



*DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE UNA PIEZA
PLÁSTICA*

2. MEMORIA

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: JANIRE

APELLIDOS: FERNÁNDEZ BARROSO

FDO.:

FECHA: 08/06/2014

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: ROBERTO

APELLIDOS: LOBATO GONZÁLEZ

DEPARTAMENTO: TALLER MECÁNICO

FDO.:

FECHA: 19/06/2014

ÍNDICE

2.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
2.2. ANTECEDENTES.....	6
2.2.1. HISTORIA: MOLDEO POR INYECCIÓN.....	6
2.2.2. DIAGRAMA TERMODINÁMICO DEL PROCESO DE INYECCIÓN.....	7
2.2.3. ASPECTOS A TENER EN CUENTA.....	10
2.2.3.1. Conicidad.....	10
2.2.3.2. Contracción.....	10
2.2.3.3. Redondeos.....	10
2.2.3.4. Tensiones internas.....	10
2.2.3.5. Rechupes.....	11
2.2.3.6. Líneas de soldadura.....	11
2.2.3.7. Acabado superficial.....	11
2.2.3.8. Contrasalidas.....	11
2.2.4. MATERIALES PLÁSTICOS.....	12
2.2.4.1. Termoplásticos.....	12
2.2.4.2. Termoestables.....	13
2.2.4.3. Elastómeros.....	13
2.2.5. DESCRIPCION DE LA PIEZA.....	15
2.2.5.1. Materiales empleados.....	16
2.2.5.1.1. Policarbonato.....	16
2.2.5.1.2. PC LEXAN	18
2.3. NORMAS Y REFERENCIAS.....	20
2.3.1. BIBLIOGRAFÍA.....	20
2.3.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	21
2.3.2.1. Asistente para moldes Unigraphics.....	21
2.4. ANALISIS DE SOLUCIONES.....	22

2.4.1. PROCESO DE DISEÑO.....	22
2.4.1.1. Creación del modelo.....	24
2.4.1.2. Validación de la pieza modelada.....	24
2.4.1.3. Iniciación del proyecto.....	25
2.4.1.4. Definición del sistema de coordenadas y de la pieza de trabajo.....	25
2.4.1.4.1. Sistema de coordenadas.....	25
2.4.1.4.2. Pieza de trabajo.....	25
2.4.1.5. Diseño de la cavidad.....	25
2.4.1.6. Proceso de partición.....	26
2.4.1.6.1. Validar regiones núcleo y cavidad.....	26
2.4.1.7. Base de molde.....	28
2.4.1.8. Elementos del molde.....	28
2.4.1.8.1. Expulsores.....	29
2.4.1.8.2. Anillo de centraje.....	29
2.4.1.8.3. Bebedero.....	29
2.4.1.8.4. Carros.....	29
2.4.1.8.5. Desplazbales.....	30
2.4.1.9. Completar el diseño.....	31
2.4.1.9.1. Refrigeración.....	31
2.4.1.9.2. Cajeras.....	31
2.4.1.9.3. Cámara caliente.....	31
2.4.1.9.3. Presupuesto.....	32
2.4.1.9.4. Planos.....	32
2.5. RESULTADOS FINALES.....	33
2.5.1. MAQUINA DE INYECCIÓN.....	33
2.5.1.1. Unidad de inyección.....	34
2.5.1.1.1. Cilindro de plastificación o inyección.....	34
2.5.1.1.2. Husillo.....	34
2.5.1.1.3. Motor de carga.....	34
2.5.1.1.4. Camisa del cilindro de inyección.....	34
2.5.1.1.5. Boquilla.....	35
2.5.1.1.6. Termopares.....	35
2.5.1.1.7. Circuito de refrigeración/calefacción.....	35
2.5.1.1.8. Tolva.....	35
2.5.2. TIPOS DE MOLDE.....	37
2.5.2.1. Molde de dos placas.....	37
2.5.2.2. Otros moldes.....	37
2.5.3. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MOLDES.....	38

2.5.3.1. Características mecánicas de los aceros para moldes.....	38
2.5.3.1.1. Aceros bonificados.....	39
2.5.3.2. Mecanizado.....	39
2.5.3.3. Elaboración por electroerosión.....	40
2.5.4. PARTES DEL MOLDE.....	41
2.5.4.1. Cavidad.....	41
2.5.4.2. Núcleo.....	42
2.5.4.3. Placas estándar.....	42
2.5.4.4. Elementos de fijación.....	43
2.5.4.5. Guías.....	43
2.5.4.6. Canales.....	43
2.5.4.7. Anillo de centraje.....	43
2.5.4.8. Bebedero.....	44
2.5.4.9. Expulsores.....	44
2.5.4.10. Respiración.....	45
2.5.4.11. Refrigeración.....	45
2.5.4.12. Cámara caliente.....	46
2.6. DEFECTOS A CONTROLAR.....	47
2.6.1. LÍNEAS DE SODADURA.....	47
2.6.2. RECHUPES.....	47
2.6.3. REBABA.....	48
2.6.4. MARCAS HUNDIDAS Y HUECOS.....	48
2.6.5. DEFECTOS EN EL PUNTO DE COLADA.....	48
2.6.6. RÁFAGAS.....	49
2.6.7. DELAMINACIÓN DE CAPAS.....	49
2.6.8. BURBUJAS.....	50
2.6.9. FALTA DE LLENADO DEL MOLDE.....	50
2.6.10. COMPACTACIÓN EXCESIVA.....	51
2.6.11. DEFORMACIONES POR EXPULSIÓN Y ALABEO.....	51
2.6.12. MARCHAS EXPULSORES.....	51
2.6.13. PUNTOS NEGROS/EFECTO DIESEL.....	52
2.6.14. GRIETAS DE TENSIONES.....	52
2.6.15. PULIDO NO UNIFORME.....	53
2.6.16. EFECTO JETTING.....	53
2.6.17. OTROS DEFECTOS.....	53

2.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es el diseño de un molde de inyección de plástico para la posterior fabricación de una pieza que servirá como montante lateral de un vehículo.

Actualmente existen diferentes formas para crear una pieza de plástico, dependiendo de la complejidad de su geometría, del tipo de material con el que se desea fabricar e incluso las propiedades que tiene que tener la pieza...etc. Todo esto condiciona el proceso para su fabricación ya que en la mayoría de los casos es la pieza la que te obliga a que sea fabricada de una determinada forma: por soplado, por extrusión, por inyección...etc. En este caso, dada las características de la pieza para la automoción, se ha escogido el moldeo por inyección.

Durante el diseño del molde nos centraremos en puntos como el sistema de inyección, los canales de distribución, el sistema de expulsión, refrigeración, cierres... Para ello nos ayudaremos de diferentes programas de ordenador que nos permitirán simular el llenado del molde como por ejemplo el programa Mold Flow.

Para el modelado de la pieza a fabricar, así como de las que componen el molde nos ayudaremos del programa Unigraphics NX en su versión sexta.

Se buscará optimizar el rendimiento del proceso así como obtener la producción más económica posible.



2.2. ANTECEDENTES

2.2.1. HISTORIA: 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 de 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, 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 tipos básicos siguientes:

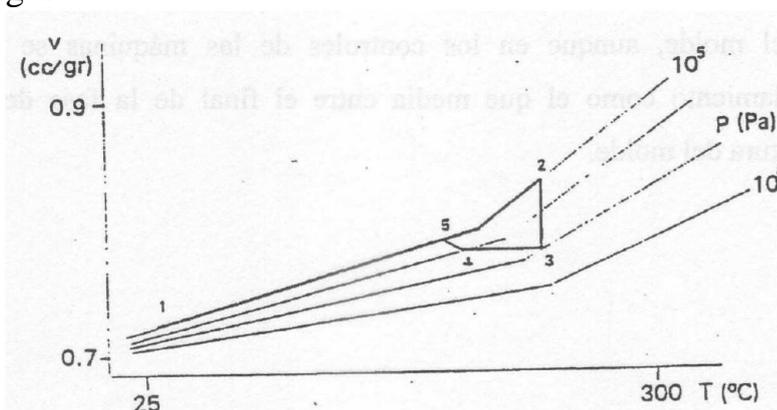
- La prensa de inyección a pistón lleva una cámara de calentamiento y un pistón que obliga al material a entrar en el molde
- La máquina de preplastificación a pistón e inyección en una segunda etapa consta de un cilindro de calentamiento convencional y de un pistón; en este cilindro se plastifica el 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.

2.2.2. 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.



Estudiaremos 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.

En resumidas cuentas el punto 1 para nuestro material estará a temperatura ambiente y presión manométrica nula y el punto número 2 estará a 230°C y a 0 Mpa de presión, aunque no es del todo cierto, pero se analiza de este modo al considerarse como un proceso ideal.

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 y esta velocidad alta lo favorece, ya que 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 isotermo 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 isotermo 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 reflujó 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

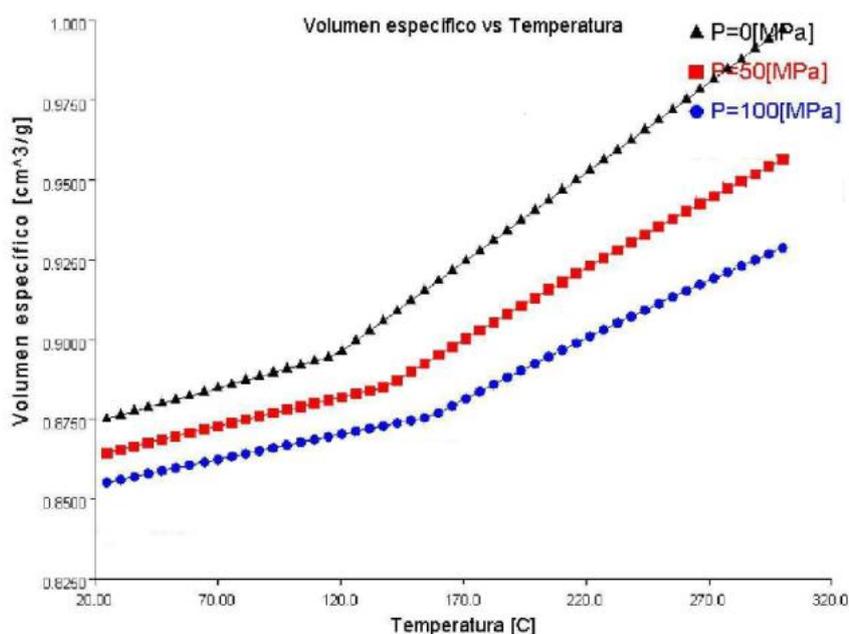
la cual la pieza se enfriase progresivamente desde el último punto en haber sido llenado hasta la entrada, siendo esta zona la última en ser solidificado permitiendo que progresivamente vaya siendo compensado la contracción de la pieza con la aplicación de la presión. Por esto, realmente el perfil en 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 ya 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.

En el siguiente diagrama PVT podemos observar el resultado obtenido de nuestro material cargado en el programa Moldflow (PC LEXAN SLX 1432) que ha sido realizado al aplicar 3 presiones diferentes: a 0 MPa, 50 MPa y 100 MPa además de ir incrementando progresivamente la temperatura de manera que se va observando el aumento del volumen específico.



2.2.3. ASPECTOS A TENER EN CUENTA

2.2.3.1. 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. Además habrá que tener en cuenta que según de qué parte estemos hablando (macho o cavidad) el ángulo será en una dirección u en otra.

Emplearemos un ángulo de $0,1^\circ$.

2.2.3.2. 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.

Nuestra pieza de PC LEXAN SLX 1432 y factor de contracción 0.5%, por lo que los valores de nuestra pieza se verán multiplicados por 1,005.

2.2.3.3. 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.

2.2.3.4. Tensiones internas

Además de las tensiones que se generan por los cambios bruscos de dirección del flujo, también podemos encontrarnos con tensiones si nuestra pieza contiene zonas de grandes espesores ya que debido a la mala conductividad térmica de los plásticos, la parte exterior en contacto con el aire, se enfría más rápido que la interior, generando este problema.

2.2.3.5. 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.

2.2.3.6. 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.

2.2.3.7. 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.

2.2.3.8. 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.

2.2.4. MATERIALES PLÁSTICOS

Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominados polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica.

De hecho, plástico se refiere a un estado del material, pero no al material en sí: los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos. Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad. Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra.

Las propiedades y características de la mayoría de los plásticos (aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales) son éstas:

- fáciles de trabajar y moldear
- tienen un bajo costo de producción
- poseen baja densidad
- suelen ser impermeables
- buenos aislantes eléctricos
- aceptables aislantes acústicos
- buenos aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas
- resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos
- algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar, y si se queman, son muy contaminantes

2.2.4.1. Termoplásticos

Un termoplástico es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece cuando se enfría lo suficiente.

