



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE APOYO PARA EL
DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN**

T É S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO PRESENTA:
MARCO ANTONIO TREJO MARTÍNEZ**



MÉXICO, 2008



**MANUAL DE APOYO PARA EL
DISEÑO DE MOLDES DE INYECCIÓN**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. MARIANO GARCÍA DEL
GÁLLEGO**



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, por todo lo que me ha brindado, entre ello, la oportunidad de estudiar una profesión.

A la FACULTAD DE INGENIERÍA y a mis profesores, por forjarme no sólo profesionalmente sino también en el aspecto personal.

A mis padres, por apoyarme en todo momento y enseñarme que con trabajo y determinación es posible concluir los objetivos planteados, pero sobre todo por ser el pilar más importante en mi vida.

A mis hermanos, por ayudarme siempre que los he necesitado.

A mi novia, por estar conmigo en todo momento, bueno y malo, brindándome su apoyo, su ayuda, su comprensión y sobre todo, su amor.

A mis amigos y a mis compañeros, son una pieza muy importante en este logro.

A mi director de tesis, por toda su ayuda, no sólo en la realización de este trabajo, sino también por la brindada desde que fue mi profesor.



ÍNDICE

Prefacio.....	5
Antecedentes.....	6
Introducción.....	12
Objetivo.....	13
Capítulo 1. Descripción de los componentes de la máquina de inyección.....	14
1.1 Características de la máquina de inyección.....	26
Capítulo 2. Descripción de los componentes de las placas portamoldes.....	29
2.1 Área de trabajo.....	34
Capítulo 3. Diseño del molde.....	39
3.1 Requerimientos.....	51
3.2 Parámetros.....	81
3.3 Consideraciones.....	88
Conclusión.....	98
Bibliografía.....	102
Anexos.....	103



PREFACIO

Hay muchos textos enfocados al proceso de inyección, los cuales son trabajos realizados con mayor profundidad en lo que se refiere a todo lo que engloba al proceso de inyección. El objetivo general o la finalidad de este trabajo, es proporcionar una guía o ayuda en la realización de moldes de inyección a los alumnos de la asignatura de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora, impartida en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Para especialistas en lo que compete al proceso de inyección de plásticos y el diseño de moldes, este texto podrá parecer un poco limitado, pero se han abordado los temas que son considerados importantes para la realización de los moldes, y es necesario hacer énfasis en que es sólo una herramienta de apoyo, no se pretende realizar un trabajo en el que se presenten todas las bases y factores que están involucradas en el proceso del diseño de moldes de inyección, pues estos son abordados de excelente forma por los profesores que imparten dicha asignatura.



ANTECEDENTES

La industria del plástico es una de las más importantes hoy en día, tan es así que prácticamente, en cualquier lugar en el que te encuentres, a lo largo de tu vida, habrá más de un producto fabricado con algún tipo de polímero, e inclusive, estos productos pueden llegar a ser de vital importancia, por lo que su demanda es muy elevada. Debido a esto, es muy fácil imaginar el gran impacto económico que genera esta industria.

Existen muchos procesos de transformación para obtener piezas de plástico. Entre estos, se encuentran: inmersión, calandreo, rotomoldeo, termoformado, soplado, extrusión e inyección de plástico. Este último será de interés particular en el desarrollo de este trabajo.

INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Definición¹:

Proceso intermitente para producir piezas de plástico que consiste básicamente de: un sistema de fusión y mezclado de la resina, diseñado para expulsarla a alta presión una vez que se encuentra en estado líquido; un molde metálico hecho de dos o más piezas, cuya cavidad tiene la forma exterior de la pieza deseada y; un

¹ Enciclopedia del plástico, Instituto Mexicano del Plástico Industrial.



sistema de cierre de molde que evita que éste se abra al recibir la presión interna del plástico fundido.

Para agilizar el ciclo productivo de la máquina se usa un sistema de enfriamiento de molde, que es un elemento periférico.

La materia prima

Los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente. Se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural llamados monómeros. Al unir varios de estos monómeros se obtienen polímeros o plásticos. Es posible moldearlos mediante procesos de transformación aplicando presión y calor.

Generalmente los plásticos se pueden clasificar por su comportamiento al calor en: termoplásticos, termofijos y elastómeros.

Los termoplásticos son polímeros que consisten de macromoléculas lineales ramificadas unidas unas con otras mediante fuerzas intermoleculares. Se caracterizan porque pueden ser fundidos y solidificados repetidamente al calentarlos o enfriarlos. Esto permite que al ser procesados, el desperdicio pueda ser reutilizado. Los termoplásticos usualmente son distribuidos para su procesamiento en forma de pellets, los cuales pueden contener aditivos químicos para proveer características especiales al producto final.



Termofijos: son materiales que están formados prácticamente por una gran molécula en forma de red, con uniones muy fuertes entre molécula y molécula, lo que provoca que estos materiales no se reblandezcan con la aplicación de calor cuando ya han sido transformados, sino que se destruyen. Los termofijos se distribuyen para su procesamiento en forma de polvos o en forma líquida.

Elastómeros: se componen de largas cadenas que se encuentran unidas entre sí por muy pocas uniones químicas. Esto les permite un gran movimiento intermolecular que se ve reflejado en su buena flexibilidad. Son materiales que tienen memoria, es decir que al someterlos a un esfuerzo modifican su forma, recuperándola cuando se retira ese esfuerzo. Debido a sus uniones químicas que existen entre las moléculas no se les puede volver a procesar, y son plásticos de estructura amorfa.

El proceso de inyección es utilizado tanto en termoplásticos como en termofijos, aunque el proceso varía un poco.

La máquina utilizada para el moldeo de termofijos es similar a la utilizada en la inyección de termoplásticos, con la excepción del diseño del sistema de calentamiento del cilindro de plastificación, la geometría del husillo y la boquilla. La temperatura del material en el cilindro de plastificación es mucho más baja en los materiales termofijos que en los termoplásticos. La temperatura del molde para los termoplásticos suele ser más baja que la utilizada para los termofijos.



En nuestro caso, la maquina que utilizaremos está diseñada para procesar materiales termoplásticos. Como se mencionó, el material se encuentra en estado sólido, en forma de pellets, que son bolitas del tamaño de unos cuantos milímetros. Se suele encontrar en su color natural, que varía desde un transparente hasta un marrón oscuro. Para obtener los colores en los cuales se desea fabricar la pieza, se mezclan con colorantes que pueden ser líquidos o en polvo.

El molde

En su forma básica, se compone de dos partes, las cuales tienen una cara en común que coinciden al cerrar dicho molde; su cavidad es de la forma de la pieza que se quiere obtener. Suele fabricarse en acero o de otras aleaciones disponibles en el mercado.

La máquina de inyección

Es la máquina que cuenta con los sistemas necesarios para la transformación del material, proporciona la fuerza para cerrar el molde e inyectar el material en su interior.

El molde se encuentra sujeto entre las dos platinas que tiene la máquina, una de ellas es fija y la otra es móvil. En esta máquina se controlan todos los parámetros de funcionamiento, como la temperatura, la presión, los tiempos, entre otros.



VENTAJAS Y RESTRICCIONES

Ventajas:

- ↯ Superficies lisas (dependiendo del acabado del molde).
- ↯ Buenas propiedades de resistencia, a pesar de espesores de pared delgados (dependiendo del material plástico).
- ↯ Posibilidad de formar orificios, refuerzos, inserciones de partes metálicas.
- ↯ Elevada productividad dependiendo del tamaño de la pieza.
- ↯ Obtención de piezas listas para ensamble o uso final.
- ↯ Piezas de gran exactitud en forma y dimensiones.

Restricciones:

- ↯ La forma de la pieza puede ser complicada por lo que se recurre a moldes complicados y caros.
- ↯ Por tratarse de un proceso cíclico, una interrupción menor en una de las etapas puede afectar gravemente en la productividad del proceso.
- ↯ La construcción de un molde es costosa e implica la seguridad de tener asegurada una alta producción, o el costo final de los artículos se elevará.
- ↯ Existe un límite para el espesor de las paredes que se puede formar, dependiendo del material de la pieza y de las características de la máquina de inyección.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN

El material plástico alimentado por la tolva en forma de pellets, pasa al cilindro plastificador de la inyectora, donde por acción del giro del husillo se le aplican esfuerzos de fricción que generan calor y con ayuda de resistencias eléctricas se logra que el polímero se funda, se homogeneiza y se transporta hasta la punta de la unidad de inyección. El constante transporte de material crea una presión en la parte frontal, que es compensada con el retroceso del husillo, que va tomando la posición previa a la inyección. Acumulada la cantidad necesaria para llenar las cavidades de los moldes, la unidad de inyección avanza hasta estar en contacto con el bebedero, que es el orificio que permitirá el avance del material fundido hacia el interior del molde. El molde, que ya se encuentra perfectamente cerrado y bajo la presión de la unidad de cierre, recibe el material inyectado a presión por el movimiento de avance del husillo que, funcionando como un émbolo, empuja el fluido por la boquilla hacia el bebedero y de ahí pasa a todo el interior del molde, llenando las cavidades y expulsando el aire que estaba contenido en ellas. Una vez lleno, el husillo mantiene una presión constante para evitar que el material que fue forzado a entrar regrese y se formen encogimientos en la pieza al término del enfriamiento.

El sistema de enfriamiento del molde debe trabajar efectivamente durante el tiempo que éste aloja a la resina fundida, con la finalidad de solidificar la pieza rápido y poder iniciar un ciclo cuanto antes en beneficio de la productividad del proceso.



INTRODUCCIÓN

Por medio del proceso de inyección de plástico, es posible producir las piezas terminadas de manera rápida y con muy poco desperdicio de material, de hecho, este desperdicio puede ser procesado y reutilizado. Además, cuando se hace una adecuada selección de material para inyectar, se pueden obtener piezas que cumplan con unos requerimientos de resistencia muy elevados.

En el presente trabajo se abordarán los temas que se consideran necesarios o que se deben conocer para agilizar la operación de la máquina de inyección DEMAG 50-270 de la Facultad de Ingeniería, así como los requerimientos y especificaciones mínimos que deberá contar el molde de inyección.

En el capítulo 1 se hará una breve descripción de los componentes de la máquina de inyección que intervienen directamente en el proceso.

En el capítulo 2 se hará una descripción un poco más detallada de las partes que componen las placas portamoldes, así como del área que se tiene para la fabricación del molde, la ubicación de los pernos expulsores y del bebedero.

En el capítulo 3 se hablará de los factores que se consideran necesarios para el diseño y elaboración del molde de inyección, así como de algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta durante la realización de dicho proceso.



OBJETIVO

Brindar a los alumnos de la Facultad de Ingeniería, específicamente a los de la asignatura de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora, una herramienta que les ayude a determinar algunos parámetros en el diseño de moldes destinados a la máquina de inyección DEMAG 50-270.



CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN

Para agilizar la operación de la máquina de inyección es necesario conocer cuáles son sus componentes que son directamente empleados en el proceso de inyección, mismos que serán expuestos a continuación.

UNIDAD DE CIERRE

La unidad de cierre es el componente de la máquina de inyección que sostiene al molde y lleva a cabo tanto el cierre como la apertura del mismo. Genera la fuerza necesaria para mantenerlo cerrado durante la inyección con la finalidad de evitar que el material salga por los bordes del molde durante la inyección generando sobrantes o rebabas de material.

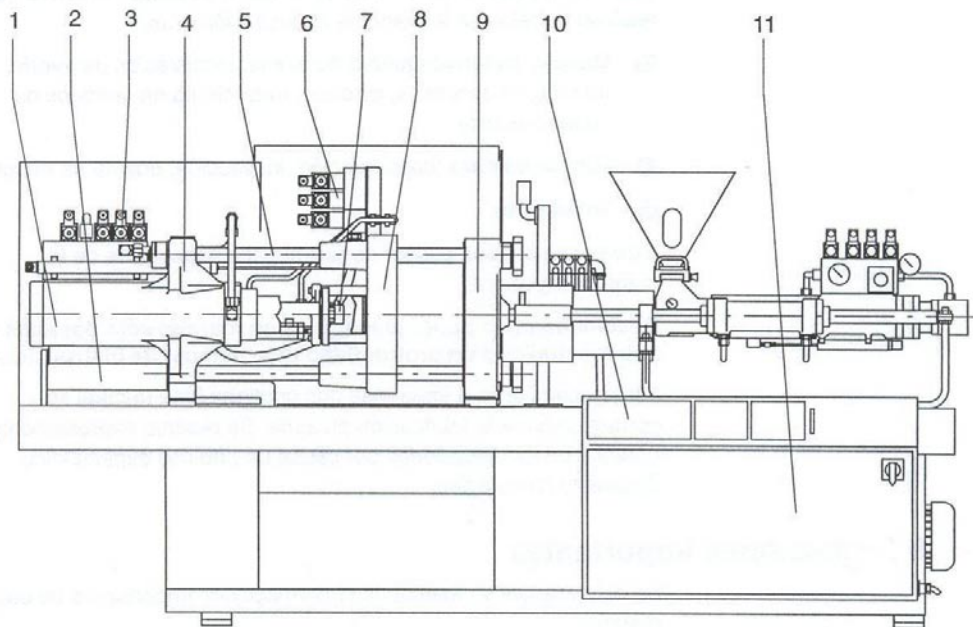


Figura 1: Unidad de cierre y control (lado operario)

- 1 Cilindro de cierre
- 2 Multiplicador de caudal
- 3 Bloque hidráulico sistema de cierre
- 4 Placa final
- 5 Columna
- 6 Bloque hidráulico expulsor / noyos
- 7 Expulsor
- 8 Platina móvil
- 9 Platina fija
- 10 Terminal de manejo
- 11 Armario de control

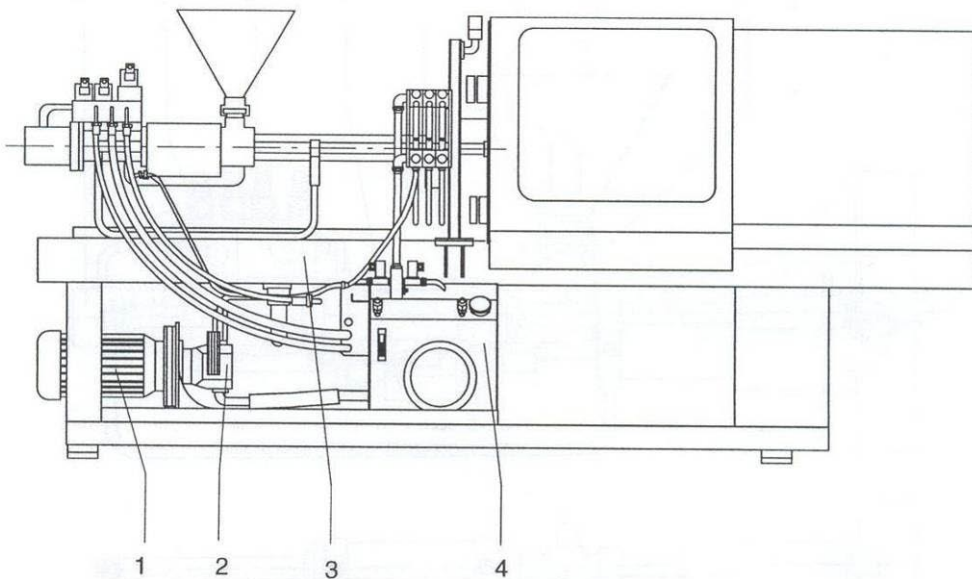


Figura 2: Lado contrario



- 1 Motor de accionamiento de bomba
- 2 Bomba de regulación
- 3 Bancada
- 4 Depósito de aceite

La unidad de cierre también está diseñada para cuidar la integridad del molde, evitando cierres bruscos o presiones excesivas.

Lo anterior se realiza de la siguiente forma:

Primero un cierre a alta velocidad y, momentos antes de que las mitades del molde hagan contacto, se reduce gradualmente la velocidad, cerrando lentamente y a baja presión hasta que el molde se encuentra cerrado completamente. Esto se hace con el fin de proteger el molde.

Después de que se encuentra cerrado el molde, se eleva la presión, generando la fuerza de cierre necesaria para mantenerlo cerrado durante la inyección.

Si la fuerza de cierre llegara a ser menor a la fuerza generada por la presión de inyección dentro del molde, éste se abrirá, teniendo como consecuencia que la pieza fabricada salga con un exceso de plástico o con la comúnmente llamada rebaba, a la cual habrá que darle un acabado o ser molida y procesada para ser utilizada nuevamente.

UNIDAD DE INYECCIÓN

La unidad de inyección es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, la plastificación, el mezclado y la inyección del material al molde, el cual entra en esta unidad de inyección a través de la tolva, en forma de pellets.

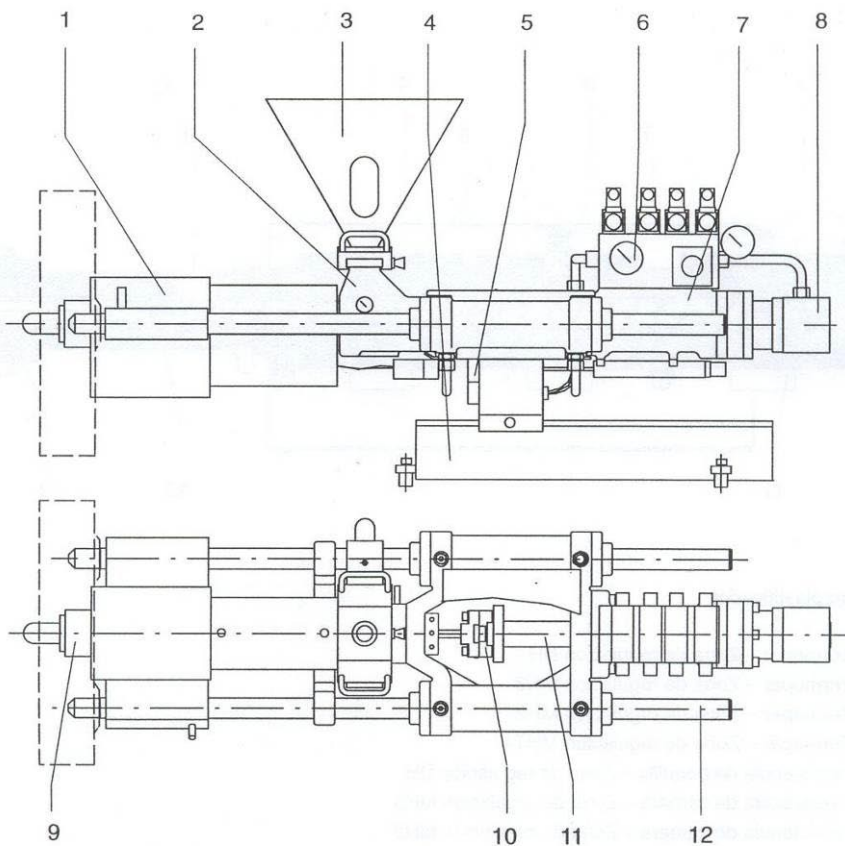


Figura 3: Unidad de inyección EE 270



- 1 Protección de boquilla
- 2 Unidad de desplazamiento
- 3 Tolva de material
- 4 Soporte
- 5 Conector para resistencia y termopar
- 6 Bloque hidráulico
- 7 Cilindro de inyección
- 8 Accionamiento y cojinetes
- 9 Unidad de plastificación
- 10 Embrague
- 11 Pistón de inyección
- 12 Columna – guía

En esta unidad, el material es fundido por la rotación del husillo, convirtiendo la energía mecánica en calor y absorbiendo también calor de las resistencias eléctricas. Mientras el material es plastificado y homogeneizado, es transportado hacia la punta del husillo, mediante el giro del mismo. La presión generada por el husillo sobre el material fuerza el desplazamiento del sistema motriz, el pistón hidráulico de inyección y del mismo husillo hacia atrás, dejando una reserva de material plastificado en la parte delantera del husillo. A este paso se le conoce como dosificación o carga del cilindro. El husillo sigue girando hasta que se acciona un switch límite que retiene la rotación. Este switch es ajustable y su posición determina la cantidad de material que queda delante del husillo.



Capítulo 1. Descripción de los componentes de la máquina de inyección



El husillo al recorrerse hacia atrás fuerza la salida del aceite del pistón hidráulico de inyección. Esta salida de aceite puede ser directa al tanque o depósito por medio de una válvula para generar una cierta presión en el material que está siendo plastificado y homogeneizado por el husillo. A esta presión se le conoce como contrapresión. Al finalizar la dosificación, se retrocede el husillo ligeramente para compensar la presión en el material y evitar que fluya hacia fuera de la boquilla cuando la unidad de inyección se separe del molde. A esto se le conoce con el nombre de descompresión y es controlado generalmente por un regulador de tiempo.

