



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA ENVASES DE USO ALIMENTARIO

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor: Ramón Baeza García

Tutor: Juan Enrique Gadea García

Curso: 2014-15

Resumen

Este proyecto consiste en el diseño y fabricación de un molde para inyección de productos de plástico para uso alimentario, siguiendo la tecnología IML " In Mould Labeling". Se diseñará el molde por completo, así como la elección de una máquina inyectora adecuada al proceso.

Para ello realizaremos un modelo digital en 3D utilizando un programa de diseño gráfico, de esta manera podremos modificar en cualquier momento los parámetros del molde si fuese necesario para futuros proyectos.

Para obtener información para el diseño, se realizará una simulación de la inyección del modelo, mediante el programa informático. Esta información, será muy importante a la hora de diseñar el molde y elegir los diferentes componentes que lo forman. También será importante para seleccionar la máquina inyectora.

También se estudiará el material de fabricación del molde, enfocado a las necesidades de la pieza a inyectar y del proceso de inyección en cuestión.

Se estudiará el proceso de elección de la boquilla de canal caliente, ya que se trata de una pieza importante en el proceso de inyección.

Posteriormente se definirá el proceso de fabricación y montaje de las piezas del molde.

Por último se realizará un análisis de costes totales, tanto de diseño del molde como de su fabricación, así como una optimización del proceso productivo con el fin de ahorrar tiempo y costes, para una producción de 100000 piezas.

Resum

This project involves the desing and manufacture of injection mold plastic products for food use, following the IML "In Mould Labeling" technology. the mold and suitable injection machine process will be designed completely.

To do this we will have a 3D digital model using a graphie desing program; we can modify at any time the parameters of the mold if needed for future projects.

For information on the desing, a simulation model of the injection is performed by the computer program. This information will be very important when designing the mold and choosing the different components. It will also be important to select the injection machine.

The mold making material will also be studied, focusing on the needs of the part to be injected and the injection process.

Another important piece in the injection process that will be studied is the selection of the hot runner nozzle.

Following this, the process of manufacturing and assembly of the mold can be defined.

Finally, there will be an analysis of total costs, for both mold desing and manufacture and optimization of the productio of 100000 pieces.

Palabras clave

- Molde de inyección.
- IML “ in mould labeling”
- Máquina inyectora
- Pieza vaso
- Sistema canal caliente
- Polipropileno
- Aleación cobre berilio

ÍNDICE GENERAL

ESTE PROYECTO CONTIENE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS:

DOCUMENTO Nº 1, MEMORIA

DOCUMENTO Nº 2, ANEXOS

ANEXO I - Estudio del proceso de inyección

ANEXO II - Elección del material para la fabricación del molde

ANEXO III - Elección de la máquina inyectora

ANEXO IV - Diseño del molde

ANEXO V - Selección del sistema de canal caliente

DOCUMENTO Nº 3, CÁLCULOS

DOCUMENTO Nº 4, PLANOS

DOCUMENTO Nº 5, PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº 6, PRESUPUESTO

1. MEMORIA.

Índice:

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVO.....	2
3. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA.....	2
4. DISEÑO DE LA PIEZA.....	3
5. DESCRIPCIÓN DE LA ETIQUETA.....	4
6. MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA.....	5
6.1. Polímeros en el ámbito alimentario.....	5
6.2. Moplen HP648T.....	6
7. DESCRIPCIÓN DEL MOLDE.....	7
8. MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DEL MOLDE.....	10
9. PROCESO DE INYECCIÓN.....	10
10. MÁQUINA INYECTORA.....	11
11. BIBLIOGRAFÍA.....	12

1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad existen diversas formas para la fabricación de piezas de plástico, extrusión, soplado, inyección, conformado por vacío, etc. La decisión de elegir un método u otro puede venir dada por varios factores, dimensiones de la pieza, complejidad geométrica, material con el que se desea fabricar o incluso con las propiedades finales de la pieza. Por lo tanto el método de fabricación que se utilizará irá exigido por la pieza.

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

Otro aspecto a tener en cuenta será la necesidad de incluir en el proceso de fabricación de las piezas una etiqueta del mismo material a inyectar, con la finalidad de que las piezas producidas finalmente salgan decoradas.

Esta técnica del proceso de inyección se llama IML, In Mould Labeling. El material, previamente plastificado a la temperatura de transformación, se introduce en el interior del molde, a cierta velocidad y presión, anteriormente se habrá depositado la etiqueta deseada en la cavidad del mismo, finalmente se enfriará tomando la forma del molde y obteniendo la pieza decorada.

A pesar de añadirle una etiqueta, la pieza seguirá siendo reciclable.

2. OBJETIVO.

La finalidad de este proyecto consiste en el diseño de un molde de inyección para la técnica IML, destinado para envases de uso alimentario. Se mostrará el proceso de diseño y las fases para la fabricación del mismo, así como presupuestos de fabricación, selección de materiales, tanto para el molde como para la pieza y procesos de mecanizado.

Durante el diseño del molde se necesitara la ayuda de un programa informático para el modelado y la simulación del llenado de la pieza. El programa empleado será el SolidWorks.

Finalmente se buscará optimizar el rendimiento del proceso para obtener la producción más económica posible.

3. DESCRIPCION DE LA PIEZA.

Partiendo del objetivo de realizar un molde para un envase de uso alimentario, se ha decidido fabricar una pieza en forma de vaso que contendrá productos lácteos, en este caso, yogurt. El vaso tendrá una capacidad a ras de boca de 550 ml, y un volumen útil de 475 ml. Cabe decir que no será necesario la fabricación de una tapa, ya que el producto una vez envasado irá termo-sellado. La pieza no requerirá de altas propiedades mecánicas, ya que su principal función es el de almacenar un producto líquido. Por otro lado, el material con el que se fabrique, si tendrá que tener ciertas propiedades químicas aptas para el contacto con

productos alimentarios. Es de un diseño sencillo en forma de tronco de cono para facilitar su desmoldeo y su posterior almacenaje.

