por inyección consiste esencialmente en: calentar el material termoplástico que viene en forma de polvo o gránulos también denominados pellets para transformarlo en una masa plástica en un cilindro llamado cilindro de plastificación dentro del cual la función principal la realiza el husillo de plastificación y de esta manera inyectarlo en la cavidad del molde donde ha sido previamente mecanizada la huella de las piezas a obtener.

Debido a que el molde es mantenido a una temperatura inferior al punto de fusión del material plástico, después de que este es inyectado, solidificará con rapidez.

Tras pasar por una serie de fases que se detallarán posteriormente, se pondrá fin al ciclo, y se expulsa la colada del material reiniciándose el proceso de inyección.

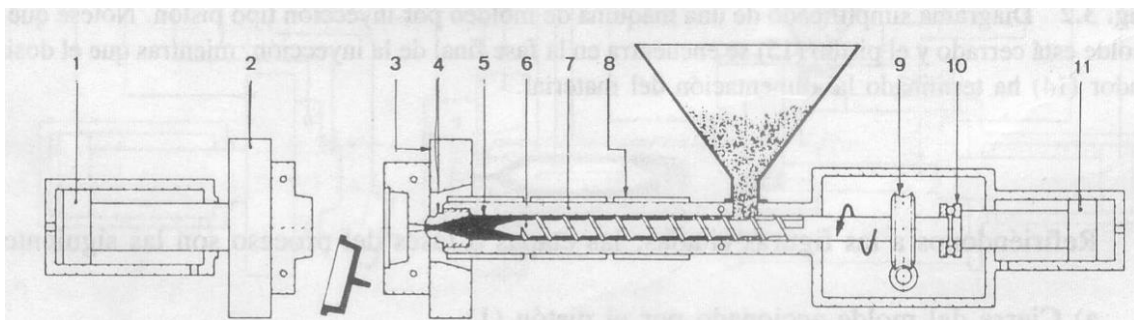


Figura 6. Moldeo por inyección.

Este es el tipo de moldeo que se va a utilizar en este proyecto para la realización de la pieza.

2.4 Máquina de inyección

Una vez definida la geometría de la pieza a fabricar y todos los parámetros correspondientes a su proceso de fabricación, en este apartado se van a tratar las distintas características de una máquina de inyección de plástico, así como las principales aplicaciones que aporta al moldeo.

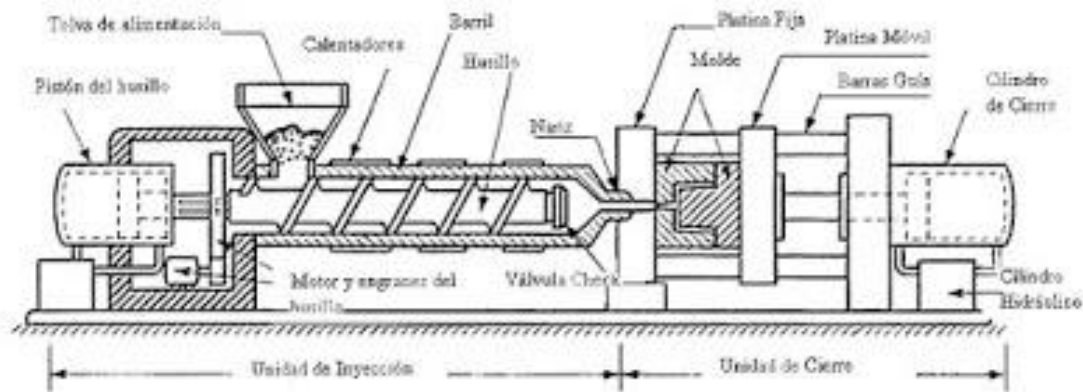


Figura 7. Partes de una máquina de inyección.

Las máquinas de moldeo por inyección poseen los siguientes módulos principales:

- Unidad de plastificación: plastifica e inyecta el polímero fundido.
- Unidad de cierre: soporta el molde y es el encargado de abrirlo y cerrarlo. Además contiene el sistema de expulsión.
- Unidad de potencia: suministra la potencia necesaria para el funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre.
- Unidad de control: es donde se establecen, controlan y monitorizan todos los parámetros del proceso: tiempos, temperaturas, presiones y velocidades.

2.4.1 Unidad de cierre

La unidad de cierre del molde es el componente de la máquina cuya función principal es soportar el molde: efectúa el cierre y la apertura del mismo tan rápidamente como es posible, lo mantiene cerrado durante la inyección y cuando el molde es abierto, expulsa la pieza moldeada, así mismo protege el cerrado del molde.

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.

$$F = P_m \times A_p$$

Donde:

F: Fuerza (N)

P_m: Presión media (Pa)

A_p: Área proyectada (m²)

2.4.2 Unidad de plastificación

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.

El material sólido es plastificado mediante el giro del tornillo a través de un barril de acero. Este cilindro va recubierto por bandas calefactoras para calentar y ayudar a fundir el material mientras avanza por el tornillo. El tornillo girará axialmente para inyectar el material plastificado hacia las cavidades del molde y mantenerlo bajo presión hasta que sea expulsado.

La unidad de plastificación consta de una unidad hidráulica que es la que transmite el movimiento lineal al husillo en el proceso de inyección.

2.4.2.1 TOLVA

La tolva es un contenedor, habitualmente de forma cónica, que alimenta a la máquina de inyección. El material a inyectar, en forma de gránulos, se deposita en la tolva de alimentación de la máquina. La misma está equipada para proporcionar las propiedades adecuadas del material (porcentaje de humedad del material, extracción de impurezas, etc.). Una vez introducido el material en la tolva, esta alimentará al husillo mediante gravedad.

Como el material, al haber sufrido mezclados previos, secados, transportes, etc., posee carga electrostática que implica que puedan atraer suciedades presentes en la fábrica tales como ceniza o polvo en suspensión, algo que puede afectar a la calidad de las piezas a moldear. 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 al llenado de la tolva.

2.4.2.2 BARRIL DE INYECCIÓN

El barril es un cilindro hueco de acero aleado capaz de soportar grandes presiones y temperaturas internas provocadas por la fricción de los gránulos y el husillo. Los barriles de moldeo por inyección son relativamente cortos comparados con los de extrusión. Permite el alojamiento del husillo y de las bandas calefactoras por su parte exterior, de manera que consistirá el armazón dentro del cual se ensamblan 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.

La entrada de alimentación al barril está conectada al anillo de enfriamiento de la tolva. El extremo de descarga se cierra directamente a un adaptador de boquilla. En esa zona, el barril puede soportar presiones de hasta 200 MPa durante la inyección.

Sobre el barril van montadas las bandas calefactoras, cuya función principal es mantener la temperatura del fundido y poder compensar las pérdidas de calor.

2.4.2.3 HUSILLO

El husillo es un tornillo que se encuentra situado dentro del barril. Se fabrica en materiales duros, pulidos y cromados para facilitar el movimiento del material sobre su superficie. El tornillo se encargará de recibir plástico, fundirlo, mezclarlo y alimentarlo en la zona delantera hasta que se reúna una cantidad suficiente para la inyección hacia el molde.

El funcionamiento de este elemento, estará destinado a, debido a la mala conductividad térmica de los plásticos, a transferir 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 la plastificación de la unidad de inyección al friccionar con el material plástico que permitirá, gracias a la forma de su espira en forma de hélice, que el giro permita ir avanzando el material. Este elemento permitirá además, homogeneizar la mezcla plastificada produciéndose así una mezcla óptima en su punto de inyección.

2.4.2.4 VÁLVULA ANTIRRETORNO

La función de esta válvula es dejar pasar el material libremente desde el husillo a la cámara de fundido durante el proceso de dosificación y evitar que el material fundido regrese durante el proceso de inyección.

Esta válvula es esencial para tener un proceso estable, ya que las fugas del material hacia el husillo provocarían una variación en el volumen inyectado del molde, repercutiendo en el peso y en la calidad de la pieza.

2.4.2.5 BOQUILLA DE INYECCIÓN

La boquilla es la punta de la unidad de plastificación y proporciona una conexión a prueba de derrames del barril al molde de inyección con una pérdida mínima de presión. La punta alinea la boquilla y el anillo de retención. En definitiva, será el elemento que conecte la zona de plastificación con el bebedero donde comenzará a producirse la colada.

Esta podrá ser abierta, 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.

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 bien plastificada, es por esto que tendrá gran importancia la correcta regulación de las temperaturas, presiones y velocidades de inyección.

2.4.2.6 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Está compuesto por múltiples bandas calefactoras, también llamadas resistencias, de manera independiente entre ellas tal que a medida que vaya trasegando el material se podrá ir variando la temperatura de cada una de las bandas llegando al final del cilindro en sus condiciones óptimas de inyección.

2.4.3 Unidad de potencia

Se trata del sistema que proporciona la potencia necesaria para el buen funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre. Los principales tipos de sistemas son:

- Sistemas de potencia eléctrico: Habitualmente se emplea en máquinas relativamente pequeñas. Este sistema se emplea para el giro del tornillo y para la apertura y cierre del molde. Cada sistema mecánico que los controla es accionado por un motor eléctrico independiente. El accionamiento del tornillo cuando se está realizando la inyección, lo ejecuta un cilindro hidráulico.

