

# Diseño de piezas de plástico para inyección

Antoni González de Cabañes

Ingeniero de materiales. Departamento de plásticos técnicos de BASF Española S.A.

Santiago González Mestre

Arquitecto. Estudio de Arquitectura G.L.

## Resumen

El artículo siguiente pretende dar una visión genérica de los puntos necesarios para realizar el diseño de una pieza con material plástico, que será transformada por un proceso de moldeo por inyección. Para obtener una buena pieza inyectada de plástico es importante que se tengan conocimientos del diseño de la pieza, del molde de inyección, de la materia prima y del proceso de transformación. Por ello se pretende también dar a conocer al diseñador la problemática que presentan el proceso de inyección de termoplásticos y el molde respecto al diseño de la pieza. Un buen diseño será, pues, el que vincule todos esos aspectos.

Las diferentes tablas y figuras que acompañan el texto aportan los datos necesarios para iniciarse en el diseño de piezas con material plástico.

## Palabras Clave

Diseño, selección de materiales, materiales plásticos, moldeo por inyección.

## Elementos de diseño de la pieza

El diseño estructural de una pieza concebida para ser transformada en plástico, puede empezar por el análisis del cuaderno de cargas de la aplicación en cuestión. Conociendo el tipo y la magnitud de las solicitaciones vamos a poder realizar un estudio mecánico y de este modo obtendremos un predimensionado y un cálculo aproximado de los espesores. Estas indicaciones que valdrían para el diseño en general de materiales deben ir acompañadas de otras que se utilizaran de forma exclusiva para el diseño con materiales plásticos.

Otras consideraciones como son la uniformidad de espesores en las diferentes zonas de la pieza, la facilidad de desmoldeo de la pieza, la capacidad de la pieza a ser llenada de tal modo que el material fundido pueda acceder a todas las zonas de la cavidad del molde de forma uniforme y evitar al máximo los defectos provocados por líneas de unión, atrapés de aire, zonas con material frío, etc., serán especialmente estudiadas cuando se esté diseñando la pieza para ser fabricada en un material plástico.

## Espesor de las paredes

Podemos generalizar y decir que cuanto más regulares sean los espesores de la pieza, menos problemas tendremos en los procesos de inyección y post-inyección. En el caso de que existan espesores de pared muy diferentes, hay que realizar el cambio de una dimensión a otra de la forma más gradual posible. Esta regularidad en el diseño nos ayudará a evitar turbulencias de flujo importantes que se producirían durante el llenado de la pieza. No hay que olvidar que las turbulencias en cualquier caso dificultan una ordenación entre las diferentes cadenas moleculares y por tanto provocan una orientación que no es la más idónea para que la pieza trabaje al máximo rendimiento. Un ejemplo de una pieza diseñada con espesores constantes se muestra en la Figura 1. No hay que olvidar que la pieza que se está diseñando,

con los conceptos que se barajan en este artículo, va a ser obtenida mediante un proceso de transformación por inyección de termoplásticos. Este proceso nos obliga a definir en la pieza un punto por donde va a penetrar el material en estado fundido.

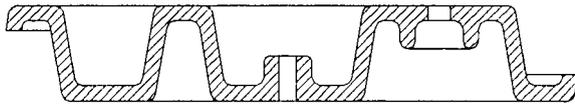


Figura 1. Sección de pieza que presenta espesor único

En la mayoría de los casos, es aconsejable situar el punto de inyección en la zona gruesa de la pieza. De este modo se asegura en mayor medida el llenado de la cavidad, manteniendo los conductos por donde pasa el material, abiertos el mayor tiempo posible.

Hay que tener en cuenta también que durante el proceso de post-inyección se van a producir en la pieza fenómenos de contracción, producidos por ordenaciones posteriores de las cadenas poliméricas. En las zonas donde las paredes tengan mayor grosor es donde se producirán porcentajes de contracción más altos, es por ello que es importante que estas zonas estén cerca del punto de inyección y reciban material fundido durante el mayor tiempo posible y puedan compensar la contracción producida. En el caso contrario podrían darse en la pieza defectos como piezas faltadas o zonas internas vacías de material, además de posibles problemas de rechupes o fuertes tensiones internas, provocadas por las diferentes contracciones que tienen lugar cuando partimos de espesores muy distintos en zonas cercanas. Un ejemplo del llenado de una pieza con diferentes espesores se muestra en la Figura 2. En este caso se observa de manera clara como se realiza un cambio gradual del espesor.