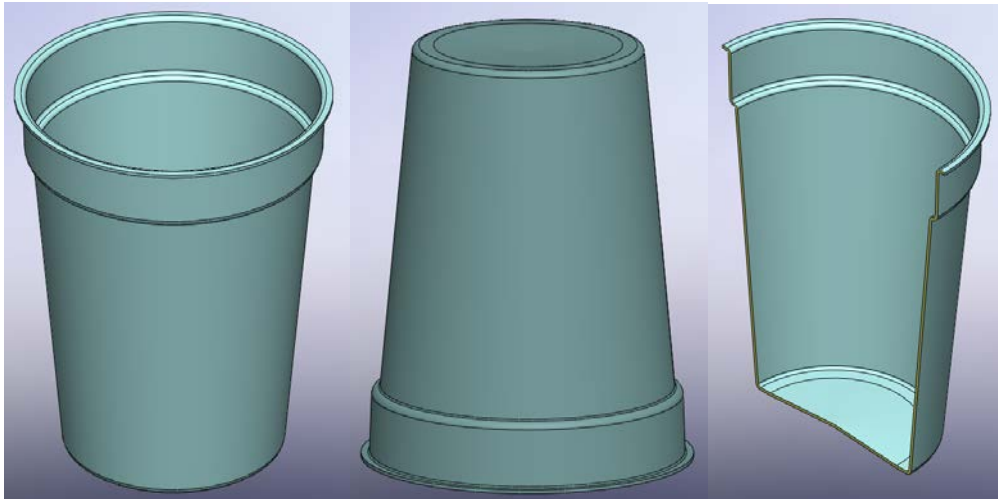
La producción anual demandada de la pieza asciende a 100000 unidades.



4. DISEÑO DE LA PIEZA.

Las dimensiones principales de la pieza son, 95 mm de diámetro superior, 66 mm de diámetro inferior, 120 mm de altura, y 1 mm de espesor, ya que no se necesita una rigidez excesiva en la pieza. Otro aspecto destacado es el reborde superior de 2,5 mm para facilitar su posterior termo-sellado, además de un escalón de 18 mm en la parte superior, el cual aumenta la sección de la pieza para mejorar su apilamiento y manejo. Finalmente cabe decir que las aristas más predominantes de la pieza están redondeadas a radios de 0,5 mm en la parte superior y radio de 2 mm en la inferior.

El diseño 3D de la pieza sería el siguiente:



5. DESCRIPCIÓN DE LA ETIQUETA.

Las etiquetas para la inyección IML son normalmente de polipropileno biorientado o poliestireno. En este caso se utilizarán de polipropileno para su posterior reciclaje. Este material posee buena resistencia térmica y puede ser impreso por flexografía o rotograbado. Otro aspecto por el cual se ha elegido la etiqueta de polipropileno, es por su buena receptividad a la gran mayoría de las tintas y su buena definición, pudiendo abarcar amplias gamas de colores mate, incluso transparentes. También poseen buena propiedades adhesivas y gran compatibilidad con el material a inyectar.

Estas etiquetas además de ser un elemento decorativo, pueden proporcionar propiedades de permeabilidad al oxígeno. Al poseer una capa de EVOH que reduce significativamente la transmisión de oxígeno del exterior al interior del envase, esto permite prolongar la vida del alimento e incluso evitar la necesidad de conservar los alimentos en frío.

La posición de la etiqueta en el envase será la siguiente.

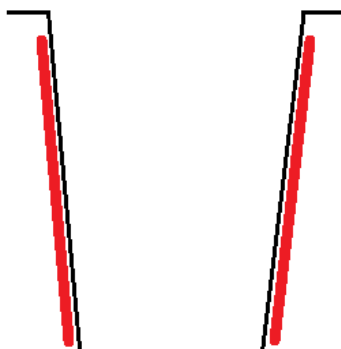






Figura 3. Posición de la etiqueta




6. MATERIAL DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA.

La elección de un material polimérico para la fabricación de piezas viene dada después de analizar diferentes tipos de plástico, ya que el mundo del polímero es muy extenso, pudiendo clasificar estos materiales según su estructura interna, resistencia a la temperatura, fragilidad, dureza, etc. En este caso, este gran rango de materiales se reduce drásticamente, ya que la elección del polímero va destinada para piezas que estarán en contacto con alimentos.

6.1. Polímeros en el ámbito alimentario.

Para el ámbito de la alimentación existen una serie de polímeros recomendados, entre ellos se encuentran el polipropileno, polietileno, poliestireno incluso el PVC. A continuación se muestra una tabla con los diferentes plásticos y sus correspondientes códigos, para su fácil distinción en los productos, además de la posibles sustancias químicas que desprenden en los alimentos.

Código	Composición	Usos habituales	¿Desprende sustancias?
	PVC	Recipientes	Pueden desprender ftalatos y BPA. A evitar.
	PS	Packs de yogures separables.	Liberan estirenos cdo si se calienta a más de 80°C. A evitar.
	Otros		Puede contener BPA y desprenderlo en los líquidos. A evitar.
	PETE (polietileno de tereftalato)	Botellas agua mineral, refrescos ...	Puede desprender sustancias químicas con el uso prolongado. Utilizar una sola vez.

	HDPE (Poliétileno de alta densidad)	Recipientes para leche, bolsas para basura, botellas para detergente o blanqueadores, y botellas para aspirinas.	Seguro
	LDPE (Poliétileno de baja densidad)	Bolsas para vegetales en supermercados, bolsas para pan, envolturas de alimentos y botellas para mostaza exprimibles, film transparente para tapar alimentos.	Seguro
	PP (Polipropileno)	Botellas para champú y recipientes para margarina.	Seguro

Como bien muestra la tabla anterior, los tres polímeros mas seguros para estar en contacto directo con alimentos son el polietileno y el polipropileno, ya que no desprenden sustancias químicas nocivas. Para la pieza a fabricar, nos hemos decantado hacia el polipropileno, por unas simples razones. Primeramente el polietileno tiene un punto de fusión más bajo en comparación con el polipropileno, además el polipropileno es mas rígido y menos elástico que el PE. También es más resistente a los productos químicos y solventes orgánicos, y por otro lado es más ligero que el polietileno al tener menor densidad.