La mayor parte de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals (polietileno); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno, o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos, mientras que en el caso de los termoestables o termoduros, después de enfriarse la forma no cambia y arden.

Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces (historial térmico), generalmente disminuyen estas propiedades. Los más usados son: el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el polimetilmetacrilato (PMMA), el policloruro de vinilo (PVC), el politereftalato de etileno (PET), el teflón (o politetrafluoretileno, PTFE) y el nylon (un tipo de poliamida).

Se diferencian de los termoestables (baquelita, goma vulcanizada) en que éstos últimos no funden al elevarlos a altas temperaturas, sino que se queman, siendo imposible volver a moldearlos.

Muchos de los termoplásticos conocidos pueden ser resultado de la suma de varios polímeros, como es el caso del vinilo, que es una mezcla de polietileno y polipropileno.

2.2.4.2. Termoestables

Los plásticos termoestables son aquellos que una vez moldeados no pueden reblandecerse con el calor, ya que experimentan una transformación química llamada FRAGUADO; por este proceso las moléculas se enlazan permanentemente y el polímero queda rígido.

Antes del fraguado, los productos termoestables son líquidos pastosos o sólidos, pero capaces de adquirir la forma adecuada mediante la aplicación de calor y de presión.

Estos plásticos una vez fraguados no es posible darles otra forma ni someterlos a temperaturas elevadas, puesto que sus moléculas se degradan por el calor.

2.2.4.3. Elastómeros

Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados. Cada uno de los

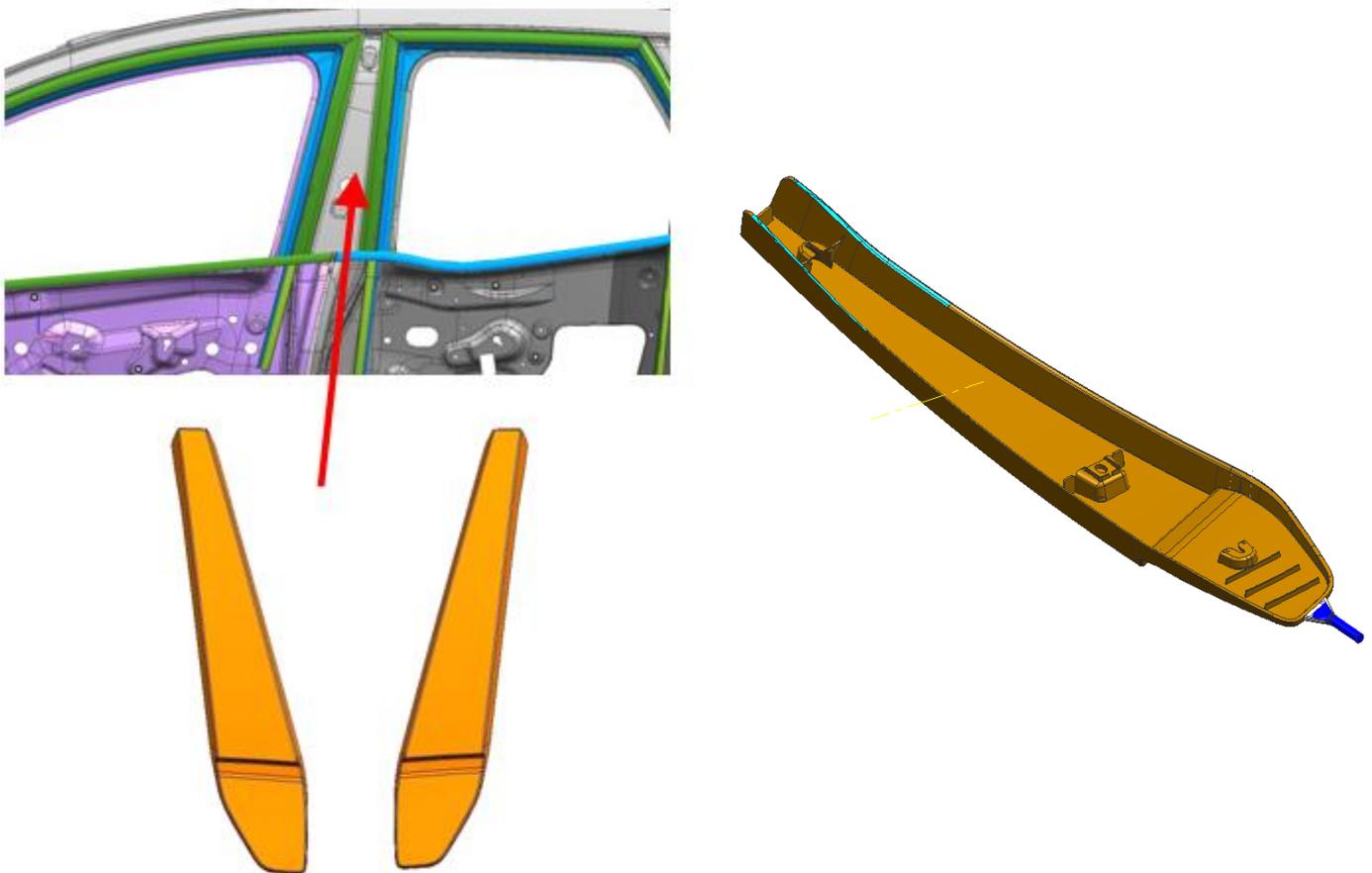
monómeros que se unen entre sí para formar el polímero está normalmente compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno y/o silicio.

Los elastómeros son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea o T_g , de ahí esa considerable capacidad de deformación. A temperatura ambiente las gomas son relativamente blandas ($E \sim 3\text{MPa}$) y deformables. Se usan principalmente para cierres herméticos, adhesivos y partes flexibles. Comenzaron a utilizarse a finales del siglo XIX, dando lugar a aplicaciones hasta entonces imposibles (como los neumáticos de automóvil).

2.2.5. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA

El cliente demanda la fabricación de un montante lateral para su vehículo Opel Meriva. Para ello nos provee de los planos de la pieza con el diseño que demanda ya concebido.

Dadas las características demandadas, se decide que la fabricación de la pieza sea por molde de inyección. El proyecto consta de la realización del molde de inyección y el análisis del proceso de inyección hasta la obtención del producto final.



Esta pieza tendrá una finalidad meramente estética y deberá satisfacer todas las condiciones que el cliente demanda:

- Tener un pulido óptico
- Criterios estéticos estrictos
- Peso reducido, nunca superior a los 800gr
- Superar el cuaderno de cargas GMW14650(2013) de GM
- Tolerancias reducidas, $\pm 0.4\text{mm}$ en los extremos de la pieza

2.2.5.1 Materiales empleados

2.2.5.1.1. Policarbonato (PC)

Su comportamiento mecánico y eléctrico supera a casi todos los materiales plásticos. El intervalo de fusión de los policarbonatos termoplásticos suele estar por encima de los 200°C lo que no dificulta su moldeo por inyección.

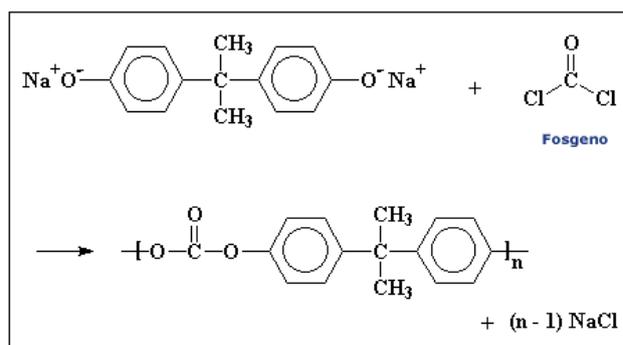
Características del material:

- Transparente. Su índice de refracción es $n_{25}^0 = 1,585$.
- Duro.
- Inalterable por los ácidos diluidos.
- Sufre la acción de gran número de disolventes orgánicos.
- Buena resistencia a la intemperie y al envejecimiento térmico.
- Útil combinación de rigidez, densidad y tenacidad moderada.
- Resistencia a la tracción y al impacto muy buenas.
- Las temperaturas de flexión térmica son mayores de 90°C y para su procesado requiere temperaturas sólo ligeramente superiores a las del polipropileno.
- Compite con el poliestireno en cuanto a sus propiedades ópticas y le aventaja en propiedades mecánicas y térmicas.
- Compite con el policarbonato pero éste es mucho más caro.
- Conserva sus propiedades entre -100 °C y +120 °C.
- Reciclable.

Tabla 3.2..2.1 Propiedades generales del Policarbonato

MATERIAL PC	PROPIEDADES FÍSICAS
Densidad no cargado	1.20 Kg/m ³
Aspecto habitual	Filmes delgados transparentes o producto sólido transparente
Comportamiento mecánico	Duro

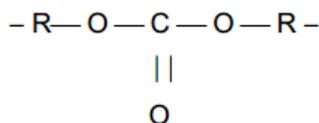
Se utiliza en la fabricación de piezas técnicas con altas exigencias mecánicas y gran estabilidad dimensional sometidas a altas temperaturas, así como piezas de altas exigencias dieléctricas a la temperatura elevada, como aparatos médicos esterilizantes por calor así como en la producción de artículos de consumo como carcasas de planchas, tubos, acristalamientos de distintos tipos, discos compacto o casetes.



Composición:

El Policarbonato es un nombre genérico de una serie de compuestos macromoleculares cuya cadena está formada por la repetición regular de funciones carbonato orgánico.

Los policarbonatos tienen por fórmula general:



en la cual la R puede ser alifático o aromático. Los policarbonatos aromáticos, de gran importancia, prácticamente sólo están representados comercialmente por el policarbonato de bisfenol A, que se obtiene fundamentalmente por policondensación del fosgeno con el bisfenol A.

Los policarbonatos (de bisfenol A) reblandecen hacia los 200 °C si sus moléculas no se encuentran orientadas. Los que son más cristalinos funden hacia los 265 °C; su temperatura de transición vítrea es de unos 150 °C.

A continuación, se presenta en diferentes tablas un resumen de las propiedades físicas, mecánicas y térmicas del Policarbonato.

Tabla 3.2.2.2 Propiedades físicas, mecánicas y térmicas del Policarbonato

PROPIEDADES FÍSICAS	VALORES	OBSERVACIONES
Peso específico, Mg/m ³	1,20	ASTM D792 DIN 53479
Módulo Lineal de contracción, cm/cm	0.005	ASTM D1299
MVR a 260° C/ 1,2 Kg	60	
Absorción de agua, %	0.1 (24h)	Max; ASTM D570
Dureza, Rockwell M	70	ASTM D785
Índice de refracción	1.59	
Transmisión, Visible, %	89	ASTM D1003

PROPIEDADES MECÁNICAS	VALORES	OBSERVACIONES
Resistencia a la tracción a la rotura, N/mm ²	63	ASTM D638
Alargamiento a la rotura; %	6	ASTM D638

Alargamiento al límite elástico; %	6	ASTM D638
Módulo de Elasticidad, GPa	2.35	En tensión; ASTM D638
Módulo de Flexión, GPa	2.3	ASTM D790
Fuerza de impacto, Izod, J/cm	0.35	J/cm notched; 1/4 in (6.35 mm) bar; ASTM D256

PROPIEDADES TÉRMICAS	VALORES	OBSERVACIONES
CTE, lineal 20°C, $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$	
Temperatura de deflexión a 1.8 MPa, °C		
Temperatura de reblandecimiento, °C	140	DIN 53460
Conductividad térmica, W/m-K	0.20	
Inflamabilidad, UL94 (5=V-0; 4=V-1; 3=V-2; 1=HB)	3	UL 94 V2/1.09
Temperatura de proceso, °C	300	La temperatura de fusión es 80° C.

2.2.5.1.1.1. PC LEXAN

Dentro de los Policarbonatos, se selecciona la marca comercial LEXAN de GE Plastics (General Electric Plastics).

Características:

El policarbonato Lexan es un termoplástico amorfo de ingeniería con niveles muy altos de propiedades mecánicas, ópticas, eléctricas y térmicas.

El producto está disponible en diferentes viscosidades, obtenidas al producir policarbonato con distintos pesos moleculares. El perfil de propiedades de la resina Lexan incluye una resistencia al impacto excelente para todo un abanico de temperaturas.

Colores

El color natural de la resina Lexan es el del vidrio transparente, si bien el producto se presenta en toda una serie de colores, muchos de los cuales están en versión transparente, translúcida y opaca. Esta pieza será de color opaco negro.

Resistencia química y ambiental

Algunas combinaciones de entornos químicos, temperaturas y tensiones pueden afectar negativamente a piezas hechas con resina Lexan. En consecuencia, conviene estudiar a fondo la compatibilidad en condiciones reales de uso de lubricantes, juntas, juntas tóricas, limpiadores disolventes o cualquier otro material que pudiere entrar en contacto con la pieza acabada.