Ahora actúan los cilindros hidráulicos de inyección empujando el husillo hacia delante, utilizándolo como pistón al inyectar el material en las cavidades del molde, con una predeterminada presión y velocidad de inyección, después de la inyección, la presión es mantenida un cierto tiempo, a esto se le conoce con el nombre de presión de sostenimiento y normalmente es menor a la presión de inyección.

Normalmente se tiene en la punta del husillo una válvula de no retorno que impide que el material fluya hacia atrás en el momento de la inyección. Esta válvula se abre al dosificar y se cierra al inyectar, mientras el material se enfría, se vuelve más viscoso y solidifica hasta que el punto en la presión de sostenimiento no tiene efecto alguno.

El calor de la pieza transmitido al molde durante el enfriamiento es disipado por un refrigerante, normalmente agua, que corre a través de los orificios hechos en el molde (circuitos ó canales de refrigeración). El tiempo de cierre necesario

para enfriar la pieza se ajusta en un regulador de tiempo, cuando esto termina se abre el molde, un mecanismo de expulsión separa la pieza fabricada del molde y la máquina se encuentra lista para iniciar el próximo ciclo.

TABLERO DE CONTROL*

Es el tablero eléctrico y/o electrónico que contiene los parámetros a controlar en la máquina de inyección.

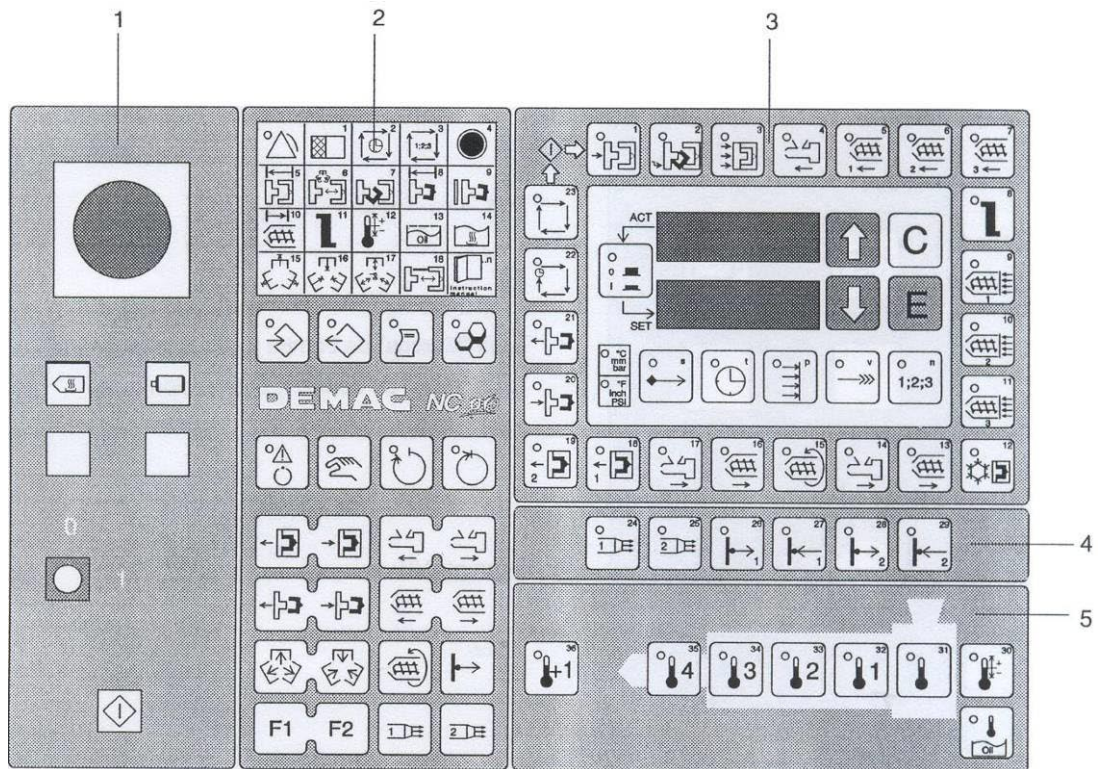


Figura 4: Terminal de manejo

* Para una descripción más detallada, consultar el manual de operación de la máquina.

- 1 Área 1
- 2 Área 2
- 3 Área 3
- 4 Área 4
- 5 Área 5

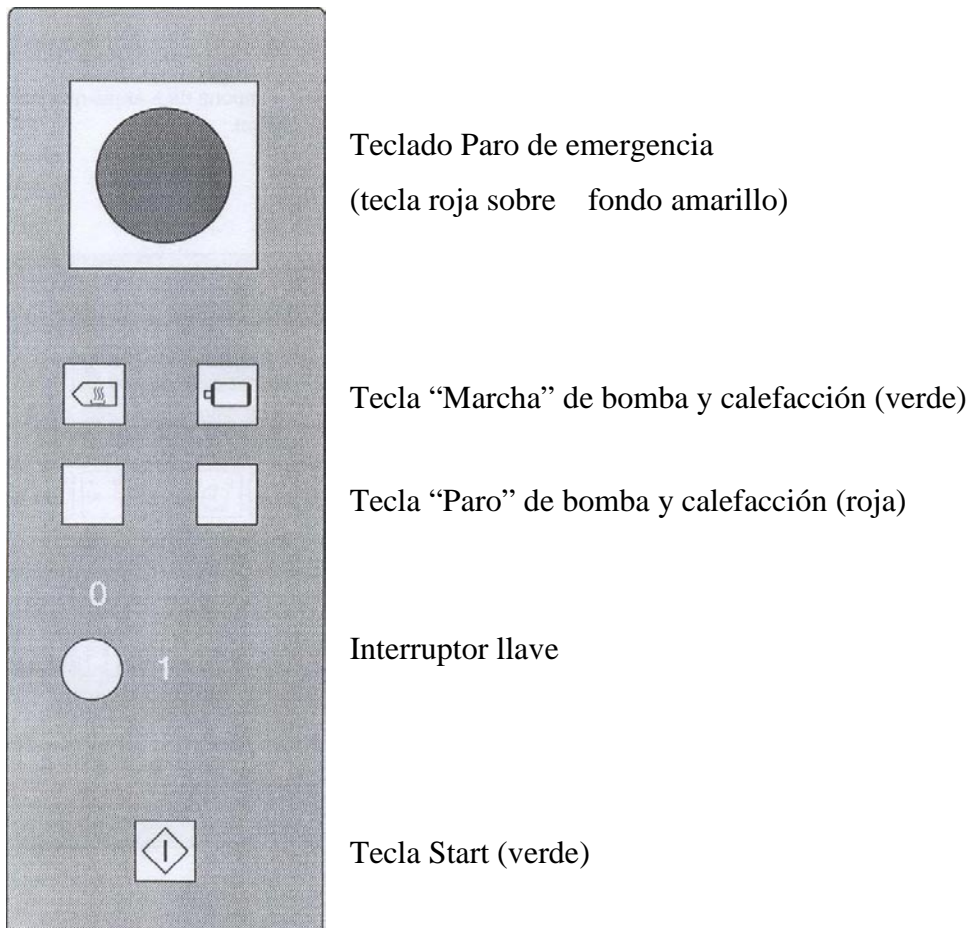


Figura 5: Área 1

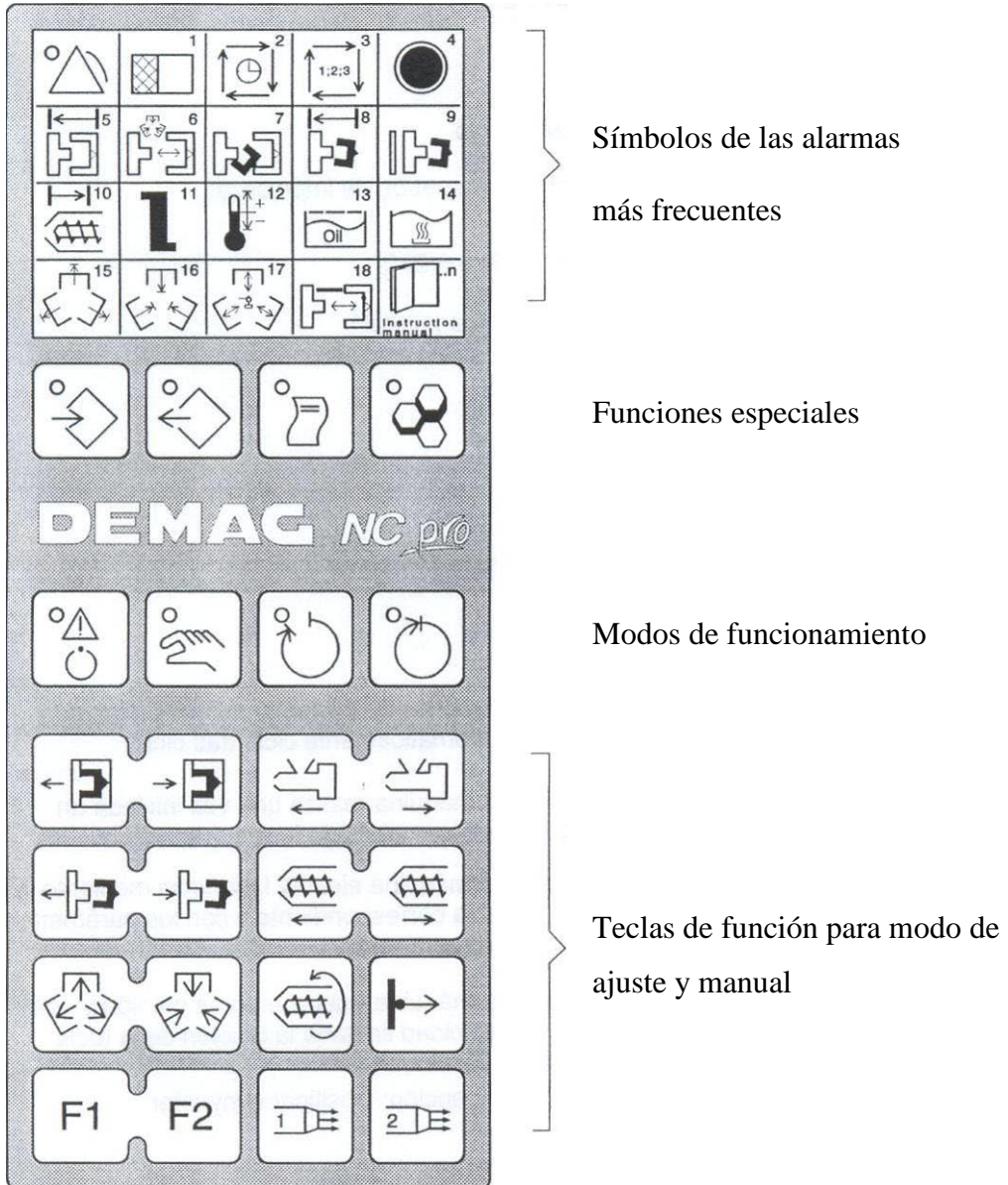


Figura 6: área 2

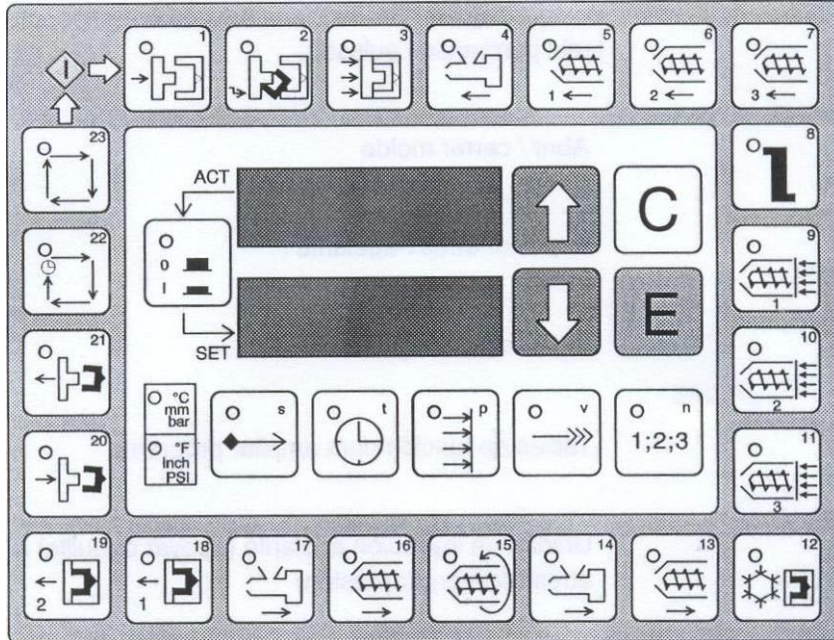


Figura 7: Área 3

Las teclas 1 – 23 representan las funciones individuales de la máquina inyectora durante el ciclo. En el centro del área se encuentra el campo de introducción y supervisión.

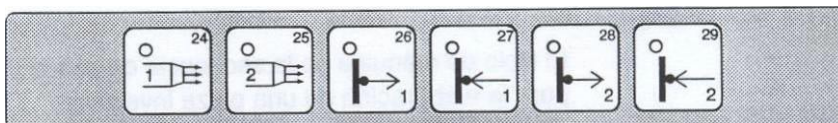


Figura 8: Área 4

En el área 4 se encuentran las teclas de función para el ajuste de los equipos adicionales, válvulas neumáticas 1 y 2, y entradas y salidas programables 1 y 2.

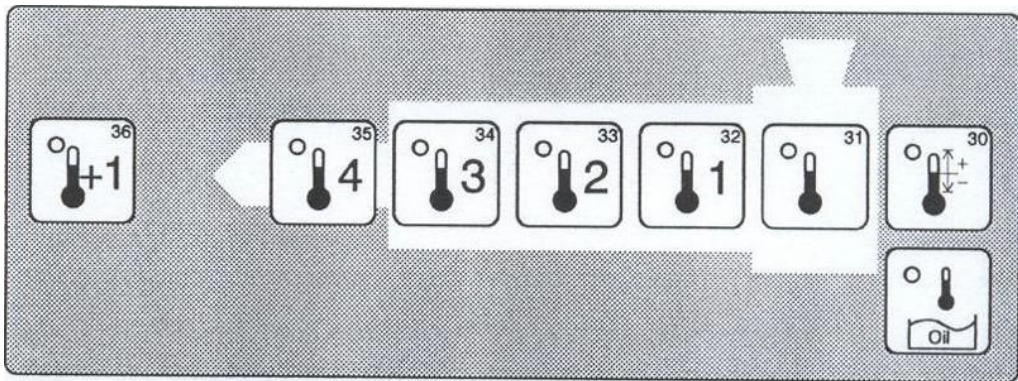


Figura 9: Área 5

En el área 5 se programan las temperaturas del cilindro plastificador.

Los parámetros a controlar en el proceso de inyección dependen de las características de la máquina de inyección, de las características del material a trabajar, del diseño del molde así como el diseño de la pieza a fabricar.

Cada caso es particular y las variables a controlar pueden ser: temperaturas, presiones, velocidades, distancias y tiempos.



1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN

Un factor muy importante al diseñar un molde es conocer las características de la máquina de inyección ya que nos permitirán saber cuales son las dimensiones que podrá tener nuestro molde y por consiguiente, el tamaño que pueden tener las piezas a inyectar y el peso que podría tener. A continuación se presentan las características de la máquina de inyección DEMAG 50-270.

Denominación de modelo		ERGOtech pro 50 – 270
Medidas internacionales		500 – 270
Unidad de cierre		500
Fuerza de cierre	kN	500
Fuerza de enclavamiento	kN	500
Carrera máxima de apertura	mm	400
Altura mínima de molde	mm	210
Altura máxima de molde	mm	-
Distancia máxima entre platos portamoldes	mm	610
Platos portamoldes	mm	540 x 540
Distancia útil entre columnas	mm	355 x 355
Peso máximo de molde	kg	400



Expulsor hidráulico				
Carrera expulsor	mm	125		
Fuerza expulsor	kN	41,2		
Fuerza de retroceso expulsor	kN	14,9		
Unidad de inyección				
270				
Cilindro plastificador		A	B	C
Diámetro husillo	mm	30	35	40
Relación L/D		23,3	20,0	17,1
Presión de inyección	bar	2573	1890	1447
Volumen desplazado	ccm	106,5	144,3	188,5
Peso pieza inyectada (PS)	g	95	128	168
Carrera máxima de dosificación	mm	150		
Carrera máxima de boquilla	mm	250		
Profundidad de inmersión de boquilla (SVO)	mm	40		
Presión de apoyo de boquilla	kN	66		
Potencia inst. calefacción de cilindro	kW	7,5		
Capacidad de tolva	Ltr.	35		
Datos generales				
Capacidad del tanque de aceite	Ltr.	135		
Grupo motobomba	kW	11,0		



Capítulo 1. Descripción de los componentes de la máquina de inyección



Potencia total instalada	kW	18,5
Peso neto (sin aceite)	kg	2500
Medidas L x A x Alt	mm	3650 x 1150 x 1770

Tabla 1: Características de la máquina DEMAG 50 - 270

NOTA: Nosotros trabajamos con el cilindro plastificador tipo B.



CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

DE LAS PLACAS PORTAMOLDES

Las placas portamoldes tienen la función de sujetar al molde durante el proceso de inyección, y a su vez, éstas se sujetan a las platinas de la máquina de inyección, de las cuales, una es móvil y la otra fija.



Figura 10: Placas portamoldes, montadas en la máquina

Las placas portamoldes, tal como se ven en la figura anterior, en conjunto y sin las cavidades (moldes o placas molde), también son conocidas como caja molde.

En estas placas también se encuentran alojados aditamentos esenciales para el sistema de expulsión, como lo son las placas que contienen a los botadores.

COMPONENTES DE LAS PLACAS PORTAMOLDES

Las placas portamoldes o caja molde está compuesta de una serie de placas, las cuales se muestran a continuación:

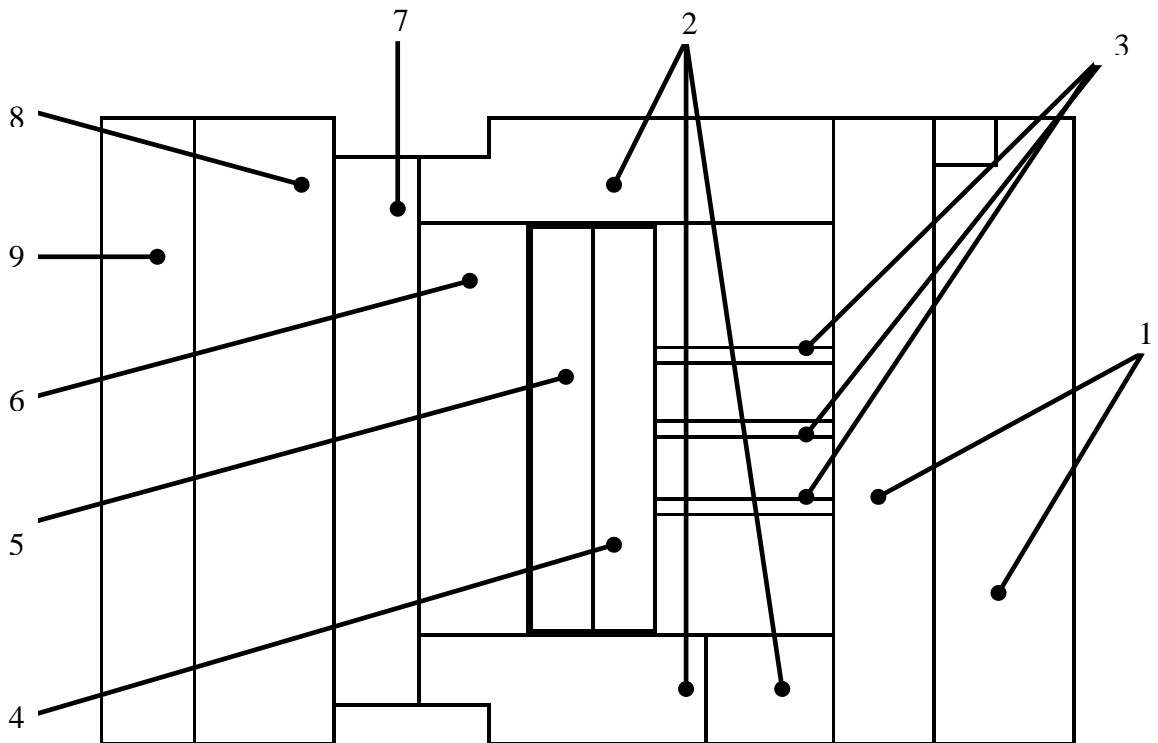


Figura 11: Vista superior de las placas portamoldes

- 1 Placas de respaldo de cavidad
- 2 Placas paralelas
- 3 Botadores
- 4 Placa de retención

- 5 Placa de expulsión
- 6 Placa de respaldo de botadores
- 7 Placa portabotadores
- 8 Placa de respaldo
- 9 Placa base