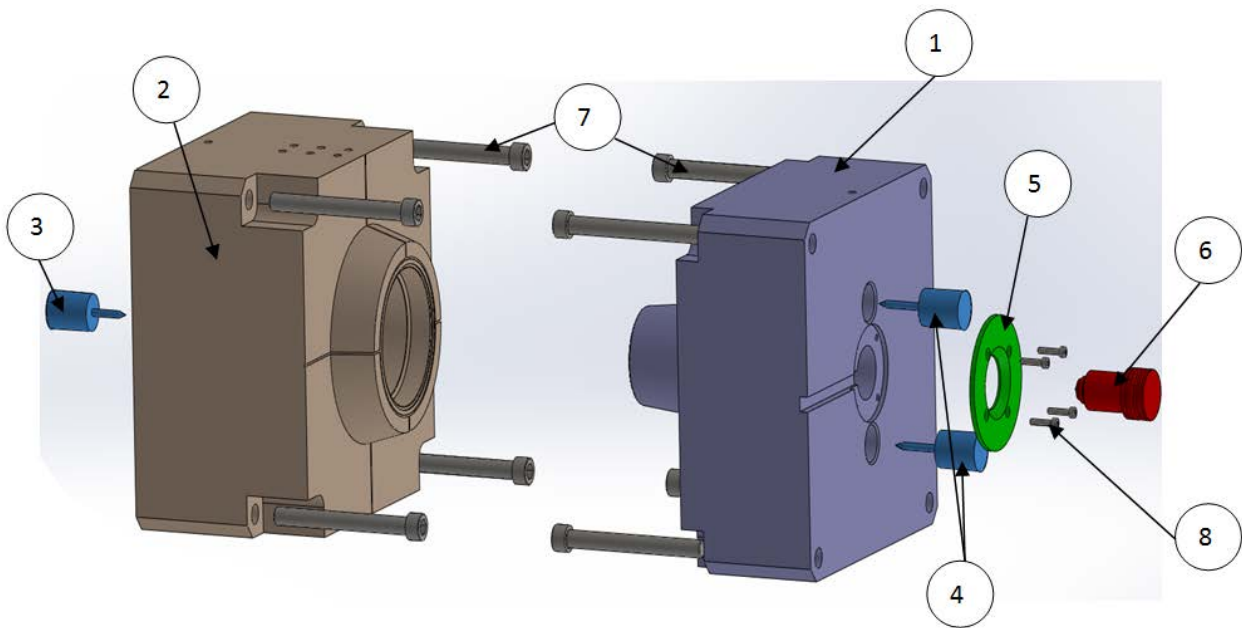
6.2. Moplen HP648T

Dentro de la gama de productos comerciales de polipropileno se encuentra la empresa Basell, la cual ofrece un tipo de polipropileno ideal para la función que deberá cumplir la pieza, el Moplen HP648T. Se trata de un polipropileno homopolímero con muy buena capacidad para fluir, ideal para la inyección, además de ser ideal para el contacto con productos lácteos.

PROPIEDADES Moplen HP648T	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm ³	0,9
Índice de fluidez	g/10 min	53
Modulo de Young	MPa	1600
Tensión de rotura	MPa	35
Resistencia al impacto Charpy (sin entalla)	kJ/m ²	90

Resistencia al impacto Charpy (con entalla)	kJ/m^2	2
Dureza a la hendidura de la bola	MPa	80
Temperatura de deflexión	$^{\circ}\text{C}$	95
Temperatura de reblandecimiento Vicat	$^{\circ}\text{C}$	154
Descripción:	<p>Moplen HP648T es un homopolímero nucleado utilizado para aplicaciones de moldeo por inyección. Tiene una muy buena capacidad de flujo y buena rigidez.</p> <p>Principales aplicaciones, moldeo por inyección de paredes delgadas especialmente en los productos lácteos y otros envases de alimentos.</p> <p>Apto para el contacto con alimentos. No recomendado para aplicaciones médicas y farmacéuticas.</p>	

7. DESCRIPCIÓN DEL MOLDE.

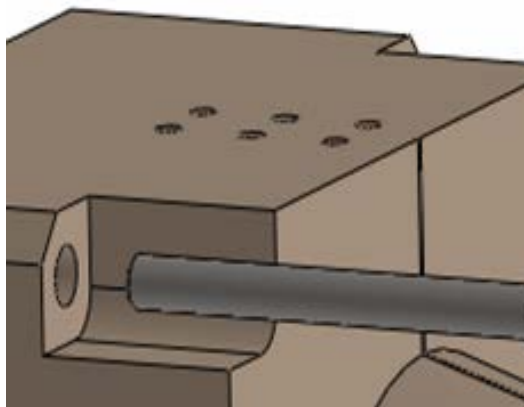


Nº	Definición	Material	Norma/Fabricante	Cantidad
1	Placa fija/Núcleo	Moldmax HH		1
2	Placa móvil/Cavidad	Moldmax HH		1

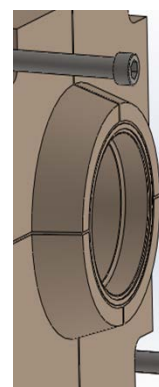
3	Válvula cavidad		Sebastian Fustel	1
4	Válvula expulsora		Sebastian Fustel	2
5	Anillo centrador	1.1730		1
6	Boquilla canal caliente		MHS	1
7	Tornillo Allen M12x120		ISO 4762	8
8	Tornillo Allen M4x20		ISO 4762	4

Como se puede ver el molde completo está formado por ocho piezas.

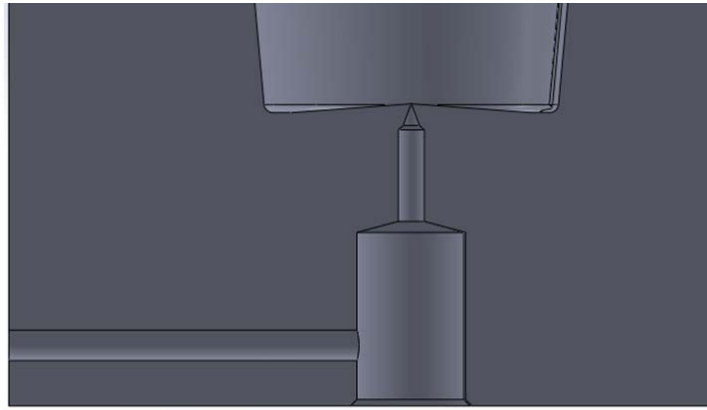
Las dos placas, corresponden a la móvil o cavidad, en la cual están presentes los canales de refrigeración, seis en total, tres de entrada y tres de salida.