- Sistema de potencia hidráulico: Son los más comunes. Su funcionamiento se basa en la transformación de la potencia hidráulica del fluido en potencia mecánica. Las tuberías de conducción son las que en este tipo de sistemas llevan el fluido a presión a los pistones de inyección.

2.4.4 Unidad de control

Este sistema contiene un controlador lógico programable (PLC) y controladores PID para las resistencias eléctricas del barril y de la boquilla.

Por un lado, el PLC nos permite programar la secuencia del ciclo de inyección y recibe señales de alarma, por sobrepresión o finales de carrera, para detener el ciclo.

Mientras que, los controladores PID son los más adecuados para el control de temperatura debido a su elevada velocidad de respuesta para mantener la temperatura a los niveles requeridos.

2.4.5 Sistema de expulsión

Finalizando el ciclo se producirá la apertura del molde para extraer la pieza moldeada. Normalmente ésta se queda adherida a la parte del corazón del molde, por lo que es necesario utilizar un sistema que expulse las piezas sin dañarlas.

Este sistema está formado por diferentes elementos que constituirán el cuerpo del molde de inyección.

2.5 Proceso de inyección

El proceso de inyección resulta un proceso crucial en la fabricación de las piezas puesto 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 independientes entre sí de manera que para poder realizar un correcto graduado de la maquina se deberá recurrir de forma empírica comenzando por valores tabulados. Ahora se pasa 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.

La unidad de inyección tiene como misión principal: fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para conseguirlo, se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desee fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección tiene que atender a tres premisas termodinámicas.

- Las temperaturas de procesamiento del polímero
- La capacidad calorífica del polímero
- El calor latente de fusión

El proceso de fusión necesita de un aumento de la temperatura del polímero, resultante 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 del calor. Un aumento de la temperatura hace que disminuya la viscosidad del polímero fundido, por todo esto, 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.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, disponiendo la cámara de calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad del canal del husillo disminuye de forma gradual desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. Así, va aumentando de manera gradual la presión en la cámara.

Las principales características 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 este 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 implicara un menor coste.

El proceso de moldeo por inyección sigue una serie de etapas que completaran un ciclo que se repetirá para completar las piezas a producir.

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

2.5.1 Cierre del molde

Con el cierre del molde se inicia el ciclo, preparándolo para recibir la inyección del material fundido. En esta fase se aplica la fuerza de cierre, que es la fuerza que emplea la máquina para mantener cerrado el molde durante la inyección.

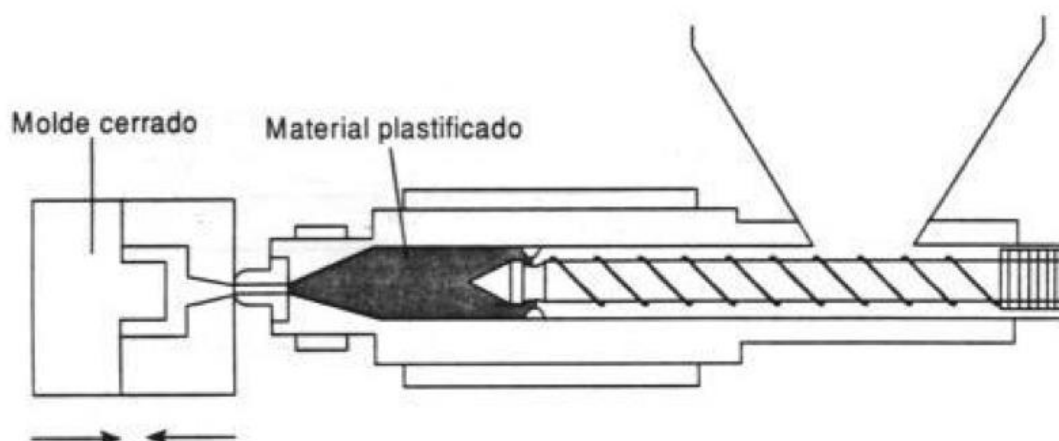


Figura 8. Esquema molde.

2.5.2 Inyección

Durante el proceso de inyección se pueden diferenciar dos fases: fase de inyección y fase de mantenimiento. También se explicara en qué consiste el diagrama del proceso de inyección.

2.5.2.1 DIAGRAMA TERMODINÁMICO DEL PROCESO DE INYECCIÓN

En el proceso de inyección, el plástico va sufriendo una serie de efectos termodinámicos ya que varía tanto su presión y temperatura, como su volumen a lo largo del ciclo. Estas tres variaciones quedan reflejadas en un diagrama PVT que será característico de cada material y que son realizados en laboratorios de manera experimental.

Dentro del proceso de inyección existirán 5 puntos clave en la transformación y por lo tanto 4 procesos principales de transformación. Se pueden observar en el siguiente diagrama.

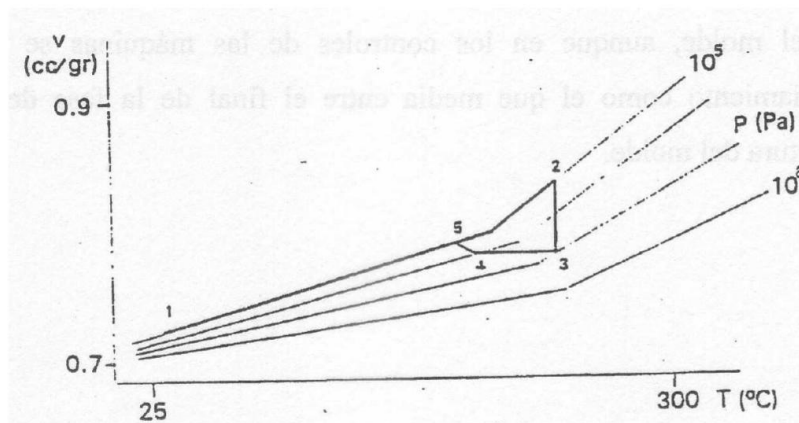


Figura 9. Diagrama P.V.T

Se estudiará la transición de cada una de las fases en las que se desarrolla la pieza a obtener desde el punto inicial que será su llegada a la tolva. Las temperaturas presiones y volúmenes estudiados serán aquellos presentes en el material y no los que se podrán graduar en la máquina de inyección aunque ambos valores estarán de alguna manera relacionados.

Fase 1-2

Esta fase se realizará en la propia máquina de inyección desde el punto de alimentación a la zona previa a la inyección. En este punto se producirá la plastificación del material donde pasará desde la temperatura ambiente a la temperatura de inyección. Este proceso se podrá considerar como un proceso isóbaro ya que no se produce una variación de presión relevante aunque no es nula ya que, con el objeto de conseguir una mezcla más homogénea, se aplica una ligera presión al material.

El material en su recorrido, se irá calentando e irá aumentando su volumen específico por lo que al ser el inverso de la densidad, ésta irá disminuyendo, además, su viscosidad hasta llegar a su punto óptimo en el punto de inyección.

Fase 2-3

Se relaciona con la 1ª fase de inyección de donde se produce el llenado del molde más su presurización. Se inicia en la zona de espera de la unidad de inyección y se intenta suministrar el material a lo largo del flujo a una velocidad alta con el objeto de llegar a todos los extremos de las piezas.

Si se tuviese una velocidad baja, la viscosidad aumentaría al irse enfriando a lo largo del molde, implicando la posible aparición de zonas frías. Para conseguir este suministro de velocidad alta, se debe suministrar un caudal elevado y esto implica una mayor caída de presión en el molde desde la boquilla al último punto de llenado del molde que debe ser suministrado por el sistema hidráulico de la máquina.

Se puede considerar por tanto el proceso como isoterma aunque realmente se produzca una pequeña variación de temperatura. Si se inyecta muy rápido se produce calentamiento por rozamiento, lo cual hace aumentar la temperatura por lo que observando el diagrama PVT el punto tres se desplazaría hacia la derecha y también a la inversa, inyectando a una velocidad baja se producen caídas de temperatura desplazándose el punto hacia la izquierda. La temperatura ideal será la que consiga que en todo momento el proceso se mantenga como isoterma siendo esto su condición ideal de inyección.

Fase 3-4

Se considera la segunda fase de inyección y será la fase de mantenimiento donde después de haber sido inyectado y presurizado el material, se debe continuar inyectando con el objeto de remediar dos efectos.

Por una parte, impedir que el material al estar presurizado no retroceda hacia la cámara de inyección produciéndose el conocido reflujo y por otra, al ir enfriándose el material, su volumen va disminuyendo por lo que se deberá tener una demasía de material para minimizar las contracciones producidas en el proceso de enfriamiento.

Esta presión se podrá seguir manteniendo hasta el punto 4, es decir, mientras el material de la pieza o la zona de entrada de material no se haya solidificado. En el momento en que el material solidifique la aplicación de esta presión sería inútil.

La situación ideal sería aquella en la cual la pieza se enfriase progresivamente desde el último punto en haber sido llenado hasta la entrada, siendo esta zona la última en ser solidificada permitiendo que progresivamente vaya siendo compensado la contracción de la pieza con la aplicación de la presión.

Por esto, realmente el perfil en el diagrama PVT será de diente de sierra compensando progresivamente las contracciones producidas mediante una modificación del perfil de presiones en la máquina de inyección.