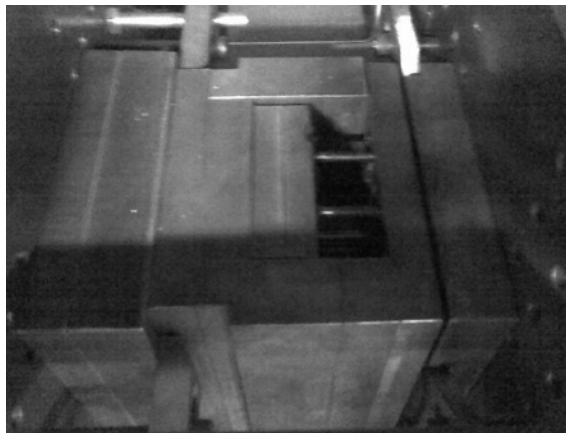


Figura 12: Placas portamoldes vistas desde arriba, montadas en la máquina

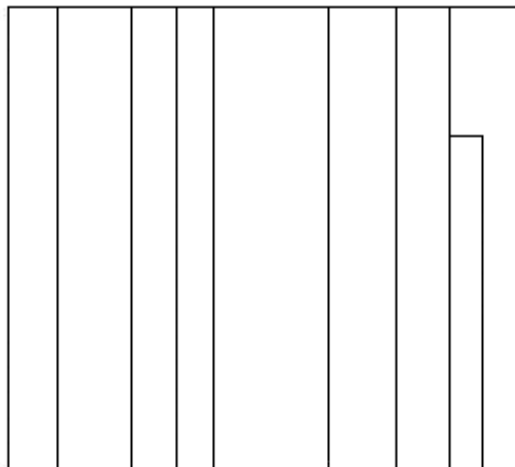


Figura 13: Vista frontal de las placas portamoldes

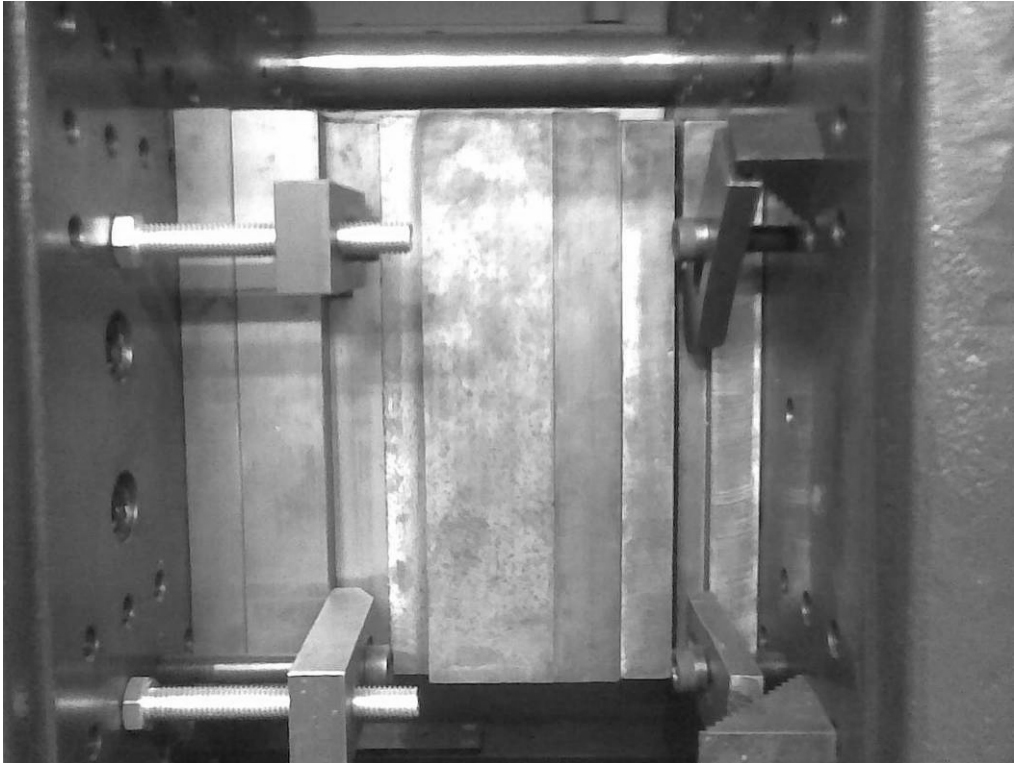


Figura 14: Vista frontal de las placas portamoldes, montadas en la máquina

Las placas de respaldo de cavidad alojarán a las cavidades; en estas placas se encuentran situados unos pernos llamados pernos guía los cuales tienen la finalidad de alinear el molde.

En la placa de respaldo que está sujeta a la platina fija se encuentra el centrador (o anillo centrador) del cual hablaremos más adelante* .

* Capítulo 3, alineamiento, página 59.



Los botadores se encuentran alojados entre la placa de expulsión y la placa de retención.

Las placas de expulsión y retención se encuentran sujetas entre ellas. La placa de expulsión es empujada por un pistón que tiene la máquina en el momento que se abre el molde, después de que la pieza ha sido inyectada. La placa de retención se encarga de sujetar o retener los botadores, lo que permite que todos ellos se desplacen al mismo tiempo.

Las placas paralelas tienen la función de dar la carrera que harán las placas de expulsión y retención en el momento de la expulsión de la pieza.

Las placas restantes, además de fungir como respaldo para los demás componentes, sirven para sujetarlos a las platinas de la máquina.

2.1 ÁREA DE TRABAJO

Es muy importante que tengas presente que las dimensiones de las placas donde maquinaras las cavidades para la fabricación de tu o tus piezas, es decir, el molde (o placas molde), deben ser muy precisas, ya que las placas que sujetaran al molde (placas de respaldo de cavidad) tienen maquinado un espacio destinado a las mitades de tu molde, con las dimensiones exactas para alojarlas.

Las dimensiones que esta dispuesta para alojar tus cavidades (molde o placas molde) son de 212 [mm] X 115.5 [mm]. Es necesario que consideres el ajuste

necesario para que tus placas no tengan ningún problema al momento de pretender montarlas a las placas de respaldo de cavidad*. Tanto la ubicación de los barrenos para la sujeción de la cavidad a la platina móvil, y la de los barrenos que alojaran a los botadores se muestran a continuación:

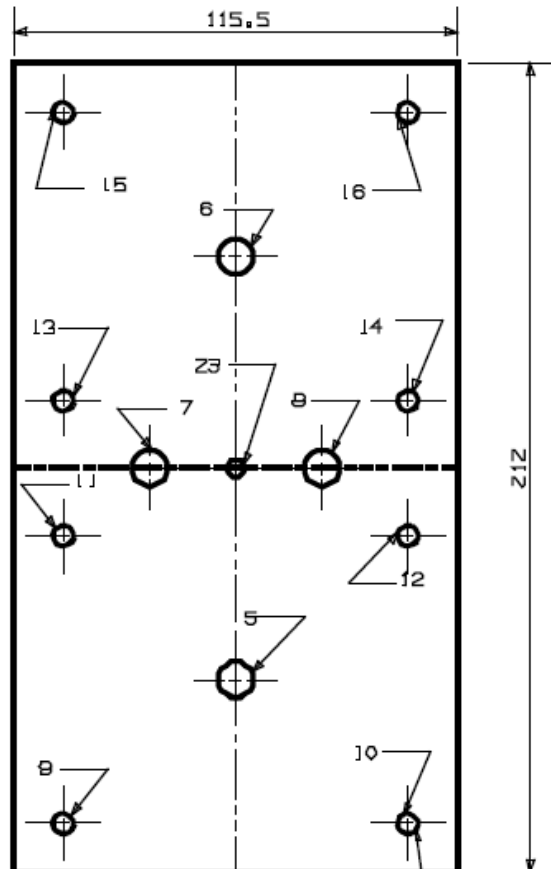


Figura 15: Área de trabajo (parte sujeta a la platina móvil), dimensiones en milímetros

NOTA: Nuestro sistema de referencia coincide en su origen con el centro de la placa (No. 23).

* Para determinar que tolerancia emplearás visita limac.fi-c.unam.mx/Links/Tol/TolAppet.php

No.	Tipo de barreno	Posición		Φ [mm]
		X [mm]	Y [mm]	
5	Botador	0.0 ± 0.05	-55.5 ± 0.05	9.525 + 0.015
6	Botador	0.0 ± 0.05	55.5 ± 0.05	9.525 + 0.015
7	Botador	-22.5 ± 0.05	0.0 ± 0.05	9.525 + 0.015
8	Botador	22.5 ± 0.05	0.0 ± 0.05	9.525 + 0.015
9	Sujeción	-45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
10	Sujeción	45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
11	Sujeción	-45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
12	Sujeción	45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
13	Sujeción	-45.03 ± 0.25	17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
14	Sujeción	45.03 ± 0.25	17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
15	Sujeción	-45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
16	Sujeción	45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
23*	Canal de colada	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	4.7625 + 0.012

Tabla 2: Ubicación de los barrenos de la placa de respaldo de cavidad (parte sujeta a la platina móvil)

*Este barreno es utilizado una continuación del canal principal de la colada, su función es evitar que la colada se enfríe y se solidifique, pues esto provocaría que las cavidades no se llenaran. Esta ramificación de la colada puede ser utilizada para extraer la pieza con la ayuda de un perno extractor el cual es utilizado como una especie de gancho o media esfera que sujete la pieza y la extraiga de la placa fija en el momento de la apertura del molde. Este barreno sólo será hecho si el diseño de tu molde lo requiere.

La ubicación de los barrenos para la sujeción de la cavidad a la platina fija, y la del barreno donde se encuentra la entrada del material al molde (bebedero) se muestra en la siguiente figura:

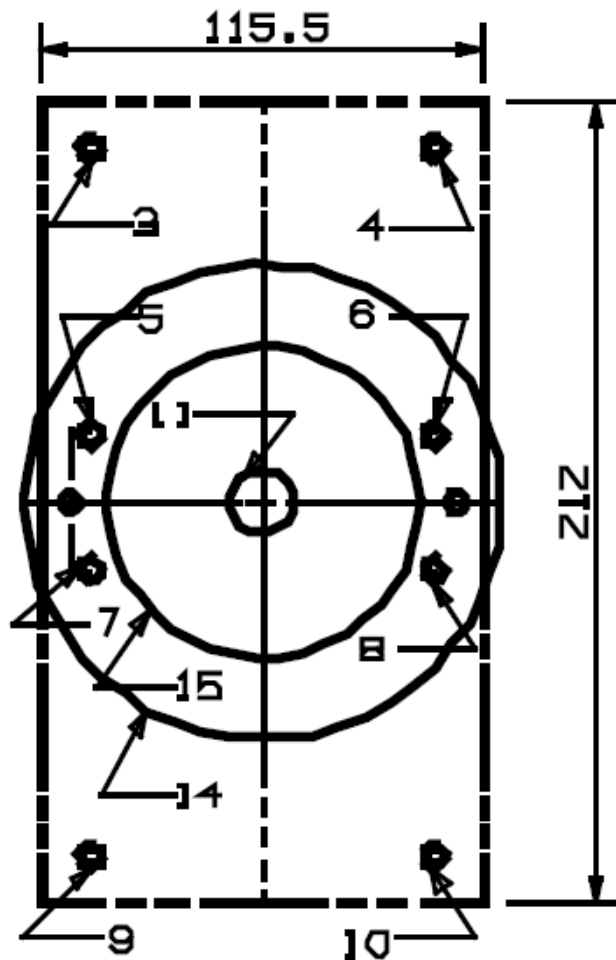


Figura 16: Área de trabajo (parte sujeta a la platina fija), dimensiones en milímetros

NOTA: Nuestro sistema de referencia coincide en su origen con el centro de la placa.



No.	Descripción	Posición		Φ [mm]
		X [mm]	Y [mm]	
3	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
4	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
5	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.5	5.188 ± 0.5 –prof 8
6	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
7	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
8	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
9	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
10	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
11	Bebedero	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	$16.8 + 0.018$
14	Diámetro interior del centrador	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	125 ± 0.05 –prof 1
15	Diámetro exterior del centrador	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	82 ± 0.5 –prof 11.56

Tabla 3: Ubicación y descripción de los componentes de la placa de respaldo de cavidad (parte sujeta a la platina fija)



CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL MOLDE



Existen varias formas de clasificar a los moldes, en nuestro caso, nos referiremos a ellos como moldes de una cavidad o de cavidades múltiples.

Al diseñar tu molde, debes considerar que será montado en las placas portamoldes, por lo que no debes olvidar que ya está establecida el área que tendrá, así como la configuración de los botadores, por lo que es necesario adecuar tu diseño a dichos factores, de no ser esto posible deberás diseñar y fabricar las placas de expulsión y de retención.

Ya que se cuenta con ayuda de software especializado para el diseño y el análisis de la funcionalidad de un molde, puede pensarse que será fácil la fabricación de uno, pero al estar diseñándolo, se deben tener en cuenta muchos factores que permitan que la pieza fabricada presente la mejor calidad posible, entre ellos se encuentran:

CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN*

Como se ha mencionado con anterioridad, las características de la máquina de inyección son de suma importancia para el diseño de un molde, por lo que es necesario que siempre se tengan presentes.

* Fueron expuestas en el capítulo 1, página 26.



CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

Es primordial conocerlas, ya que con ellas podremos determinar que material será el adecuado para fabricar nuestras piezas, teniendo presente la función para la cual serán fabricadas; y entre otros factores importantes, podremos conocer cuál será la contracción que presentará el material, así como la moldeabilidad, en otras palabras, que tan factible será fabricar la pieza.

PUNTO DE INYECCIÓN

El punto de inyección es la parte del molde donde estará ubicada la entrada del material a la cavidad.

Podemos hablar de dos tipos de punto de inyección, el principal o primario, también conocido como bebedero, y es por donde entra el material directamente del sistema de inyección, específicamente de la boquilla o punta del husillo, al molde; y el o los secundarios, los cuales son por los que se alimenta a las cavidades (en el caso de que sea un molde de cavidades múltiples).

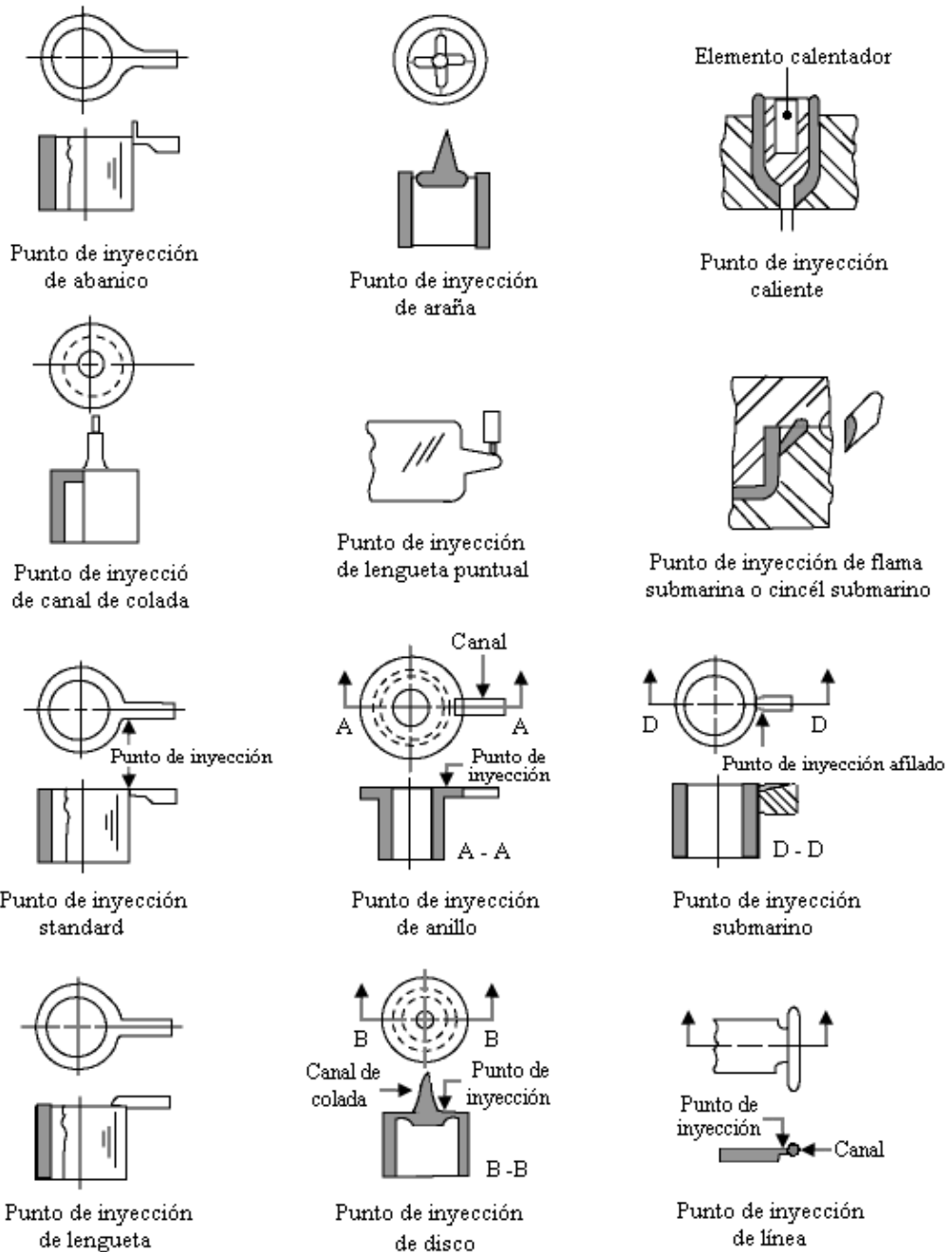


Figura 17: Ejemplos de puntos de inyección.

A continuación se dará una descripción de los puntos de inyección más utilizados.

Para inyectar sólo una pieza es posible utilizar cualquiera de las siguientes opciones:

Inyección directa

Este tipo es uno de los más simples, presenta una sección transversal circular, larga y ligeramente afilada. La sección circular más grande va en la cavidad.

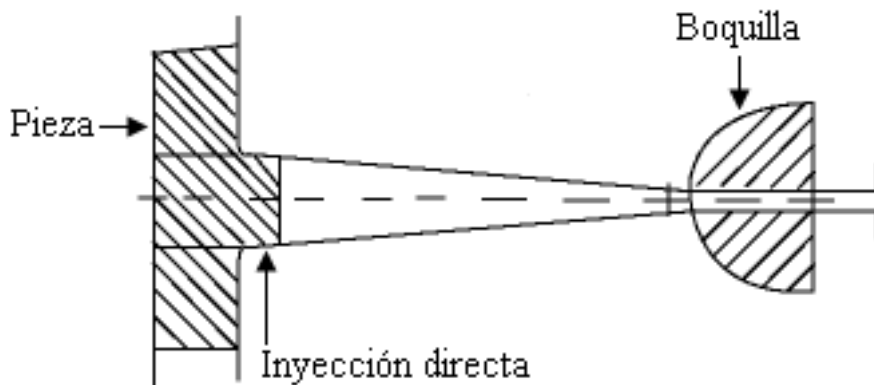


Figura 18: Orificio de colada de inyección directa

Entre otros aspectos a considerar se puede mencionar que si el punto de inyección es muy largo, hay que poner atención en el ángulo de salida. Las propiedades de extracción dependen mucho del acabado superficial del molde, de preferencia se debe realizar el acabado en la misma dirección a la extracción

de la pieza. Como una regla para favorecer la extracción, se debe pulir la superficie que rodea al punto de inyección. La base debe estar redondeada en su perímetro, es decir, se deben evitar esquinas rectas.

Moldeo sin canal

Para éste tipo de inyección, la nariz o boquilla de la máquina se extiende hasta la pieza. El material es inyectado a través de un punto de inyección maquinado en la mitad fija del molde.

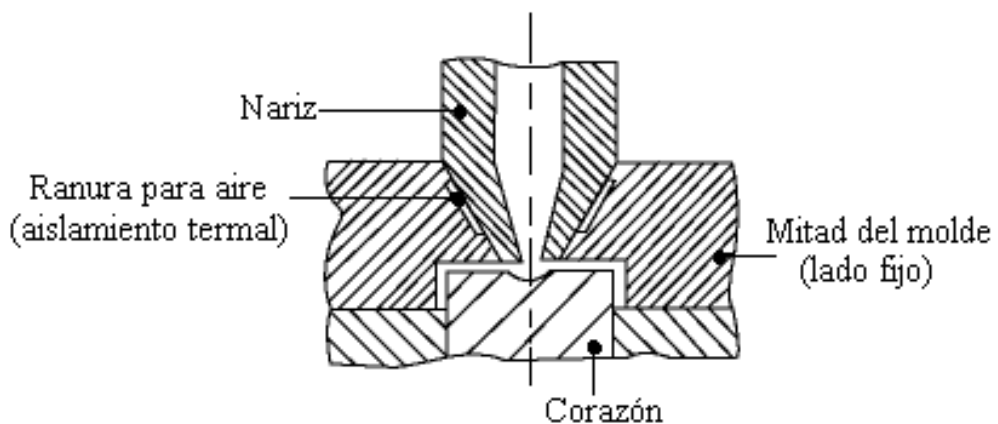


Figura 19: Inyección sin canal.