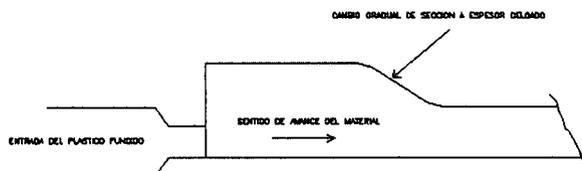


Figura 2. Cambio gradual de sección en una pieza de plástico

Para mejorar de un modo importante el aspecto superficial de la pieza, también es adecuado empezar a llenar por la parte gruesa. Durante el proceso de llenado pueden aparecer sino problemas de "Jetting" o "gusanillo". Este efecto viene producido por el contacto de el material que entra en la cavidad en forma de gusano, directamente con las paredes del molde. En este caso el material no llena de una forma homogénea y por ello queda una calidad superficial con muchos defectos. Es por ello que si por motivos de fabricación la pieza tuviese que llenar de parte delgada a parte gruesa, deberíamos de dotar a la cavidad de canales internos o cambios que permitiesen el llenado con una repartición homogénea en toda la cavidad. Un ejemplo del efecto "Jetting" se observa en el esquema realizado en el esquema realizado en la Figura 3.

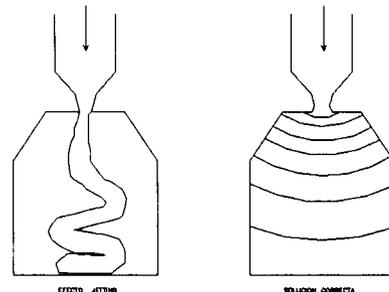


Figura 3. Posible solución al efecto Jetting

La selección de un espesor nominal depende también del plástico con el que vamos a realizar la pieza. En el llenado de la pieza van a influir de manera decisiva las propiedades viscosas del material en estado fundido. Unos espesores recomendados los podemos observar para cada tipo de plástico en la Tabla 1.

En el aspecto económico, el tiempo del ciclo de inyección de la pieza, tiene una importancia relevante para el coste final de la misma. En un ciclo de inyección, el periodo correspondiente al tiempo de enfriamiento de la pieza ocupa más de un 60 % del tiempo total. Es importante saber pues, que el tiempo de enfriamiento depende exponencialmente del espesor de la pieza. Con esto queremos remarcar que con espesores de paredes delgadas no se consigue simplemente un ahorro de material, si no que además y ello es más importante, conseguimos una importante mejora en el tiempo de producción de la pieza y consecuentemente una importante reducción en el coste final.

El diseño debe intentar en función de las circunstancias, adaptarse a espesores no superiores a 3 mm. Para mantener este límite se pueden utilizar recursos como son zonas con nervios o cambios de geometría, con ello no sólo mejoramos el ciclo, tal y como hemos comentado, sino que optimizamos el peso de la pieza.

Por otro lado, se recomiendan espesores mínimos de trabajo de 1,2mm. De este modo se facilita el llenado en todas las zonas de la cavidad. Estos valores se han podido observar en la Tabla 1.

Plástico	Esesor	Esesor	Esesor
	mínimo(mm)	medio(mm)	máximo(mm)
Resina Acetática	0,38	1,6	3,2
ABS	0,76	2,3	3,2
Acrílicos	0,65	2,4	6,5
Poliamidas	0,4	1,6	9,0
Polycarbonatos	1,0	2,5	9,5
Polietileno baja densidad	0,5	1,5	6,5
Polietileno alta intensidad	0,9	1,5	6,5
Polipropileno	0,6	2,0	8,0
SAN	0,7	1,6	6,5
PVC	1,0	2,5	9,5

Tabla 1. Espesores recomendados en función del material.

En la Figura 4, se muestran algunos ejemplos donde los espesores gruesos son evitados mediante cambios en la geometría. Cabe recordar que zonas con importante acumulación de material, son inevitables puntos de formación de rechupes, algunos muy visibles en la superficie de la pieza.

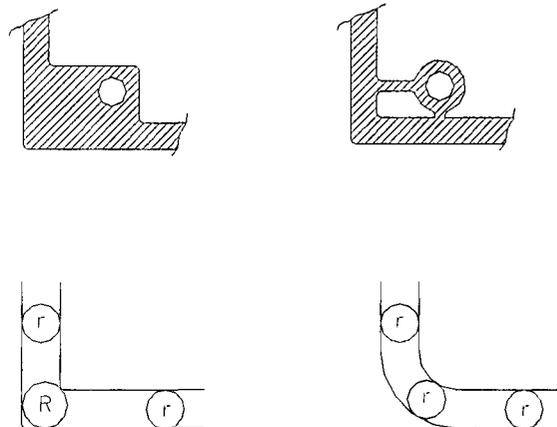
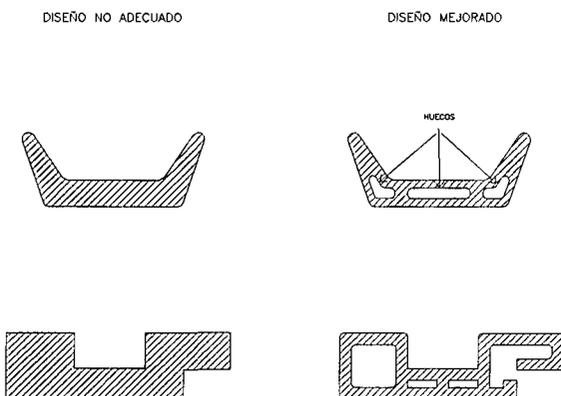