La resina Lexan suele permanecer estable cuando entra en contacto con agua. Sin embargo, se pueden producir fisuras o resquebrajaduras si una pieza moldeada con resina Lexan se expone a agua caliente o a un ambiente muy húmedo y caliente. En esas condiciones, se recomienda una temperatura ambiental máxima de 70°C.

2.3. NORMAS Y REFERENCIAS

2.3.1. BIBLIOGRAFÍA

- 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 Manual de Moldflow.
- Manual básico de UGS Nx5.
- Manual avanzado de UGS Nx5, Asistente Mold Wizard.
- Manual de CAM.
- Videotutoriales Nx5.
- Catálogos Synventive Molding Solutions
- Diseño, validación y fabricación de un aro protector para envases metálicos mediante el empleo de las tecnologías CAD/CAM/CAE y Rapid Prototyping. (Miguel Ángel Gómez González)
- Normalización industrial. Acabado superficial. Tratamientos y mecanizados especiales. (Ricardo Bartolomé Ramirez)
- UNE EN 22768-1 (Abril 1993)

Páginas web:

<http://www.eii.uva.es/>

<http://www.midsa.com/>

<http://www.inxcad.com/>

http://www.serviceindustria.it/prodotti/isolante/2_es.htm

<http://www.polimold.com/>

<http://www.quiminet.com/pr3/fabricacion%2Bde%2Bmoldes.htm>

<http://www.cadenasling.com/PDF/ESP/Cancamo%20fijo%20C%2015.pdf>

<http://www.wesseling.com.es/index.php?op=productos&cat=accesorios-de-prefabricado&subcat=sistema-de-anclaje-de-transporte-con-rosca&fam=cancamo>

<http://pdf.directindustry.es/>

<http://mein2000.com/catalogo/moldistas/boquillas-calientes-mf.html>

<http://www.plastico.com>

2.3.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO

El uso de los programas CAD/CAM/CAE es parte fundamental para el diseño y fabricación de moldes ya que permiten a los diseñadores analizar y resolver los diferentes problemas que puedan surgir durante el proceso. El uso de este tipo de programas conlleva mejoras de rendimiento del proceso, puesto que ahorra costes de material ya que mediante la simulación se evita fabricar moldes piloto de prueba.

Programas como el Moldflow, que usaremos en este diseño, nos permiten simular el llenado del molde y decidir y ubicar los puntos de inyección. Además podremos comprobar que las líneas de soldadura coinciden con el área en el que la pieza puede sufrir un mayor esfuerzo.

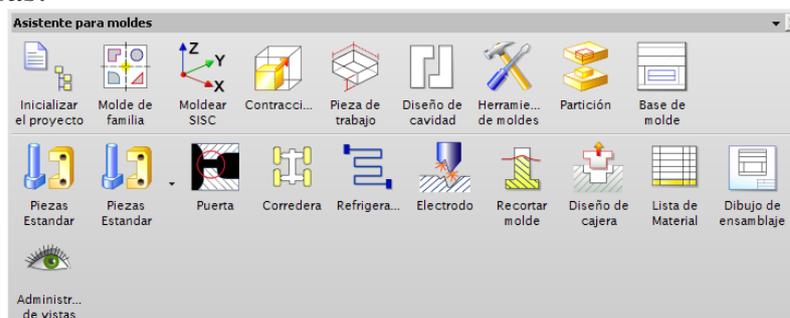
En nuestro caso para el diseño de la pieza, molde y simulación del proceso de llenado del molde haremos uso de los programas Solid Edge, Unigraphics y Moldflow respectivamente.

2.3.2.1. Asistente para moldes Unigraphics.

El asistente para moldes de Unigraphics es una aplicación del proceso para el diseño de inyección de plástico y otro tipo de moldes.

Durante el proceso de diseño del molde pueden surgir decisiones o problemas que hagan cambiar el diseño del producto, lo que originaría un cambio en el molde o en partes del molde como podrían ser la cavidad o el núcleo. Estos cambios gracias a este tipo de programa son fáciles de efectuar, ya que, generando el cambio en la pieza se actualizan de forma inmediata y en ocasiones automática los posibles cambios en el molde.

Las bibliotecas contenidas en el asistente de moldes incluyen catálogos de moldes base, así como de componentes estándar para moldes. Además, para el caso en que necesitemos piezas no incluidas en dichos catálogos se proporcionan herramientas para la creación de esas piezas del molde personalizadas.



2.4. ANALISIS DE SOLUCIONES

2.4.1. PROCESO DE DISEÑO

El proceso se inicia con la aplicación de un factor reductor preciso a la pieza moldeada, dicho factor de reducción depende del tipo de material que en nuestro caso, PC, será del 1.005%.

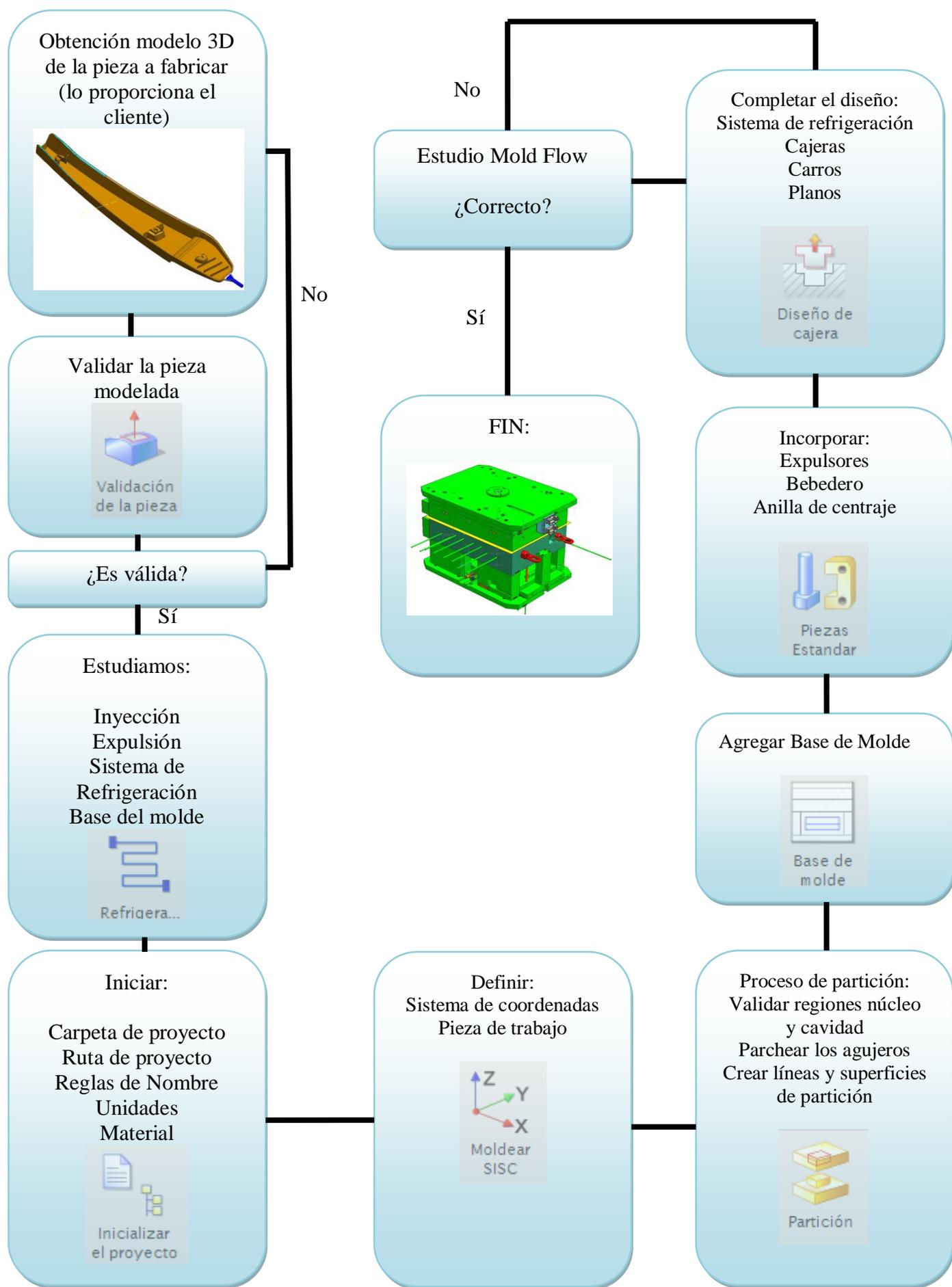
Se crea así de forma casi automática una superficie de división por la pieza que determinará la geometría correcta de la cavidad y del núcleo. El tamaño de los bloques se regula de manera automática en función del tamaño de la pieza debido a una serie de opciones que podemos modificar o anular.

El asistente de moldes, como ya hemos comentado, incluye componentes y bases de moldes que cumplen múltiples normativas internacionales como pueden ser DME, Futaba, HASCO...

Una vez creada la base del molde, se añaden los componentes estándar relacionados: anilla de centraje, bebedero, expulsores, elementos de refrigeración...

PROCESO DETALLADO.

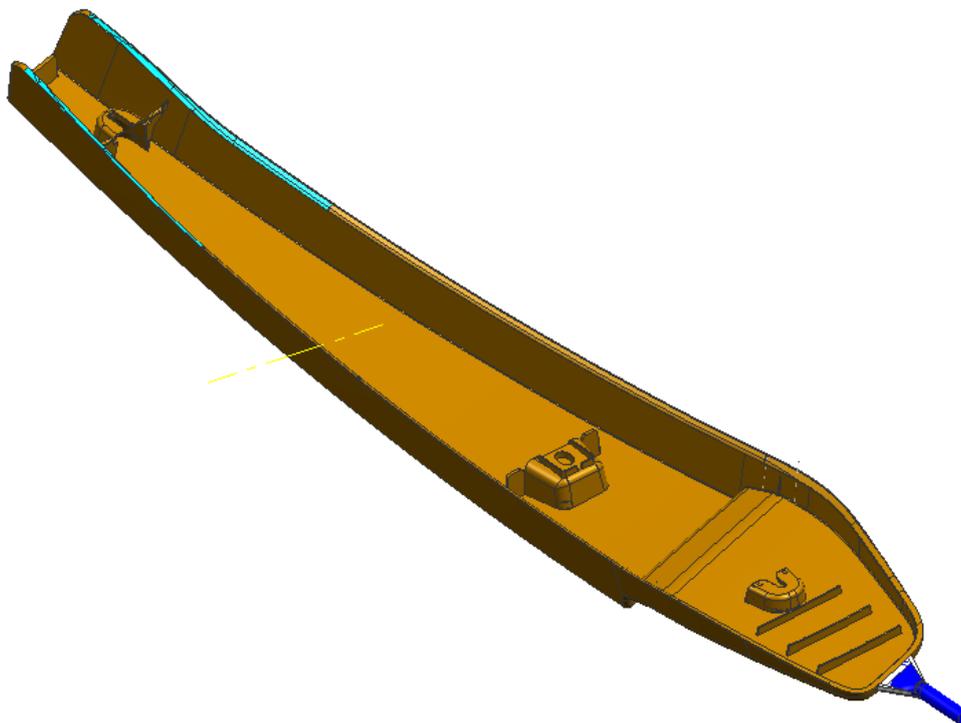
A continuación vamos a ver un esquema detallado del proceso seguido con el programa Unigraphics, dichos pasos van desde el diseño de la pieza hasta la creación del molde de inyección.



2.4.1.1. Creación del modelo

El primer paso que debemos realizar es obtener el modelo 3D de la pieza que queremos inyectar.

El cliente nos proporciona el modelo en formato Autocad. Lo importamos al programa Unigraphics para crear el molde.



2.4.1.2. Validación de la pieza modelada

La función validación de la pieza modelada analiza el modelo 3D de la pieza y la prepara para la partición de la cavidad y núcleo.

En la pestaña cara modificamos el ángulo de desmoldeo a 1° , que es el del ángulo de desmoldeo aconsejable para piezas cuya producción va a ser en serie y pulsamos el botón corte de cara ya que tenemos caras de la pieza en las que una parte pertenece a la cavidad y otras al núcleo.



Analizará las caras haciendo cuatro grupos:

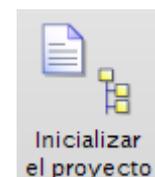
- Caras positivas: Pertenecen a la parte cavidad.
- Caras negativas: Pertenecen a la parte del núcleo.

- Caras verticales: Se recomienda transformarlas en positivas o negativas. En caso de no poder transformarlas se las clasificará como positivas o negativas dependiendo de la parte de la pieza en la que estén.