Fase 4-5

Será la fase de enfriamiento del material aunque realmente se debe tener en cuenta que la temperatura va disminuyendo progresivamente desde el punto de inyección al entrar en contacto con el molde y que el enfriamiento también continuará una vez expulsada la pieza al haber terminado el ciclo de inyección. Por lo tanto definiremos ésta como fase de enfriamiento donde se va aplicando un perfil de presión decreciente en la máquina de inyección desde la fase de mantenimiento.

El punto cinco corresponderá con el momento en el que las piezas son expulsadas. En este punto la presión ya es atmosférica al haber ido decreciendo desde la fase de mantenimiento y en este punto será donde se definirá el valor de la contracción post-moldeo.

2.5.2.2 FASE DE INYECCIÓN

Una vez cerrado el molde y aplicada la fuerza de cierre, se inicia la fase de llenado del molde. El husillo de la unidad de inyección inserta el material fundido dentro del molde a una presión elevada. La duración de esta etapa depende de la cantidad de material a inyectar, es decir, desde unas décimas de segundo hasta varios segundos. Las variables más importantes del proceso son:

- Velocidad de inyección.
- Presión de inyección.
- Temperatura del material.

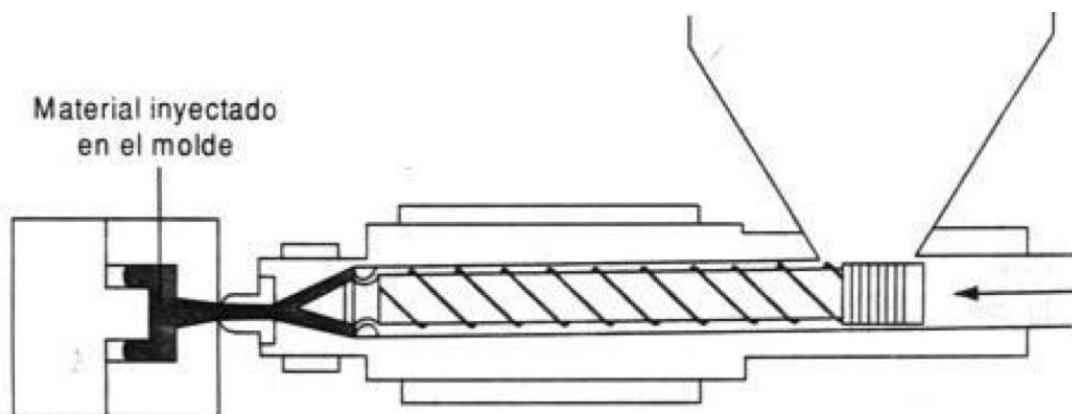


Figura 10. Esquema fase de inyección.

La unidad de cierre de la máquina moverá las dos mitades del molde para unir las herméticamente. La unidad de plastificación se moverá hacia el canal del molde. A continuación, el material es inyectado dentro del molde mediante el movimiento de avance del husillo. El material fundido se solidificará dentro de la cavidad para que la pieza moldeada pueda expulsarse. En cuanto el material interacciona con el molde en la operación de inyección, comienza a enfriarse y a solidificar. Por esta razón, la inyección debe ser un proceso rápido.

Cuando el material se funde se vuelve viscoso, lo que requiere grandes presiones. Sin embargo, en el interior del molde las presiones serán altísimas a causa de la inyección. Durante la inyección las dos mitades del molde están completamente presionadas por el efecto de la fuerza de cierre. Ésta contrarresta la presión de inyección, ejercida desde el interior por el material. Si la presión de inyección dentro del molde es mayor que la fuerza de cierre la línea de partición se abrirá, permitiendo así que el material escape de la cavidad.

2.5.2.3 FASE DE MANTENIMIENTO (COMPACTACIÓN)

Una vez inyectado el material, empezará a enfriarse, lo que provocará que el material se contraiga dentro del molde. Por este motivo, se añadirá más material para que el volumen de la pieza sea el deseado. Durante la fase de mantenimiento la presión de la pieza disminuye y la velocidad de inyección baja. Así se añadirá la cantidad suficiente de material para completar la pieza y compensar las contracciones.

Esta fase finalizará cuando la presión baja hasta la del entorno. Esta fase condiciona ciertas características de la pieza final, el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas. Las variables que más afectan son:

- Tiempo de mantenimiento de la segunda presión.
- Temperatura del molde.
- Nivel de presión de mantenimiento.
- Ajuste del tiempo de mantenimiento.

La presión de mantenimiento generalmente es más baja que la presión de inyección en el llenado, pero si es demasiado baja, o se aplica en un periodo muy corto, entonces se obtienen piezas defectuosas.

Cuando la fase de mantenimiento ha acabado, aún queda material sobrante en la cámara de inyección. Este cojín fundido facilita que la presión sea transmitida entre el tornillo y la cavidad. El mismo se inyecta en el siguiente ciclo, aprovechando todo el material fundido y evitando costes innecesarios.

2.5.2.4 SISTEMAS 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 debe atender al método mediante el cual el material 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 una película solidificada. El resultado es que actúa como un aislante térmico y mantiene el núcleo del flujo en buenas condiciones de temperatura para conseguir el llenado de las cavidades del molde. Este núcleo debe conservarse sin plastificar hasta que la pieza este 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 , resultando una bajada de presión proporcional a la bajada efectiva del volumen del flujo.

Los sistemas de distribución están divididos entre tres etapas: cono de colada, bebedero y entradas de material.

2.5.2.4.1 Bebedero

Zona hueca que divide la zona de alimentación de los canales de distribución.

Es un hueco que, con el objeto de facilitar su desmoldeo, se le tiende a aplicar una conicidad que irá generalmente entre uno y dos grados. Tiene por lo general sección circular y su diámetro está diseñado dependiendo de los parámetros geométricos de las piezas a moldear.

2.5.2.4.2 Canales

Son los mecanizados realizados a lo largo de la cavidad que permiten que el material llegue desde la boquilla de inyección a las piezas finales. Para ello se deberá intentar que estos canales, además de la colocación de las piezas a conseguir, sean lo más simétricos posibles con el objetivo de conseguir una correcta distribución de fuerzas a lo largo de la cavidad y el núcleo, ya que una mala distribución implicaría que la presión aplicada a una zona sea menor a otras lo que provocaría desgastes prematuros en unas zonas antes que en otras.

Se debe intentar que todas las piezas se llenen al mismo tiempo con el objetivo de que el enfriamiento se realice a la vez lo que permite un acortamiento del ciclo al disminuir la temperatura a lo largo de la colada de manera uniforme.

La elección, disposición y realización de los canales es muy importante ya que influye directamente en el éxito de las operaciones de moldeo. Se debe tener una sección transversal que permita al material plástico circular libremente, y una longitud lo más pequeña posible para disminuir la resistencia al flujo, las caídas de presión y las pérdidas de calor.

La resistencia al flujo a lo largo de los canales se puede controlar con el tamaño de los mismos. No deben tener marcas que puedan dar lugar a la retención del material y sus paredes han de pulirse en la dirección del flujo para dar mayor facilidad al deslizamiento del material. También hay que evitar las curvas demasiado bruscas y los ángulos agudos, que constituyen un obstáculo para el deslizamiento.

Las geometrías transversales más usuales son:

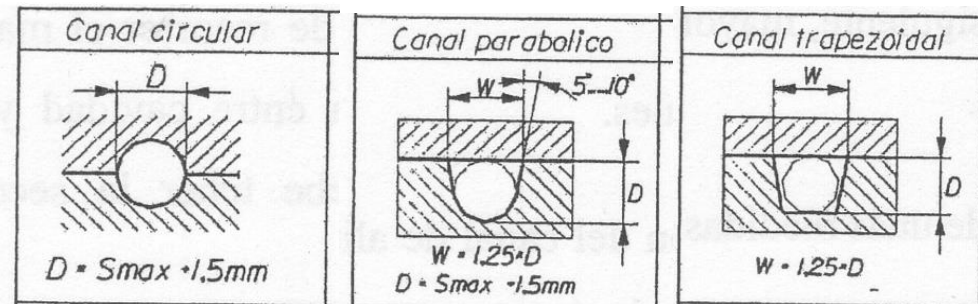


Figura 11. Secciones de los canales.

2.5.2.4.3 Entradas

Las entradas de material son los elementos que comunican las piezas a fabricar con los canales de distribución. Este elemento es el que está en contacto con la pieza a realizar y debe ser en su extremo lo más fina posible con el objetivo de conseguir que no queden marcas en la pieza tras ser eliminado el sistema de distribución y además que, el hecho de ser tan fina, no provoque un estrangulamiento del material ya que eso implica un mal acabado superficial en la zona de inyección de la pieza.

También se debe tener en cuenta la localización del punto de inyección ya que una mala elección puede provocar un aumento de líneas de soldadura y otro tipo de imperfecciones pudiendo llegar incluso a producirse faltas de llenado de las piezas.

El tipo de entrada depende generalmente de los puntos ideales de inyección de la pieza y pueden tener una multitud de configuraciones.