Figura 4. Soluciones para el diseño de piezas

### Ángulos de desmoldeo

Cualquier pieza que se diseñe para ser transformada por un proceso de inyección, ha de ser concebida para poder ser desmoldeada con facilidad. Por ello habrá que dotar a la pieza de ángulos suficientemente generosos en las paredes, para llevar a cabo el proceso de desmoldeo sin problemas.

En general, las paredes, los nervios, los agujeros, las torretas, etc, deberán tener una inclinación mínima de 1°. Se tomarán como casos especiales aquellas geometrías donde la profundidad de las paredes sea importante, aumentando el ángulo.

Habrà que poner especial atención en los casos donde la superficie de la pieza vaya texturizada. En estos casos se debería intentar que la dirección del texturizado sea la misma que la dirección de la extracción de la pieza. Además se añadirà, por la dificultad que opone el texturizado a la extracción, 1° de inclinación por cada 0,025 mm de profundidad que tenga la textura. En la Figura 5, se muestra un esquema para añadir el ángulo de desmoldeo a la inclinación de las paredes y en la Tabla 2. se dan una serie de datos para el cálculo de este ángulo. No diseñar la pieza con suficientes ángulos de desmoldeo puede además de no permitir la correcta extracción de la pieza, causar en la superficie, la formación de arrapes o desgarro de material causados por la fricción entre el metal de la cavidad y el plástico durante el proceso de extracción.

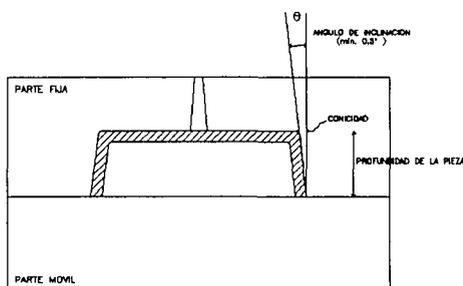


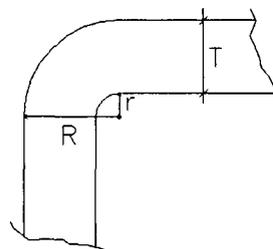
Figura 5. Ángulo de desmoldeado

Profundidad (en mm)	Ángulos de inlación (en mm)				
	1/4	1/2	1	1 1/2	2
10	0,004	0,067	0,17	0,26	0,35
20	0,067	0,175	0,35	0,52	0,7
30	0,131	0,26	0,51	0,78	1,05
40	0,175	0,35	0,68	1,04	1,4
50	0,218	0,43	0,85	1,3	1,75
60	0,262	0,52	1,02	1,56	2,1
70	0,305	0,61	1,2	1,82	2,45
80	0,349	0,69	1,36	2,1	2,8
90	0,392	0,78	1,53	2,34	3,15
100	0,436	0,87	1,7	2,6	3,5

Tabla 2. Conicidades para distintos ángulos de inclinación en (mm).

### Radios

El uso adecuado de radios durante el diseño, reduce de un modo importante la concentración de tensiones en la pieza. Eliminar las zonas donde se producen un elevado número de concentración de tensiones, permite realizar un modelo de constitución más fuerte y eliminar, sin duda, posibles zonas de inició de una fractura. En definitiva eliminando ángulos agudos en la geometría, lo que posibilitamos es una más larga vida de la pieza. Por tanto siempre que lo permita la funcionalidad de la pieza, para realizar la transición de una pared a otra utilizaremos curvas lo más abiertas posibles. En la Figura 6, se presentan unos esquemas que muestran una serie de proporciones aptas para el diseño de curvas con materiales plásticos.



$R > 1/3T$ , pero no menos de 0,015 inc.  
Se recomienda  $R = 1/2 T$  o mayor.

$R = 3/2T$  o mayor.

El espesor ha de mantenerse entre el radio mayor y el menor

Figura 6. Radios recomendados para el diseño

### Nervios reforzantes

Tal y como se ha comentado en los primeros puntos, en el proceso de diseño de una pieza, es importante utilizar espesores delgados, no solo por el ahorro de material sino para obtener mejores tiempos de ciclo de la pieza a inyectar. Es por ello que en muchos casos utilizaremos zonas nervadas, que reforzarán la geometría de la pieza sin necesidad de aumentar la masa y nos permitirán llegar a mayores estados de rigidez sin necesidad de aumentar el espesor.