La cara de la nariz se vuelve parte de la superficie de la cavidad. Esto produce marcas pronunciadas en las piezas. Por esto se debe diseñar la nariz lo más pequeña posible. Ya que la nariz está en contacto con la mitad del molde (el cual se encuentra frío), este método es recomendado para la fabricación de

piezas con paredes delgadas y de ciclos de inyección rápidos, de lo contrario la nariz puede enfriarse con lo que el material que pasa a través de ella también lo hará y se solidificará. La siguiente figura muestra varios diseños aún usados hoy en día.

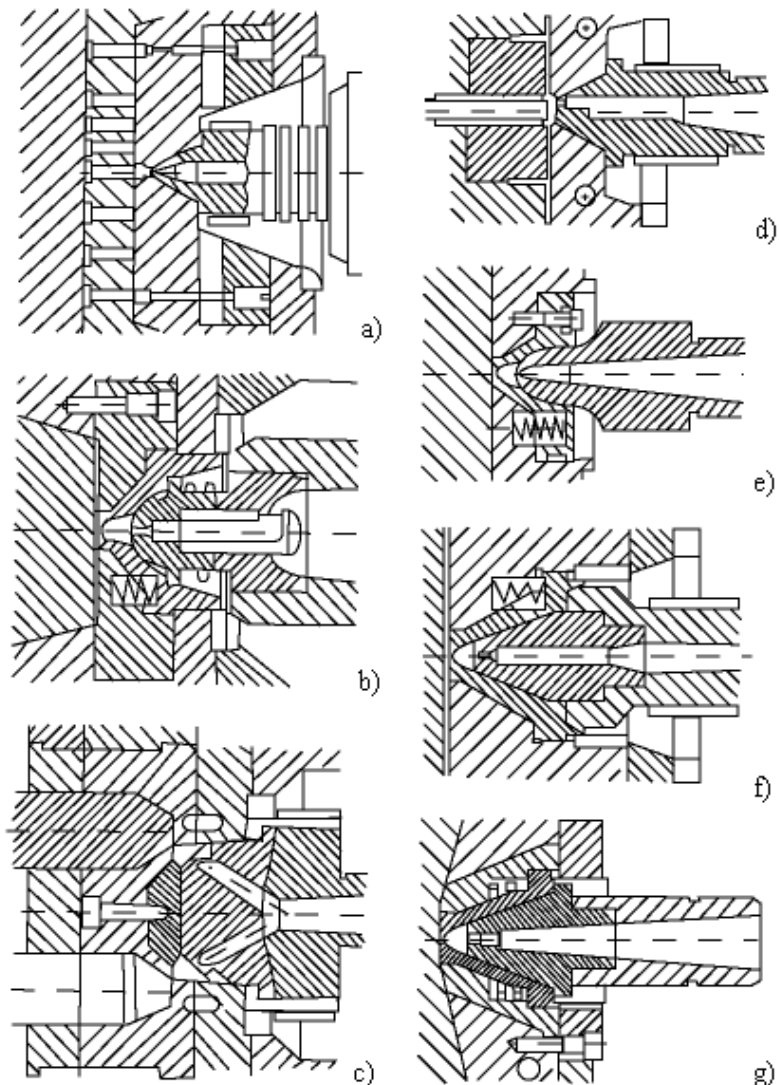


Figura 20: Ejemplos de distintos tipos de boquillas para inyección sin canal

A continuación se presentaran opciones para el punto de inyección en los casos en los que se requiera fabricar más de una pieza.

Tipo submarino

Este tipo es usado en moldes de cavidades múltiples para la producción de piezas pequeñas que pueden ser inyectadas lateralmente.

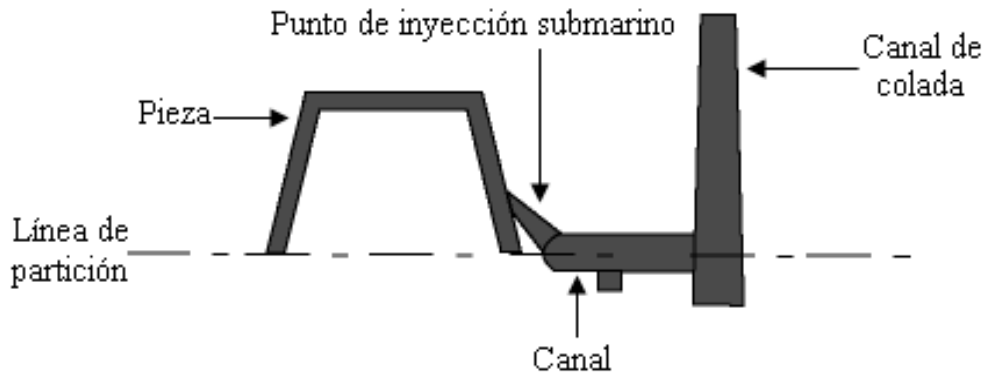


Figura 21: Punto de inyección submarino

La pieza y el canal están en una misma mitad del molde, el canal está situado muy cerca de la cavidad donde adquiere una geometría angulada (figura 21). Comúnmente se tienen dos opciones de diseño los cuales se muestran a continuación.

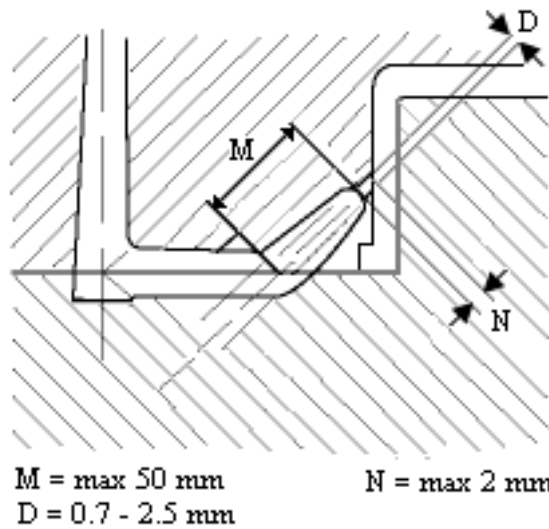


Figura 22: Diseño de punto submarino en punto

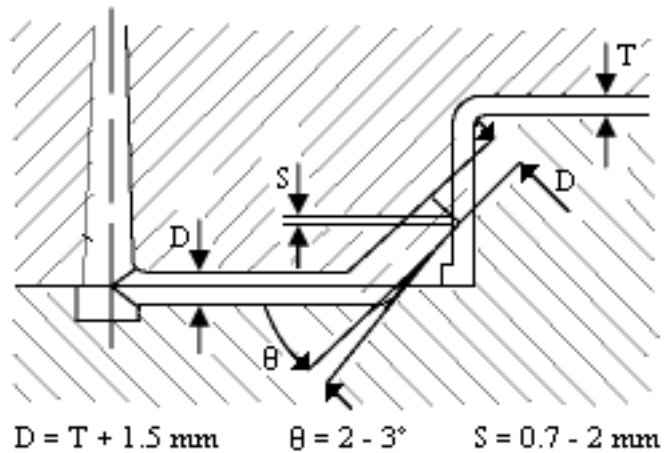


Figura 23: Diseño de punto submarino en elipse

En el primer caso el contacto con la cavidad es puntual, y en el segundo caso es en forma elíptica. Para fines de extracción, la pieza y el canal deben permanecer en la mitad móvil del molde. El sistema opera sin problemas si se utilizan plásticos dúctiles. Con materiales frágiles se corre el riesgo de una ruptura del remanente del punto de inyección.

Por lo anterior, es aconsejable diseñar los canales un tanto robustos para que éste permanezca caliente y por tanto más flexible a la hora de la extracción.

Sistema de canales de colada

Los canales de colada, como su nombre lo dice, son pequeños canales o ranuras utilizados en moldes diseñados para fabricar más de una pieza, con la finalidad de alimentar todas las cavidades con el material durante el mismo ciclo en el proceso de inyección. Pueden partir de un punto de inyección. De preferencia los canales de colada deben tener un perfil que permitan que la colada se desprenda fácilmente de la pieza y debe ser de un espesor considerablemente menor al de la pared o cara de la pieza a la que alimentara.

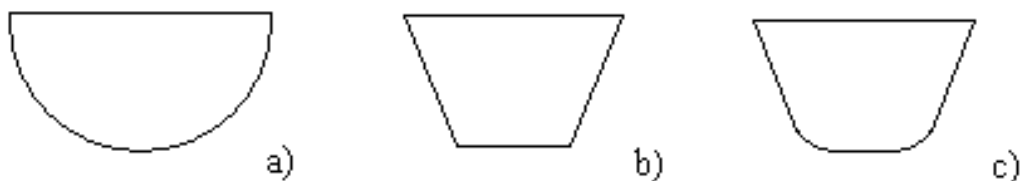


Figura 24: Ejemplos de perfiles para canales de colada

En la figura anterior se muestran algunos de los perfiles para los canales de colada, el tipo a) y el c) son los más recomendados, y cabe mencionar que de preferencia, se debe disminuir o hacer más pequeña el área de la sección transversal del canal antes de llegar a la cavidad de la pieza, aproximadamente de 4 – 6 milímetros antes. Se muestra un ejemplo de lo anterior en la siguiente figura.

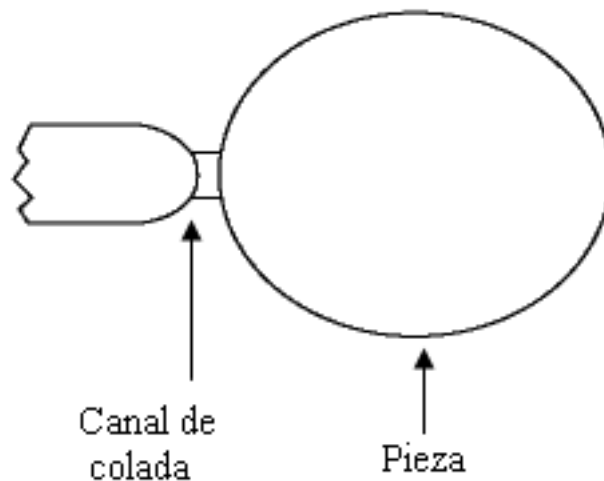


Figura 25: Ejemplo de canal de colada

UBICACIÓN DEL PUNTO DE INYECCIÓN

Es muy importante elegir bien el lugar donde se ubicará el punto de inyección ya que además de ser un factor influyente en el acabado de la pieza, la zona cercana a este presentará características un poco diferentes al del resto de la pieza. Esto debido a que durante el proceso de inyección, esta zona se ve



afectada por una presión más elevada que en el resto de la pieza, por lo que la contracción del material será menor en dicha zona.

Es recomendable usar las zonas de mayor espesor de la pieza a inyectar para colocar el punto de inyección.

La importancia de lo anterior radica en que si se coloca el punto de inyección de tal manera que el llenado de la pieza va de una zona de mayor sección a una menor, se evitara caídas de presión que no permitan que la pieza sea llenada correctamente.

De no hacerse lo anterior, se puede corregir aumentando la presión de entrada del material, o incrementando la temperatura para que el material fluya más fácilmente.

PÉRDIDAS DE PRESIÓN

Es muy importante conocer las pérdidas de presión que pueden sufrir nuestras piezas a fabricar. Estas pérdidas son calculadas con gran exactitud gracias a la ayuda de software especializado, como por ejemplo modflow.

Como lo mencionamos con anterioridad, la ubicación del punto de inyección es un factor determinante en la pérdida de presión al inyectar una pieza.



Las pérdidas de presión también nos pueden dar una idea de que tan buena es la moldeabilidad que tiene una pieza.

Podemos utilizar dos métodos para solucionar el problema de pérdida de presión en un molde, en caso de que no se quiera o no se pueda corregir el diseño del mismo, estos pueden ser:

- ↗ Incrementar la presión de inyección, con la finalidad de que el material llegue sin mayor problema a llenar la o las cavidades.
- ↗ Aumentar la temperatura del cilindro plastificador para que el material fluya con mayor facilidad y con esto llene fácilmente la o las cavidades.

NOTA: Para ambos casos se debe tener presente en qué medida se influirá en la contracción del material.

3.1 REQUERIMIENTOS

Al diseñar un molde se debe tener presente que no sólo se debe cumplir con los requerimientos de la pieza a fabricar, sino que también contará con sistemas básicos, como lo son: el sistema de enfriamiento y de expulsión.

MATERIAL DE LA PIEZA A FABRICAR

Dependerá de para que se quiera la pieza. En muchos casos se buscará un material que cumpla de mejor forma con los requerimientos y especificaciones



de la pieza, pero habrá ocasiones en las que el diseño influya en gran medida en las características finales del producto.

En el diseño del molde es muy importante tener en cuenta la contracción que tendrá el material, pues de esto dependerán las dimensiones que tendrá la pieza al finalizar el proceso.

MOLDEABILIDAD

La moldeabilidad de un material polímero se obtiene mediante un experimento de inyección en un molde con una cavidad en forma de espiral, mientras más avance el polímero, más moldeable es.

Esta característica del material debe ser proporcionada por los distribuidores del polímero, y es importante conocerla pues es un factor que ayudará en la decisión que se tomará al seleccionar un material para fabricar una determinada pieza.

En cuanto al diseño de la pieza, podemos hablar de que tan moldeable es, refiriéndonos a con qué facilidad se realizará el proceso de inyección.

CONTRACCIÓN DEL MATERIAL

Para darte una idea simplificada de lo que es la contracción, recuerda que cuando un material se ve sometido a un incremento de temperatura, tiende a expandirse, y por el contrario, cuando es enfriado tiende a comprimirse o



Capítulo 3. Diseño del molde



contraerse. Esto es lo que sucede en nuestras piezas, al ser inyectadas, el material se encuentra fundido, es decir, a una temperatura elevada, y después de llenar la cavidad, el material es enfriado, por lo que sus dimensiones disminuyen, es decir, se contrae.

Cada material plástico tiene distintas características, entre ellas la contracción, por lo que es un factor muy importante en los distintos procesos de transformación de polímeros, como por ejemplo, en el proceso de inyección.

La contracción puede ser definida como la cantidad que una pieza moldeada es de menor tamaño que el de la cavidad del molde en la cual esta pieza es producida por medio del proceso de inyección de plástico, en el cual, el material estará sometido a una alta presión y a elevadas temperaturas.

Los valores de contracción están dados, generalmente, en mm/mm (in/in) o en mm% (in%). Estos valores te dirán el porcentaje que tendrás que hacer más grande el volumen de tu pieza. La siguiente tabla muestra algunos valores de contracción para diversos materiales.

Material	Contracción
ABS	0.005 – 0.007
Acetal, axial	0.021 – 0.026
Acetal, radial	0.018 – 0.020
Acrílico	0.004 – 0.007
EVA	0.007 – 0.020
Nylon 6	0.006 – 0.014
Polycarbonato	0.006 – 0.008



Polietileno	0.015 – 0.050
PET	0.004 – 0.045
Polipropileno	0.012 – 0.022
Poli estireno	0.002 – 0.006
PVC	0.003 – 0.008

Tabla 4: Valores de contracción aproximados en mm/mm (in/in)

La contracción puede ser de tipo lineal o isotrópica, que es cuando un material se contrae uniformemente; y cuando sucede lo contrario, si se contrae de manera no uniforme o no lineal, se dice que su contracción es anisotrópica.

MATERIAL DEL MOLDE

Dependerá del material empleado para fabricar la pieza y del número de piezas a producir, pues estos serán los factores que influyan en mayor medida en el desgaste que sufra el molde.

En el proceso de inyección, los moldes se ven sometidos a temperaturas y presiones muy elevadas, por lo tanto, el material del que será fabricado debe tener una elevada resistencia. Los moldes de inyección son fabricados generalmente de algún tipo de acero.

En el laboratorio de manufactura es muy probable que utilices aluminio para fabricar tus placas molde, por lo que debes considerar que si utilizas presiones muy elevadas, es probable que no soporten dichas presiones y se corre el riesgo de que se deformen.



ALINEAMIENTO

Para que las piezas se presenten bajo las condiciones de diseño estipuladas, o dicho en otras palabras, presenten una buena calidad después de su fabricación, es necesario que sean correctamente alineadas, esto debe hacerse tanto en el molde como con la máquina, específicamente, con la unidad de inyección.

En este caso no es necesario que realices los aditamentos utilizados para la alineación, ya que éstos ya se encuentran instalados en las placas de respaldo de cavidad, pero no esta de más que sepas a que se refiere este término.

Alineamiento del molde

Las guías para el alineamiento del molde, también conocidas como pernos guía, son los responsables de que ambas mitades del molde queden alineadas lo mejor posible, pues esto será parte fundamental en la calidad que presentará la pieza terminada.

Estos pernos están sujetos a una mitad del molde y cuando éste se cierra se deslizan en unos aditamentos llamados camisas de localización, las cuales están insertadas en la otra mitad del molde.

Estos pernos se instalan lo más cerca posible de las esquinas del molde para tener una mayor superficie libre que facilita la instalación o maquinado de canales de enfriamiento.

La efectividad de la alineación depende de las tolerancias usadas entre los pernos guías y sus respectivas camisas de localización. Como las tolerancias deben ser cerradas se crea desgaste y por esto se emplean materiales tratados térmicamente, para asegurar una elevada resistencia.

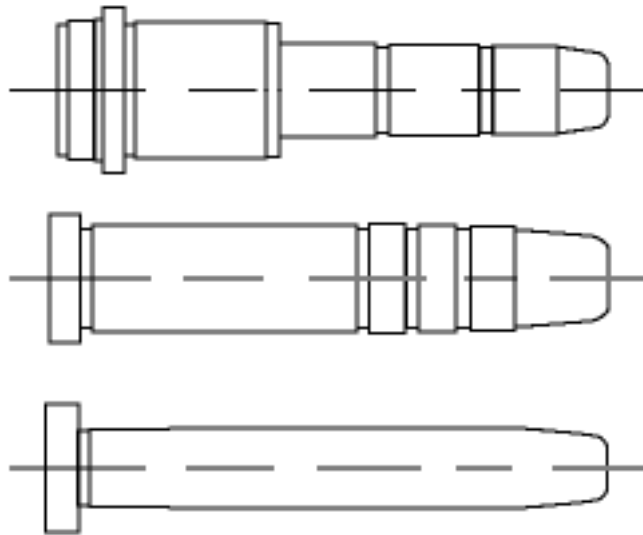


Figura 26: Ejemplos de pernos guía.

La longitud de los pernos depende de la profundidad de la cavidad y la longitud de las camisas depende de su diámetro interior, regularmente de 1.5 a 3 veces el diámetro interior, figura 27.

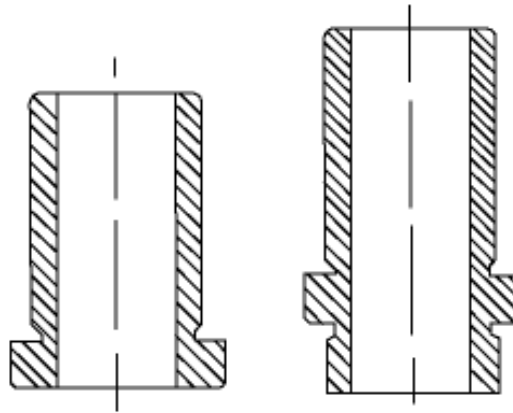


Figura 27: Ejemplos de camisas de localización

La siguiente figura muestra dos diseños de pernos con sus respectivas camisas ya montados en las dos mitades del molde.

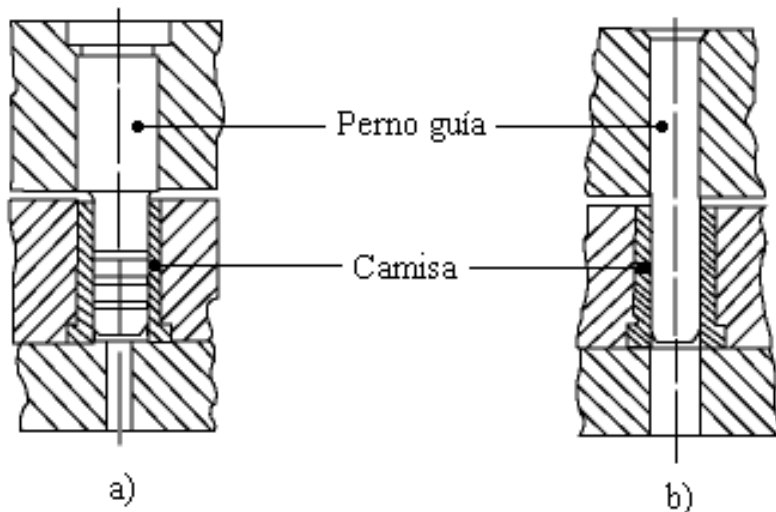


Figura 28: Montaje de perno y camisa en el molde

La siguiente figura muestra la forma como trabajan cuando están apropiadamente montados los pernos y las camisas guías.