El tamaño y forma de la entrada depende de los siguientes factores:

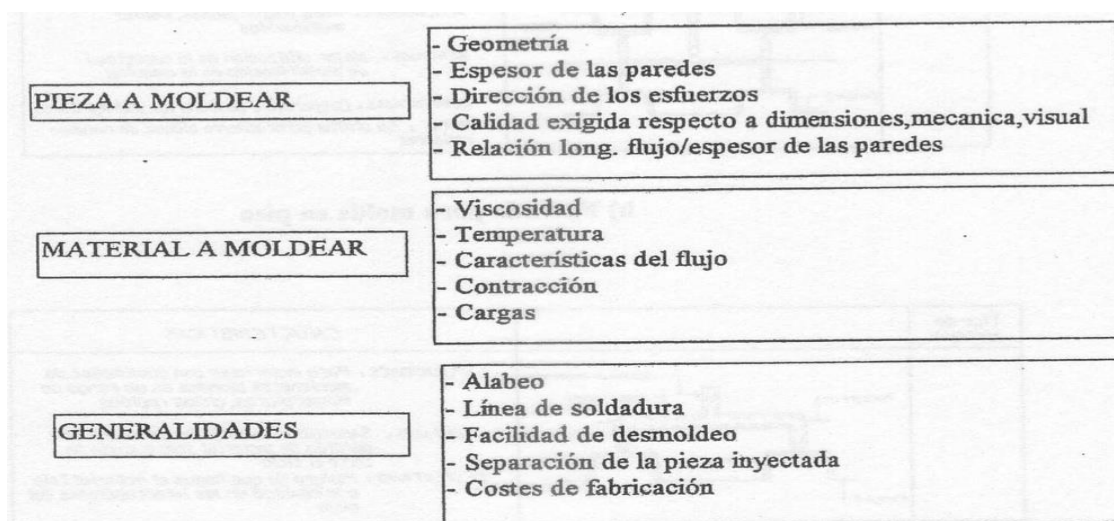


Figura 12. Factores de las entradas.

2.5.3. Plastificación y dosificación.

Paralelamente a la etapa de enfriamiento tiene lugar esta fase. Después de aplicar la presión de mantenimiento, comienza a girar el husillo. A medida que transporta el material hacia delante, este sufre un retroceso debido a la acumulación que se produce en la zona delantera. En el momento en que se produce este retroceso se podrá inyectar la siguiente pieza.

En la etapa de plastificación también intervienen otros factores importantes:

- Velocidad de giro del husillo.
- Contrapresión.
- Succión.

La velocidad de giro del husillo debe escogerse en función del diámetro del mismo y de la viscosidad del material. La velocidad óptima, es aquella para la que el tiempo de carga es igual al tiempo de refrigeración que necesita la pieza inyectada.

La contrapresión tiene el objetivo de garantizar una adecuada plastificación y homogeneización del material y frenar el retroceso del husillo en la etapa de plastificación. Contrapresiones bajas pueden dar lugar a piezas inconsistentes y una insuficiente homogeneización del material. La succión se utiliza para reducir el goteo de material.



Figura 13. Esquema fase plastificación.

2.5.4. Enfriamiento de la pieza

Comienza simultáneamente con la de inyección, dado que el material empieza a enfriarse tan pronto y toca la pared del molde. Finaliza cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su extracción. La variable que más afecta a esta fase es la temperatura del molde.

Durante la fase de llenado y mantenimiento, el material dentro de la cavidad ya ha comenzado a solidificarse contra la pared del molde que está más fría.

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 más 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 se enfríe hasta la temperatura de expulsión, es suficiente que estén frías las regiones externas de la pieza. Durante la fase de enfriamiento se prepara el material en la unidad de plastificación, para la próxima inyección.

El enfriamiento se realiza mediante el sistema de refrigeración que consta de una serie de orificios practicados en la placa de cavidades y de un diámetro concreto que, al ser colocados próximos a la colada de inyección, y al circular agua generalmente a temperatura ambiente, permiten el enfriamiento de las piezas de la manera más rápida posible con el objetivo de conseguir un acortamiento de ciclo de manera que este resulte lo más económico posible.

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

En términos generales se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- La diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del circuito de refrigeración no debe ser superior a 5°C
- El sistema no debe tener excesivos ángulos rectos.
- Se debe tener en cuenta la distancia entre los conductos de refrigeración y la distancia a las piezas de manera que el agua de los conductos absorba el calor necesario que será emanado por las piezas en su proceso de inyección de manera que se produzca de forma óptima.

2.5.5. Apertura del molde y expulsión de la pieza

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

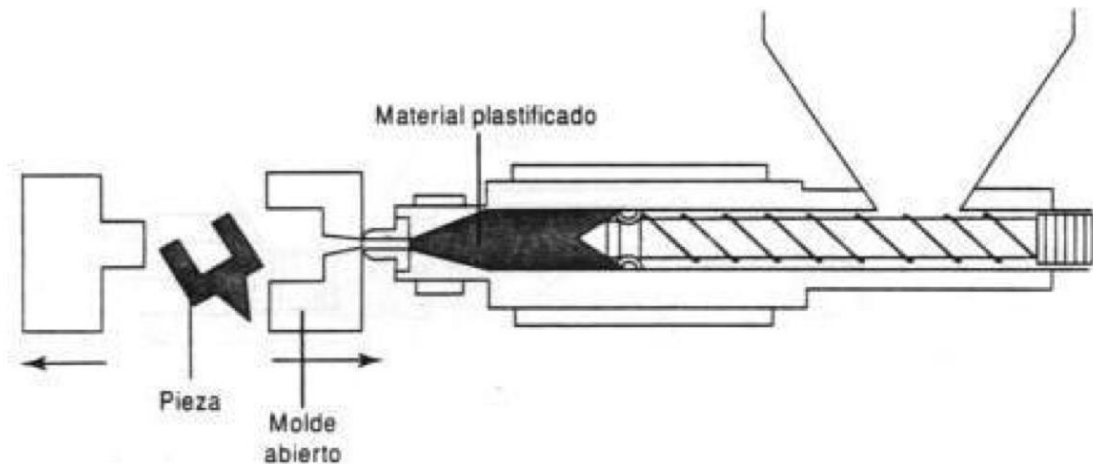


Figura 14. Esquema fase apertura del molde.

Para ello se procede a la apertura del molde en el que la colada quede alojada dentro de la parte móvil y el propio sistema de cierre acciona la placa expulsora empujando la placa porta-expulsora que a su vez expulsa las piezas inyectadas tras accionar los expulsores. Estos expulsores son varillas comerciales que quedan alojadas entre las dos placas antes mencionadas y para proceder a su diseño se debe comprobar la resistencia a pandeo de los mismos ya que al aplicarse la presión de inyección y la segunda presión, estas actúan sobre la parte superior de los expulsores pudiendo deformarlos.

2.6 Molde de inyección

En la actualidad, existen diferentes tipos de molde de inyección. Los mas comunes son los siguientes:

- Molde de dos placas: este tipo de moldes es el más utilizado en la inyección de plásticos, debido a su sencillez de construcción y a la gran variedad de productos que se pueden hacer con este tipo de moldes.

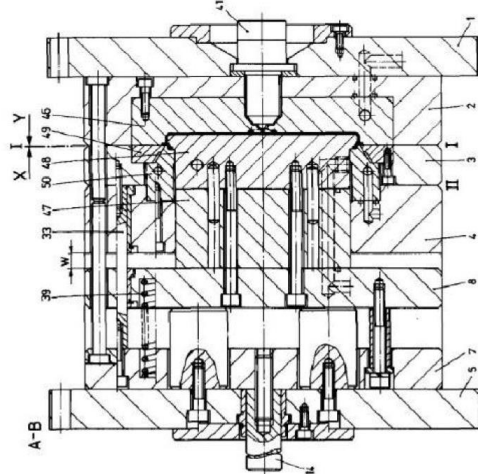


Figura 15. Molde de dos placas.

- Molde de tres placas: con la fabricación del molde de tres placas se tiene dos planos de separación, con lo cual la ruptura de la colada es relativamente limpia si no está situada en superficies vistas o de función, no es necesario ningún proceso posterior para desprender la colada.

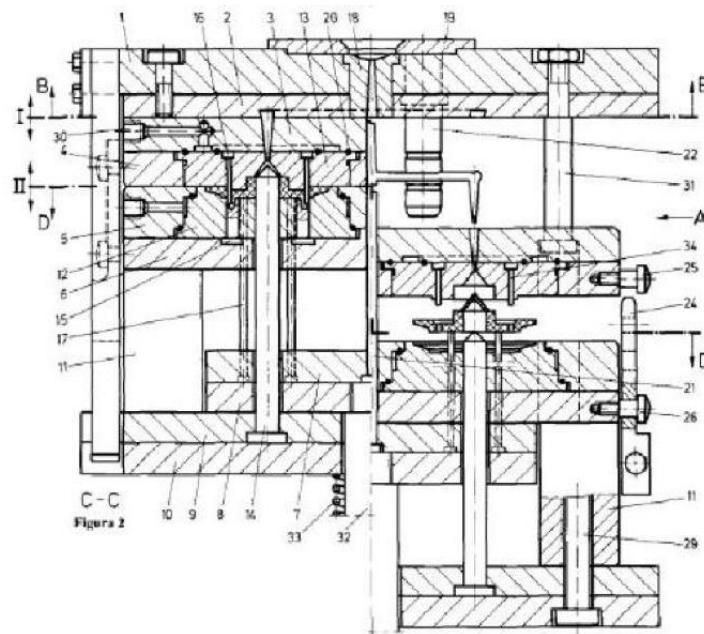


Figura 16. Molde de tres placas.