Estos nervios se colocarán generalmente en partes de la pieza donde la estética de las mismas no sea relevante. Para máximo aprovechamiento se situarán en zonas donde la estructura reciba solicitaciones máximas o donde se produzcan flechas máximas.

Para un correcto diseño deberemos tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Los radios entre el nervio y la pared de la pieza, deberán ser tales que no faciliten una importante acumulación de material, la cual podría dar lugar a problemas de rechupe en la pieza durante el periodo de post-inyección.
- Los nervios han de estar diseñados con unos ángulos de desmoldeo adecuados, que permitan una fácil extracción de la pieza.
- Una proporción geométrica de los espesores que nos permita distribuir las zonas de material de modo homogéneo para que la diferencia de los tiempos de enfriamiento en cada zona sean lo menos posible.
- Se recomiendan cambios graduales en cuanto a la geometría se refiere, en las diferentes zonas de los nervios. De este modo se facilita el llenado del nervio, se reducen los lugares de concentración de tensiones y se evitan acumulación de gases u otros defectos derivados de un llenado incorrecto.

Las zonas donde confluyen los nervios, son lugares de rápida circulación del flujo.

Este efecto nos puede producir un llenado de la pieza que a veces, no es el esperado y puede dar lugar a líneas de reunión en sitios no deseados. Un esquema del diseño de un nervio se presenta en la Figura 7.

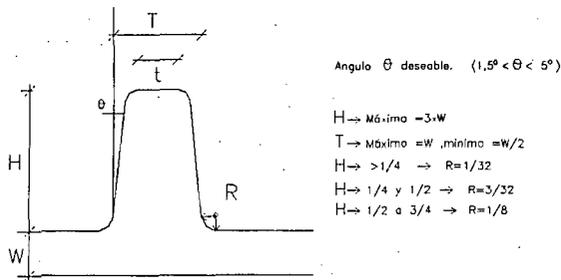


Figura 7. Detalles para el diseño de un nervio

### Diseño de una torreta

La mayoría de los espesores de las paredes de una pieza de plástico son insuficientes para resistir la sollicitación de un tornillo, o sencillamente no tienen una sección suficiente para alojar al elemento roscante. Para dar lugar a la colocación de tornillos y reforzar las zonas o los agujeros donde van a ir colocados estos elementos, diseñamos las torretas, que nos permitirán dimensiones físicas suficientes y reforzarán la zona. Incrementar simplemente el espesor no será una medida recomendable, por las razones comentadas en el apartado anteriormente. Las geometrías más utilizados en torretas, se muestran en la Figura 8. El uso de nervios es muy frecuente junto a estos elementos de diseño.

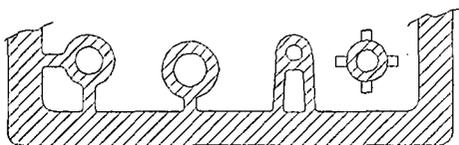


Figura 8. Diferentes geometrías recomendadas para el diseño de torretas

### Agujeros

Para el diseño de agujeros en las diferentes zonas de la pieza de plástico, hay que tener en cuenta las dificultades que ello va a acarrear en el momento de fabricar el molde. De modo general, podemos diferenciar tres tipos de agujeros: no pasantes o ciegos, pasantes y con escalón.

El diseño de un agujero pasante, desde el punto de vista de la construcción del molde, va a ser más sencillo y permitirá que el pasador se apoye en ambos lados del molde. Esta acción permite una mayor resistencia del pasador a las presiones internas, durante el periodo de llenado del molde. Por lo contrario, diseñar un agujero no pasante, obliga a construir un pasante más robusto, puesto que solo está apoyado en una zona del molde, teniendo siempre más posibilidades de rotura y por tanto un mantenimiento más costoso.

Es importante tener en consideración, que diseñar los agujeros con su eje, paralelo al movimiento de apertura del molde, facilitará siempre la acción del movimiento de los pasantes, así pues serán más recomendados que no aquellos cuyo eje es perpendicular a los movimientos de apertura del molde. No se debe desligar el concepto de diseño de una pieza, con plástico, con el del diseño del molde. Este último es el que nos dará la posibilidad de inyectar la pieza y por tanto de poder fabricarla.

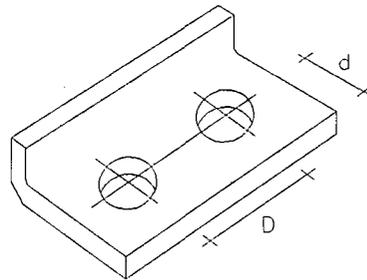


Figura 9. Distancias recomendadas para el diseño con agujeros

En la Figura 9, se muestra un esquema y en la Tabla 3. se recomiendan unas distancias mínimas entre agujeros contiguos y entre los agujeros y el límite de la pieza. Podemos destacar que para series de producción cortas, se recomienda realizar los agujeros mediante un proceso de taladrado, que se realizará posteriormente al proceso de inyección.