- Caras cruzadas: Corresponden a las superficies curvas, dichas superficies se dividen mediante un corte isóclino que determinará las superficies que pertenecerán a la parte cavidad y a la parte núcleo.

2.4.1.3. Iniciación del proyecto.

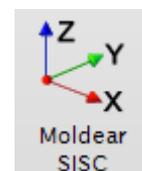
Una vez validada la pieza iniciaremos el asistente de moldes y pulsaremos el botón *Inicializar el Proyecto*, se abrirá el fichero de la pieza, y de esta forma se inicia el proyecto del molde (generación de geometrías). Además en este punto estableceremos el nombre y la ruta del proyecto y seleccionaremos el material de la pieza.



2.4.1.4. Definición del sistema de coordenadas y de la pieza de trabajo

2.4.1.4.1. Sistema de coordenadas

El producto montaje requiere de un SISC tal que su orientación en el molde sea la adecuada. La función Moldear el SISC determina esa transformación en el sistema de coordenadas.



El primer paso en el proceso de partición es el alineamiento del SISC para que ZC+ represente la dirección de apertura del molde.

2.4.1.4.2. Pieza de trabajo

A continuación utilizaremos la función *Pieza de trabajo*, con esta crearemos un bloque alrededor de nuestra pieza donde posteriormente se formarán la cavidad y el núcleo.

De la ventana que surge, marcaremos la opción bloque estándar y modificaremos el tamaño del bloque.

2.4.1.5. Diseño de cavidad

Nuestro molde generará cuatro piezas por inyección, por tanto es necesario generar una cavidad que aloje las cuatro piezas y disponerlas de manera que el plástico fundido llegue a todas a la vez.



El programa nos lo hace de forma semiautomática. Para ello seleccionaremos la opción *Diseño de Cavidad* y dentro de la ventana que nos aparecerá elegiremos la disposición y el número de cavidades que en nuestro caso será rectangular y de cuatro cavidades.

Después seleccionaremos el botón *Iniciar diseño* y elegiremos el punto central en torno al cual se colocaran las cuatro piezas en disposición rectangular. Pulsaremos *Aceptar* y nos volveremos a situar en la ventana anterior.

A continuación pulsaremos *Insertar cajera* lo que origina un bloque que rodea a las piezas y que posteriormente servirá para definir el hueco requerido por los insertos cavidad y núcleo. Una vez pulsado el botón tenemos dos parámetros a modificar que son el tipo de cajera y el radio de las esquinas. En nuestro caso será de R=15 y Tipo 2.

Una vez realizadas todas las operaciones pulsamos *Aceptar* y *Cancelar* para salir de la función *Diseño de Cavidad*.

2.4.1.6. Proceso de Partición

La partición es el proceso de creación del núcleo y la cavidad basada en un modelo de plástico. El proceso de partición se define a través de los siguientes pasos:

- Establecer dirección de expulsión
- Definir pieza de trabajo para ajustar el producto
- Crear geometría de parche
- Crear líneas de partición
- Crear superficies de partición
- Crear insertos cavidad y núcleo

2.4.1.6.1. Validar regiones núcleo y cavidad

Se usa la Validación de la Pieza Modelada para confirmar que el modelo esté orientado y posicionado y a la vez sea moldeable.

Para comenzar el proceso de partición pulsamos el botón *Partición*. Nos aparecerá una ventana con varias opciones que tendremos que ir utilizando en el siguiente orden:



1º Pulsaremos el botón *Regiones de Diseño*, que nos llevará a la misma ventana que *Análisis de la pieza moldeada* (En caso de ser necesario repetiremos los pasos de 2.4.1.2). Pulsamos *Aceptar*.

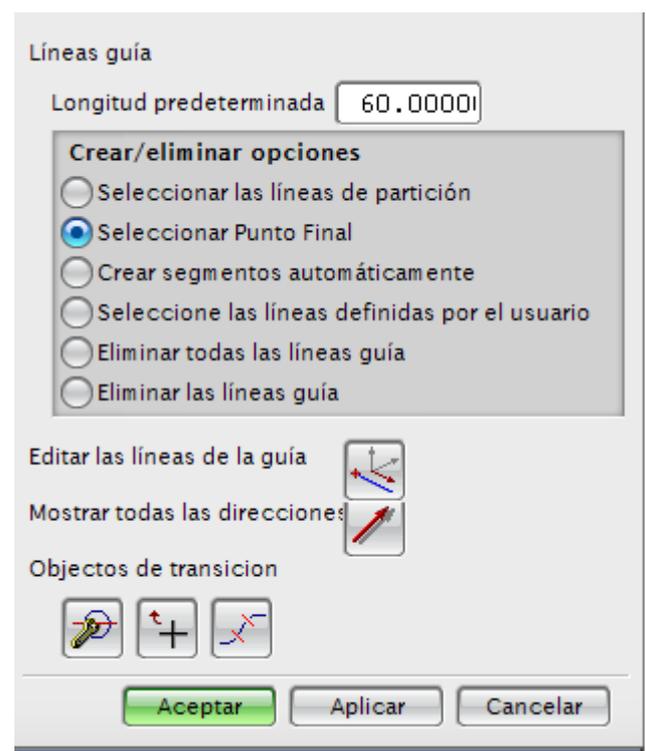
2º Pulsamos *Crear superficies de parche*, esto hace que las piezas con huecos y agujeros sean rellenadas. Esto es necesario porque el programa necesita una lámina continua para crear los contorno del núcleo y cavidad.

Seleccionando *Auto Parchear* el programa reparará automáticamente los agujeros necesarios. Una vez realizado volveremos *Atrás*.

3º Ahora iremos a *Extraer regiones y líneas divisorias*. Marcaremos *Regiones MPV* y *Aceptaremos*. El programa generará una línea entorno a la pieza que dividirá la zona cavidad y la zona núcleo.

4º Si la pieza es sencilla y la línea de partición esta en un mismo plano podemos pulsar *Crear/editar superficies de partición* y después *Crear superficies de partición*. El programa comprobará que el tipo de superficie se establece como un plano limitado y generará una superficie que dividirá la pieza por su línea de partición.

En caso de que la pieza tenga una mayor complejidad y que la línea de partición no se encuentre en el mismo plano, el programa no lo generará automáticamente. De ser así pulsaremos *Definir/editar los segmentos de partición*, en la ventana que aparecerá después elegiremos una longitud de línea guía suficientemente larga para que atraviese el bloque estándar. No importa que sobrepase mucho ya que posteriormente sólo necesitaremos lo que esté dentro del bloque estándar.



Una vez hecho esto, pulsaremos *Editar líneas de partición* y elegiremos los tramos de línea de partición que queramos que el programa genere de forma automática. Es recomendable elegir líneas inclinadas y las esquinas las cuales una vez seleccionadas quedarán en rojo.

Una vez realizados estos pasos aceptaremos todo hasta volver a la ventana del Administrador de partición donde ahora sí seleccionaremos *Crear superficies de partición* y *Crear superficies de partición*. En este caso nos irá indicando tramos de línea de partición y nosotros deberemos decidir para dónde queremos extruir dicha línea generando así el plano de partición.

5° Para terminar pincharemos en *Crear cavidad y núcleo*, en la ventana que aparecerá podremos elegir entre *proceso automático* o *paso a paso*. Elegiremos el automático y se generarán dos sólidos con las formas de la cavidad y del núcleo.

2.4.1.7. Base de Molde.

Unigraphics incluye entre sus archivos diversos catálogos con piezas normalizadas. Entre ellos nos ofrece diversa documentación de Moldes Base estándares a los cuales recurriremos para incluir una base normalizada al montaje del proyecto.

Para acceder a esta base de datos deberemos pulsar sobre la opción *Base de Molde*. Una vez aquí elegiremos el armazón que mejor se adecue a nuestra pieza y pulsaremos *Aceptar* momento en el cual el programa generará el armazón del molde.

Es importante que situemos la base del molde en relación con el SISC definido anteriormente. El plano XY debería coincidir con la superficie de partición. La parte fija de la Base de Molde debería ir en la dirección Z+ y la parte móvil en la dirección Z-.

2.4.1.8 Elementos del molde.

Una vez seleccionada la Base de Molde deberemos seleccionar el resto de elementos normalizados que completan el molde ya sean el bebedero, anillo de centraje, expulsos...

Como hemos mencionado en el punto anterior Unigraphics posee un amplio catálogo de elementos normalizados. Para acceder a dicho catálogo bastará con que pulsemos *Piezas estándar*, seleccionar los componentes deseados y posicionarlos en el montaje.



Deberemos tener en cuenta que:

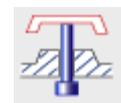
Las piezas estándar pueden aplicarse en el conjunto del molde o de manera individual.

Su posicionamiento en algunas ocasiones es automático y en otras deberemos indicar las coordenadas oportunas.

En determinados elementos será necesario ajustar la longitud, ya que las longitudes definidas por catálogo puede que no coincidan con las deseadas.

2.4.1.8.1. Expulsores

El icono *Perno eyector*, nos permitirá definir la longitud deseada de los expulsos. Su posicionamiento deberá realizarse manualmente.



2.4.1.8.2. Anillo de centraje

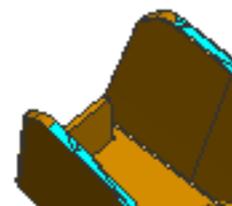
Seleccionaremos el anillo que mejor se adecue a nuestras necesidades y el programa de manera automática lo posicionará en su lugar.

2.4.1.8.3. Bebedero

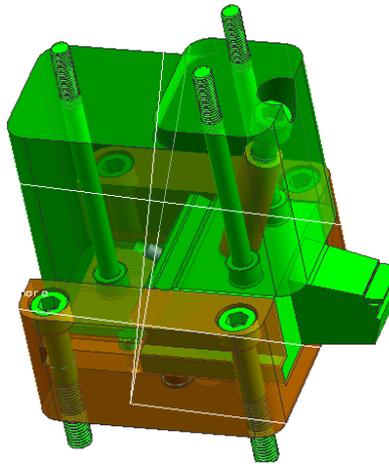
El posicionamiento y extensión del bebedero es crítico. Requiere un ajuste perfecto con la partición del molde, no puede invadirla ni tampoco quedarse corto. Para ajustar su longitud deberemos pinchar en la pestaña *Cota* y modificar la longitud hasta dar con la que se adecue a nuestro molde. Una vez modificada *Aceptar* y el programa lo situará en su posición correspondiente.

2.4.1.8.4. Carros

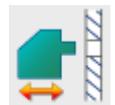
En nuestro caso la pieza cuenta con agujeros en dirección perpendicular a la apertura del molde, para poder generarlos será necesaria la colocación de un par de carros en los que irán los postizos encargados de generarlos.



A la hora de la apertura del molde, éstos se retirarán de forma automática junto con la cavidad, evitando así que interfieran en la expulsión de las piezas.

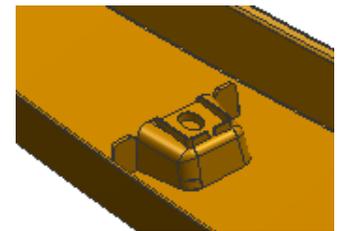


El programa dispone de una base de datos con carros de diferentes proveedores, para acceder a él deberemos ir a Corredera y alzador y elegir el que más nos convenga.



2.4.1.8.5 Desplazables

Además, la pieza cuenta con torretas con vaciados complejos, que hacen necesario la incorporación de desplazables en los que irán los postizos encargados de generarlos.



A la hora de la apertura del molde, éstos se retirarán de forma automática junto con el núcleo, evitando así que interfieran en la expulsión de las piezas.



2.4.1.9. Completar el diseño.

2.4.1.9.1. Refrigeración

Este tipo de moldes de inyección requieren de un sistema de refrigeración que permita calentar el molde antes de que se inyecte el plástico para de esta forma hacerlo más fluido. Además tras el moldeo, los moldes deben enfriarse para facilitar el endurecimiento de la pieza y su expulsión.

Lo más habitual es que una vez dispongamos de los planos de fabricación del molde, se empiece a definir dónde y cómo se taladrarán los conductos o agujeros de enfriamiento que estén cerca de la cavidad sin que interfieran con otros elementos que dispongan ya de una posición definida.

Para definir la posición del sistema de refrigeración Unigraphics dispone de un icono *Refrigeración*, que nos permite acceder a un amplio catálogo de elementos propios de la refrigeración, como pueden ser: tapones, enchufes... y una opción que nos permite realizar los taladros que finalmente serán los canales en el circuito de refrigeración.

2.4.1.9.2. Cajeras

Para crear las cajeras simplemente deberemos pulsar *Diseño de cajera* y el programa nos reconoce y fabrica las cajeras automáticamente. Esta función es aplicable tanto a los canales de inyección y de refrigeración, como para crear cajeras en los insertos cavidad y núcleo.