- Molde de pisos (sándwich): la construcción de este tipo de molde ofrece la posibilidad de incluir en el molde un número de piezas tal que la capacidad de la máquina se aprovecha ampliamente. En este tipo de moldes existen dos planos de apertura.

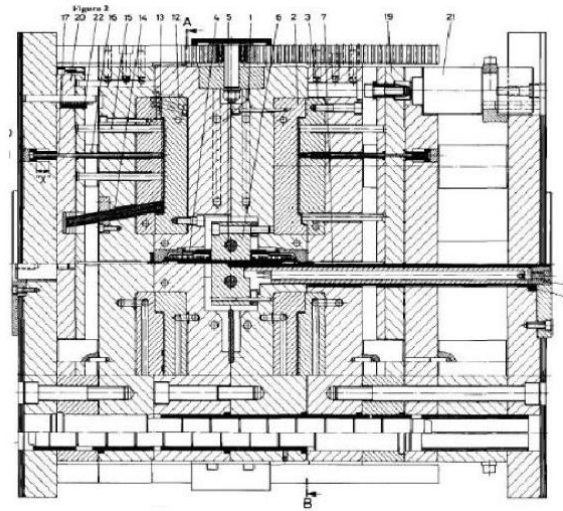


Figura 17. Molde sándwich

En nuestro caso, se va a diseñar un **molde de dos placas** y de una única cavidad puesto que la pieza a fabricar es de grandes dimensiones pero de geometría relativamente sencilla.

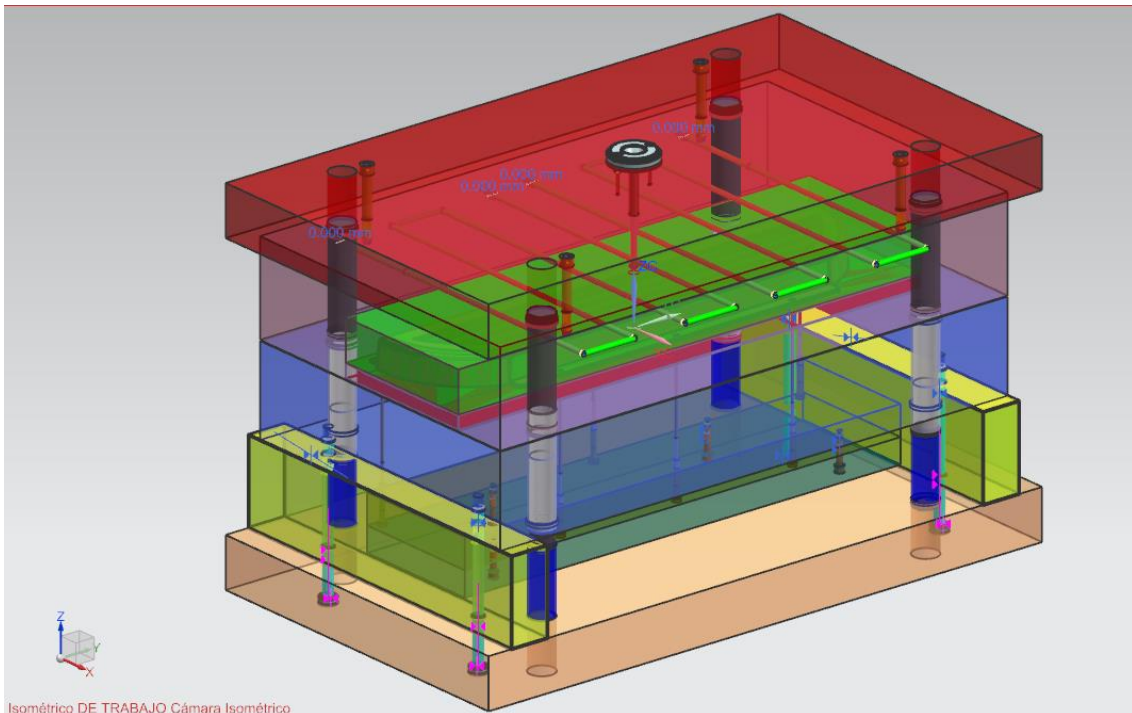


Figura 18. Molde modelizado en CAD.

2.6.1. Parte fija o lado de inyección

Recibe este nombre por ser la parte del molde que no se mueve cuando la máquina de inyectar realiza todo sus movimientos. Está sujeta al plato fijo de la máquina, y es donde apoya el cilindro de inyección de la máquina, para introducir en el molde el plástico fundido. Es decir, es la parte más cercana al grupo de inyección.

A su vez, la parte fija estará formada por diferentes elementos.

2.6.1.1. PLACA SUPERIOR

Es una placa de metal cuyas dimensiones se adecúan para que el tamaño de pieza a inyectar permita espacios libres por donde se podrá sujetar mediante bridas al plato fijo de la máquina. El grosor de ésta será lo suficiente, para evitar deformaciones y dependerá del peso total del molde.

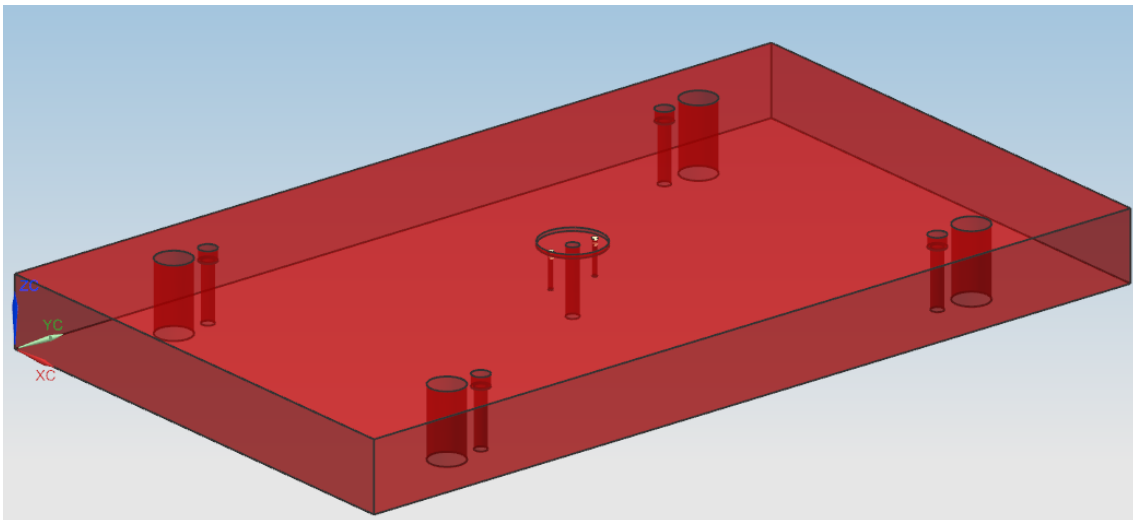


Figura 19. Placa superior

2.6.1.2. PLACA PORTACAVIDADES

Estas placas son donde se realizan las figuras de la pieza, bien sea como postizos ajustados en la misma, o directamente labradas sobre ella. La hembra llamada cavidad suele realizarse en la parte fija del molde. El macho también llamado núcleo se realiza en la parte móvil del molde.

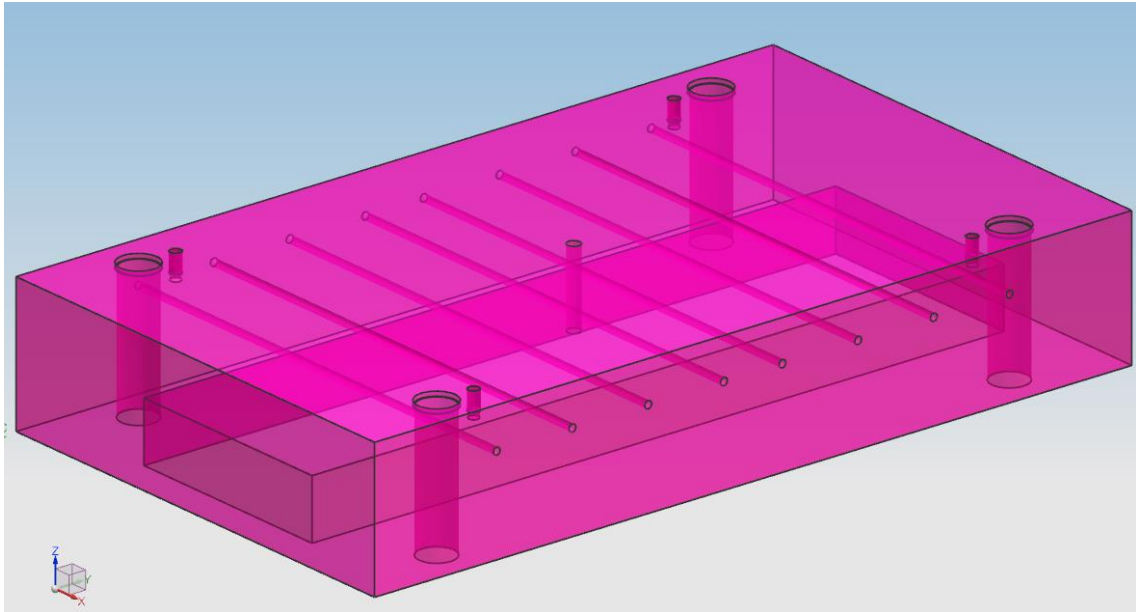


Figura 20. Portacavidades

2.6.1.3. CENTRADOR

Sirve para centrar el molde en la máquina. Suele ser redondo y sobresale de la placa base. Lo que sobresale entra ajustadamente en el plato fijo de la máquina. Así una vez centrado el molde en el cilindro de inyección de la máquina, coincide con el orificio por donde tiene que entrar el plástico fundido en el molde.