Diámetro del forat	Distància mínima des del límit	Distància mínima entre forats
1,75	2,36	2,64
2,36	2,77	4,75
3,175	3,46	6,35
6,35	6,35	11,09
9,52	8,71	22,25
12,7	11,08	22,25

Tabla 3. medidas en mm.

## Aspectos de la inyección asociados al diseño

Un diseño para una pieza de plástico que posteriormente va a ser inyectada, se ha de realizar con la idea preconcebida de que la pieza se ha de transformar mediante el llenado de una cavidad. Esta cavidad formará parte de un molde de inyección, el cual dispondrá de colada, canales, punto de inyección, plano de partición, además de salidas de gases, nodos, partes móviles, etc.

### Disposición del punto de inyección

Ubicar el punto por donde el fluido penetrará en la cavidad es de gran importancia no solo para obtener una buena calidad de la pieza inyectada y posibilitar un llenado adecuado de la misma, sino también para conseguir mejores tiempos de llenado y de este modo reducir los tiempos de fabricación.

Controlar la temperatura a la cual la masa llega en estado fundido a los diferentes puntos del molde, nos permitirá conocer la viscosidad del plástico en estos puntos y por lo tanto la facilidad con la que se podrá reproducir la superficie del molde. Este parámetro nos dará una idea de la calidad superficial que vamos a obtener.

A continuación, detallamos diferentes consideraciones a tener en cuenta para seleccionar la ubicación del punto de inyección:

- El punto de inyección, siempre y cuando nos lo permita la geometría de la pieza, se situará cerca del centro geométrico de la misma. De este modo se consigue un llenado equilibrado en presión, temperatura y tiempo, en las diferentes zonas de la cavidad.
- El punto de inyección se situará en las cercanías de la superficie vista de la pieza. Se pretende de este modo que el material llegue con temperatura alta y reproduzca con mejor calidad esta superficie. En el caso de que esta superficie vaya texturizada esta ubicación será importante para reproducir mejor el grabado. Es importante tener en consideración que en la zona donde vaya ubicada la entrada, obtendremos una señal proveniente de la marca que deja la boquilla de la inyectora. Esta señal se podrá disimular en mayor o menor grado, pero siempre será más fácil ubicar esta entrada en una zona que no sea visible según la funcionalidad de la pieza.
- Se deberá evitar que el punto de inyección esté situado en zonas donde tenga próximos, elementos geométricos que obstaculicen la correcta circulación

del fundido. Así mismo, se estudiarán las circulaciones del plástico fundido según las diferentes opciones de ubicación del punto de llenado y se tendrá en cuenta la opción que aporte menos líneas de reunión a la pieza. Una buena orientación y una libre circulación del flujo ha de permitir una buena distribución de las cadenas poliméricas y una mejora en las propiedades mecánicas de la pieza.

Sólo analizando el recorrido del plástico al llenar la cavidad según las condiciones de inyección seleccionadas, obtendremos un conocimiento de la orientación molecular, o de las fibras, en el caso de que el material vaya cargado. Este análisis, nos da paso a optimizar la respuesta dinámica de la pieza a unas tensiones externas ya conocidas. De este modo el polímero trabajará a las máximas prestaciones y podremos exigir en cada parte una buena respuesta a cada sollicitación.

### Líneas de reunión

Como ya hemos comentado, una pieza de plástico ha de ser diseñada con el concepto de que las diferentes partes del molde serán llenadas por una masa en estado fundido. Esto implica que, cuando se encuentren dos frentes de flujo, debido a la geometría de la pieza, aparecerá una línea de soldadura.

Estas líneas a veces son inevitables y otras veces pueden eliminarse moviendo el punto de inyección, cambiando el concepto de llenado o bien realizando modificaciones en la geometría. A continuación se muestra en un gráfico (Figura 10) como se posicionan las cadenas moleculares en una línea de reunión.

Las líneas de reunión también denominadas líneas de soldadura, a nivel molecular presentan una desorientación. En esta zona el material se comporta diferente. El comportamiento mecánico de la pieza será menor por existir una heterogeneidad del material. En estas zonas existen pues más posibilidades de inicio de la rotura que en el resto del material. Por este motivo se intentará evitar siempre la coincidencia en el mismo punto de una línea de soldadura con zonas altamente sollicitadas de la pieza.

El efecto de una línea de soldadura puede minimizarse con una buena selección de los parámetros de transformación como son: una alta temperatura del molde cuando estamos transformando el material, una alta temperatura de la masa del material durante la

inyección, unas adecuadas velocidades de inyección y una compactación del material adecuada.