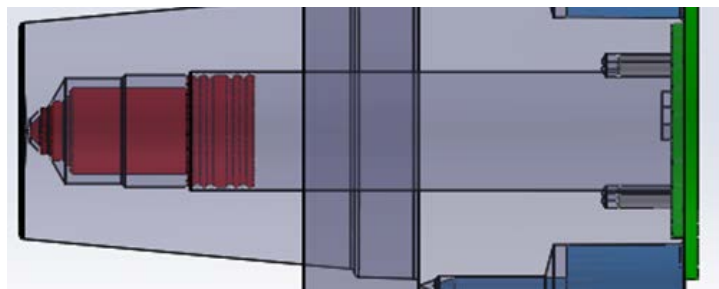
Así como canales para facilitar el escape de aire, a causa de su posible atrapamiento.



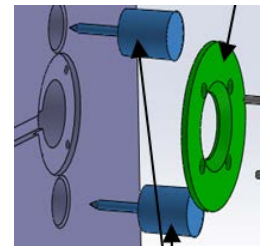
Además la placa cavidad contiene una válvula de aire de aguja, con su correspondiente entrada de aire, la cual será la encargada de que una vez realizada la inyección, la pieza no se quede adherida a la cavidad, ya que la pieza se retirará del propio núcleo.



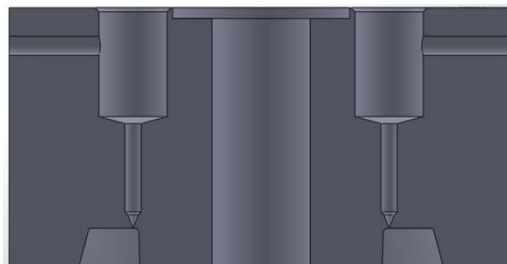
Por otro lado, en la placa fija, se realizará la inyección, mediante la boquilla de canal caliente, para ello se ha mecanizado un canal para su posicionamiento. Para ver más información de la boquilla, consultar el ANEXO V elección de la boquilla.



Para un correcto centrado de la boquilla, se dispone de un anillo centrador en la parte posterior del núcleo.



Finalmente y con el objetivo únicamente de despegar unos pocos milímetros la pieza del núcleo para su correcta extracción mediante un brazo robótico, están las válvulas de aguja.



Únicamente queda mencionar los elementos de unión, en este caso 8 tornillos M12 para la sujeción de las placas a la máquina, y 4 tornillos M4 para la unión del anillo centrador al núcleo.

Para obtener información más detallada, se puede consultar el **ANEXO IV** diseño del molde.

8. MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DEL MOLDE.

Dadas las características de la pieza y las necesidades de inyección, se ha seleccionado como material de construcción del molde una aleación de cobre-berilio, llamada industrialmente MOLDMAX HH. La principal ventaja de este material, es su gran conductividad térmica, ideal para procesos de inyección muy continuos, como es el caso.

Los datos del material son los siguientes:

- Alta conductividad térmica.
- Buena resistencia a la corrosión.
- Buena pulibilidad.
- Buena resistencia al desgaste.
- Buena resistencia a las melladuras.
- Buena mecanibilidad.
- Alta resistencia y dureza.
- Excelente capacidad de soldadura.

Análisis típico %	Be 1,9	Co + Ni 0,25	Cu Rest
Estado de suministro	Alta dureza = 40 HRC (Baja dureza = 30 HRC)		
Código de color	AD: Negro/Oro BD: Rojo/Oro		

Para más información consultar el **ANEXO II** y el pliegue de condiciones.

9. PROCESO DE INYECCIÓN.

Se ha realizado la simulación del proceso de inyección de la pieza en un programa informático. Mediante esta simulación se han obtenido datos importantes para un posterior correcto diseño del molde, así como de la selección de una maquina adecuada para el proceso.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Información del modelo	
Nombre:	<i>Pieza yogurt</i>
Volumen:	<i>33 cm³</i>
Peso:	<i>28.06 g</i>
Tamaño:	<i>X: 95.00 (mm) Y: 120.00 (mm) Z: 95.00 (mm)</i>
Información del material	
Nombre del material:	<i>Polipropileno</i>
Nombre del producto:	<i>Moplen HP648T</i>
Temperatura de fusión:	<i>250 °C</i>
Temperatura del molde:	<i>40 °C</i>
Temperatura de expulsión:	<i>140 °C</i>
Temperatura de transición vítrea:	<i>179 °C</i>
Calor específico:	<i>3010 J/(Kg-K)</i>
Conductividad:	<i>0.16 W/(m-K)</i>
Módulo de Young:	<i>1500 MPa</i>
Índice de Poisson:	<i>0.38</i>
Información del proceso	
Fuerza de cierre:	<i>16.3 Tn</i>
Tiempo de llenado:	<i>1.1 s</i>
Tiempo de enfriamiento:	<i>2.02 s</i>
Presión de inyección:	<i>23.4 MPa</i>
Temperatura al final de la inyección:	<i>250.26 °C</i>
Temperatura promedio al final de la inyección:	<i>223.3 °C</i>
Temperatura de la masa al final de la inyección:	<i>249.89 °C</i>
Temperatura del frente de flujo:	<i>250.15 °C</i>
Temperatura al final del enfriamiento:	<i>116.35 °C</i>
Contenciones de aire:	<i>Si</i>
Confianza de llenado:	<i>100%</i>
Rechupes:	<i>0.0172 mm</i>

Para más información, consultar el **ANEXO I** proceso de inyección.

10. MÁQUINA INYECTORA.

Se ha elegido como fabricante a FERROMATIK MILACRON, y la gama F-Series. Dentro de esta gama, la máquina que más se aproxima a las necesidades de la pieza y de la producción es la "F 50", una máquina de 50 toneladas de cierre. Y bastante versátil, ya que da la opción de poder elegir sus componentes eléctricos o hidráulicos.