2.4.1.9.3 Cámara caliente

Los sistemas de colada caliente han sido diseñados para permitir el moldeo de piezas sin la generación de "mazarotas" o "coladas". Aplicados correctamente, ofrecen un menor consumo de materias primas y una menor pérdida de presión en comparación con los sistemas de canales que se solidifican en cada ciclo. Los sistemas de colada caliente son, por lo tanto, apropiados para inyectar productos grandes. Otras ventajas se refieren al ahorro de tiempo de llenado y espacio en las máquinas de inyección, debido a que los sistemas de canal caliente son más cortos que los de colada fría.

El programa dispone de una base de datos con cámaras calientes comerciales.

2.4.1.9.3. Presupuesto

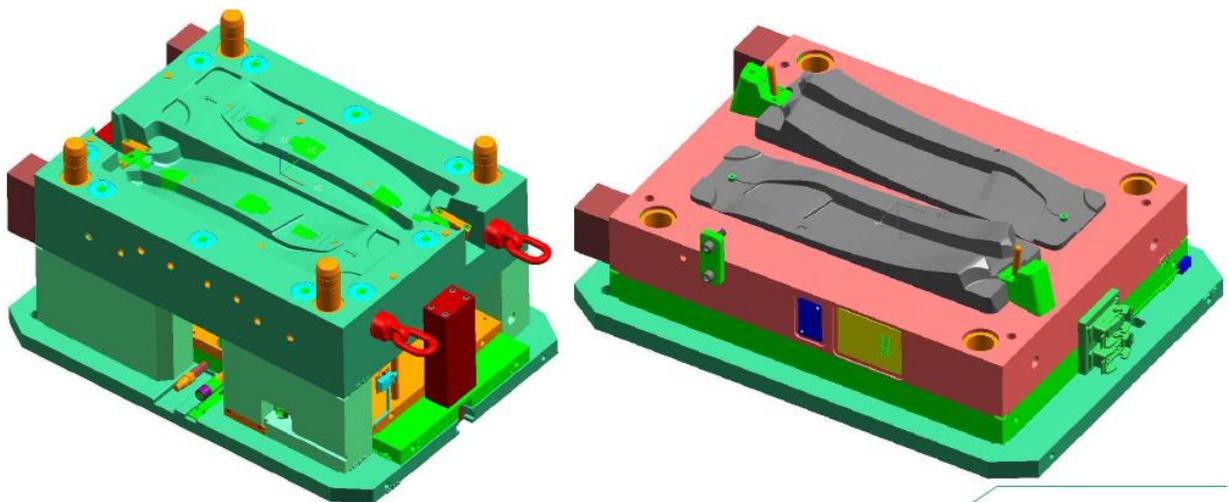
(Ver documento nº 6: PRESUPUESTO)

2.4.1.9.4. Planos

Como todo buen programa de diseño 3D, el Unigraphics cuenta con una aplicación que nos permitirá hacer dibujos y planos desde los modelos sólidos. Esta aplicación denominada Dibujo en plano nos permitirá modificar y acotar dimensiones y además dispone de numerosas posibilidades para realizar los cortes o resaltar los detalles necesarios todas la dimensiones necesarias para una correcta interpretación de las piezas.



(Ver documento nº 4: PLANOS)



2.5. RESULTADOS FINALES

A continuación vamos a explicar el método de inyección del material de plástico y a definir totalmente los elementos del molde como pueden ser el sistema de guiado, los canales de alimentación o la mazarota.

2.5.1. MÁQUINA DE INYECCIÓN

Las máquinas de inyección son máquinas de alta precisión totalmente autómatas. Todas ellas siguen el siguiente ciclo:

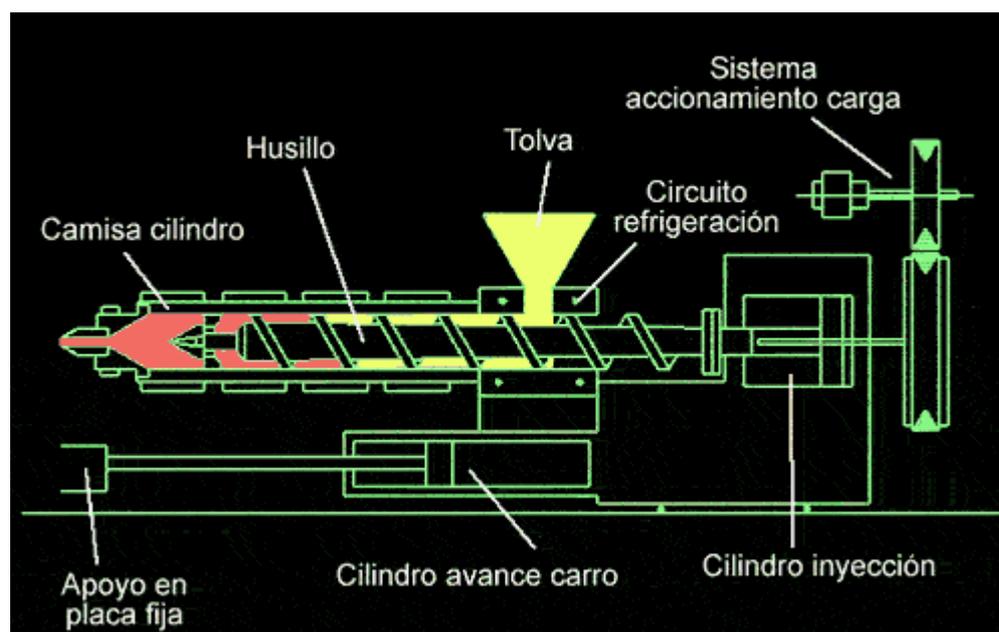
1º Cierre del molde: El carro móvil en el que va colocado el molde se mueve hasta que coinciden macho y cavidad y genera el vacío que posteriormente se rellenará de material plástico.

2º Inyección: El husillo hace avanzar el plástico seleccionado inyectándolo por la boquilla hasta llenar la cavidad del molde.

3º Enfriamiento: Una vez inyectado el material, se deja que solidifique para posteriormente poder extraer la pieza del molde. El tiempo de enfriamiento depende del tipo de material inyectado y de la geometría de la pieza.

4º Apertura del molde: Tras la solidificación de la pieza el carro del macho retrocede y los expulsores actúan despegando la pieza de la cavidad.

Una vez completada la expulsión se reinicia el ciclo.



La máquina de inyección puede dividirse en dos partes principales:

- La unidad de inyección.
- La parte correspondiente al molde.

2.5.1.1. Unidad de inyección.

El grupo o unidad de inyección tiene la función de coger el material sólido que hemos depositado en su tolva, fundirlo de una forma progresiva e inyectarlo (introducirlo) dentro del molde. Para ello tiene una serie de elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos.

2.5.1.1.1. Cilindro de plastificación o inyección.

Es la pieza clave del grupo de inyección, es el corazón de la máquina de inyección, ya que aquí es donde sufre la transformación de sólido a líquido el termoplástico. El estado del plástico fundido determinará en gran medida la calidad de la pieza inyectada. Si el material no sale en buenas condiciones, será muy difícil conseguir una pieza de calidad.

2.5.1.1.2. Husillo

En el cilindro entra en su parte trasera el material termoplástico en granos sólidos, por efecto de una especie de tornillo, llamado husillo, situado en su interior, va avanzando a la parte delantera del cilindro. Como este cilindro exteriormente posee unas resistencias que abrazan toda su longitud, va transmitiendo el calor hacia el interior donde se desplaza el termoplástico, que unido al calor de fricción que sufre al desplazarse, hacen que el termoplástico vaya fundiéndose progresivamente.

2.5.1.1.3. Motor de carga.

El movimiento de giro del husillo, ha sido posible gracias al motor de carga hidráulico que posee la máquina de inyección.

2.5.1.1.4. Camisa del cilindro de inyección.

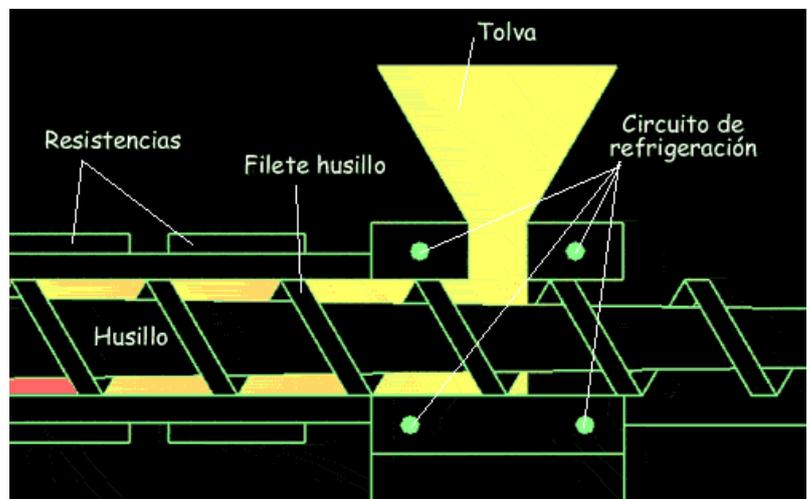
Es el tubo hueco del cilindro, por su interior es por donde gira y se traslada el husillo y por el exterior están las resistencias. En la parte delantera de la camisa va acoplada una pieza sujeta por varios tornillos, llamada cabezal o portaboquillas, que va reduciendo de forma progresiva el diámetro interior de la camisa del cilindro hasta un diámetro menor.

2.5.1.1.5. Boquilla.

La boquilla va enroscada en el portaboquillas coincidiendo perfectamente los diámetros interiores. La boquilla termina interiormente en un diámetro, que varía según la entrada de bebedero del molde con el que vamos a trabajar (puede oscilar entre 3-8 mm de diámetro). La boquilla termina exteriormente con una determinada forma, en forma cónica (por ejemplo a 70°) o en forma semiesférica llamadas de radio (por ejemplo radio 35 mm). La razón de esta terminación, es por que servirá de autocentrado y formará mejor ajuste con el molde si en éste se le ha practicado la misma forma (pero en hembra).

2.5.1.1.6. Termopares

Junto con las resistencias, están distribuidos equilibradamente por la camisa del cilindro, informan al microprocesador de la máquina de la temperatura existente en las distintas zonas del cilindro. El microprocesador comparará la temperatura existente con la que nosotros hemos prefijado para trabajar y según la diferencia mandará calentar o no las resistencias.

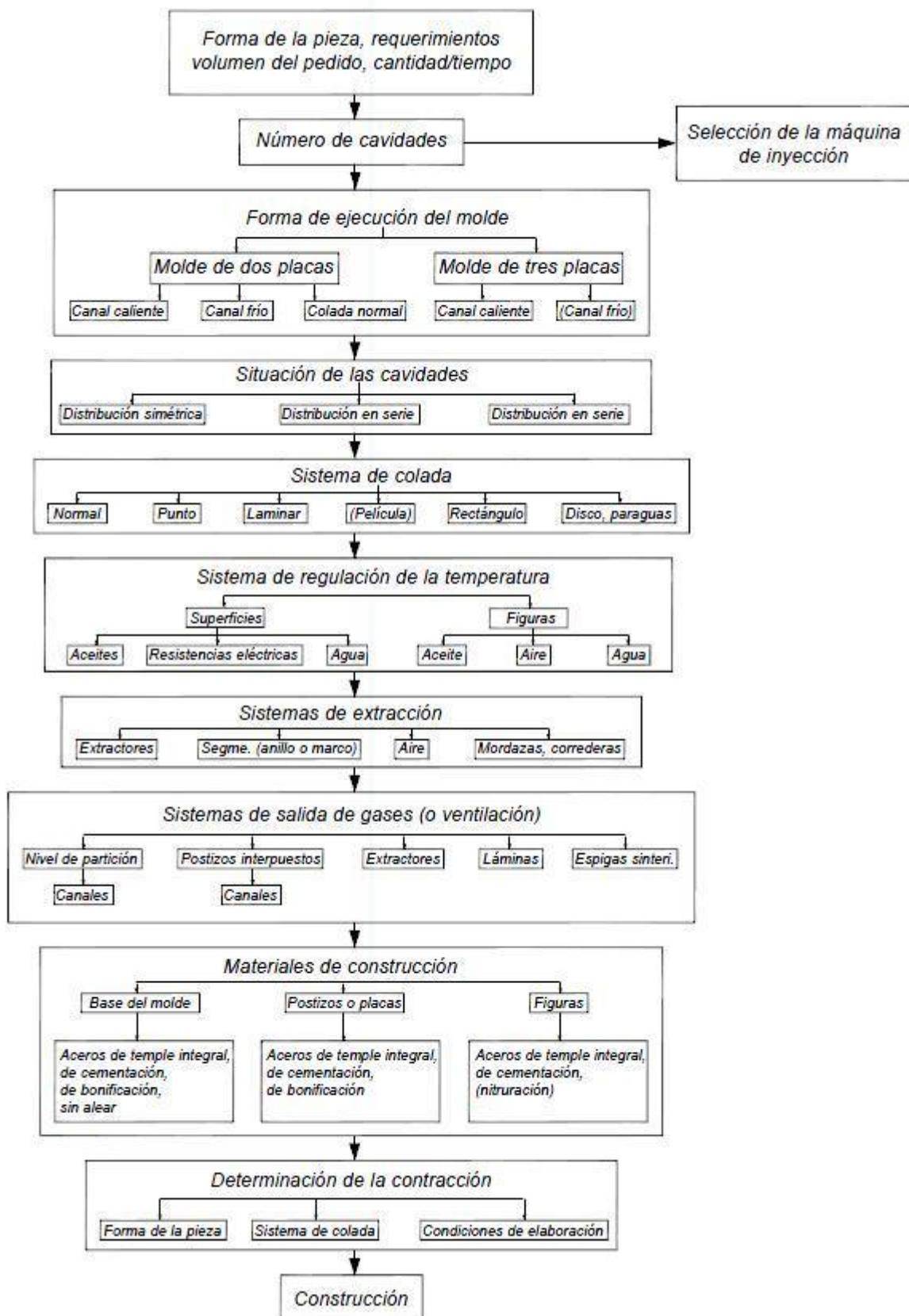


2.5.1.1.7. Circuito de refrigeración/calefacción.

En la zona de entrada del material termoplástico sólido, tenemos unos circuitos de refrigeración (normalmente de agua), que mantienen esta zona lo suficientemente fría para que el termoplástico no empiece a fundir demasiado pronto y nos tapone la zona de entrada.