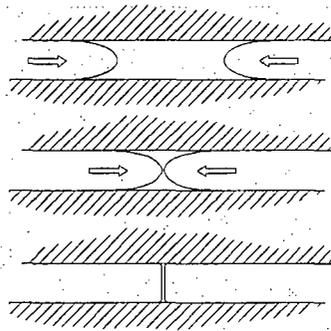


Figura 10. Formación de una línea de reunión

### Tolerancias

En el diseño de piezas con plástico, obtener valores muy precisos en las dimensiones de las piezas, es extremadamente difícil y costoso. Toda exigencia que se produzca en la dirección de las dimensiones, encarecerá el estudio de la pieza y la construcción del molde. Es por ello, que en caso de no ser necesario, los valores de las tolerancias serán holgados.

Las dimensiones que tome la pieza final, vendrán influenciados no sólo por el comportamiento intrínseco de cada plástico sino también por las condiciones de transformación utilizadas para la transformación de la pieza. Variables del proceso de inyección como son la temperatura de la masa del fundido, la temperatura de trabajo del molde, las presiones de inyección utilizadas o las velocidades de llenado, influirán decisivamente en estas dimensiones.

Tamaño de una pieza				
Material	25,4 mm	101,6 mm	152,4 mm	304,8 mm
ABS	0,101	0,15	0,3	0,76
POM	0,152	0,25	0,51	1,52
Acrylic	0,1	0,2	0,38	1,01
PA	0,15	0,3	0,5	1,9
PE	0,2	0,38	0,76	1,77
PP	0,17	0,3	0,6	1,5
PC	0,08	0,2	0,3	0,76
PS	0,1	0,2	0,38	1,01

Tabla 4. Tolerancias superior e inferior recomendada.

En la Tabla 4. se muestran unos valores mínimos de tolerancia aconsejables en función de diferentes tamaños de pieza y de un surtido de plásticos seleccionados. Valores inferiores a los recomendados suponen unos márgenes muy estrechos en los parámetros de inyección, que podría hacer inviable su correcta aplicación o bien encarecer de manera importante el precio de la pieza acabada.

### Contracciones

Este fenómeno que sucede en cualquier proceso de inyección con plásticos en mayor o menor grado, es la base de muchos errores cometidos en el diseño de piezas. Es por ello, que las medidas necesarias para contrarrestar este efecto, han de ser tomadas originalmente en el cálculo y diseño de la misma.

Inicialmente se hará un estudio de como afectan las contracciones del material a la dimensión de la pieza y posteriormente se procederá a dimensionar la cavidad del molde con esta información.

Las contracciones producidas en el plástico, tal y como sucedía en las tolerancias, dependerán de las características intrínsecas del plástico y de los parámetros utilizados durante el proceso de inyección. Es importante tener en cuenta que en una misma pieza, el material plástico no contraerá igual en todas sus partes. Diferentes espesores darán lugar a diferentes tiempos de enfriamiento y a diferentes ordenamientos a nivel molecular de las márcadenas poliméricas. Un orden diferente de las cadenas en diferentes zonas, dará lugar a diferentes grados de contracción.

Para saber como actuará el polímero en cada caso, deberemos de saber si estamos diseñando para un plástico amorfo o un semicristalino. El grado de cristalinidad que tenga el polímero tras la transformación, nos influirá también en el grado de contracción que tomará la pieza. Altos grados de cristalinidad que se consiguen con lentos tiempos de enfriamiento o con aditivos nucleantes en el polímero, nos traerán siempre mayor estabilidad dimensional y mejores propiedades mecánicas a la pieza.

En la dirección de llenado de la pieza y por tanto en la dirección mayoritaria de ordenación de las cadenas del polímero, tendrán lugar grados de contracción mayores que en las direcciones perpendiculares a la circulación del flujo de plástico fundido.

También se tendrá en cuenta, que en caso de diseñar una pieza para un material que vaya cargado con fibras, las contracciones serán diferentes, debido al

efecto resistente que ofrece la fibra. En este caso las variaciones dimensionales en el sentido longitudinal o transversal de la fibra serán muy diferentes. En el caso de la sección longitudinal habrá menos contracción debido al efecto de la fibra, que en la sección transversal prácticamente no actuará.

Contracción en % (Dirección longitudinal / transversal)	
PES/PSU	0.5/0.8
ASA	0.3/0.8
SAN	0.3/0.7
ABS	0.4/0.7
POM	2/1.9
PBT	1.5/1.5
PA 6.6	0.9/0.9
PA 6	0.55/0.55

Tabla 5. Rango de contracciones recomendado para un surtido de polímeros. Contracción en el molde.

Debido al gran número de parámetros que influyen en la contracción, en las tablas de diseño, trabajaremos con un rango de valores en función de cada material y de cada circunstancia. En la Tabla 5. se presentan unos valores orientativos en función del material.