Los datos de la máquina son:

Fuerza de cierre	kN	500
Distancia entre barras (H x V)	mm	510 x 510
Apertura del molde	mm	320
Distancia entre platos máx.	mm	745
Dimensiones de instalación mín./máx.	mm	150 / 425
Peso del molde máx.	kg	610
Fuerza de apertura	kN	100
Fuerza de expulsión	kN	40
Velocidad de expulsión	mm/s	600
Carrera de expulsión	mm	150
Ciclo seco	s - mm	0,9 - 259

Tamaño internacional		80
Diámetro de tornillo	mm	25
Presión de inyección máx.	bar	1670
Volumen de inyección máx.	cm ³	49
Gramaje de inyección (PS)	g	45
Carrera del tornillo	mm	100
Saliente de la boquilla	mm	45
Fuerza de retención de la boquilla	kN	47
Ratio de inyección	cm ³ /s	162
Velocidad de inyección	mm/s	330
Relación L/D tornillo	L / D	22
Nº de zonas calefacción	Nº	3 + 1
Capacidad de calefacción total	kW	6

Potencia total	kW	19
Dimensiones máquina (L x W x H)	M	5,1 x 1,7 x 2,3
Peso neto	Kg	5100
Capacidad tanque de aceite	l	150

Para más información consultar el **ANEXO III** elección de la máquina inyectora.

11. BIBLIOGRAFÍA.

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html>

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>

<http://www.goodfellow.com/S/Polipropileno.html>

http://www.tecnovasa.com/hoja_calculo.html

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/8/84/06Temperatura08.pdf>

<http://www.moldhotrunnersolutions.com/es/nozzles.html>

<http://www.plastico.com/temas/Como-seleccionar-una-maquina-inyectora-para-incrementar-la-productividad-primer-parte+3033773?pagina=2>

Moldes para inyección de plásticos – Menges Mohren - 1983

**ANEXO I:
ESTUDIO DEL PROCESO
DE INYECCIÓN**

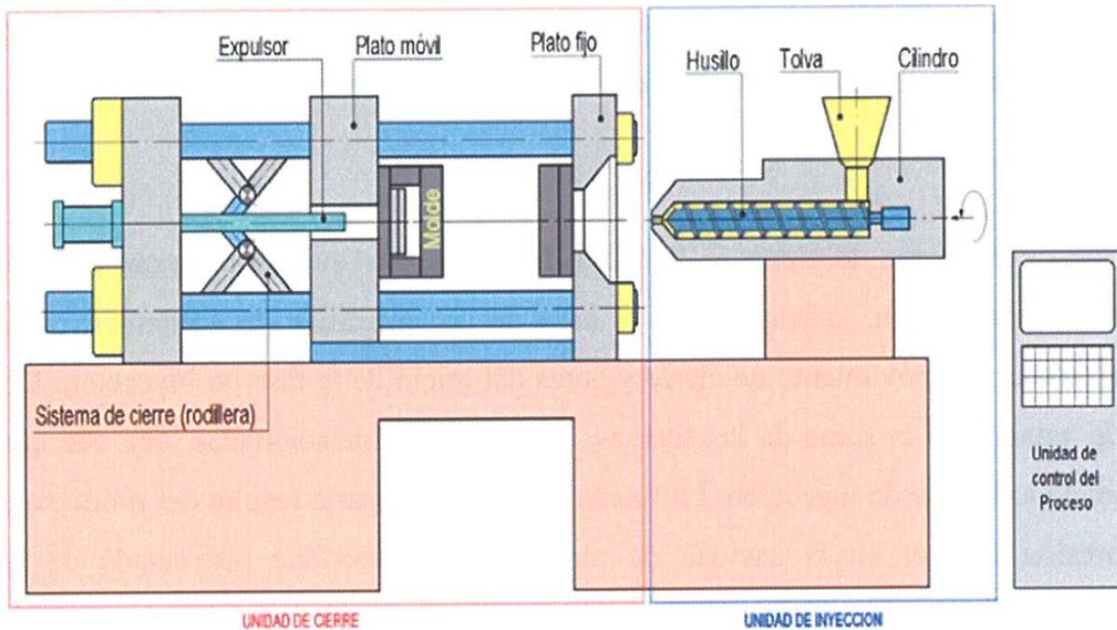
Índice:

1.	PROCESO DE INYECCIÓN.....	3
1.1.	Unidad de cierre.....	3
1.1.1.	Fuerza de cierre.....	4
1.2.	Unidad de inyección.....	4
1.2.1.	Boquilla.....	5
1.2.2.	Husillo.....	5
1.2.3.	Válvulas antiretorno.....	6
1.2.4.	Tolva.....	7
1.2.5.	Motor hidráulico.....	7
1.2.6.	Presión de inyección.....	7
1.2.7.	Velocidad de inyección.....	7
1.3.	Unidad de control.....	8
1.3.1.	Sistema hidráulico.....	8
1.3.2.	Temporizadores.....	8
1.3.3.	Topes de cota.....	8
1.3.4.	Sensor de temperatura.....	9
1.3.5.	Tiempo de enfriamiento.....	9
2.	SIMULACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN.....	10
2.1.	Pieza a inyectar.....	10
2.2.	Parámetros para la simulación.....	11
2.2.1.	Elección del material de inyección.....	12
2.2.2.	Posicionamiento de la boquilla inyectora.....	12
2.3.	Resultados obtenidos.....	13
2.3.1.	Información del modelo.....	13
2.3.2.	Información del material.....	13
2.3.3.	Información del proceso.....	14
2.3.4.	Otros aspectos del proceso.....	16
2.3.5.	Tabla de datos final.....	17
3.	DEFECTOS A CONTROLAR.....	17
3.1.	Líneas de soldadura.....	18
3.2.	Rechupes.....	18
3.3.	Rebaba.....	19