2.5.1.1.8. Tolva.

Es un recipiente de forma cónica, puesto encima del orificio de carga, donde descargamos el material termoplástico como materia prima. La cantidad de material que suele tener es variable según tipo de máquina, pero puede oscilar entre 15-30 Kg.



2.5.2. TIPOS DE MOLDE

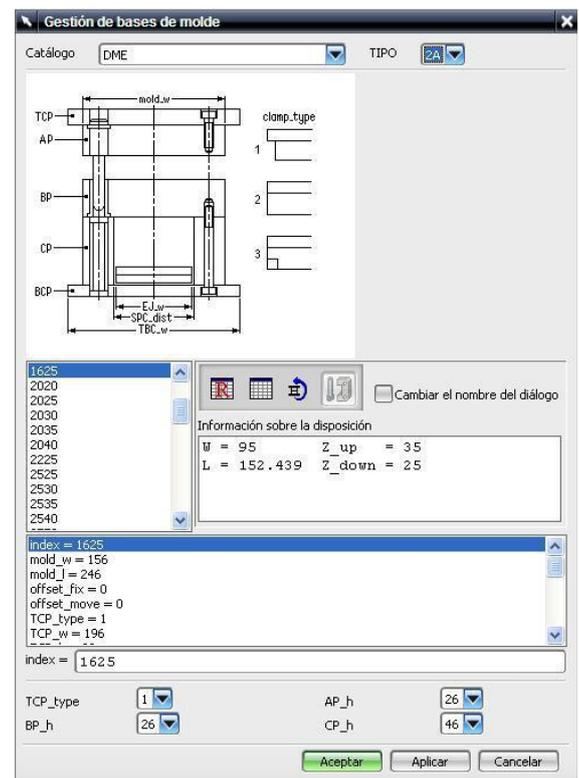
A la hora de escoger un tipo de molde existen muchas opciones y muchas combinaciones que lo permiten ajustar nuestras necesidades a lo que disponemos actualmente en el mercado.

A continuación veremos un esquema de las opciones que tendremos que ir tomando a la hora de elegir el molde que más nos convenga.

2.5.2.1. Molde de dos placas

El molde de dos placas es el diseño más empleado en la industria. Esta combinación ofrece muchas ventajas a la hora de diseñar, manipular el molde, utilizar elementos normalizados... y por tanto es la más económica.

Se construye en dos partes, mitad núcleo y mitad cavidad. La cavidad va situada en el plato fijo de la máquina y el núcleo va situado sobre la parte móvil junto con el sistema de expulsión. La refrigeración se aplica a ambas partes del molde para poder controlar mejor la temperatura de cada parte.



Los métodos más comunes para la construcción del núcleo y cavidad son:

- Método integral: tanto el núcleo como la cavidad van directamente en la placa.
- Método postizos: núcleo y cavidades están hechos sobre postizos que se colocarán en la placa móvil y fija respectivamente. Este método permite emplear el mismo molde con otras piezas de tamaños y características parecidas.

2.5.2.2. Otros moldes

La opción del molde de tres placas se escoge cuando no es posible disponer los canales de llenado en un mismo plano de partición. En este caso se establece un segundo plano de separación para el desmoldeo de los canales solidificados.

En caso de querer realizar múltiples piezas sencillas, se suele tomar la opción del molde de pisos. Este tipo de moldes está sometido a duras restricciones en lo que a equilibrio térmico se refiere.

2.5.3. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MOLDES

La duración del molde tiene una importancia decisiva en los costos de fabricación. A continuación veremos las características más importantes a la hora de elegir el material de fabricación de nuestro molde.

2.5.3.1. Características mecánicas de los aceros para moldes

Las características que debe tener un acero para la construcción de moldes de inyección dependen de las condiciones impuestas a la pieza terminada y de los esfuerzos a los que se vea sometido el molde. Por ello los aceros deben tener las siguientes propiedades:

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

Aunque podríamos pensar que el factor decisivo a la hora de elegir el acero podría ser su resistencia a la compresión, la realidad es que el factor clave es el esfuerzo de flexión que deben resistir los elementos de los moldes grandes. Por esta razón se recurre a aceros de cementación de núcleo tenaz y superficie endurecida.

Dado que un acero no puede presentar todas las características anteriormente nombradas, antes de fabricar el molde deberemos tener en cuenta las propiedades impuestas por su aplicabilidad que serán estimadas según los siguientes parámetros:

- Tipo de masa de moldeo a elaborar (exigencias por corrosión, abrasión, conductividad térmica y viscosidad)
- Tipo y magnitud del esfuerzo mecánico previsible (tamaño de la cavidad, presión de inyección, variaciones de forma...)
- Método de obtención de vaciado de bloque (arranque de viruta, erosión...)

- Tratamiento térmico necesario con sus correspondientes variaciones en dimensiones

Una vez analizado estos parámetros elegiremos el acero adecuado. Los aceros pueden clasificarse en:

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

2.5.3.1.1. Acero de bonificación

El acero bonificado consiste en temple y revenido. Se efectúa un temple por encima de 500°C durante una hora o dos consiguiendo de esta forma un equilibrio entre la pérdida de resistencia y dureza y el aumento de tenacidad.

Como su resistencia es baja su calidad superficial también lo es por ello se le aplicará un tratamiento superficial como puede ser el cromado o nitrurado. Es recomendable que los aceros para moldes presenten más de un 13% de Cromo.

2.5.3.2. Mecanizado

Es el proceso de elaboración que vamos a utilizar para este molde, ya que, las piezas a elaborar no son de una complejidad excesiva y es un método más económico que el de electroerosión. Aproximadamente el 90% de los moldes pueden obtenerse por mecanizado, entendiéndose por mecanizado trabajos de torno, fresa y pulido.

Las máquinas tienen que dejar el molde prácticamente terminado, de modo que solamente sea necesario un pequeño repaso manual. Lo más aconsejable es que dicho repaso manual quede limitado a pulir el molde con el fin de obtener una buena calidad superficial. El problema de este método de elaboración, es que al arrancar material se pueden originar tensiones en el elemento, o bien, liberar tensiones ya existentes en el mismo, dichas tensiones pueden llegar a producir deformaciones en los postizos lo



que originaría que la pieza moldeada no fuera la deseada. Por ello se aconseja efectuar un recorrido de eliminación de tensiones en el molde después del desbaste. En el posterior acabado se podrá compensar una deformación eventual producida por el proceso.

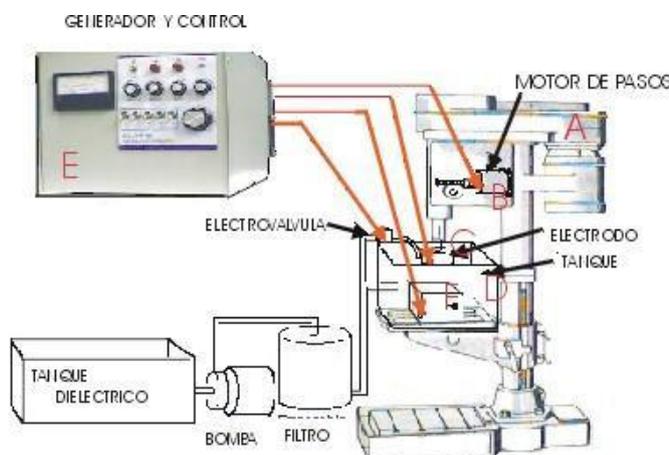
Tras el tratamiento térmico se esmerilan y se pulen los moldes para conseguir un buen acabado superficial, lo cual, es un factor decisivo para la calidad de las piezas. Para obtener piezas correctas la calidad de la superficie del molde ha de ser lo más lisa posible y estar libre de poros, esto último también influye a la hora de desmoldear la pieza.

2.5.3.3. Elaboración por electroerosión

La electroerosión es un proceso de fabricación, también conocido como Mecanizado por Descarga Eléctrica o EDM (Por su nombre en inglés, *Electrical Discharge Machining*).

El proceso de electroerosión consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza y un electrodo en un medio dieléctrico para arrancar partículas de la pieza hasta conseguir reproducir en ella las formas del electrodo. Ambos, pieza y electrodo, deben ser conductores, para que pueda establecerse el arco eléctrico que provoca el arranque de material.

Durante el proceso de electroerosión la pieza y el electrodo se sitúan muy cercanos entre sí, dejando un hueco que oscila entre 0,01 y 0,05 mm, por el que circula un líquido dieléctrico (normalmente aceite de baja conductividad). Al aplicar una diferencia de tensión continua y pulsante entre ambos, se crea un campo eléctrico intenso que provoca el paulatino aumento de la temperatura, hasta que el dieléctrico se vaporiza.



Al desaparecer el aislamiento del dieléctrico salta la chispa, incrementándose la temperatura hasta los 20.000°C, vaporizándose una pequeña cantidad de material de la pieza y el electrodo formando una burbuja que hace de puente entre ambas.

Al anularse el pulso de la fuente eléctrica, el puente se rompe separando las partículas del metal en forma gaseosa de la superficie original. Estos residuos se solidifican al contacto con el dieléctrico y son finalmente arrastrados por la corriente junto con las partículas del electrodo.

Dependiendo de la máquina y ajustes en el proceso, es posible que el ciclo completo se repita miles de veces por segundo. También es posible cambiar la polaridad entre el electrodo y la pieza.

El resultado deseado del proceso es la erosión uniforme de la pieza, reproduciendo las formas del electrodo. En el proceso el electrodo se desgasta, por eso es necesario desplazarlo hacia la pieza para mantener el hueco constante. En caso de que el desgaste sea severo, el electrodo es reemplazado. Si se quiere un acabado preciso (tolerancia de forma $\pm 0.05\text{mm}$ es preciso la utilización de 2 electrodos).



La rugosidad superficial que se obtiene en un proceso de electroerosión por penetración puede establecerse previamente, dentro de unos límites, al programar la máquina. Esta rugosidad puede variar dando lugar a un acabado muy rugoso o a un acabado sin rugosidad pero imposible de conseguir. Las tasas de arranque de material con electrodo de forma son del orden de $2\text{ cm}^3/\text{h}$.

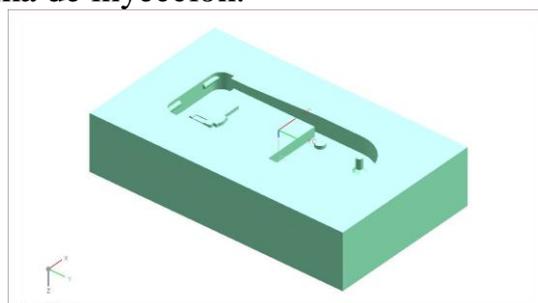
Como material para electrodos se emplea el grafito, cobre electrolítico o aleaciones de cobre-tungsteno. La ventaja especial de este método de elaboración es que se puede trabajar con cualquier tipo de material conductor sin tener que preocuparse por la resistencia mecánica.