Tal y como se ha comentado, modificando diferentes parámetros de presión y temperatura, durante el proceso de inyección se pueden evitar mayores grados de contracción. Sin embargo, tomar las precauciones necesarias durante el diseño, facilitará posteriormente la inyección de la pieza y permitirá que los diferentes parámetros del proceso tengan unas posibilidades más amplias de trabajo. Esta holgura en los parámetros nos permite transformar la pieza con menos tensiones internas, obtener grados más altos de calidad o ajustar el ciclo para obtener mejores tiempos de producción.

### Acabado superficial

Diseñar con materiales plásticos, ofrece la posibilidad de escoger una variedad innumerable de acabados superficiales, desde superficies lisas con efectos de espejo, efectos texturizantes, pasando por acabados tipo madera y grabados de diversas formas.

Hay plásticos con determinadas características, como el ASA, SAN, PMMA, PBT, etc. que facilitan

una superficie brillante de la pieza. De todos modos unos factores decisivos para alcanzar buenos brillos en la pieza, pasan por unas paredes de la cavidad del molde altamente lisas así como unos parámetros de inyección tales como la temperatura de la masa y la temperatura del molde, que faciliten al plástico fundido llenar la cavidad del molde copiando exactamente la superficie.

Tal y como se comentó en el apartado referente al ángulo de desmoldeo, en el caso de que la superficie vaya texturizada, habrá que tener en cuenta la profundidad del dibujo y hacer coincidir en la medida de lo posible, la dirección del texturizado y la dirección de expulsión de la pieza.

## Selección de materiales plásticos en el diseño

### Selección de materiales

Para una correcta selección de materiales es importante que el diseñador tenga un conocimiento general de los materiales así como buena experiencia en el manejo de las características dentro de cada familia.

El primer paso será un buen entendimiento de las funciones que deberá realizar la pieza y una correcta identificación de las condiciones de trabajo a las que se verá sometida. Una correcta determinación de las condiciones puede tener en cuenta los siguientes puntos:

- *Determinar las condiciones de carga estructurales:* Se estudiará el tipo de solicitaciones que afectan a la pieza, se cuantificará el valor de las cargas que actuarán sobre el conjunto, la duración de las mismas, la velocidad y la frecuencia de aplicación de los esfuerzos así como las posibles condiciones de mal uso que se puedan realizar en la pieza.
- *Determinar el ámbito de trabajo de la pieza:* Conocer el ambiente standard que rodeará a la pieza durante su ciclo de vida. En este caso es importante conocer, como la existencia de sustancias químicas agresivas, las radiaciones, la humedad, la temperatura de trabajo y los puntos máximos de temperatura, etc.
- *Exigencias dimensionales:* Se determinarán las dimensiones finales que debe tener la pieza, las tolerancias que se le exigen al plástico y las posibilidades de ensamblado dentro de un conjunto.
- *Normativas existentes en el campo de aplicación:* Será importante conocer el campo de aplicación de la

pieza y determinar que plásticos están homologados para poder ser utilizados en cada aplicación. Ejemplos pueden darse en las normativas contra incendios que afectan a elementos del sector de la construcción y eléctrico, las normativas que afectan a las piezas en contacto con alimentos o las piezas que representan importantes puntos de seguridad en un vehículo y se rigen por la normativa del sector del automóvil.

- *Especificaciones de mercado*: Cabe realizar un estudio de producción de la pieza: el coste por pieza, la vida en servicio de la pieza y las exigencias finales que se piden al material plástico acordes a la gama del producto.

Una vez realizado el análisis anterior podemos exigir en cada una de las características del material las prestaciones adecuadas a las necesidades requeridas. A continuación se enuncian las características más comunes a tener en cuenta en el momento de seleccionar un material. A estas deberíamos añadir aquellas especificaciones que requieren una aplicación concreta.

- *Propiedades mecánicas*: Rigidez, resistencia al impacto, resistencia a fatiga, dureza, etc.
- *Propiedades a fricción*: Se tendrán en cuenta los coeficientes de fricción, el efecto de la fricción en la temperatura, la resistencia al desgaste de los materiales implicados y la posible utilización de lubricación.
- *Propiedades térmicas*: Máxima temperatura de servicio, Valor de los ensayos HDT, Temperatura de reblandecimiento Vicat y el coeficiente de dilatación térmica.
- *Propiedades de resistencia a la intemperie*: Resistencia a la humedad, resistencia a los rayos U.V, resistencia a la oxidación, etc.
- *Propiedades químicas*: resistencia química del plástico en diferentes disolventes y en diversos medios, resistencia química a altas temperaturas y resistencia a la tensofisuración en medios activos.
- *Propiedades ópticas*: Grados de transparencia del polímero, acabados superficiales, brillo de la pieza, etc.
- *Precio de la materia prima*: Un precio de la materia prima que sea acorde con la filosofía de costes de la pieza.