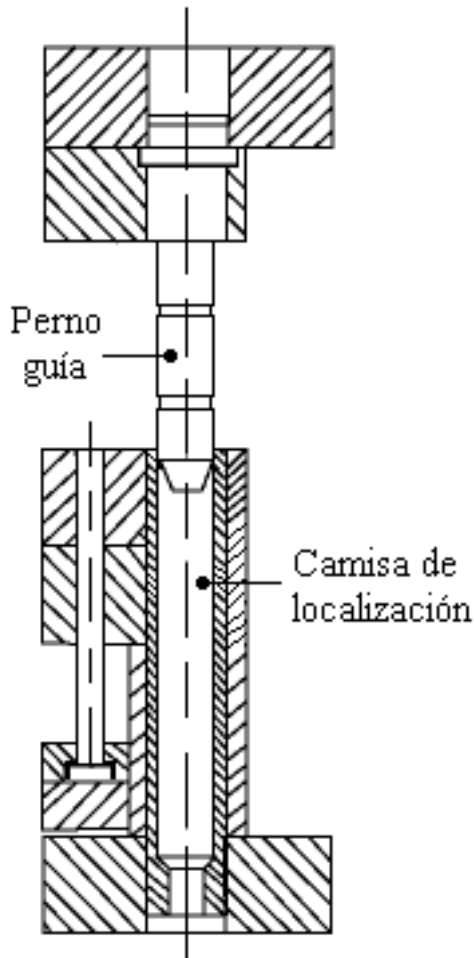


Figura 29: Ensamble de perno y camisa guía

La cantidad de juegos de pernos y camisas para lograr una alineación apropiada varía dependiendo del tamaño del molde y de la geometría de la pieza a fabricar.

Alineación con la unidad de inyección

Es necesario que haya una alineación muy estricta con la unidad de inyección, de otra forma no existirá un sellado entre la boquilla y el molde y si esto sucede, el material se escapará debido a la presión de inyección. La alineación se consigue por medio de un anillo guía, también conocido como centrador o anillo centrador, que se maquina o se instala en la placa de respaldo de cavidad sujeta a la platina fija.

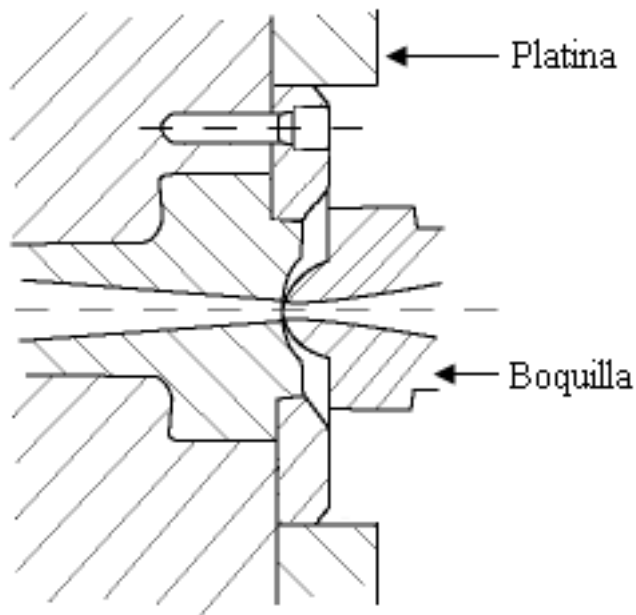


Figura 30: Alineación con la unidad de inyección

El centrador se ajusta en la placa de respaldo de cavidad del lado de la platina fija, donde, junto con la boquilla, deben sellar perfectamente para evitar la salida de material.

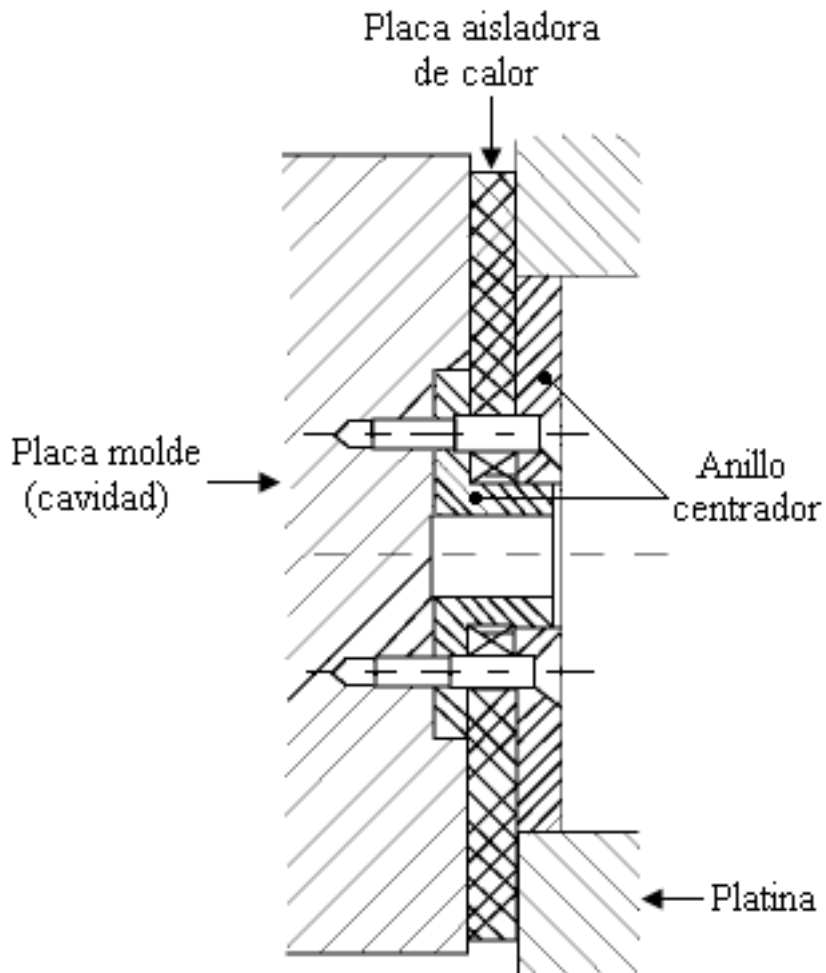


Figura 31: Alineación con la unidad de inyección (centrador de dos piezas)

La figura anterior muestra un anillo centrador de dos piezas, por tener una capa aislante es muy adecuado para procesar plásticos termofijos o plásticos termoplásticos que necesiten altas temperaturas para piezas muy precisas.

SALIDA DE GASES

Las salidas de gases, también conocidas como respiraderos, son ranuras muy pequeñas localizadas entre las caras del molde que se encuentran en contacto cuando está cerrado. Tienen la finalidad de evitar que el aire se quede atrapado en la cavidad del molde, con lo que se espera que el material llene totalmente la cavidad, y se evite cualquier defecto que se pudiera producir debido al aire que quedara atrapado.

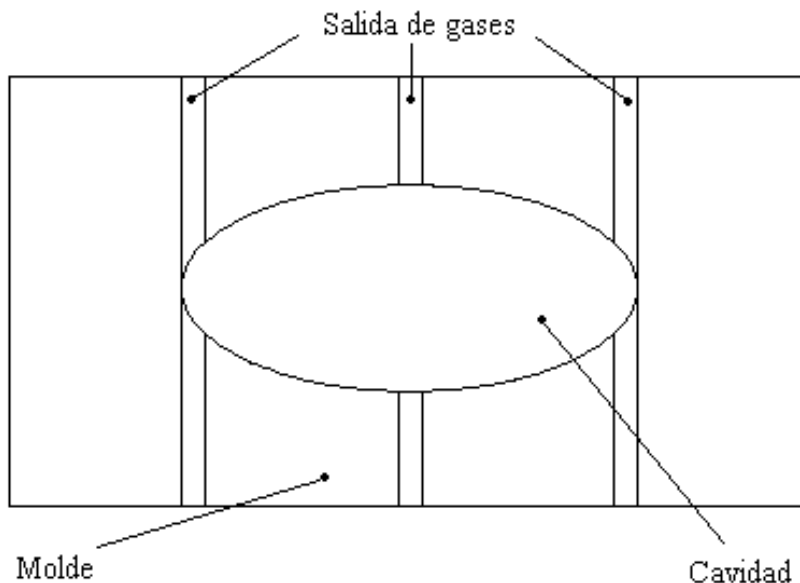


Figura 32: Salida de gases. Vista superior

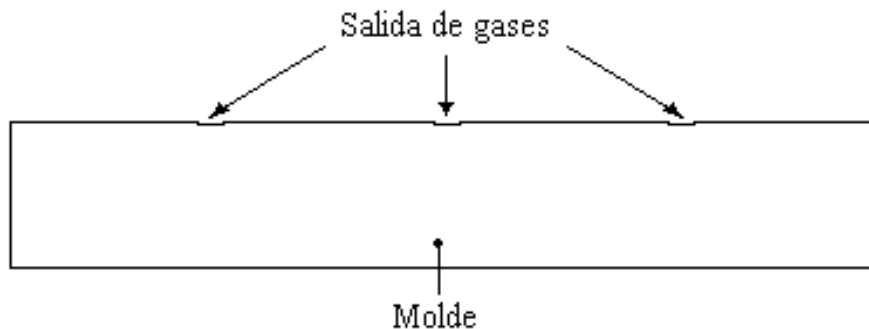


Figura 33: Salida de gases. Vista frontal

Las salidas de gases suelen tener una profundidad comprendida entre 0,0125 y 0,05 mm y su ancho está comprendido entre 3 y 6 mm.

Se pueden colocar las salidas de gases en cualquier sección del molde, siempre y cuando se puedan maquinar; es recomendable ubicar las salidas de gases en las esquinas de la cavidad y/o en las zonas donde ésta es llenada en último lugar.

Las ranuras de salida de gases se deben hacer tan grandes como sea posible, esto de acuerdo al plástico y a la presión de inyección, de forma que permitan el escape del aire con la menor resistencia, pero que no permitan que el material salga a través de ellas.

Si el flujo del material plástico se origina en dos o más lugares, es decir, si existen más de un punto de inyección, o si hay la presencia de un corazón o inserto que divida el flujo, se sugiere maquinar las salidas de gases, donde se une el material (línea de unión).

En ocasiones pueden omitirse las salidas de gases debido a que para lograr una buena expulsión del aire, puede bastar con que utilicemos los pernos de expulsión (botadores) como una salida de gases confiable.

Si se desea emplear la opción de los botadores como salida de gases, es necesario que el diámetro del perno presente el ajuste necesario para dicha labor, recuerda que se trata de que salga sólo aire; si lo deseas, como buena media, el diámetro del perno puede ser entre 0.02 y 0.05 mm menor que el diámetro del barreno que lo contiene.

Alivio de gases

Otro método para evitar que el aire quede atrapado impidiendo que se llene por completo la cavidad, es colocar un alivio de gases al final de la cavidad del molde, es decir, donde el material la llena al último.

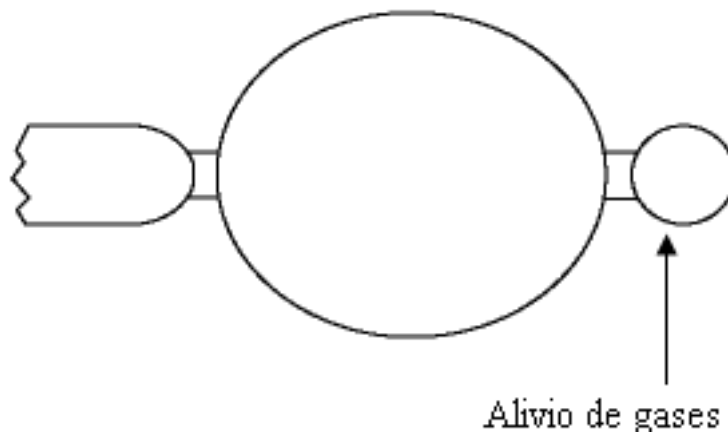


Figura 34: Ejemplo de alivio de gases.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Uno de los sistemas fundamentales en un molde es precisamente el sistema de enfriamiento (también es llamado sistema de refrigeración), el cual está destinado a enfriar la pieza hasta solidificarla; esto ocurre desde el momento de la inyección del material hasta la apertura del molde.

Este sistema está constituido por uno o varios circuitos que no son más que orificios o barrenos hechos en el molde, estos circuitos también son llamados canales de refrigeración, los cuales pasan a un costado de la cavidad, y mediante el paso de agua a través de estos canales se logra el enfriamiento y solidificación de la pieza.

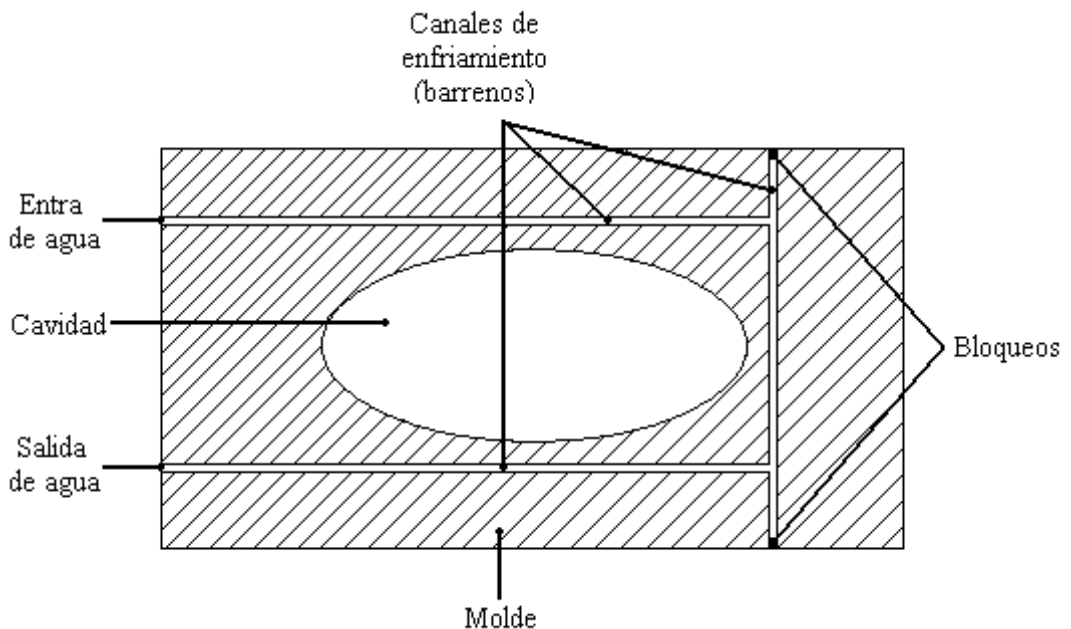


Figura 35: Ejemplo de canales de enfriamiento (un circuito)

Cabe mencionar que estos canales de refrigeración se hacen en ambas mitades del molde, a menos que el diseño del mismo no lo requiera.

El sistema de enfriamiento del molde se conecta a un caudalímetro de la máquina de inyección, en el cual, se realiza los ajustes precisos del caudal o paso de agua, para cada circuito de enfriamiento del molde.

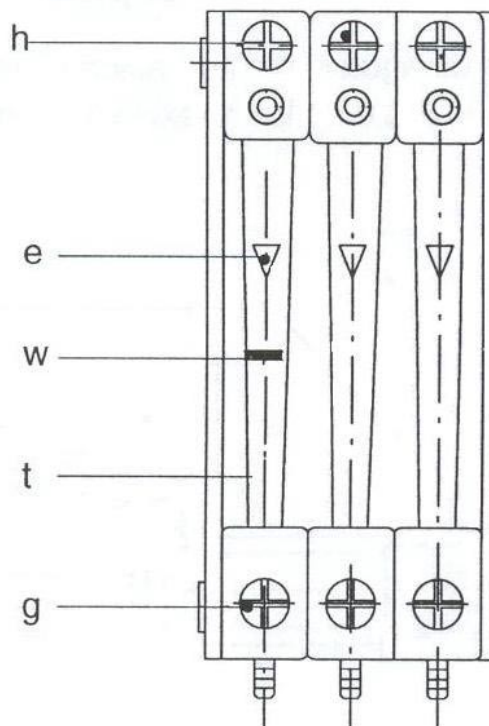


Figura 36: Caudalímetro



- h Válvulas mariposa para ajuste de caudal
- e Conos flotantes para la indicación del caudal de retorno
- t Mirillas donde se encuentran los conos flotantes
- g Válvulas de cierre para circuitos que no se usan

Los circuitos de enfriamiento del molde se conectan directamente del caudalímetro a los orificios en el molde mediante una manguera que presenta las siguientes características:

Diámetro interior de la manguera	10 mm
Resistencia a la presión	10 bar

SISTEMA DE EXPULSIÓN

El sistema de expulsión es el encargado de retirar la pieza del molde cuando haya solidificado; generalmente está colocado en la parte de la platina móvil de la máquina de inyección.

Este sistema está constituido por un número determinado de pernos de expulsión, también conocidos como botadores, que son parte de la cavidad del molde y que, generalmente, aprovechan la carrera de apertura de la unidad de



Capítulo 3. Diseño del molde



cierre de la máquina para que, con la ayuda de un sistema mecánico, separar la pieza del molde.

Cuando no es posible utilizar la carrera de apertura de la unidad de cierre, se emplean otro tipo de mecanismos para la expulsión de la pieza, ya sea de tipo neumático o hidráulico.

En ocasiones, los botadores son sustituidos por una placa en forma de anillo (comúnmente conocida como placa flotante), utilizada principalmente al tratarse de piezas de proyección circular como cubetas, charolas, etcétera.

Se debe diseñar el molde de manera que la pieza permanezca en la parte del molde sostenida por la platina móvil, porque en esta parte de la máquina, es posible emplear la carrera de apertura para colocar los sistemas de expulsión de piezas. Generalmente se logra que la pieza quede del lado del molde sujeto por la platina móvil gracias al uso de ángulos de salida, con los que se logra que la pieza salga prácticamente sola del lado del molde sostenido por la platina fija, pero de ser necesario hay otros métodos para conseguirlo, como por ejemplo, el llamado perno extractor.

Así como el sistema de alineamiento, ya no necesitas realizar el diseño del sistema de expulsión, pero si te interesa conocer más al respecto, a continuación se tocará este tema.



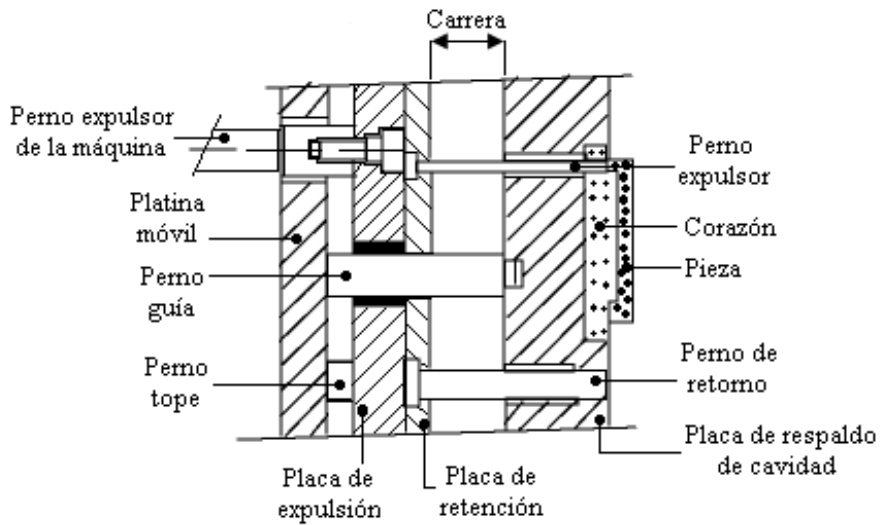
Las partes básicas de un sistema de expulsión son las siguientes y se muestran un par de ejemplos en la figura 37 a y b.

- ~ Placa de expulsión.
- ~ Placa de retención.
- ~ Pernos de expulsión (botadores).
- ~ Perno expulsor de la máquina.
- ~ Placas paralelas.
- ~ Placa portabotadores.
- ~ Pernos de retorno y/o resortes de retorno.