2.5.4. PARTES DEL MOLDE

2.5.4.1. Cavidad

La cavidad es la parte del molde que está en contacto con las que a posteriori serán las caras vistas de la pieza. También se denomina hembra y sus dimensiones suelen ser un 1,006% superiores a las de la pieza para hacer frente a las contracciones que sufra el material, respetando así las dimensiones originales de la pieza.

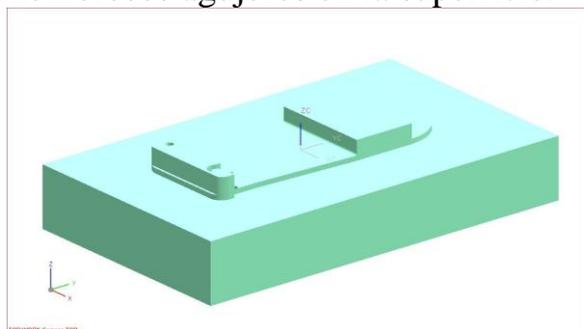
Suele ubicarse en la parte fija del molde junto con el anillo de centraje, el bebedero y el sistema de inyección.



2.5.4.2. Núcleo

El núcleo o macho por su parte, es la parte que queda en contacto con las caras ocultas.

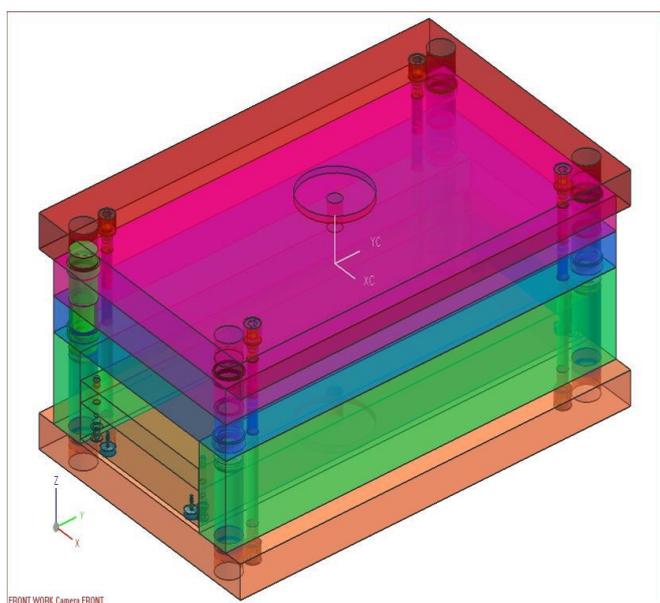
El macho va situado sobre la parte móvil del molde y por su interior deberán circular los expulsores que acaben separando la pieza. Por esta razón podremos apreciar numerosos agujeros en la superficie.



2.5.4.3. Placas estándar

Como ya hemos mencionado anteriormente, emplearemos bases de moldes normalizadas que aparecen en la librería del Unigraphics. A través de los catálogos disponibles agilizaremos el proceso de diseño al mismo tiempo que abarataremos el coste del molde al emplear armazones que se fabrican en serie.

El catálogo nos ofrece una amplia gama de moldes económicos y de sencillo manejo. En nuestro caso elegiremos el DME – 2A el cual ajustaremos a las dimensiones que necesitemos.



-  Zócalos o placas de fijación
-  Placas portacavidades
-  Placa expulsora y portaexpulsora.

2.5.4.4. Elementos de fijación

Una vez establecida la base del molde de la librería de Unigraphics el propio programa nos incluye y posiciona los elementos de fijación necesarios.



No obstante en caso de que consideremos necesario añadir un mayor número de ellos podremos hacerlo desde la pestaña piezas estándar.

2.5.4.5. Guías

Las guías son utilizadas principalmente para un correcto acoplamiento entre los elementos del molde. El zócalo móvil, el semimolde y las guías llevan agujeros coincidentes entre sí.

2.5.4.6. Canales o correderas

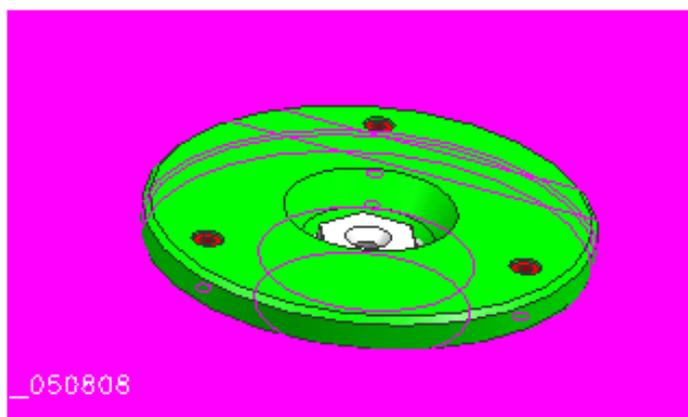
Para crear los canales deberemos pinchar sobre la pestaña de correderas. Se nos desplegará un nuevo menú donde podremos elegir las dimensiones, sección y si queremos que dispongan de depósitos de impurezas en los extremos.



2.5.4.7. Anillo centraje

Una vez seleccionado el molde que mejor se ajuste a nuestras características deberemos seleccionar un anillo de centraje que se adapte a él.

El programa Unigraphics nos ofrecerá nuevamente una librería con diferentes anillos. En nuestro caso y como se aprecia en la imagen seleccionaremos un modelo de anillo con fijación mediante tornillos.



2.5.4.8. Bebedero

Una vez tengamos ya posicionado el anillo de centraje deberemos seleccionar el bebedero.

Nosotros elegiremos uno del mismo fabricante DME que la base del molde para evitar problemas y después de realizar los oportunos cálculos seleccionaremos el que mejor se adecue a nuestras condiciones de llenado.

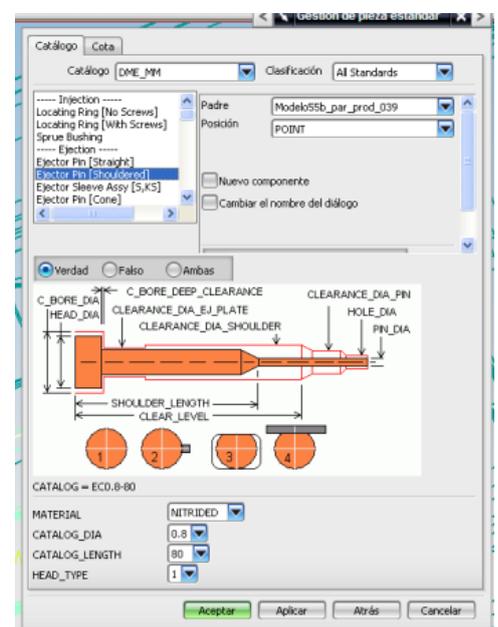
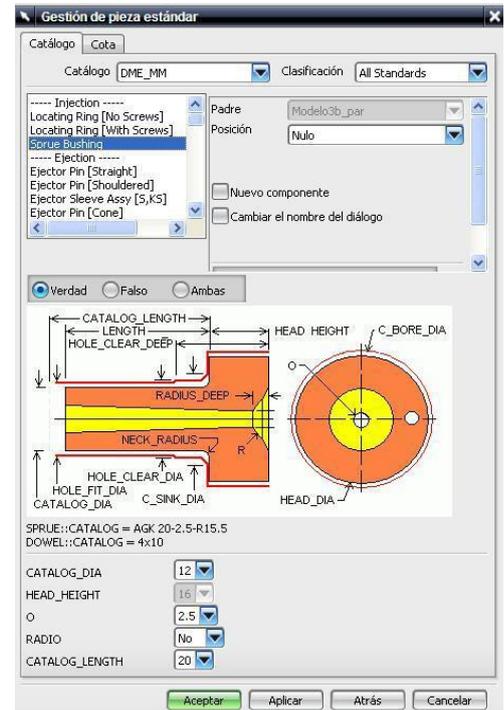
El programa nos permite elegir la longitud (CATALOG_LENGTH), diámetro exterior (CATALOG_DIA) y el radio (RADIO) de la zona donde se posicionará la boquilla de inyección.

2.5.4.9. Expulsores

Los expulsos serán los encargados de separar la pieza del macho una vez se inicia el movimiento de apertura del molde. La disposición de éstos depende de la pieza y del material que se haya elegido ya que a mayor índice de contracción mayor fuerza ejercerán los expulsos. Los expulsos deberán ser mecanizados en función de la posición que ocupen y cuál sea la forma de la superficie que deben cubrir.

Durante el proceso de apertura del molde, el desplazamiento de las placas expulsoras empujará los expulsos y éstos empujarán la pieza desprendiéndola del inserto núcleo, existe un recorrido suficiente de las placas expulsoras para que, terminado el proceso de apertura, la pieza caiga por gravedad. Los expulsos están colocados en la zona “no vista” de la pieza, con el fin de que no se vean las marcas que éstos dejan en la pieza.

Como en anteriores pasos, volveremos a buscar en las bibliotecas de Unigraphics los expulsos que más nos convengan. En nuestro caso, dadas las dimensiones y geometría de la pieza hemos decidido emplear varillas



expulsoras nitruradas de cabeza cilíndrica. Las espigas de extracción se fabrican con longitud uniforme de tal modo puedan acomodarse a los armazones, insertos...

Para que las varillas expulsoras tengan fácil movimiento en el molde, los agujeros realizados en la placa portacavidad del núcleo son 1mm mayores que el vástago y en la placa portaexpulsores de 0.2mm mayores.

2.5.4.10. Respiración

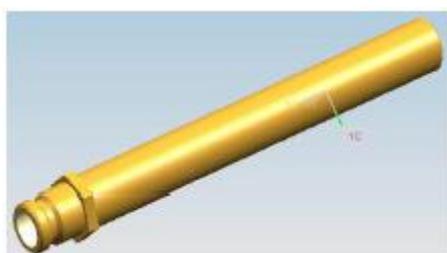
En los moldes cerrados, es imprescindible facilitar la salida de aire y gases de las zonas a rellenar por el plástico. Si el escape o respiración es deficiente se pueden obtener zonas sin llenar y de poca solidez, mala apariencia, extracción difícil y un ciclo poco eficiente.

Los equipos de inyección se proyectan para llenar el molde con rapidez. El aire y los gases atrapados retrasan el llenado por lo que es necesario que la extracción de aire sea tan rápida como la de inyección de plástico.

Para una velocidad de ciclo de llenado normal, como es el caso, no se precisan medidas especiales ya que el aire tiene suficientes posibilidades de salir por el plano de partición o los expulsores.

2.5.4.11. Refrigeración

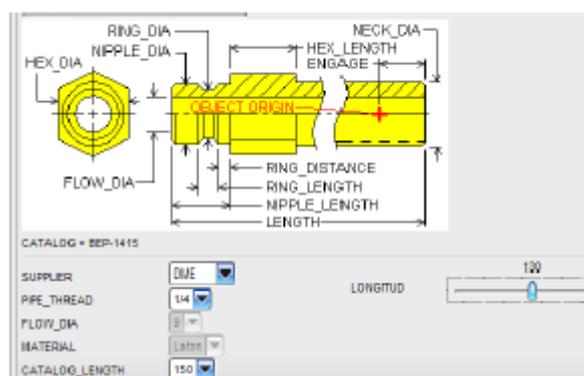
Para asegurar un buen acabado de la pieza deberemos prestar especial atención a la refrigeración de nuestro molde. Una vez termina la inyección del material comienza la refrigeración que no concluirá hasta la completa solidificación de la pieza.



Nuestro molde dispondrá de conductos interiores por los que circulará agua de la boquilla de entrada hasta la salida. Es recomendable que tanto la entrada como la salida del circuito estén en el mismo lugar facilitando así operaciones de mantenimiento.

Deberemos tener cuidado en posicionar el circuito de forma que todas las piezas se enfríen homogéneamente.

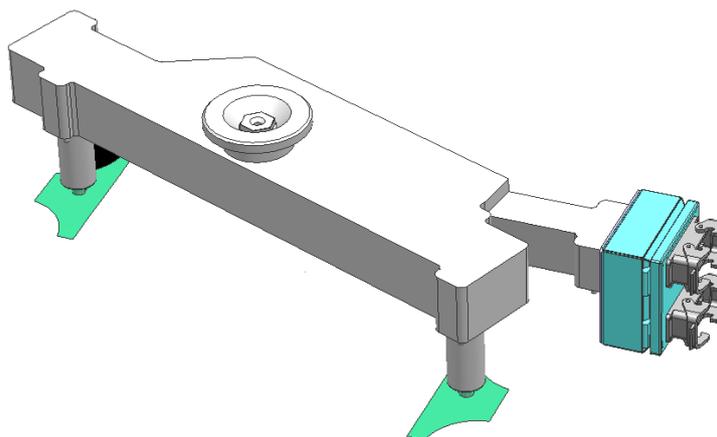
Una vez diseñado el circuito con ayuda del Mold Flow deberemos seleccionar las magueras, empalmes,



juntas que eviten posibles fugas, tapones... Todos estos elementos podremos encontrarlos en la librería de elementos estándar que incluye el programa.