3.4. Marcas hundidas y huecos.....	19
3.5. Defectos en el punto de colada.....	19
3.6. Ráfagas.....	20
3.7. Delaminación de capas.....	21
3.8. Burbujas.....	21
3.9. Falta de llenado del molde.....	22
3.10. Compactación excesiva.....	22
3.11. Deformaciones por expulsión y alabeo.....	23
3.12. Marcas producidas por los expulsores.....	23
3.13. Puntos negros (efecto Diesel).....	23
3.14. Grietas de tensiones.....	24
3.15. Pulido no uniforme.....	25
3.16. Efecto Jetting.....	25
3.17. Otros defectos.....	26

1. PROCESO DE INYECCIÓN.

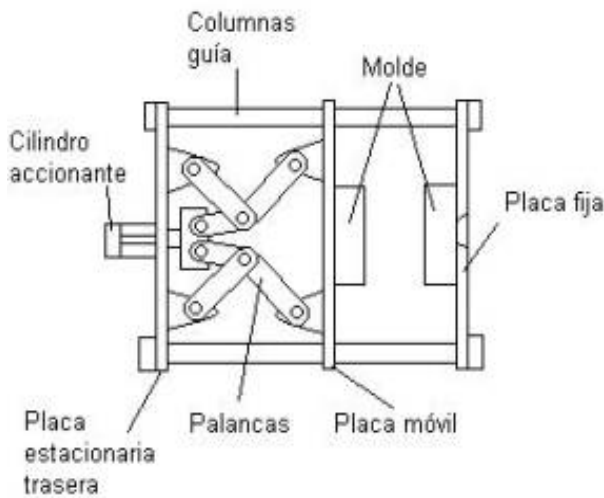
Uno de los procesos más utilizados en la fabricación de piezas de plástico es la inyección, que consiste en la fundición del polímero en una precámara para inmediatamente introducirlo en un molde donde solidificará y se enfriará un tiempo determinado para su posterior extracción. Este proceso lo lleva a cabo una máquina inyectora, la cual se puede dividir en tres partes. La unidad de cierre, la unidad de inyección y la unidad de control.



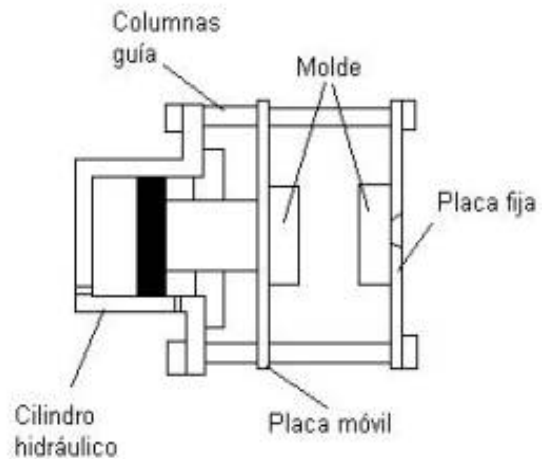
1.1. Unidad de cierre.

Se trata generalmente de una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que la pieza final tenga defectos de rebabas.



Sistema de cierre hidráulico-mecánico con palancas acodadas



Sistema de cierre hidráulico

1.1.1. Fuerza de cierre.

La fuerza de cierre es la suma de las fuerzas que sobrecargan a tracción las columnas, o la bancada, si la maquina carece de ellas, después de haber efectuado el movimiento de cierre y antes del inicio de la inyección.

Es común utilizar el área proyectada de una pieza para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza, además de la presión interior en la cavidad de moldeo.

La fuerza de cierre sigue la fórmula siguiente:

$$F_c = (P_m \cdot S_p) / 100$$

Donde:

F_c = Fuerza de cierre (kN)

P_m = Presión en el interior de la cavidad (bar)

S_p = Superficie proyectada (cm²)

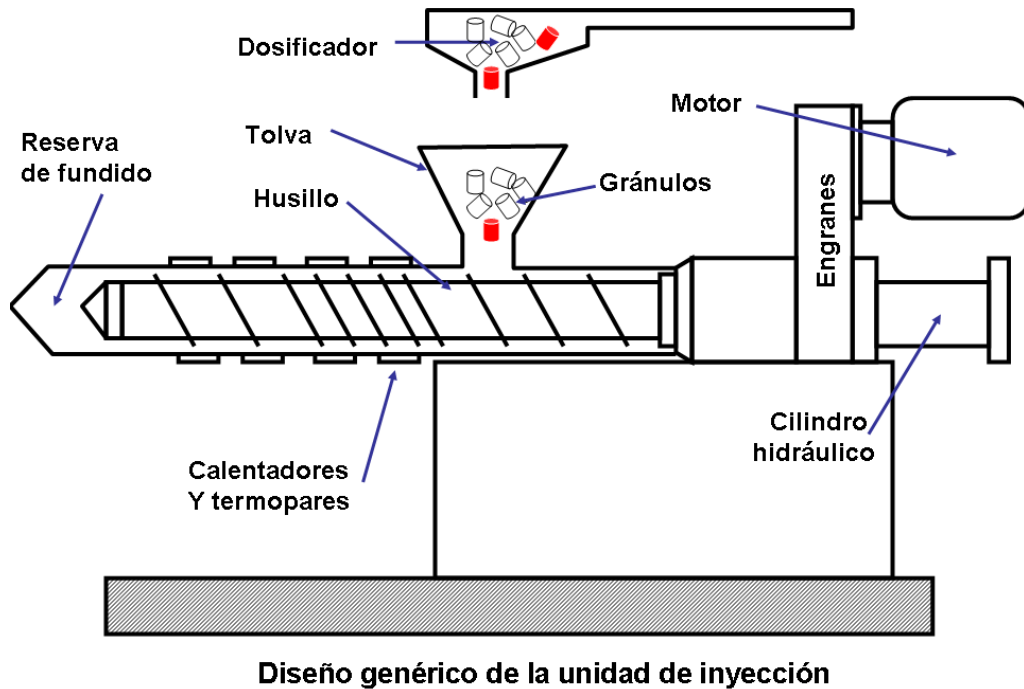
Es recomendable que la fuerza de cierre máxima de la máquina a seleccionar, sea aproximadamente un 20% superior a la necesaria para la inyección de la pieza en cuestión.

1.2. Unidad de inyección.

La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir, que actúan también como émbolos de inyección. El husillo da vueltas en

el interior de un cilindro calentado, en el que se incorpora el material proveniente de una tolva de alimentación.