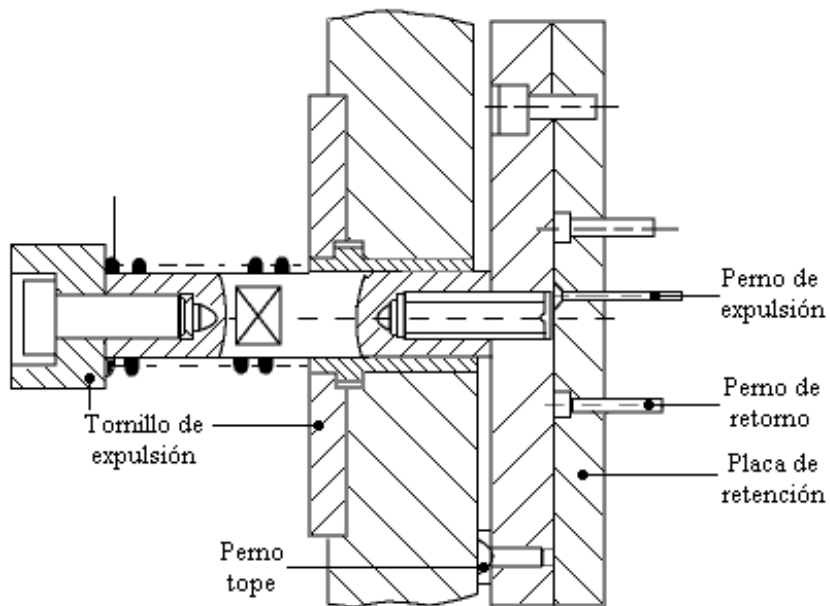
Al diseñar el sistema de expulsión existen varios puntos que deben ser tomados en cuenta y estos son:

- ~ Carrera de apertura y de expulsión.
- ~ Fuerza de expulsión de la máquina.
- ~ Ubicación de puntos de expulsión de la pieza.
- ~ Tipo de expulsores, diseño, dimensiones y acabados.
- ~ Diseño de las placas de expulsión y retención.
- ~ Retorno de la placa de expulsión.

Es importante conocer la carrera de apertura y de expulsión, ya que siempre debe de existir suficiente espacio entre el corazón y la cavidad, que permita que la pieza fabricada caiga libremente al ser expulsada, sin interferir o chocar con la cavidad o el corazón.



a)



b)

Figura 37: Sistemas de expulsión.



Botadores

Para desmoldar o expulsar una pieza los botares son los elementos más comúnmente utilizados. Los puedes encontrar en el mercado con tamaños y geometrías estandarizadas.

Un buen acabado y durezas superficiales, evitan que el botador se atasque en el molde y aseguran una larga vida de servicio. El barreno que recibe al botador, debe de tener una superficie lisa, libre de marcas de maquinado.

Los botadores deben de cumplir con tolerancias cerradas para poder deslizarse suavemente en el molde. Su ajuste en el molde depende del plástico a ser moldeado, temperatura del molde y en el caso de que los pernos expulsores sean utilizados como una salida de gases, la diferencia de diámetros para los botadores y los barrenos que los contienen deben ser muy precisos y se debe poner especial atención es esto, debido a que el material puede salir por esta abertura.

Existen dos tipos básicos de botadores de acuerdo a su uso:

- a) Pernos cilíndricos rectos: son los más comunes.
- b) Pernos escalonados: estos son utilizados cuando sólo una pequeña área de la pieza esta disponible para la expulsión.



Capítulo 3. Diseño del molde



Para la selección de las dimensiones del perno se deben de tomar las siguientes reglas generales:

- Usar siempre medidas estándar.
- Elegir los pernos lo más largo posible.
- Los tamaños de 3mm de diámetro y menores deben de ser evitados, particularmente si la longitud del perno es mayor a 50 veces el diámetro.

Se debe prestar atención en el diámetro del botador, ya que si éste es demasiado delgado pueden existir problemas de inestabilidad.

Diseño de placas de expulsión y retención

Todas las placas utilizadas en moldes deben tener las siguientes características:

- Buena maquinabilidad.
- Dureza adecuada.
- Homogeneidad en el acero (sin puntos duros, ya que complican el maquinado).
- Buena resistencia a la corrosión.
- Disponibilidad (del material en el mercado, en caso de tener que remplazarlas).



Las dimensiones de estas placas (particularmente el espesor), en especial de la placa de expulsión dependen de las fuerzas que los pernos expulsores transmiten a ellas durante la inyección y la expulsión de la pieza.

La presión de inyección así como las fuerzas de expulsión de la pieza, pueden provocar una deflexión excesiva de la placa de expulsión, provocando el desalineamiento de los pernos de expulsión. Es por eso que la deflexión de la placa debe ser mínima, una regla general es que la deflexión sea menor a 0.1mm.

La deflexión de la placa puede reducirse de las siguientes maneras:

- ↯ Colocando pernos de tope debajo o cerca de la base de los pernos de expulsión (Figura 38).
- ↯ Colocando el perno expulsor de la máquina lo más cerca posible a los pernos de expulsión, y utilizando preferentemente 4 expulsores. Esto mantiene los esfuerzos flexionantes al mínimo.
- ↯ Utilizando placas de expulsión con el mayor grueso posible.

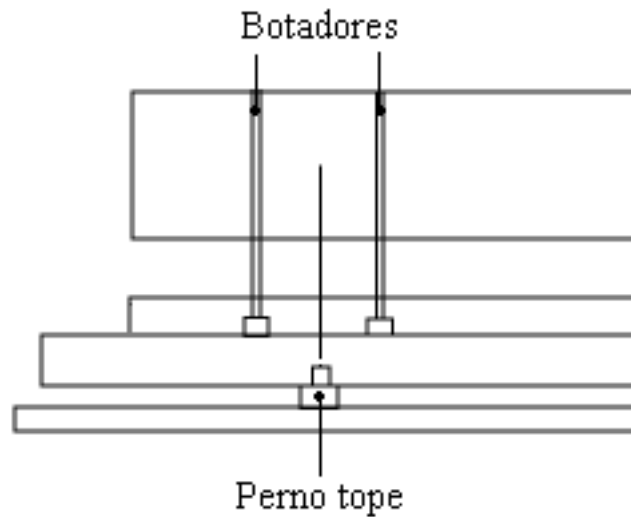


Figura 38: Uso de pernos tope para evitar deflexión.

Si existe duda sobre que grueso de placa debe de utilizarse para evitar una deflexión excesiva, se puede utilizar software especializado en análisis de elementos finitos para medir la deflexión que se puede presentar en la placa, teniendo como consideración que la fuerza de expulsión empleada será la máxima de la máquina y variando el espesor de nuestra placa, podremos determinar cuál será el adecuado para nuestro molde.

Retorno de la placa de expulsión

Una vez que los pernos han expulsado a la pieza, es necesario que éstos, así como la placa de expulsión regresen a su posición original para realizar el siguiente ciclo de moldeo.



Una forma sencilla de lograr esto es con el uso de pernos de retorno (figura 37).

Los pernos de retorno se alojan entre la placa de expulsión y de retención, así como los pernos de expulsión.

Al cerrar el molde, lo primero que hace contacto entre las dos mitades son los pernos de retorno, éstos aseguran que las placas de expulsión y de retención regresen a su posición original, provocando que todos los botadores también regresen mientras el molde se vuelve a cerrar, previniendo que los botadores dañen la cavidad.

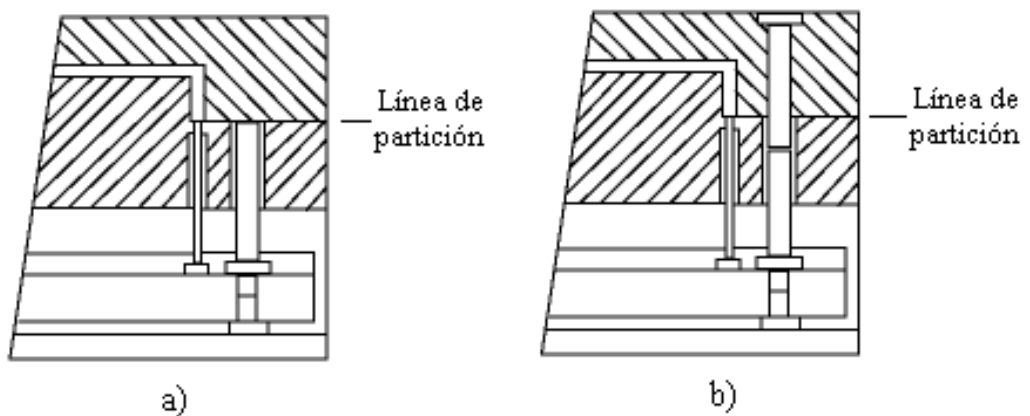
De preferencia los pernos de retorno deben de incluirse en el diseño de sistemas de expulsión. Algunas reglas generales para el diseño de los pernos de retorno son:

- ↯ Siempre debe de haber 4 pernos de retorno, igualmente espaciados para asegurar que la placa de expulsión no se ladee. En moldes circulares 3 pernos a 120° son suficientes.
- ↯ No colocar los pernos en lugares donde puedan golpear una salida de aire.
- ↯ El diámetro mínimo de los pernos de retorno debe ser considerablemente más grande que el de los botadores. Entre más largos sean los pernos, menor será el daño causado a la placa opuesta en donde estos topan.
- ↯ Siempre hay que usar tamaños estándar para los pernos.
- ↯ No es necesario utilizar barrenos para recibir a los pernos de retorno, pero de utilizarse, sus diámetros pueden ser más grandes que el diámetro de los

pernos, ya que no hay contacto con superficie moldeada y con esto se previene desgaste.

Por regla, la longitud del perno de retorno debe de ser menor que la longitud teórica requerida para empujar a la placa a su lugar. Una práctica común es que la longitud del perno sea menor a la longitud teórica por $0.25\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$.

En las figuras 39 y 40 a, b, se muestran distintas propuestas para el diseño de pernos de retorno.



Figuras 39: Uso y ubicación de pernos de retorno

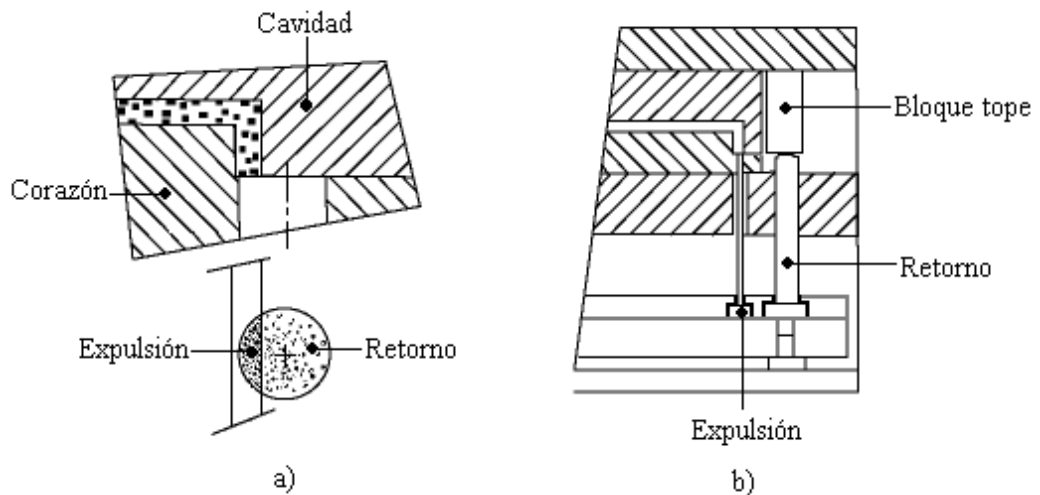


Figura 40: Diferentes diseños de pernos de retorno

Teóricamente, con el uso de pernos de retorno, no es necesario adicionar más elementos de retorno a la placa de expulsión. Mientras el molde se cierra, los pernos de retorno mueven a la placa hacia su posición inicial de descanso, apoyados en los pernos de tope.

Sin embargo esto solo es práctico si:

- ↯ La velocidad de cierre es pequeña.
- ↯ Si la carrera de expulsión es pequeña.

Es por eso que se recomienda el uso de resortes de retorno, y si se requiere, pueden ser empleados en conjunto con los pernos de retorno en el sistema de expulsión. El uso de estos resortes tiene las siguientes ventajas:



Capítulo 3. Diseño del molde



- ↯ Permite un retorno suave de la placa evitando que los pernos de retorno golpeen la superficie del molde.
- ↯ Se evita el desgaste de la superficie del molde.

La colocación de los resortes entre la placa expulsora y la placa que contiene la cavidad y/o corazones es simple (figura 41). Para lograr el funcionamiento de este arreglo se sugiere:

- ↯ Tener suficiente fuerza en el resorte para mantener a la placa presionada contra los pernos tope y permitir tolerancias de resorte.
- ↯ La longitud de instalación (L_1) debe ser aproximadamente el 10% de la longitud máxima de compresión.
- ↯ El resorte no debe de ser comprimido mas del 5% de su compresión máxima $L(2)$.
- ↯ La longitud de operación no debe ser mayor al 15% de su longitud de compresión máxima.
- ↯ La longitud no guiada del resorte, nunca debe de ser más que su diámetro. Si la distancia es mayor el resorte debe de ser soportado internamente con un vástago.

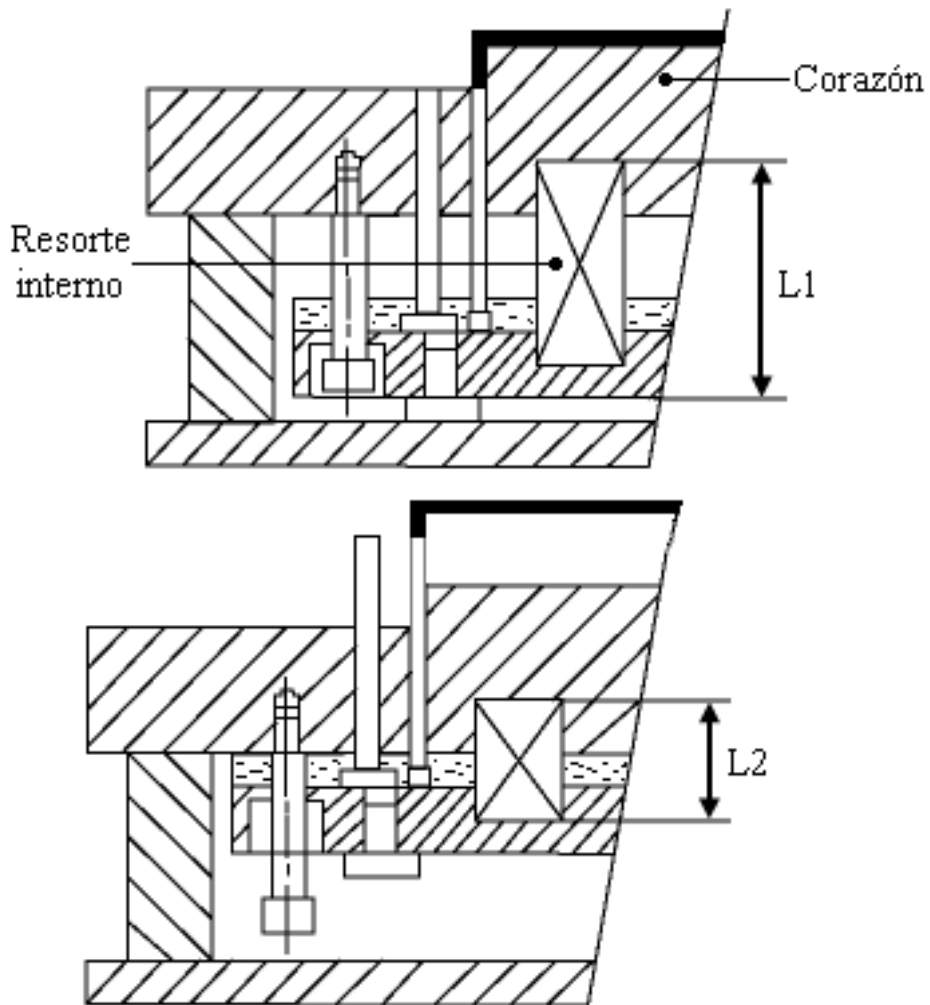


Figura 41: Instalación de resortes de retorno

Donde: $L1$ = Longitud de instalación

$L2$ = Longitud totalmente comprimida



UBICACIÓN DE LOS BOTADORES

En nuestro caso, ya contamos con una configuración establecida de la localización de los botadores*, ya que con esto se pretende agilizar el proceso de diseño del molde evitando que sea necesario diseñar y manufacturar las placas de expulsión y de retención.

Tienes que asegurarte que la ubicación donde colocas los botadores coincida con la establecida.

Como se ha venido haciendo, a continuación se darán algunas sugerencias en caso de tener que diseñar el sistema de expulsión.

La colocación de los puntos de expulsión o de los puntos en donde actuarán los pernos expulsores, es de suma importancia en el diseño de sistemas de expulsión, una configuración deficiente de estos, puede ocasionar problemas como:

- ↯ Atasque de la pieza en el molde.
- ↯ Distorsión de la pieza a causa de fuerzas de expulsión mal distribuidas.
- ↯ Atasque de los botadores.
- ↯ Excesiva deformación de los botadores.

Para evitar éste tipo de problemas se recomienda que:

* Capítulo 2, página 35.

- ↯ Los botadores deben de localizarse en los puntos, más bajos de la pieza, bordes, costillas.
- ↯ Los botadores pueden ser utilizados en esquinas o cerca de las esquinas de la pieza.
- ↯ Los botadores deben de colocarse en arreglos simétricos y uniformemente espaciados.
- ↯ Los botadores se deben de colocar en puntos de alta rigidez de la pieza.
- ↯ El número de botadores así como el área de acción de estos, debe de ser lo más grande posible.

En la figura 42 se muestran puntos sugeridos para la acción de los pernos expulsores. Es importante el mencionar que el proceso de expulsión siempre dejará marcas visibles de la acción de los pernos en la pieza. Esto debe de tomarse en cuenta, si la apariencia de la pieza es crítica.

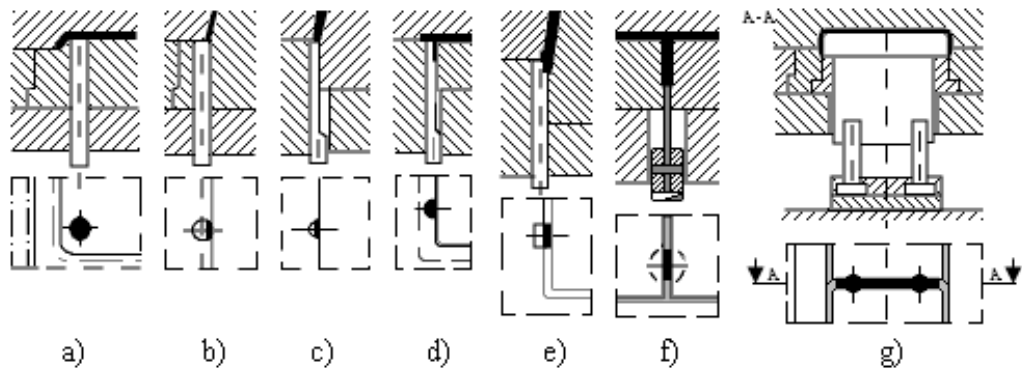


Figura 42: Puntos recomendados para la acción pernos expulsores.



3.2 PARÁMETROS

A continuación se expondrán los parámetros que pueden ser tomados durante el proceso de inyección.

TEMPERATURAS

Las temperaturas pueden ser del cilindro plastificador, de la boquilla y del molde (en caso de que se cuente con el sistema necesario).

La temperatura del cilindro plastificador y de la boquilla, esta dada por el tipo de material a trabajar, estas temperaturas se ajustan de acuerdo a la temperatura de la masa fundida, la temperatura de la masa fundida determina las propiedades estructurales de una pieza moldeada, por lo que debe ser constante y uniforme ya que controla la densidad y contracción. El proceso de plastificación de una resina cristalina es muy estrecho y requiere más energía.

De igual manera la temperatura el molde esta en función o es determinada por el material plástico a trabajar. Y el acabado de la pieza.

La temperatura del aceite de la máquina se controla mediante un sistema de refrigeración.



VELOCIDADES

Velocidad de cierre de molde

Es la distancia que recorre la platina móvil hasta hacer contacto con la platina fija del molde en un tiempo determinado, la velocidad de cierre del molde se realiza en varias etapas: Alta velocidad, media velocidad y baja velocidad, esto con el fin de evitar aceleraciones y frenados bruscos durante la fase de cerrado de la platina móvil, también dependerá de la pieza a moldear.

Velocidad de apertura de molde

Es la distancia que recorre la platina móvil del molde hasta separarse de la platina fija y dejar el espacio suficiente para la expulsión de las piezas en un tiempo determinado. La velocidad de apertura del molde se realiza al contrario de la fase de cierre de molde: baja velocidad, media velocidad y alta velocidad, también esto dependerá de la pieza a moldear.