2.5.4.12. Cámara caliente

Para cumplir con las especificaciones de diseño del molde, se selecciona el sistema de cámara caliente de la marca SYNVENTIVE ya que ofrece en su catálogo una solución global que incluye todos los elementos necesarios para nuestro diseño.

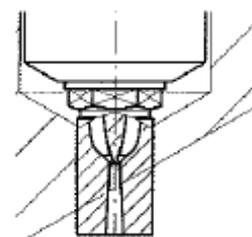


El sistema de cámara caliente seleccionado consta de los siguientes elementos significativos.

- Boquilla
- Distribuidor
- Boquilla de acceso

La boquilla es la encargada de llevar la masa de plástico fundida desde el distribuidor hasta la cavidad de la pieza. La típica huella de alimentación en las piezas de plástico inyectadas con sistema de cámara caliente se la debemos a ella.

Se debe realizar una selección exhaustiva del tipo de boquilla a utilizar en función del peso de la pieza y el material a inyectar.



El distribuidor es el encargado de llevar el plástico desde la boquilla de acceso a las n boquillas del molde. El número n corresponde al número de cavidades del molde. Este elemento se puede asemejar a un multiplicador ya que convierte 1 sola entrada en varias salidas.

La boquilla de acceso es el nexo de unión entre la boquilla de la unidad de inyección de la máquina y el molde. La masa de plástico fundida es introducida en el molde por la boquilla de acceso la cual la hace pasar al bloque distribuidor y éste a su vez a las n boquillas del molde.

2.6. DEFECTOS A CONTROLAR

Una vez explicado el proceso de diseño y de inyección es el momento de analizar los posibles defectos que puedan aparecer en la pieza tras la solidificación del material. Estos defectos pueden hacer que las piezas defectuosas sean rechazadas ya que no cumplirán las especificaciones para las que han sido diseñadas con la consiguiente pérdida económica.

Por lo tanto para minimizar los errores en el ciclo de producción es necesario conocer el origen de dichos defectos. Para ello se realizarán pruebas y simulaciones con el objetivo de localizar la causa. Una vez conocido el problema se introducirán las medidas oportunas para su eliminación y la correcta disposición del ciclo de producción.

2.6.1. LÍNEAS DE SOLDADURA

EFECTO: Pueden tener propiedades mecánicas inferiores a las del resto de la pieza.

CAUSA: Aparecen cuando durante el llenado del molde diferentes frentes de plástico se encuentran en direcciones opuestas, los bordes o límites que se forman se llaman líneas soldadas.

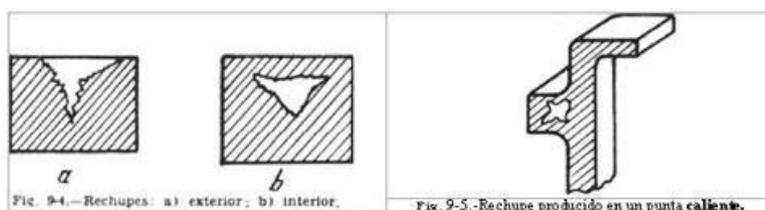
SOLUCIÓN: Las temperaturas altas de fusión, las presiones altas de inyección, las localizaciones alternas de las puertas en la pieza y una mejor ventilación don formas de evitar este defecto.

2.6.2. RECHUPES

EFECTO: Material no uniforme

CAUSA: Contracción o incorrecta refrigeración de la pieza inyectada. Aparecen, generalmente, entre la pared de la cavidad y la corteza de la pieza.

Los rechupes también se forman incluso después de que la pieza es extraída del molde. 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.



SOLUCIONES:

- Evitar diferencias de espesor de las paredes
- Evitar acumulaciones de material
- Prestar especial atención a la relación grosor-diseño de los nervios
- Asegurar una adecuada refrigeración del molde
- Situar el conducto de colada en la pared más gruesa

2.6.3. REBABA

EFECTO: El plástico fundido se mete en la superficie de separación entre las partes del molde, también puede ocurrir alrededor de los pernos de eyección.

CAUSA:

- Temperaturas de fusión o presión de inyección demasiado alta
- Tamaño excesivo de la carga.

SOLUCIÓN:

- Dosificar menos material.
- Disminuir el tiempo de inyección.
- Control adecuado de presión y temperatura

2.6.4. MARCAS HUNDIDAS Y HUECOS

EFECTO: Marca hundida generalmente en las secciones gruesas de la pieza

CAUSA: Una vez el material situado en la superficie exterior ha solidificado debido a la contracción éste se deforma, hundiéndose.

SOLUCIÓN: Diseño de secciones con espesor uniforme o delgadas.

2.6.5. DEFECTOS EN EL PUNTO DE COLADA

EFECTO: Se producen zonas mates en el punto de colada.

CAUSA: fuerza de cizalla del flujo

SOLUCIÓN:

Reducir velocidad inicial de inyección obteniendo así condiciones más favorables para la creación de una capa suficientemente fuerte para resistir la fuerza de cizalla del flujo

2.6.6. RÁFAGAS

EFEECTO: Aspecto muy similar a estrías. Aparece detrás de secciones estrechas (puntos de cizalla) o cantos vivos del molde.

CAUSAS:

La temperatura elevada de masa.

Una elevada velocidad de avance del husillo.

Largo tiempo de permanencia en la unidad de plastificación o en la parte delantera del husillo.

Alto contenido de material reciclado.

TIPOS:

- Ráfagas por quemadura: causadas por la degradación térmica de la masa. El resultado puede ser la decoloración plateada o amarronada causada por el cambio producido en su estructura molecular.
- Ráfagas por humedad: aparecen en la superficie de la pieza molde dada en forma de colas de cometa. Las ráfagas por humedad debidas a humedad en la superficie del molde, aparecen como zonas largas, deslustradas y laminadas. Hay materiales que tienen tendencia a absorber humedad (PA, ABS, CA, PB, TB, PC, OMMA, SAN).
- Ráfagas por aire: las ráfagas de aire aparecen como ráfagas mates, plateadas o blancas que se hallan cerca de la última zona de llenado, nervios y diferencia de grosor de las paredes.
- Ráfagas de color: éstas son debidas a una distribución desigual de los componentes o a distintas orientaciones de los pigmentos en el flujo del fundido. La degradación térmica y las fuertes deformaciones pueden también dar origen a cambios o diferencias de color.

2.6.7. DELAMINACIÓN DE CAPAS

EFEECTO: Suele ocurrir después de un cierto tiempo de utilización de la pieza y genera la separación de capas de la pieza.

CAUSA:

Temperatura demasiado baja.

Velocidad de inyección demasiado baja.

Baja contrapresión de la máquina.

SOLUCIÓN:

Incrementar la temperatura.

Incrementar la velocidad de inyección.

Incrementar la contrapresión de la máquina.

Reducir de la diferencia de temperatura entre molde y material.

Analizar microscópicamente su estructura interna.

2.6.8. BURBUJAS

EFEECTO: Formación de burbujas de aire tanto en la superficie como en el interior de la pieza.

SOLUCIÓN:

Revisar diseño del molde

Modificar diferentes parámetros de inyección:

Temperatura de fusión.

Temperatura de la pared de la cavidad

Velocidad de avance del tornillo.

Presión de mantenimiento.

Tiempo de sostenimiento.

2.6.9. FALTA DE LLENADO DEL MOLDE

EFEECTO: La falta de llenado se produce en una pieza que ha solidificado antes de llenar completamente la cavidad. El defecto puede corregirse 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 mas grande.

CAUSA:

Insuficiente material en la cavidad.

Falta de material en la tolva.

Cañón demasiado pequeño.

Temperatura demasiado baja.

Obstrucción de la tolva o de la boquilla.

Válvula tapada.

Tiempo de sostenimiento demasiado corto.

Velocidad de inyección demasiado baja.

Canales demasiado pequeños.
Respiración insuficiente.

SOLUCIÓN

Inyectar más material.
Cambiar el molde a una máquina de mayor capacidad.
Incrementar la temperatura del barril.
Incrementar la velocidad de inyección.
Modificar el tamaño de los canales del molde.

2.6.10. COMPACTACIÓN EXCESIVA

EFECTO: Ralladuras e incorrecta extracción de la pieza.

CAUSA: Si se retira la presión antes de tiempo, la pieza no quedará compactada, tendrá menos peso del que cabría esperar. Sin embargo, si se mantiene la presión y la entrada de material más de lo adecuado, una vez se enfríe, el material ejercerá una presión que puede producir desperfectos en el molde.

SOLUCIÓN: Análisis exhaustivo de la presión y tiempo de llenado.

2.6.11. DEFORMACIONES POR EXPULSIÓN Y ALABEO

EFECTO: Roturas, excesiva tensión, expulsos hundidos, pieza deformada.

CAUSA: Fuerza de desmoldeo incorrecta

SOLUCIÓN: Expulsos de mayor sección

2.6.12. MARCAS EXPULSORES

EFECTOS: Las marcas de expulsión son depresiones o elevaciones en el lugar correspondiente a la posición de los expulsos 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.

CAUSAS:

Tiempo de enfriamiento muy corto.
Temperatura del molde alta.
Temperatura del polímero demasiado alta.
Rapidez de eyección demasiado alta.

Localización inadecuada de las barras eyectoras.
Mal ajuste de la máquina
Longitud de expulsores incorrecta

SOLUCIONES:

Incrementar el tiempo de enfriamiento.
Disminuir la temperatura del fundido.
Disminuir la rapidez de eyección.
Modificar la ubicación de las barra eyectoras.

2.6.13. PUNTOS NEGROS/EFECTO DIESEL

EFECTOS: Se apreciarán manchas negras (quemaduras) en la superficie de la pieza moldeada.

CAUSA: Problema de ventilado o salida de aire. 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.



También pueden deberse a suciedades de la máquina o impurezas y tintes del material.

SOLUCIÓN:

Disminuir velocidad de inyección
Aumentar número de canales de ventilación.
Mantener limpios los canales
Emplear materias primas adecuadas.

2.6.14. GRIETAS DE TENSIONES

EFECTO: Las áreas expuestas a la tensión se vuelven de color blanco. Las roturas por tensión suelen tener la dirección del desmolde y pueden aparecer varios días o semanas después de la producción de la pieza. Este tipo de defecto puede ser apreciado gracias a la coloración blanca en diferentes zonas de la pieza.

CAUSA: se sobrepasa la deformación máxima tolerada (por ejemplo, por tensión exterior o por deformación). La deformación máxima depende del todo del

material que se utilice, de la estructura molecular, del proceso y del clima que rodea a la pieza.

SOLUCIÓN: Respetar las condiciones de llenado.

2.6.15. PULIDO NO UNIFORME

EFEECTO: En esta etapa se analizará el acabado, el brillo, de la pieza ya producida. El brillo de una pieza moldeada es la apariencia de su superficie, cuando es expuesta a la luz. Durante la inspección de la calidad del brillo podemos encontrarnos diferentes defectos:

La pieza es demasiado brillante o demasiado poco brillante:

Diferencias de brillo en la superficie de la pieza: las diferencias de brillo aparecen por las variaciones de espesor de las paredes en la zona visible de las piezas.

La deformación de las zonas ya enfriadas

CAUSAS: distorsión durante el enfriamiento en el molde. Diferentes condiciones de enfriamiento y diferencias de contracción.

2.6.8. EFECTO JETTING

EFEECTO: 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.

CAUSA: insuficiente flujo del polímero fundido desarrollado en la cavidad.

SOLUCION: Disminuya la velocidad de inyección

2.6.17. OTROS DEFECTOS

Estrías: Las estrías son causadas generalmente por quemaduras y humedad. Son visibles en la superficie por su color plateado.

Líneas de flujo: La línea de flujo en las piezas de plástico representa un defecto óptico y un debilitamiento mecánico. Pueden aparecer unas muescas y cambios de color.

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

Líneas de flujo frías: Representan, un defecto estético y un debilitamiento mecánico. Pueden aparecer muescas y cambios de color.

Materia prima no fundida: Este efecto se produce por una falta de temperatura en el cilindro durante el proceso de plastificación, en la máquina de inyección. En consecuencia, pueden aparecer en zonas débiles de la estructura de la pieza acabada, y el originar grietas.

Efecto Stick-Slip: Este defecto es producido por vibraciones elásticas del plástico fundido inyectado que provocan ranuras. Esto se debe en parte a una velocidad demasiado lenta en conjunción con las paredes de la cavidad, relativamente frías. La eliminación del defecto se consigue mediante la corrección de estos parámetros del molde y de la máquina.