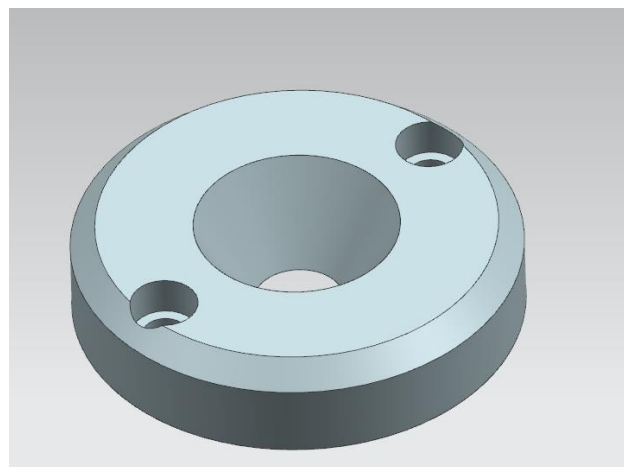


Figura 21. Anillo centrador

2.6.1.4. BEBEDERO, ANILLOS DE PROTECCIÓN Y PLACAS

Son huecos creados en el molde, que sirven para que el plástico fundido que viene del cilindro de inyección de la máquina, pueda llegar a través de ellos hasta los huecos que tienen la forma de la pieza.

La mazarota es el primer tramo, donde la boquilla de la máquina apoya ajustándose al molde. Tras la mazarota se sitúan los ramales de distribución primarios y secundarios.

Los bebederos y entradas a la pieza son conductos que se llenan de plástico y que no forman parte de la pieza, cuando el plástico se enfría constituyen una merma del material empleado, llamada colada, que tiene que ser minimizada con un estudio minucioso de las mismas.

También es posible mantener estos conductos a una temperatura lo suficientemente alta, mediante resistencias integradas en el molde, que mantenga el plástico fundido sin llegar a degradarse. Con ello se evita la merma de las coladas y entonces se estaría hablando de moldes con cámaras calientes.

2.6.1.5. CIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN

La refrigeración se realiza mediante una serie de circuitos, tanto en el interior de la placa portafiguras como en los postizos que tienen las figuras de la pieza, por donde pasa el líquido refrigerante.

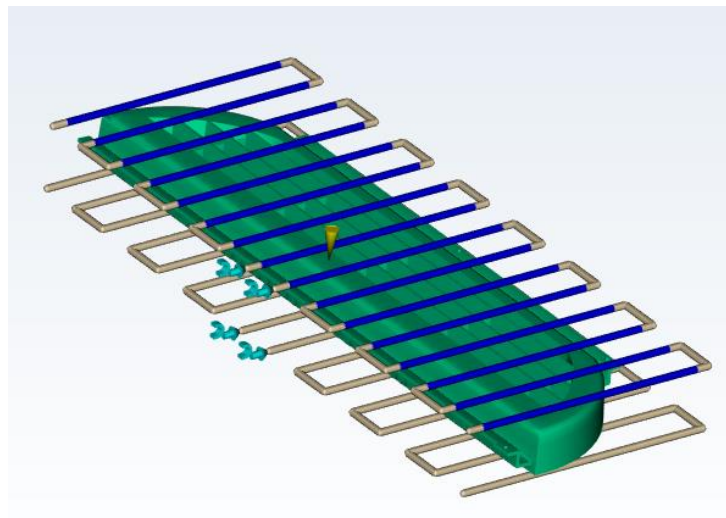


Figura 22. Sistema de refrigeración

Con este sistema, se establecerá un equilibrio entre la cantidad de calor que se suministra al molde con el plástico fundido, y la cantidad de calor que se le quita con el líquido refrigerante. El ciclo tiene que ser el menor posible para que mantenga las piezas con la calidad requerida.

2.6.1.6. COLUMNAS GUÍA O COLUMNAS DEL MOLDE

Ambas partes del molde tienen un sistema de guías en una parte y de agujeros guía en la otra, que aseguran un perfecto acoplamiento de las partes, evitando movimientos de una de ellas respecto de la otra cuando recibe la presión del plástico fundido que llega a las cavidades. Permite también el poder realizar los ajustes finos de ambas partes, en las fases de construcción o reparación del molde.

2.6.2 Parte móvil o de expulsión

Es la parte que está sujeta al plato móvil de la máquina y se mueve solidariamente con ésta. También es donde normalmente se ubica el sistema de expulsión de la pieza cuando ésta está terminada.

2.6.2.1. PLACA BASE

Sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la máquina de inyección. A diferencia de la anterior, esta placa no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada del vástago expulsor de la máquina hasta la placa expulsora del molde.

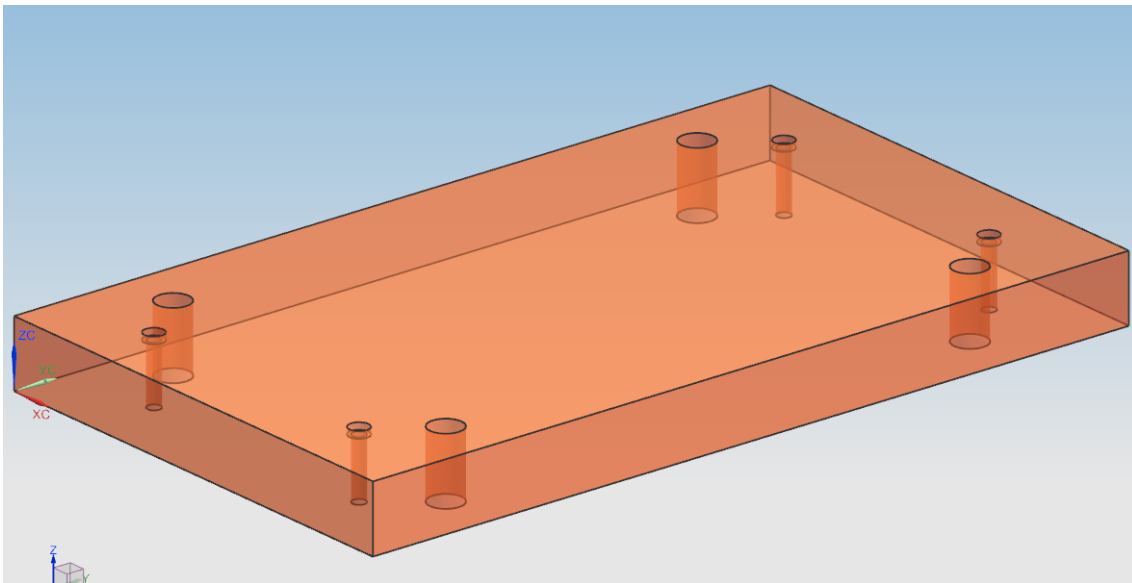


Figura 23. Placa base

2.6.2.2. PLACA PORTANÚCLEOS

Como ya se ha mencionado anteriormente son las placas donde se realizan las figuras de la pieza. En la parte móvil del molde también se realizan las figuras mediante postizos ajustados o directamente sobre ella.

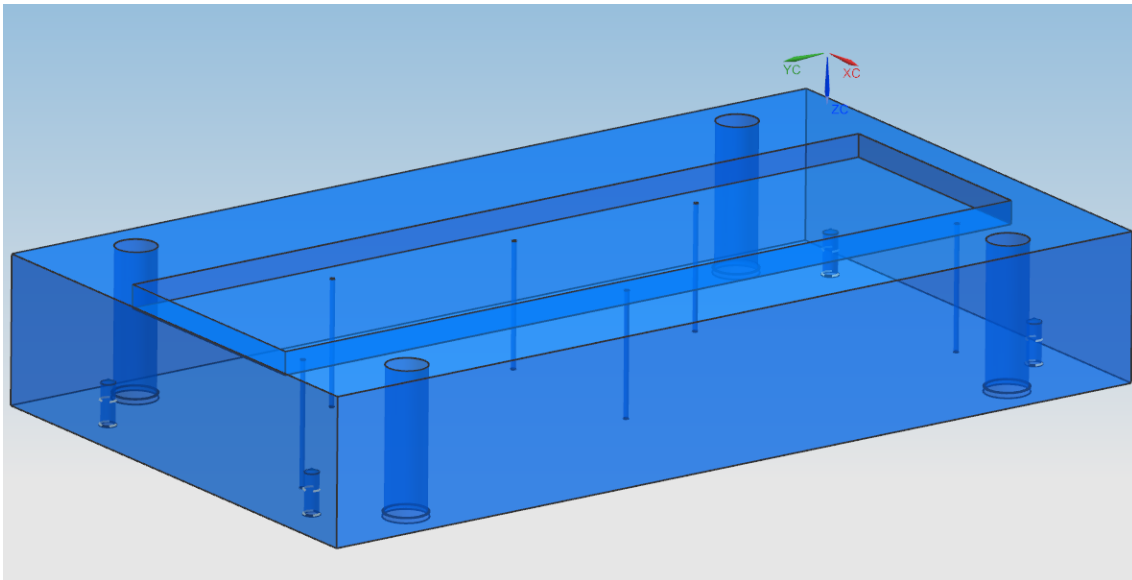


Figura 24. Portanúcleos

2.6.2.3. PLACA EXPULSORA

Es una placa doble que lleva los expulsores y recuperadores. Va flotante y guiada en un determinado espacio dentro de esta mitad del molde y cuya misión consiste en extraer la pieza con los expulsores que aloja cuando el vástago de expulsión de la máquina hace presión sobre la misma. Mediante los recuperadores lleva la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre del molde.