Velocidad de plastificación

La velocidad de plastificación se controla por las revoluciones por minuto o giros por minuto del husillo en el momento de la plastificación.

Velocidad de inyección

La velocidad de inyección dependerá de los siguientes factores:



- ↯ La viscosidad del polímero.
- ↯ Condiciones del molde.
- ↯ Tamaño y número de puntos de entrada de material.
- ↯ Tamaño de los canales de alimentación del material.
- ↯ Salidas de aire en el molde.
- ↯ Temperatura de la masa fundida.
- ↯ Temperatura del molde.
- ↯ Acabado de la pieza.

Cuando se moldean piezas de secciones delgadas se requieren generalmente velocidades de inyección altas con objeto de llenar la pieza antes de que se solidifique. El uso de una velocidad de inyección alta mejorara el aspecto y brillo superficial de la pieza, ya que la cavidad del molde se llena completamente antes de que la resina comience su solidificación, variando la velocidad de inyección adecuadamente se pueden reducir algunos defectos superficiales en la pieza.

Velocidad de expulsión

Es la distancia que recorren los botadores en un tiempo determinado para expulsar la pieza moldeada.



PRESIONES

Presión de cierre

Es la presión que se ejerce para mantener al molde cerrado durante la fase de inyección del material al molde. La presión de cierre debe ser mayor que la presión de inyección, de lo contrario entraría material de más a la cavidad y saldrá por las uniones del molde.

Primera presión de inyección

Es la presión requerida para vencer las resistencias que el material fundido produce a lo largo de su trayectoria, desde el cilindro de plastificación hasta el molde, esta presión corresponde a la fase de llenado del molde, con esta pretendemos llenar la cavidad en un 90 ó 95%, para después terminar de llenar la pieza con la segunda presión y velocidades.

Segunda presión de inyección (postpresión)

También es conocida como de sostenimiento o recalque, tiene como objeto el mantener bajo presión el material fundido que se solidifica y se contrae en la cavidad del molde, la función de esta segunda presión, es la de completar el llenado y así compensar la contracción, introduciendo un poco más de material fundido en el molde. Es importante mencionar que si se excede en aplicar esta presión puede producir rebaba (también conocida como flash), es decir, un excedente de material.



Contrapresión

En el momento de la plastificación el material es llevado hacia delante en tanto que el husillo va girando hacia atrás, la contrapresión se aplica sobre el husillo que gira y tiene como función el impedir el retorno de éste, mejorando la acción de la mezcla del material. Dicho en otras palabras, esto ayuda a que se logre una buena homogenización del plástico.

Otra definición: es la oposición a que el husillo se mueva libremente hacia atrás mientras esta cargando.

Descompresión

Es la distancia que el husillo se hace para atrás con la finalidad de liberar la presión ejercida sobre el plástico de tal manera que no escurra el material al momento que abra el molde. Existe la posibilidad de hacerlo antes o después de la dosificación, si no se puede usar este recurso, también es válido que se juegue con la temperatura de la boquilla, bajando poco a poco la temperatura hasta un punto en que nos permita inyectar y se vea que no escurre material.

Presión de expulsión

Una vez terminada la apertura del molde, la pieza se debe separar del molde, y esto se logra a través de un mecanismo de expulsión, que requiere de una presión de botado que esta activada durante toda la fase de expulsión.



Presión de retorno-expulsión

Es la presión que estará presente una vez que los botadores han expulsado la pieza en la fase de expulsión, con la finalidad de regresar a los botadores a su posición original.

DISTANCIAS

Distancia de dosificación (inyección) y espesor del colchón

Son los milímetros de material inyectado en función del volumen (cm³) y la unidad de plastificación.

Otra definición: es la cantidad de plástico necesaria para llenar todas las cavidades y la colada.

El espesor del colchón son los milímetros de material que deben permanecer constantes en la punta del husillo, para garantizar una repetitividad en el proceso.

Otra definición: es la distancia que el husillo reserva para terminar de introducir material al interior del molde, este debe ser el 10% de la capacidad del cilindro.



Distancia de conmutación a segunda presión

Son los milímetros necesarios para hacer el cambio por distancia, de primera presión de inyección a segunda presión de inyección.

Distancia de apertura de molde

Es la distancia que deseamos que abra la parte móvil del molde para que pueda expulsarse la pieza.

Distancia de expulsión

Son los milímetros recorridos por el sistema de expulsión de la pieza inyectada, para que esta pueda ser expulsada del molde.

TIEMPOS

Tiempo de inyección

Es el tiempo en el que se lleva a cabo el llenado de las cavidades del molde.

Tiempo de postpresión

Es el tiempo en que permanece activa la postpresión o segunda presión.



Tiempo de plastificación

Es el tiempo requerido para llevarse a cabo la fusión del material plástico, hasta llevarlo a un estado líquido viscoso.

Tiempo de enfriamiento

Es el tiempo para acabar de solidificar la pieza, y este empieza después de que termina el tiempo de postpresión y acaba cuando el molde se abre para expulsar la pieza.

Tiempo de ciclo

Es el tiempo en el que se llevan a cabo las etapas del proceso de inyección: tiempo de cierre + tiempo de inyección + tiempo de postpresión + tiempo de enfriamiento que incluye el tiempo de plastificación + tiempo de apertura y expulsión.

3.3 CONSIDERACIONES

Un buen diseño del molde debe cumplir con los requerimientos de cada una de las siguientes fases del proceso de inyección:

- 1) Cierre de molde
- 2) Presión de inyección y de cierre
- 3) Inyección del material
- 4) Enfriamiento



- 5) Apertura de molde
- 6) Expulsión de la pieza

De no hacerse, se corre el riesgo de que la pieza fabricada no logre cumplir con sus especificaciones y mucho menos alcanzar la calidad deseada, e inclusive, que la pieza sea demasiado defectuosa.

Debemos tener presente, en el proceso de diseño de las piezas que serán fabricadas con materiales plásticos, muchos conceptos y especificaciones que permitirán el moldeo eficaz de la pieza, es decir, que permitirán que la pieza pueda ser moldeada más fácilmente, se pueda expulsar del molde sin problemas, que no sufra deformaciones, que no existan puntos de concentración de esfuerzos críticos u otros problemas de moldeo y de calidad del producto final.

Algunos de estos conceptos están relacionados con las características del material como es el caso de la contracción del material; pero otros son de tipo geométrico, que nos permitirán alcanzar las cualidades de moldeo mencionadas anteriormente.

PRESIÓN DE INYECCIÓN Y DE CIERRE

Como se mencionó en el capítulo 1, la presión de cierre tiene que ser mayor a la presión de inyección, de lo contrario habrá un excedente de material lo que provocará rebabas muy gruesas, por lo que no debes olvidar calcular la presión necesaria para llenar tu cavidad, un buen consejo puede ser que consideres el



área proyectada perpendicularmente al sentido de inyección, considerar por lo menos un 10% menos de la fuerza de cierre y mediante la relación:

$$P = \frac{F}{A}$$

Podrás determinar una presión de inyección para inyectar tu pieza sin superar la fuerza de cierre de la máquina, aunque es posible que tengas que ir variando este valor hasta encontrar el que necesitas para tu pieza. También se puede determinar la presión de inyección con la ayuda de software especializado.

RADIOS Y REDONDEOS

Es importante que al diseñar un molde se contemple el uso de radios y redondeos, ya que con esto ayudamos a que durante el moldeo se presenten menos problemas, pues se logra que las cavidades sean llenadas más fácilmente y se ayuda a controlar la contracción de la pieza.

Cuando la cavidad tiene contornos redondos y uniformes, será relativamente fácil llenarla. Pero, si la cavidad tiene esquinas anguladas o afiladas y presenta secciones gruesas y delgadas, será más difícil el llenar de forma adecuada el molde.

Si una situación así sucede durante el moldeo de material plástico, se puede decir que la parte moldeada contiene tensión indeseable o esfuerzos excesivos de moldeo, sin embargo dichos esfuerzos se encuentran en cierto grado en toda pieza (figura 43).

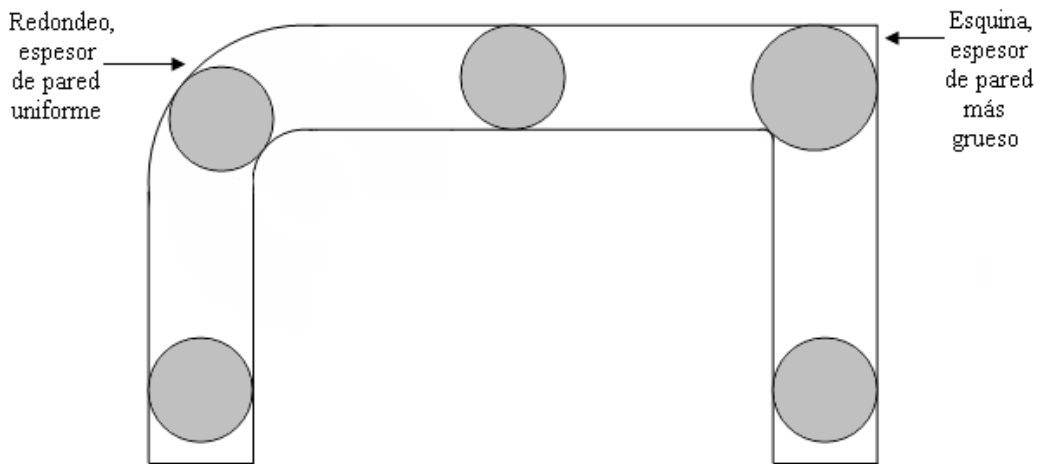


Figura 43: Área potencial de concentración de esfuerzos (esquina)

Una pieza moldeada con esfuerzos excesivos, tiende a deformarse ya que es estirada o comprimida en diferentes direcciones, a causa de tales esfuerzos.

El uso de radios y redondeos permite:

- ↯ Diseñar piezas con espesores de pared uniformes (figura 44).
- ↯ Un flujo del material uniforme evitando llenados irregulares.
- ↯ Enfriamiento uniforme en esquinas.
- ↯ Una fácil expulsión de la pieza.
- ↯ Reducir la concentración de esfuerzos dando rigidez estructural.

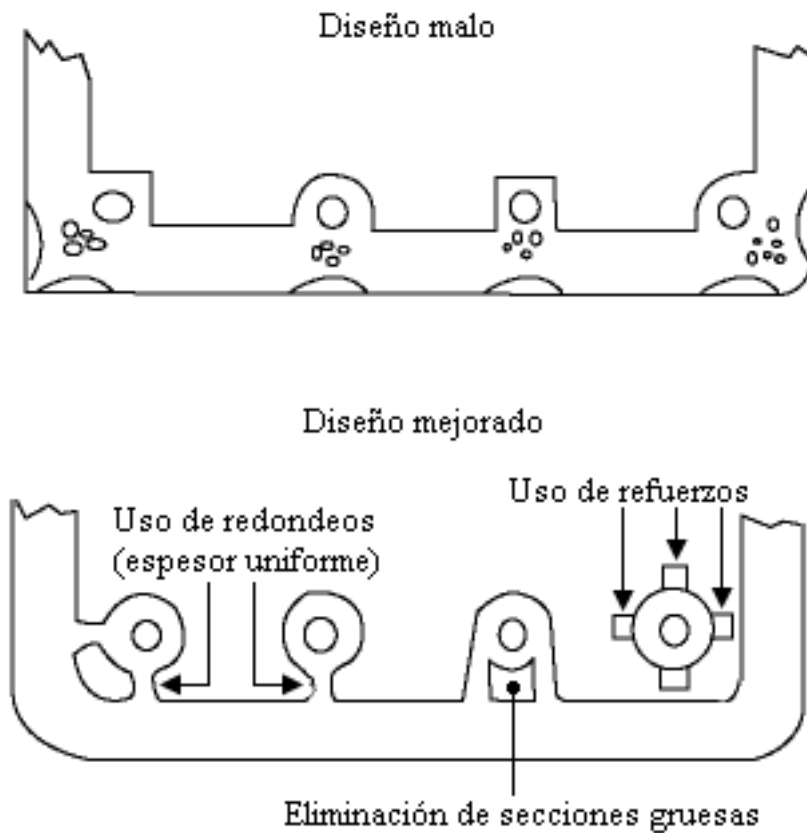


Figura 44: Uso de redondeos para mantener espesor uniforme

El uso de redondeos debe de ser utilizado siempre que la pieza lo permita y se deben de seguir las siguientes indicaciones, figura 45:

- El radio r sugerido para las esquinas debe de ser al menos $1/3 T$.
- El radio r recomendado es de $1/2$ de T o mayor.
- El radio R debe de ser al menos $3/2 T$ o mayor.

➤ Se debe de mantener un espesor de pared igual entre el radio mayor R y el radio menor r .

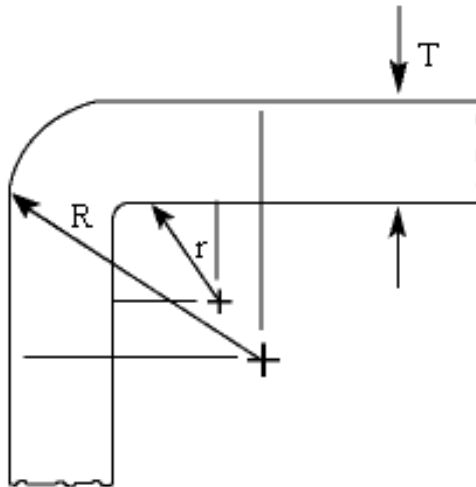
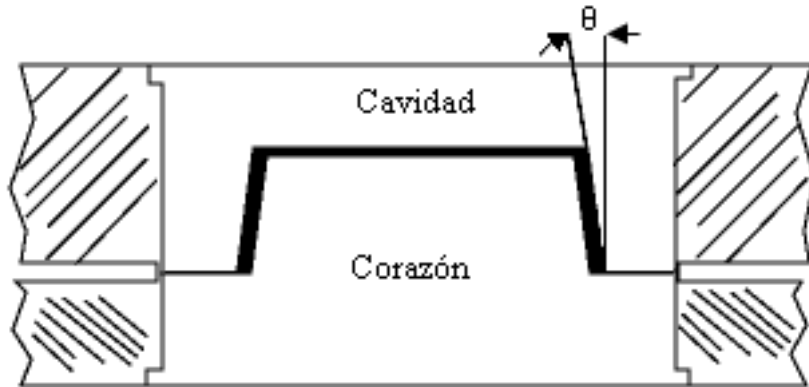


Figura 45: Dimensiones para radios internos y externos

ÁNGULOS DE SALIDA

La extracción de la pieza es un punto crítico en el proceso de inyección. La facilidad para extraer una pieza del molde depende en gran parte de la geometría de ésta.

Como se mencionó antes, el uso de ángulos de salida permitirá que se facilite la expulsión de la pieza, especialmente del lado de la platina fija, permitiendo que al abrir el molde, la pieza quede del lado de la platina móvil, donde se encuentra ubicado nuestro sistema de expulsión.



$\theta = \text{Ángulo de salida (mínimo de } 1/2^\circ)$

Figura 46: Uso de ángulos de salida

Se debe evitar el diseñar las piezas con paredes perpendiculares al plano que separa las mitades del molde, ya que con el uso de éste tipo de paredes es necesario el ejercer fuerzas mayores para abrir el molde y para extraer la pieza, esta situación puede causar deformación o ruptura de la pieza. Sin embargo es posible el diseñar piezas sin ángulo de salida, pero estas requieren para su producción moldes más complejos y por lo tanto más caros (Figura 47).

Corazones laterales para permitir la salida de la pieza

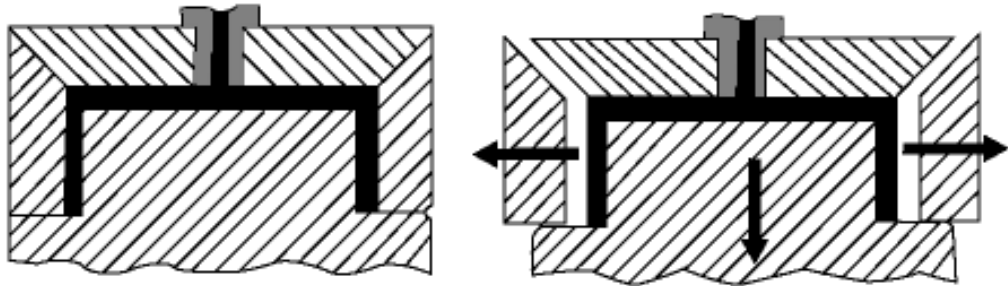


Figura 47: Moldes para piezas sin ángulos de salida

El uso de los ángulos de salida debe de ser acompañado de acabados superficiales de gran calidad que permitan a la pieza deslizarse con mayor facilidad por las paredes del molde.

Aunque no existen cálculos precisos o fórmulas para la determinación de los ángulos de salida, existen algunas prácticas comunes que dan buenos resultados:

- Usar ángulos de salida tan grandes como sea posible, limitándose tan solo a la estética o funcionalidad de la pieza.
- Se recomienda no usar ángulos menores a medio grado.
- Usar mayores ángulos en las paredes internas que en las externas.
- De ser posible, se deben de usar ángulos de salida aun en orificios, ranuras y costillas.

ACABADO SUPERFICIAL

Los acabados, en este caso el pulido, deben de ser realizados direccionalmente, es decir, en dirección paralela a la salida de la pieza como se muestra en la figura 48, con la finalidad de ayudar a que la expulsión de la pieza sea más sencilla.

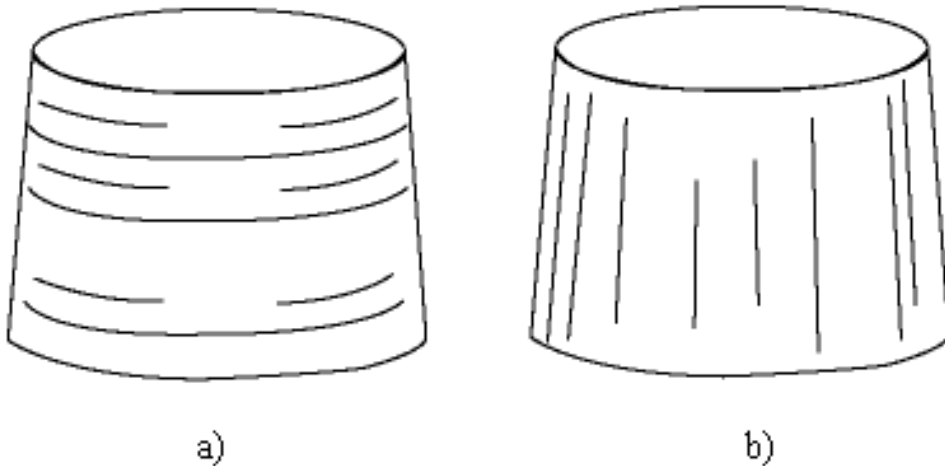


Figura 48: Acabado superficial.

Como has visto existen muchos factores a considerar cuando se realiza el diseño de un molde. Como un repaso o como una guía que te permita saber si has realizado lo necesario para tener terminado el molde, puedes ver si ya has cubierto los aspectos necesarios para que puedas utilizarlo en la máquina de inyección de la Facultad, los cuales son enumerados en la siguiente:



CHECK LIST

A realizar	Pág.	✓
Calcular la presión requerida para inyectar la pieza.	89	
Dimensiones de las placas molde (cavidad).	34	
Contracción de material.	52	
Ubicación del bebedero.	37	
Ubicación de los botadores.	35	
Ubicación de los tornillos para la sujeción.	35-38	
Tipo de punto de inyección.	41	
Salida de gases.	61	
Acabado superficial.	96	
Revisar herramientas*	–	

* Tienes que revisar que en la Facultad se cuente con los herramientas que necesitas para maquinar tu molde, de lo contrario tendrás que modificar tu diseño o, en su defecto, comprarlos por tu parte.



CONCLUSIÓN

En este trabajo fueron expuestos los puntos considerados como los principales o necesarios para el diseño y fabricación de un molde de inyección que será utilizado con la caja molde específica, en la máquina DEMAG 50 – 270 de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Un aspecto importante fue dar a conocer las partes de la máquina de inyección y su funcionamiento, ya que esto nos permitirá que se entienda de mejor forma, los sistemas y/o aditamentos esenciales de un molde.

Se debe adaptar nuestro diseño a las dimensiones establecidas, y de preferencia, también a la configuración de la ubicación de los botadores, de lo contrario se tienen que diseñar las placas de expulsión y retención, aunque esto no debe tener mayor problema, ya que se han mencionado los factores que se deben considerar para llevarlo a cabo.