Será importante empezar por determinar, aquellas propiedades que no influyen directamente al diseño, como son las propiedades ópticas, térmicas, eléctricas, químicas, resistencia a la intemperie, etc. Realizando este análisis, se pueden eliminar familias enteras de productos que no cumplen las características requeridas.

Finalmente se realizará un cuadro resumen donde se

valorarán para cada especificación de la pieza, el comportamiento de cada material. Tras determinar cuales son las especificaciones más importantes, podremos valorar que plástico se ajusta más a la aplicación.

## Clasificación de los plásticos

La gran variedad de plásticos que existen en el mercado de los materiales nos obliga a tenerlos en cuenta para muchas aplicaciones que surgen continuamente. Cabe destacar en comparación con los metales que las características de los plásticos dependen muy directamente de la temperatura a la cual trabajan. Por ello será imprescindible determinar el rango de las temperaturas a las que estará sometida la pieza. esta desventaja puede ser compensado con otras ventajas como son la resistencia a la corrosión, la baja densidad de los plásticos, el fácil procesado, la obtención de producto acabado en un solo proceso, etc.

A continuación hay una breve introducción de las características más destacables de un surtido de plásticos utilizados en la ingeniería de diseño.

### Termoplásticos semicristalinos

- *Polietileno( PE)*: Este material está dentro de los plásticos de gran consumo y se utiliza ampliamente en el sector del embalaje y de la construcción. Tiene tres disposiciones moleculares que son: PE de alta densidad, PE de baja densidad y PE lineal de baja densidad. Es un material bueno a impacto, flexible y muy resistente químicamente. No es adecuado para aplicaciones de temperaturas medio-altas.
- *Polipropileno( PP)*: Este plástico comprende aplicaciones muy diversas. Más rígido que su antecesor y con la densidad más baja dentro de los termoplásticos. Buena rigidez y con excelente resistencia química y vida a fatiga.
- *Poliamida( PA)*: Estos materiales entran dentro de los plásticos técnicos. Esto implica que se utilizan para piezas que cumplen especificaciones técnicas. Buena estabilidad dimensional (una vez ha finalizado la absorción de humedad), resistencia a las altas temperaturas( unos 200 °C) y módulos resistentes altos. Es importante destacar que en la etapa posterior al procesado la PA absorbe agua, este fenómeno transfiere al material unas propiedades de impacto óptimas.
- *Resina acetálica( POM)*: Es un plástico técnico y se caracteriza por su excelente capacidad de recuperar

la forma tras ser deformado. Tiene propiedades mecánicas parecidas a la PA. La resistencia al desgaste es muy alta y su resistencia al impacto buena. Buena fluidez durante el transformado. Idóneo para aplicaciones con altos número de ciclos a fatiga.

- *Tereftalatos (PBT/PET)*: El PBT tiene buenas propiedades mecánicas, alta estabilidad dimensional y estabilidad frente al calor. Se consiguen altos grados de rigidez y buena resistencia a la abrasión
- El PET muy utilizado en el sector del embalaje, se ha utilizado para la fabricación de fibras textiles. Para procesos de inyección no se utiliza por su dificultad de procesado. Los dos casos presentan una baja absorción de agua.

#### Termoplásticos amorfos

- *Policloruro de Vinilo (PVC)*: Plástico amorfo de alto consumo. Muy utilizado en los sectores de embalaje y construcción. Se caracteriza por tener un buen aislamiento eléctrico y buena resistencia a la intemperie
- *Poliestireno (PS)*: Plástico de gran consumo muy utilizado en embalaje. Hay una gran diversidad de grados en el surtido de PS, desde grados de alto impacto, grados de alta rigidez, grados de alta fluidez hasta grados para extrusión. Es un material con un alto nivel de transparencia.
- *Polimetilmetacrilato (PMMA)*: Plástico que se caracteriza por su alta transparencia y excelentes propiedades superficiales. Buena resistencia a la intemperie y estabilidad dimensional. La resistencia al impacto es baja.
- *AcrilonitriloButadienoEstireno (ABS)*: Es un copolímero del Estireno con buenas propiedades al impacto, debido al caucho natural. Su resistencia a la intemperie no es buena por lo que en aplicaciones para el exterior deberá ir recubierto de capas de pintura. Excelente aislante y apto para galvanizar, cromar, pintar, etc.
- *Policarbonato (PC)*: Forma parte de los plásticos utilizados para ingeniería. Tiene buenas propiedades mecánicas y dureza superficial. Sus grados de transparencia son altos y resiste bien a la temperatura.

- *Polisulfonas (PES/PESU)*: Forman parte de los plásticos denominados de alta temperatura. Puede trabajar en continuo a temperaturas superiores a los 180°C y aguantar picos de temperatura de 230°C. Muy buena resistencia al impacto, buenas propiedades ignífugas y buena estabilidad dimensional. Químicamente tiene problemas de hidrólisis al trabajar con agua caliente.