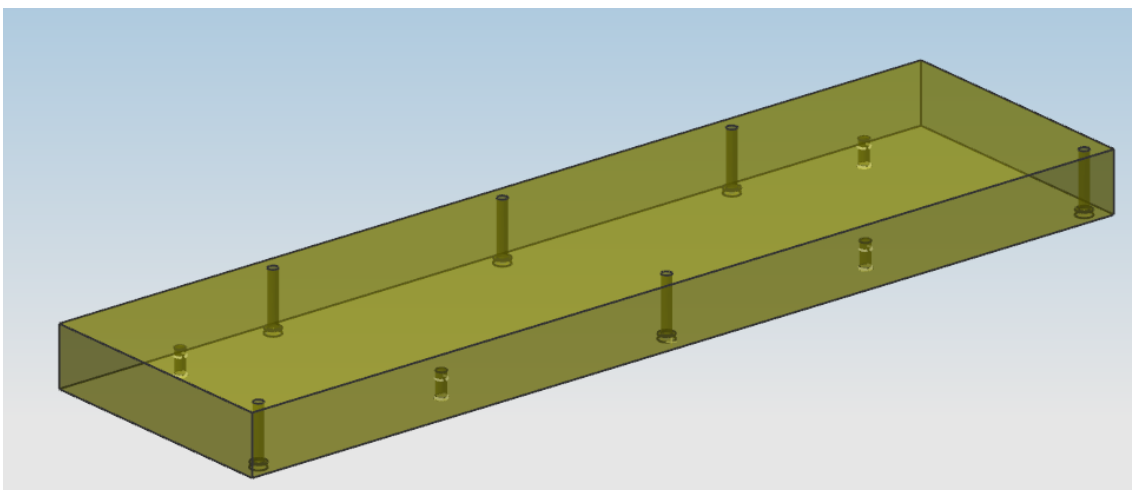


Figura 25. Placa expulsora

2.6.2.4. PLACAS LATERALES

Son gruesos de hierro, puestos a ambos lados del molde, sujetos a la placa base y placa portafiguras mediante tornillos, creando un hueco central entre las dos placas, por donde se deslizara mediante guías la placa expulsora.

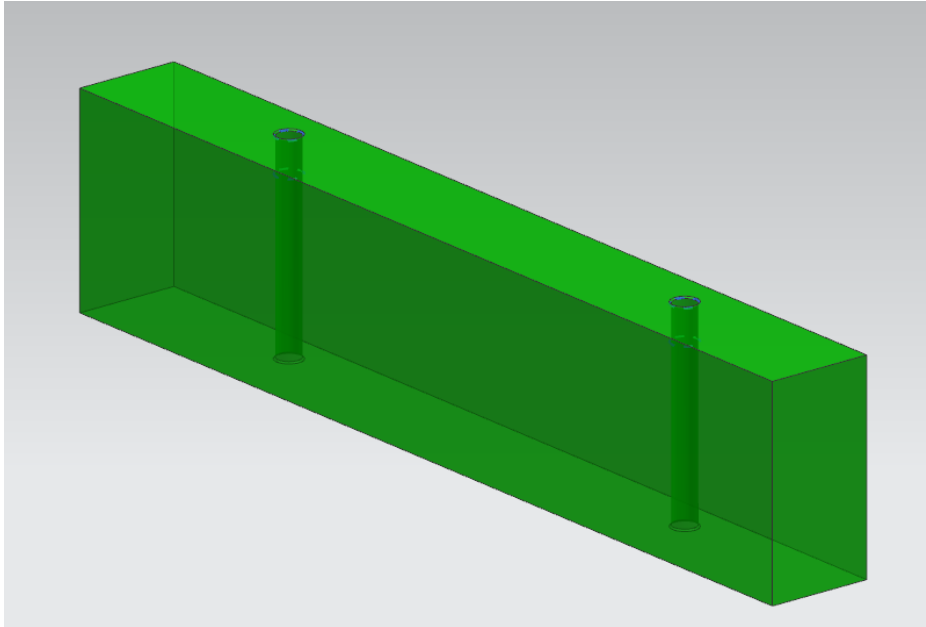


Figura 26. Placa lateral

2.6.2.6. EXPULSORES

Pueden tener diferentes formas, según la pieza, aunque lo común es que sean de forma cilíndrica o laminar. Su situación, en un extremo la placa expulsora y en el otro formando parte de la superficie en contacto con el plástico, hace de transmisor directo en la extracción de la pieza de la cavidad del molde donde se aloja.

Con el enfriamiento de la pieza, al solidificarse el molde, se produce una contracción volumétrica de la pieza moldeada provocando dos fenómenos: la separación de las partes cóncavas del molde y la adherencia en las partes convexas.

2.6.2.8. LÍNEA DE PARTICIÓN

Se trata de una zona alrededor de las figuras donde ambas partes del molde se tocan, creando el límite de llenado de la cavidad. El ajuste tiene que ser perfecto para evitar que existan sobrantes de material en la pieza. La comprobación del ajuste del molde consistirá en pintar una de las caras, presionando después ambas partes y comprobando después que la fabricación del molde es correcta.

2.6.2.9. SALIDA DE GASES

Son pequeñas ranuras creadas de forma precisa en el molde. Están situadas principalmente en las terminaciones de llenado de las piezas y permiten que el aire existente en los huecos de la cavidad al llenar, junto con los gases que se generan en la inyección, tenga huecos en el ajuste para salir. Estas salidas tendrán el tamaño adecuado para que salgan los gases pero no el plástico líquido.

2.6.2.10. AGUJEROS ROSCADOS Y CÁNCAMOS

El molde posee en todas sus placas de agujeros roscados de orificio suficiente para el enroscado de cáncamos, que serán utilizados en el manejo del molde.

2.6.3. Sistemas auxiliares de desmoldeo

En ocasiones, la construcción y posterior desmoldeo de las piezas se complica a causa de la geometría de esta: ángulos negativos o formas no reproducibles con un molde convencional. Estas son algunas de las causas por las que se deberán añadir sistemas auxiliares de desmoldeo.

2.6.3.1. CARROS LATERALES

Cuando la pieza tiene ángulos de salida negativos o bien geometrías negativas que impiden la expulsión, es necesario instalar carros laterales que entren y salgan con ayuda de pernos inclinados. Al abrirse el molde estos pernos moverán los carros hacia fuera liberando las geometrías negativas.

También pueden auxiliarse de expulsores, levas, pistones hidráulicos y placas expulsoras.

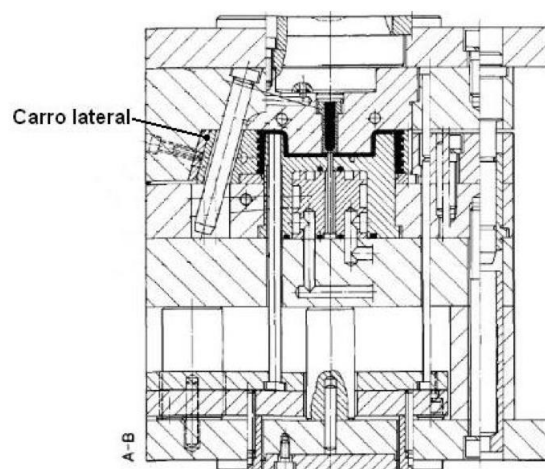


Figura 27. Carro lateral.

2.7 Materiales utilizados

Normalmente el costo de acero de un molde representa solo entre el 5% y el 10% del costo total de dicho molde. Es incluso una parte todavía más pequeña del costo total de fabricación. Por otro lado el costo excesivo del mantenimiento del molde, por ejemplo, el repulido, limpieza, remplazo de partes dañadas o rotas, debe tenerse también en consideración. Todo ello incrementa los paros de trabajo y los costos de fabricación. En el peor de los casos conllevaría posibles problemas de incumplimiento de plazo de entrega, pérdida de confianza del cliente, etc.

También se deberá tener en cuenta que se debe especificar un acero de alta calidad en zonas que se precise ya que de no ser así, los costos podrían dispararse enormemente. Es por esto que la elección del material del molde deberá ajustarse a su ámbito de aplicación teniendo calidades medias en elementos auxiliares y optando por calidades altas principalmente en la cavidad y núcleo del molde.

Es por esto que se puede diferenciar entre los materiales utilizados para bloques de sujeción como los zócalos, placa expulsora y portaexpulsores, etc., que serán generalmente de calidad media, de los principalmente destinados a la cavidad y el núcleo que tendrán una calidad más elevada.

Los factores a tener en cuenta a la hora de elegir el tipo de material son:

2.7.1 RESISTENCIA AL DESGASTE

El nivel de resistencia al desgaste requerido dependerá del tipo de resinas que deban utilizarse, el agente de relleno, la cantidad de aditivos, serie de producción, tolerancias, etc. Los aceros para moldes, cubren un amplio abanico de resistencia al desgaste y a la compresión. Principalmente están divididos en dos categorías.