Es importante que se considere utilizar ángulos de salida para facilitar la extracción de la pieza y permitir que se quede del lado de la platina móvil en el momento de la apertura, de lo contrario, la pieza quedará detenida en la parte del molde colocada sobre la platina fija, y de suceder esto, sería necesario detener el ciclo automático de la máquina para extraer manualmente la pieza, situación que afecta la productividad del proceso. Así que como se puede observar utilizar ángulos de salida es muy importante, pero en nuestro caso no



Conclusión



es necesario, ya que al ser piezas exclusivamente para presentación y no para producción, bastará con inyectar en un sólo ciclo.

En esta ocasión, no tendrás que diseñar los pernos guías para el alineamiento del molde, en algunos casos puede pensarse que estos pernos guía pueden ser omitidos debido a que se piensa que será suficiente con la sujeción del molde a las platinas para que esté alineado, pero es recomendable utilizarlos para no dejar a la suerte la calidad que pueda presentar nuestra pieza.

Antes de seleccionar la ubicación del punto de inyección, asegúrate de realizar varias simulaciones en modflow, para determinar donde será mejor colocarlo, ya que esto repercutirá tanto a la pérdida de presión que se pudiese presentar, como a la contracción del material.

Como se mencionó en el texto, para solucionar el problema de pérdida de presión bastará con incrementar la presión de inyección o la temperatura en el cilindro plastificador, pero al seleccionar alguna de estas dos opciones se afectará a la contracción.

Respecto a la contracción, todos los materiales reaccionan cuando se ven expuestos a la acción del calor. Esta reacción se ve reflejada con una dilatación o expansión de sus dimensiones. La razón con la que se dilatará cada material está dada por su coeficiente de dilatación, y todos los materiales cuentan con uno propio. Debido a esto la temperatura es un factor muy importante respecto al volumen de tu pieza, es decir, influirá directamente en la contracción de ésta.



Entonces, un factor que influirá directamente en la contracción es la temperatura por lo que deberás tener especial cuidado al variar dicho valor. Al emplear temperaturas elevadas, se necesitará menos material para llenar la cavidad, pero la contracción será mayor. Se debe mencionar que dependiendo del material, las diferencias en cuanto a la cantidad de éste son mínimas.

Ten cuidado al utilizar presiones muy elevadas, pues se corre el riesgo de que tu molde se deforme, recuerda que esta hecho de aluminio, por lo que no soporta presiones muy elevadas.

No olvides que de preferencia debes usar radios y redondeos en tu diseño ya que permitirá un mejor llenado de la cavidad lo que dará una mejor apariencia a la pieza, se evitarán esfuerzos concentrados en regiones afiladas y se controlara un poco el efecto de la contracción.

Otro factor de gran influencia en la calidad de la pieza es la salida de gases o el alivio de gases, recuerda que de no incluirla(o) corres el riesgo de que quede aire atrapado en la cavidad con lo que se puede provocar un llenado incompleto de la cavidad, rechupes (quemadura y degradación del material) debidos al aumento de la temperatura del aire atrapado, y en un caso extremo, corrosión y abrasión del molde a causa del material plástico quemado por el aire caliente atrapado en la cavidad.



Conclusión



No dejes de pulir tu molde, ya que, además de favorecer a la expulsión de la pieza, reduciendo la fuerza necesaria para tal efecto, dará a la pieza una mejor apariencia, elevando considerablemente la calidad final.

En este trabajo se han cubierto los aspectos necesarios para el diseño de un molde de inyección que se utilizará en la máquina DEMAG 50-270 de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Además se dieron a conocer los aspectos a considerar en caso de tener que llevar a cabo algún diseño adicional al establecido para dicha función. Por lo que podemos concluir que este manual, resulta un buen apoyo para los estudiantes de la asignatura de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora de dicha institución.



BIBLIOGRAFÍA, REFERENCIAS ELECTRÓNICAS Y TEXTOS SUGERIDOS

- Instrucciones de servicio ERGOtech pro, Mannesmann Demag Kunststoffechnik.
- Enciclopedia del plástico, Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S. C., Litografía Publicitaria, 1997.
- limac.fi-c.unam.mx/Links/Tol/TolAppet.php
- www.textoscientificos.com/polimeros/moldeado.
- www3.unileon.es/personal/wwdfqjbg/docs%20investigacion/cidim_99_ic3p.pdf.
- www.unoconvenciones.com/descargas/mtto.pdf.
- www.interempresas.net/Plastico/Articulos/Articulo.asp?A=3497.
- www.mailxmail.com/curso/vida/inyecciondeplasticos.
- cadcamcae.wordpress.com/2007/05/07/1a-inyeccion-de-plasticos.
- hosting.udlap.mx/profesores/carlosacosta/home/Cursos/IM438/Biblio/Moldes.
- Plastics Encyclopedia and Dictionary, Rosato, V., Hanser Publishers, 1995.
- Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastics Industry, Berins, Chapman and Hall, 1991.
- Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, Gianni Bondini / Franco Cacchi, McGraw Hill, 1992.
- Moldes de inyección para plásticos en 100 casos prácticos, Hans Gastrow, Hanser Publishers, 1998.
- Mold engineering, Hebert Rees, Hanser Publishers, 2002.
- Moldes para inyección de plásticos, Menges / Mohren, Hanser Publishers, 2001.

ANEXOS

Anexo 1

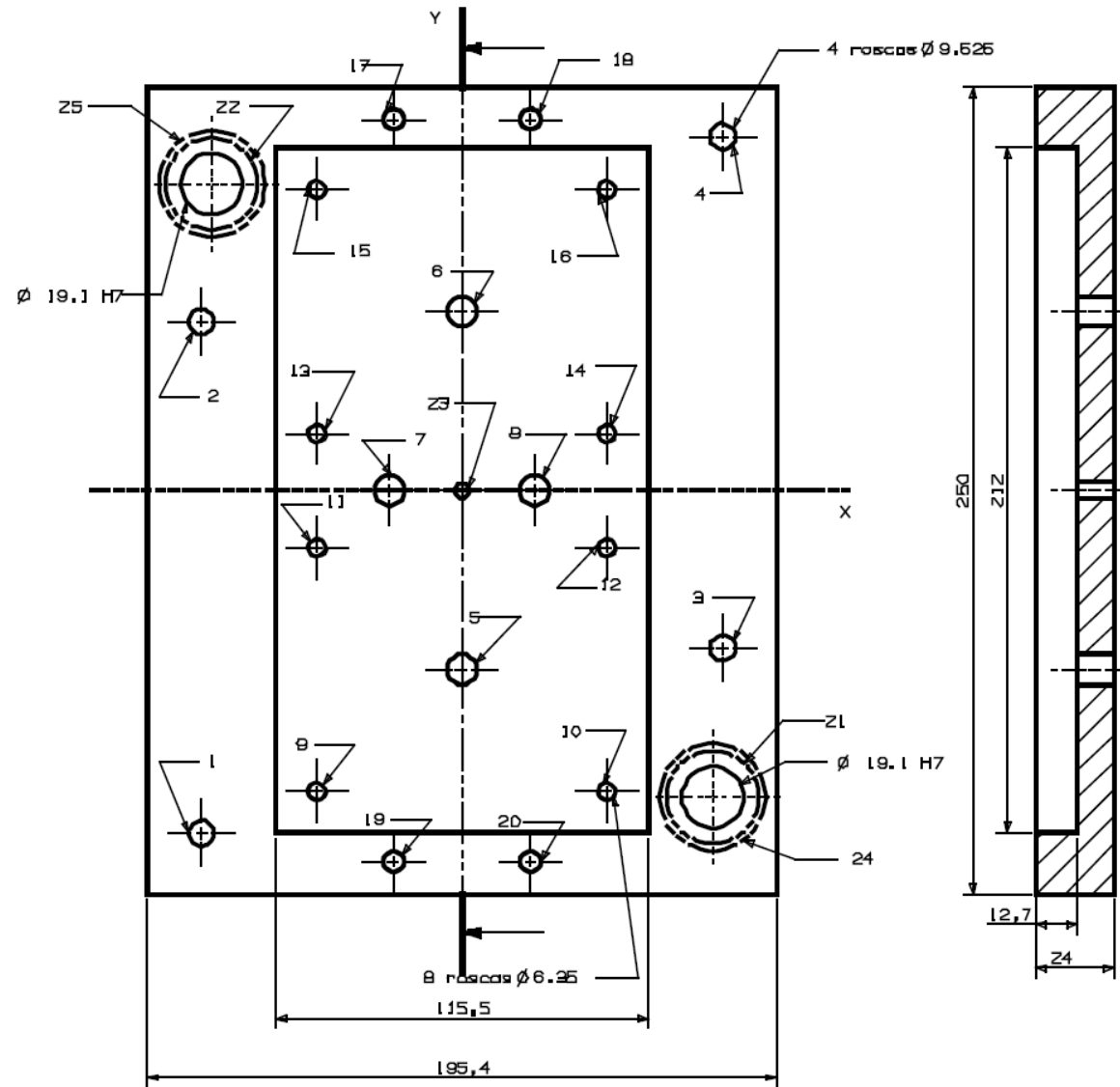


Figura 49: Plano de la placa de respaldo de cavidad móvil



Manual de apoyo para el diseño de moldes de inyección



No.	Descripción	Posición		Φ [mm]
		X [mm]	Y [mm]	
1	Barreno – sujeción	-80.94 ± 0.25	-106.26 ± 0.25	7.938 ± 0.25
2	Barreno – sujeción	-80.94 ± 0.25	52.33 ± 0.25	7.938 ± 0.25
3	Barreno – sujeción	80.94 ± 0.25	-48.88 ± 0.25	7.938 ± 0.25
4	Barreno – sujeción	80.94 ± 0.25	109.71 ± 0.25	7.938 ± 0.25
5	Barreno – botador	0.0 ± 0.05	-55.5 ± 0.05	$9.525 + 0.015$
6	Barreno – botador	0.0 ± 0.05	55.5 ± 0.05	$9.525 + 0.015$
7	Barreno – botador	-22.5 ± 0.05	0.0 ± 0.05	$9.525 + 0.015$
8	Barreno – botador	22.5 ± 0.05	0.0 ± 0.05	$9.525 + 0.015$
9	Barreno – sujeción	-45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
10	Barreno – sujeción	45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
11	Barreno – sujeción	-45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
12	Barreno – sujeción	45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
13	Barreno – sujeción	-45.03 ± 0.25	17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
14	Barreno – sujeción	45.03 ± 0.25	17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
15	Barreno – sujeción	-45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
16	Barreno – sujeción	45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.25 –prof 8
17	Barreno – sujeción	-21.25 ± 0.05	115 ± 0.05	$9.48 + 0.015$



Manual de apoyo para el diseño de moldes de inyección



18	Barreno – sujeción	21.25 ± 0.05	115 ± 0.05	$9.48 + 0.015$
19	Barreno – sujeción	-21.25 ± 0.05	-115 ± 0.05	$9.48 + 0.015$
20	Barreno – sujeción	21.25 ± 0.05	-115 ± 0.05	$9.48 + 0.015$
21	Camisa guía	77.95 ± 0.05	-95 ± 0.05	$28.575 - \text{prof } 21$
22	Camisa guía	-75.95 ± 0.05	95 ± 0.05	$28.575 - \text{prof } 21$
23	Canal de colada	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	$4.7625 + 0.012$
24	Barreno (alojamiento de camisa)	175.43 ± 0.05	30 ± 0.05	$33 + 0.025 - \text{prof } 4.7625$
25	Barreno (alojamiento de camisa)	19.93 ± 0.05	220 ± 0.05	$33 + 0.025 - \text{prof } 4.7625$

Tabla 5: Descripción, ubicación y dimensiones de los componentes de la placa de respaldo de cavidad móvil

Anexo 2

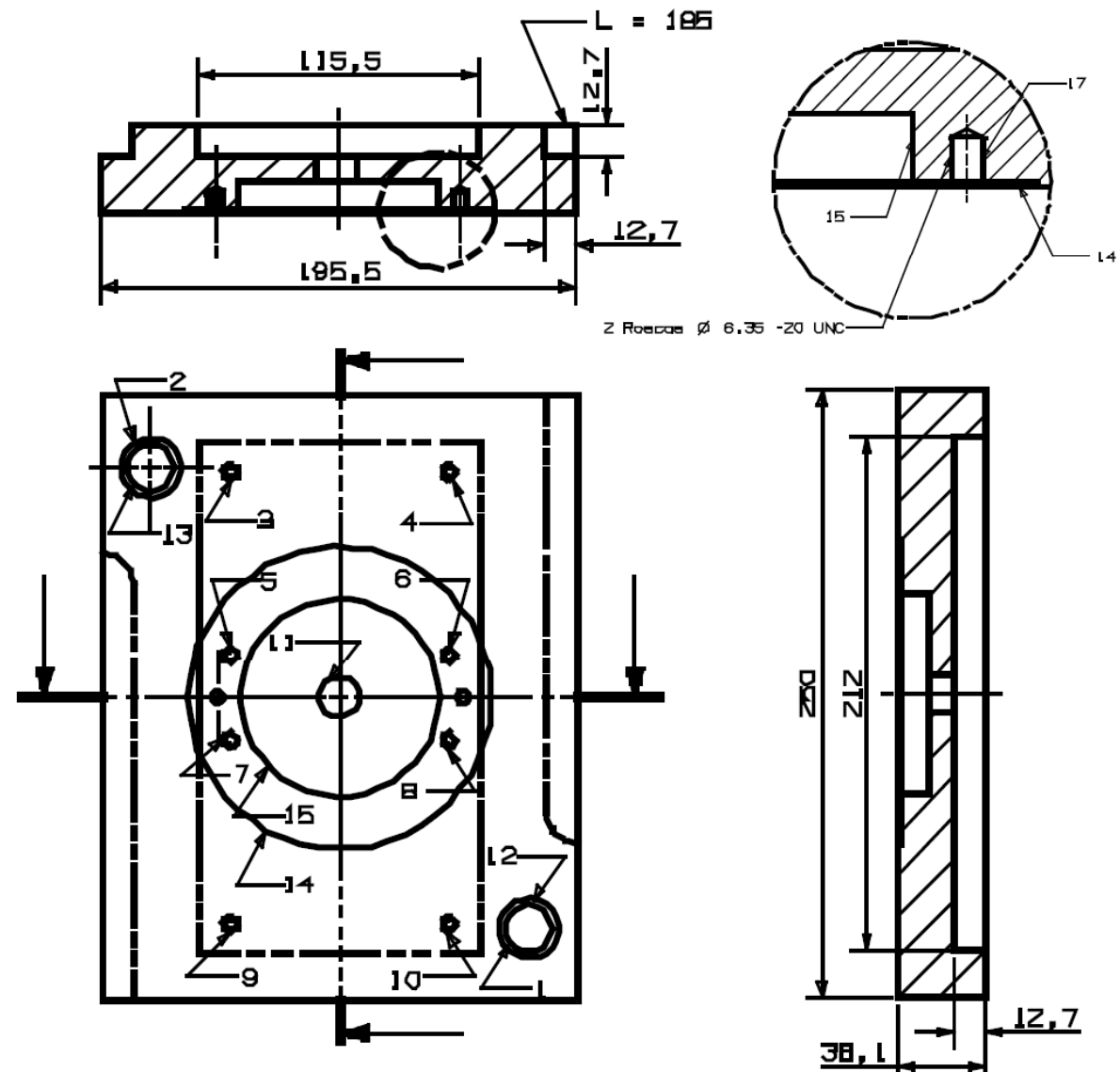


Figura 50: Plano de la placa de respaldo de cavidad fija



Manual de apoyo para el diseño de moldes de inyección



No.	Descripción	Posición		Φ [mm]
		X [mm]	Y [mm]	
1	Perno guía	77.75 ± 0.05	-95 ± 0.05	19.075
2	Perno guía	-77.75 ± 0.05	-95 ± 0.05	19.075
3	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
4	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
5	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.5	5.188 ± 0.5 –prof 8
6	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
7	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
8	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	-17.72 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
9	Barreno de sujeción	-45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
10	Barreno de sujeción	45.03 ± 0.25	-93.28 ± 0.25	5.188 ± 0.5 –prof 8
11	Bebedero	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	$16.8 + 0.018$
12	Barreno (alojamiento del perno guía)	77.75 ± 0.05	95 ± 0.05	$25.36 + 0.021$ –prof 18.06
13	Barreno (alojamiento del perno guía)	-77.75 ± 0.05	-95 ± 0.05	$25.36 + 0.021$ –prof 18.06
14	Diámetro interior del centrador	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	125 ± 0.05 –prof 1
15	Diámetro exterior del centrador	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.05	82 ± 0.5 –prof 11.56
16	Barreno de sujeción (a la máquina)	47.25 ± 0.5	125 ± 0.05	5.188 ± 0.5 –prof 8
17	Barreno de sujeción (a la máquina)	148.25 ± 0.5	125 ± 0.05	5.188 ± 0.5 –prof 8

Tabla 6: Descripción, ubicación y dimensiones de los componentes de la placa de respaldo de cavidad fijo

Anexo 3








Plásticos	Código	Aplicaciones típicas
Poliétilen Tereftalato (PET)		Botellas de gaseosas, agua, aceite y vinos; envases farmacéuticos; tejas; películas para el empaque de alimentos; cuerdas, cintas de grabación; alfombras; fibras.
Poliétileno de alta densidad (PEAD)		Tuberías; embalajes y láminas industriales; tanques, canastas o cubetas para leche, cerveza, refrescos, transporte de frutas; botellas; recubrimiento de cables; contenedores para transporte; vajillas plásticas; letrinas; bañeras; juguetes; barreras viales; conos de señalización.
Cloruro de polivinilo PVC Suspensión - Rígido		Tuberías y accesorios para sistemas de suministro de agua potable, riego y alcantarillado; ductos, canaletas de drenaje; componentes para la construcción, tales como: perfiles y paneles para revestimientos exteriores, ventanas, puertas y barandas; tejas y tabletas para pisos; partes de electrodomésticos y computadoras; vallas publicitarias, tarjetas bancarias y otros elementos de artes gráficas; envases de alimentos, detergentes y lubricantes; empaques tipo blister.
PVC Suspensión - Flexible		Membranas para impermeabilización de suelos o techos, recubrimientos aislantes para cables conductores; empaques y dispositivos de uso hospitalario (como bolsas para almacenar suero o sangre), mangueras para riego, suelas para calzado, películas para empaque.
PVC-Emulsión		Papel decorativo para recubrimientos interiores de paredes, cueros sintéticos para muebles y calzado, juguetes, recubrimientos en rollo para pisos.
Poliétileno de baja densidad (PEBD, PELBD)		Películas para envolver productos, películas para uso agrícola y de invernadero; láminas adhesivas; botellas y recipientes varios; tuberías de irrigación y mangueras de conducción de agua; bolsas y sacos, tapas, juguetes; revestimientos; contenedores flexibles.
Polipropileno (PP)		Película para empaques flexibles, confitería, bolsa de reempaque, laminaciones, bolsas en general. Cuerda industrial, fibra textil, muebles plásticos, utensilios domésticos, geotextiles, mallas plásticas, carcasas de baterías, vasos desechables, vasos plásticos, empaques para detergentes, tubería, botellas, botellones, juguetería.
Poliestireno (PS) Espumado Expandido		Su principal aplicación es la fabricación de envases y empaques tanto de uso permanente como de un solo uso (desechables). Aplicaciones dirigidas a la industria, como elementos para equipos eléctricos y electrodomésticos; carcasas; gabinetes interiores; contrapuestas de neveras. Aplicaciones en la industria farmacéutica y accesorios médicos. Juguetería y recipientes de cosméticos. Elementos en la industria de la construcción: encofrados; concretos aligerados; difusores de luz; divisiones de baño; cielorrasos; rejillas arquitectónicas. Industria Automotriz: artículos escolares y de oficina. Elementos decorativos para el hogar; publicidad y promocionales.
Otros •Policarbonato (PC) •Acrlonitrilo Butadieno Estireno (ABS) •Estireno Acrlonitrilo (SAN) •Poliamida (PA) •Nylon •Acetatos(POM)		Botellones para agua Discos compactos Carcasas para computadoras y equipos de tecnología Películas Envases para alimentos

Tabla 7: Resinas más utilizadas y ejemplos de aplicaciones



Anexo 4

Clasificación	Ejemplos
Poliiolefinas	Polietileno (PE) Polipropileno (PP) Copolímero de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA)
Vinílicos	Policloruro de vinilo (PVC) Policloruro de vinilo rígido (PVC-R) Policloruro de vinilo flexible (PVC-F)
Estirénicos	Poliestireno (PS) Estireno acrilonitrilo (SAN) Acrilonitrilo- Butadieno- Estireno (ABS)
Acrílicos	Polimetil Metacrilato (PMMA)
Poliamidas	Nylon
Poliester termoplástico	Polietilén Tereftalato (PET) Polibutilén Tereftalato (PBT)
Acetales	Polióxido de metileno (POM)

Tabla 8: Clasificación de termoplásticos y ejemplos