La unidad de inyección puede, por lo general, desplazarse sobre la base de la máquina. Es usual que tanto cilindros como husillos y boquillas sean intercambiables, para que puedan adaptarse al material a transformar, o al volumen de inyección que exija la pieza.



1.2.1. Boquilla.

En general hay tres tipos de boquillas:

- Boquilla de canales abiertos. Este es el tipo más común de diseño, ya que no se coloca ninguna válvula mecánica entre el barril y el molde. Esto permite la boquilla más corta y no se interrumpe el flujo del polímero fundido.

- Boquillas con interrupción interna. Estas se mantienen cerradas mediante un resorte que puede ser interno o externo. Se abren por la presión de la inyección del plástico.

- Boquillas con interrupción externa. Se operan por medios externos, ya sean pistones hidráulicos o neumáticos.

1.2.2. Husillo.

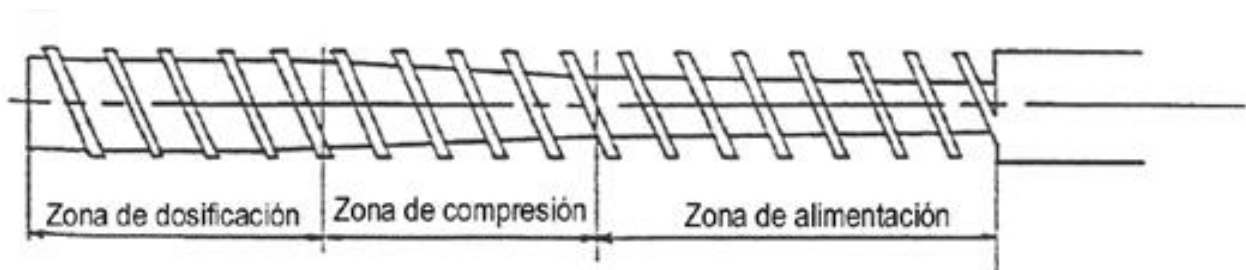
Dentro del barril se encuentra un tornillo de material muy duro, el cual generalmente está pulido y cromado para facilitar el movimiento del material sobre su superficie. El tornillo

se encarga de recibir el plástico, fundirlo, mezclarlo y alimentarlo en la parte delantera hasta que se junta la cantidad suficiente para luego inyectarlo hacia el molde.

Los husillos, por lo general se dividen en 3 zonas y tienen relaciones de longitud/diámetro (L/D) de 20:1. Esto es debido a que husillos con relaciones más pequeñas no proporcionan un fundido homogéneo, y con husillo con relaciones L/D mayores a 24 se tiene una degradación no deseada en muchos plásticos de ingeniería debido a que el material tendrá un tiempo de residencia excesivamente largo.

Las principales funciones de este tipo de unidades de inyección son:

- Moverse para acercar o alejar la boquilla de la unidad de inyección del bebedero del molde.
- Generar la presión requerida entre la boquilla de la unidad de inyección y el bebedero del molde.
- Girar el tornillo durante la etapa de alimentación.
- Mover el tornillo de manera axial durante el proceso de inyección.
- Mantener la presión generada durante la inyección.



1.2.3. Válvulas antiretorno.

La función de esta válvula es esencialmente dejar pasar el material libremente desde el husillo a la cámara de fundido durante el proceso de dosificación y evitar que el material fundido regrese hacia los filetes del husillo durante el proceso de inyección. Van montadas en el extremo izquierdo del husillo.

El correcto funcionamiento de esta válvula es esencial para tener un proceso estable, ya que si tenemos fugas de material de la cámara de dosificación hacia los filetes del husillo tendremos una variación considerable en el volumen inyectado al molde. Es importante establecer revisiones periódicas a estas válvulas así como hacer una adecuada selección de las mismas.



1.2.4. Tolva.

Los gránulos de plástico se vierten en la tolva de alimentación y esta a su vez los alimenta al husillo dentro del barril. Aunque los gránulos pueden introducirse directamente al husillo, usualmente el material se alimenta por gravedad dentro de la zona de alimentación del barril. Estas tolvas son en realidad contenedores de forma cónica truncada, aunque esta geometría depende de cada fabricante de máquina. Pueden clasificarse en tolvas cortas y tolvas largas.

1.2.5. Motor hidráulico.

El motor hidráulico es el encargado de hacer girar el husillo por medio de un sistema de engranajes. La velocidad de giro puede variar activando la válvula que controla la velocidad de paso de fluido hidráulico al motor. Este motor se puede sustituir por un motor eléctrico.

1.2.6. Presión de inyección.

Esta depende de la configuración de la pieza y de la fluidez del material:

$$PL = Kf \cdot Kp \cdot Rf$$

Donde:

PL = Presión de llenado (bar)

Kf = Factor de fluidez (bar/mm)

Kp = Factor grueso de pared

Rf = Recorrido de fluidez (mm)

El factor de fluidez depende de cada material. Para el caso del polipropileno es de 1,6 bar/mm.

1.2.7. Velocidad de inyección.

La velocidad de avance del husillo es la velocidad con la cual el husillo inyecta en el interior del molde la masa plastificada. Para la determinación del tiempo de llenado ideal, deberá iniciarse la inyección ajustada a una baja velocidad, pero con suficiente volumen. Para

poder alcanzar cada una de las velocidades de inyección tiene que ajustarse la presión hidráulica al máximo en la fase de llenado.

1.3. Unidad de control.

La unidad de control es la parte de la máquina que permite, que se realice el proceso de una forma predeterminada y pueda variarse a voluntad del usuario si fuera necesario.

El sistema de control está ligado directamente al sistema de potencia, pues es este último es quien al fin determina las posibilidades de automatización y versatilidad de la máquina.

La función principal de una máquina inyectora es producir piezas dentro de unas especificaciones determinadas, para lo cual se requiere, que aquellas variables que afectan directamente la calidad de la pieza, se mantengan constantes todo el tiempo que sea posible.