Acero para moldes pretemplado para cubrir requisitos moderados con designación WNr 1.2085, 1.2312, 1.2738 tendrán una aplicación media mientras que los **aceros de temple** serán utilizados para requisitos más exigentes como el 1.2083 u otros.

El acero para moldes pretemplado puede tratarse superficialmente a fin de obtener una mayor resistencia al desgaste, por ejemplo, mediante nitruración. De todas formas, los aceros de temple cuentan con la mejor combinación de resistencia al desgaste y a la compresión. La resistencia al desgaste de los aceros templados puede incrementarse mediante tratamiento o recubrimiento de la superficie tipo nitruración, cromado, etc.

Estos tipos de tratamiento de la superficie deben aplicarse preferentemente después de que el molde haya sido acabado debidamente, puesto que un posterior mecanizado podría resultar dificultoso.

2.7.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión requerida viene determinada por el proceso de moldeado, la inyección y la presión de cierre así como por las tolerancias de acabado.

Durante la operación de moldeado las fuerzas de compresión se concentran en la línea de partición de la herramienta. Un temple local, por ejemplo, el temple a la llama, puede aportar un aumento de la resistencia a la compresión cuando se utilizan aceros pretemplados.

2.7.3 RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Las superficies del molde no deben deteriorarse durante la producción si debe fabricarse piezas con un nivel alto y constante de fabricación y con una calidad uniforme. La corrosión, con el consecuente riesgo de pérdida de eficacia en la producción puede encontrarse de distintos modos:

- Ciertos tipos de plástico emiten corrosión durante la producción. Un ejemplo de ello es el ácido hidrocórico producido por el PVC. Este efecto puede verse minimizado si no se sobrepasa la temperatura recomendada durante la inyección para este tipo de material, normalmente alrededor de los 160 °C.
- El medio de enfriamiento puede ser también corrosivo. Ello resultaría en la pérdida de eficacia de refrigeración o bien en una obstrucción total de los canales de refrigeración.
- La producción en una atmósfera húmeda o corrosiva o bien un prolongado almacenamiento puede ocasionar daños en la superficie debido al agua, condensación y eventualmente óxido en las cavidades, con la consecuente pérdida de acabado en la superficie del producto. Todos los problemas mencionados anteriormente crean una demanda de insertos y de bloques soporte con una cierta capacidad de resistencia a la corrosión.

2.7.4 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

El nivel de producción de un molde depende principalmente de la capacidad de este en transferir el calor del plástico moldeado al agente de enfriamiento. En un acero de alta aleación el coeficiente de conductividad térmica se ve reducido en cierto grado comparado con un acero de baja aleación.

Aunque las investigaciones realizadas indican claramente que es el plástico de la pieza moldeada el que domina el flujo de calor en el molde debido a su conductividad térmica comparado con el acero.

Una buena resistencia a la corrosión tiene mayor importancia cuando se desea una producción elevada y uniforme. Esto tiene un efecto beneficioso en las propiedades de transferencia de calor resultantes en los canales de refrigeración. La utilización de un acero para moldes inoxidable como STAVAX ESR es frecuentemente la respuesta que se detallará posteriormente.

2.7.5 TENACIDAD

La aparición y el desarrollo de grietas es uno de los peores problemas que pueden ocurrirle a un molde. Figuras complicadas, radios pequeños, esquinas agudas, paredes finas y cambios severos de sección son denominadores comunes.

La tenacidad es por tanto, una de las propiedades más importantes que debe poseer un acero para moldes. La resistencia a la fractura de un material es una medida de su capacidad de soportar la propagación de grietas que aparecen debido a la creación de tensiones al estar sujeto el molde a distintos tipos de fatiga.

En la práctica, estas indicaciones de tensiones ocurren debido a efectos en la superficie provenientes de operaciones de mecanizado, grietas debidas a la fatiga, inclusiones o estructura defectuosa debido a un tratamiento térmico inadecuado.

La tenacidad será de suma importancia, por tanto se utilizarán técnicas metalúrgicas a fin de dar al acero una tenacidad óptima. Utilizando técnicas, tales como la desgasificación al vacío, procesos especiales de refinado y electro afinado de escoria, se obtendrá dicho fin. Esta buena tenacidad es evidente no solo en la superficie sino también en el núcleo de acero.

2.7.6 INTERCAMBIABILIDAD DEL ACERO

Con mentalidad estándar, el proyectista puede contribuir de forma significativa en mantener los costes en un mínimo. Mediante la selección de calidades siempre disponibles, mediadas estándar y componentes en stock, puede minimizar el tiempo y el coste de poner un molde en servicio.

Además, la utilización de material idéntico y piezas con tolerancias estrechas asegurará que el rendimiento del molde no sufrirá variaciones. Mediante el uso de piezas y componentes estándar en el diseño del molde, siempre y cuando ello sea posible, se conseguirá una fácil y rápida reparación y mantenimiento.

2.8 Fabricación de moldes

En este punto, una vez analizados los diferentes elementos que intervienen en el funcionamiento del molde, conviene explicar una serie de conceptos que se deberán tener en cuenta a la hora de realizar el molde de inyección y que intervienen en última instancia en el correcto funcionamiento del molde.

Hay una serie de fundamentos, los cuales deben tenerse presentes a la hora de diseñar un molde de inyección de plástico, ya que se debe tener en cuenta que dentro del molde se inyecta un plástico a alta temperatura y presión en el que ocurren una serie de fenómenos termodinámicos que deben ser observados para poder realizar las correcciones necesarias en el caso de que alguno de ellos pueda implicar la no validez de alguna de las pieza.

2.8.1 CONTRACCIÓN DE LA PIEZA

Al pasar una colada de plástico inyectado, los fenómenos termodinámicos ocurridos, hacen que al ir enfriándose el material, su volumen específico ira reduciéndose lo que implica que si no se pusiese remedio las dimensiones de la pieza final no serían las mismas que las proyectadas en el diseño original.

Es por eso que se procede a la aplicación de la compactación, pero no obstante, debido a las contracciones propias del material no pueden ser del todo remediadas por lo que se tendrá que proceder al sobredimensionamiento de varios elementos como podrán ser la cavidad, el núcleo o el macho teniendo en cuenta el factor de contracción de cada material.

2.8.2 REDONDEOS DE CANTOS Y ESQUINAS

La pieza a estudio, deberá tener sus esquinas lo más redondeadas posibles con el objeto de que al solidificarse, no se produzcan concentraciones de tensiones dentro de estas aristas generadas lo que implicaría en última instancia la aparición de deformaciones en ella.

Además, de esta manera se consigue que el flujo del plástico se vea interrumpido lo menos posible facilitando la inyección y mejorando la calidad de las piezas producidas.

2.8.3 ÁNGULOS DE SALIDA

Para que se pueda realizar una extracción lo más fácil posible, se intenta que las paredes tengan una inclinación respecto a la línea de partición, no obstante en zonas localizadas es posible que haya interferencias con la extracción del material.

2.8.4 LÍNEAS DE SOLDADURA

Se producen cuando dos frentes de masa fundida se encuentran dentro de la pieza. Estas líneas generalmente son provocadas cuando la presión, la temperatura o la velocidad de inyección son demasiado bajas, o cuando el punto de inyección no sea el adecuado. Para remediarlo se puede optar por colocar varios puntos de inyección, calentar el molde o variar alguno de los tres parámetros anteriores.

2.8.5 RECHUPES

Se da cuando hay una alta diferencia de temperatura entre la superficie exterior del molde que está refrigerada y la del interior del molde que sigue a alta temperatura, de manera que se producen tensiones entre estas dos zonas ya que el plástico posee una baja conductividad térmica.

Estas tensiones dentro de las piezas pueden originar huecos ya que al no compensarse dichas tensiones se producen deformaciones internas. Este fenómeno se produce generalmente en piezas de elevado espesor, donde la diferencia de temperaturas es muy alta entre la superficie exterior e interior.

2.8.6 ACABADO SUPERFICIAL

Las zonas de cavidad y núcleo deben poseer un excelente acabado superficial de manera que se facilite la extracción de las piezas. También deben tener un buen acabado las zonas de los sistemas de distribución de manera que se facilite el paso del material fundido a lo largo del bebedero, canales y entradas de material.

2.9 Normas y referencias

2.9.1 Normas

- DIN 16750. Moldes de inyección para materiales plásticos.
- DIN 1530-4. Eyectores de molde plano.
- Código WNr. Designación comercial de aceros para moldes de inyección.
- Norma UNE.

2.9.2 Bibliografía

- Gastrow, H. (1992). “Moldes de inyección para plásticos”. Hanser-Gardner Publication.
- Camarero de la Torre, J y Martínez Peña, A. (2003). “Matrices, molde y utillajes”. Dossat.
- Espinosa Escudero, M. (2000). “Introducción a los procesos de fabricación”. UNED.
- Dubois, J y Pribble, W. (1972). “Ingeniería de moldes para plásticos”. Urno.
- Mink, W. (1977). “Inyección de plásticos”. Gustavo Gili.
- Bodini, G y Cacchi Pessani, F. (1992). “Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plástico”. Negri Bossi.
- Ascam Centre Tecnologic (2010) “Introducción a la tecnología de moldes” Fundación ASCAM centre tecnologic