En el proceso de inyección de plásticos hay variables de proceso, tales como la temperatura, presión, el tiempo, etc. y hay otras variables externas al proceso a las que podemos llamar perturbaciones tales como la temperatura ambiental, el cableado, el ruido (señales afectadas por la frecuencia del mismo o de otros equipos), la humedad relativa etc.

De manera conjunta con el sistema de control trabajan una serie de sistemas y sensores que informan al centro de control de los parámetros más importantes:

1.3.1. Sistema hidráulico.

El sistema hidráulico es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que de su fiabilidad y precisión depende la calidad final de la pieza y su repetibilidad para la fabricación del lote de producción.

Compuesto por una o varias bombas y un conjunto de válvulas y reguladores de caudal, este sistema gobierna la velocidad y fuerza con que se realizan todos los movimientos de la máquina.

1.3.2. Temporizadores.

Se encargan de controlar el tiempo de duración de una operación de la máquina. Normalmente los temporizadores utilizados son electrónicos controlados por el microprocesador de la máquina.

1.3.3. Topes de cota.

Dispositivo encargado de indicar al centro de control la posición, en todo momento, de cada una de las partes móviles de la máquina.

1.3.4. Sensor de temperatura.

Es muy importante controlar la temperatura del cilindro-pistón y el material durante todo el proceso de inyección. Para ello disponemos de calentadores independientes y sensores que miden la temperatura en distintas partes de la maquina y el molde para trabajar siempre en optimas condiciones para el material plástico y el acero del molde.

La temperatura del molde durante el proceso de inyección es determinante para un acabado de calidad en la pieza y la reducción de tiempos de producción. A continuación vemos una tabla de referencia con las temperaturas de cavidad aconsejables para distintos materiales:

· Acetato de celulosa	40 °C - 60 °C
· Acrílicos	50 °C - 90 °C
· Poliamidas	80 °C - 120 °C
· Policarbonatos	80 °C - 110 °C
· Polietileno B.D.	5 °C - 50 °C
· Polietileno A.D.	5 °C - 60 °C
· Polipropileno	10 °C - 60 °C
· Poliestireno	20 °C - 50 °C
· ABS	50 °C - 80 °C
· Acetatos	70 °C - 100 °C

1.3.5. Tiempo de enfriamiento

Cuando finaliza el tiempo de llenado de la cavidad comienza el tiempo de enfriamiento de la pieza y finaliza con la expulsión de la misma. Sin embargo debemos diferenciar entre este y el tiempo de enfriamiento restante que obtenemos de la diferencia entre el tiempo de enfriamiento físico y el tiempo de pospresión.

Determinar un tiempo de enfriamiento correcto es de suma importancia en la fabricación por inyección de plástico ya que puede llegar a significar el 85% del tiempo de ciclo de moldeo. Debemos garantizar que la pieza pueda ser desmoldada en el mínimo tiempo posible sin riesgo de deformaciones.

Un tiempo demasiado corto aumenta la contracción, las deformaciones por la expulsión en un pieza que no es lo suficientemente rígida aun o incluso en piezas de paredes gruesas puede darse la situación de una nueva fusión del material debido a que la temperatura en el interior de la pieza es aún muy elevada.

Para calcular el tiempo de enfriamiento conveniente de manera simple aunque aproximada, para un espesor de pared entre 1 y 4 mm, podemos utilizar esta ecuación:

$$TF = \frac{-e_{m\acute{a}x}^2}{2 \cdot \pi \cdot \alpha_n} \cdot \ln \left[\frac{\pi(T_{exp} - T_{mold})}{4(T_{mat} - T_{mold})} \right]$$

Donde:

TF = tiempo de enfriamiento (s)

$e_{m\acute{a}x}$ = espesor máximo de la pieza (cm)

α_n = difusividad térmica del material (cm²/C)

T_{exp} = temperatura de expulson de la pieza (C)

T_{mold} = temperatura del molde (C)

T_{mat} = temperatura del material (C)

Como se interpreta por la ecuación, el tiempo de enfriamiento se incrementa con el cuadrado del espesor de la pieza. Para un espesor determinado, una temperatura de molde baja y una temperatura de extracción elevada, se reduce considerablemente el tiempo de enfriamiento.

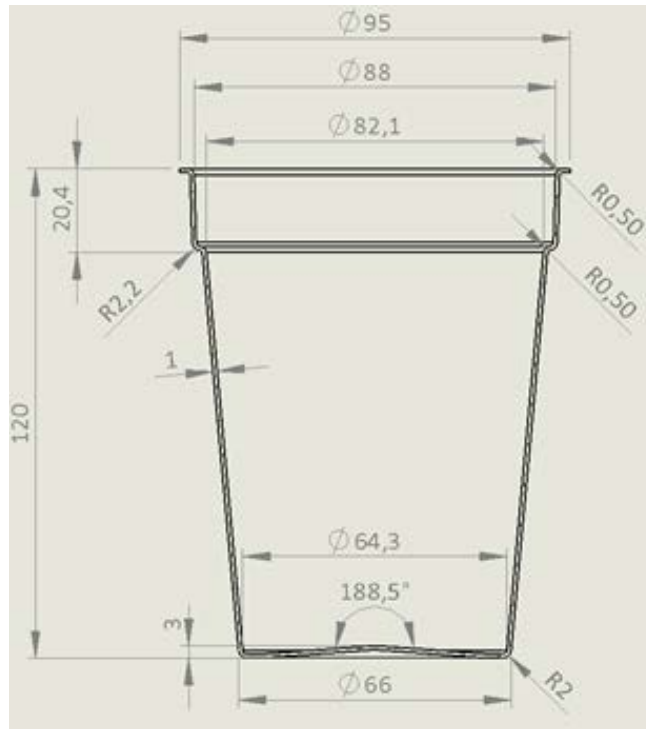
2. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN

Para realizar la simulación de la inyección de la pieza, se va a emplear un asistente para simulación de plásticos, del programa SolidWorks, llamado SolidWorks PLASTICS.

Mediante los datos obtenidos del programa, se podrá pasar a la elección de una maquina inyectora adecuada para el proceso. Así como a un correcto diseño del molde y todos sus componentes.

2.1. Pieza a inyectar.

La pieza a inyectar tendrá las siguientes medidas, todas ellas en "mm":



Una vista en 3D de la pieza:

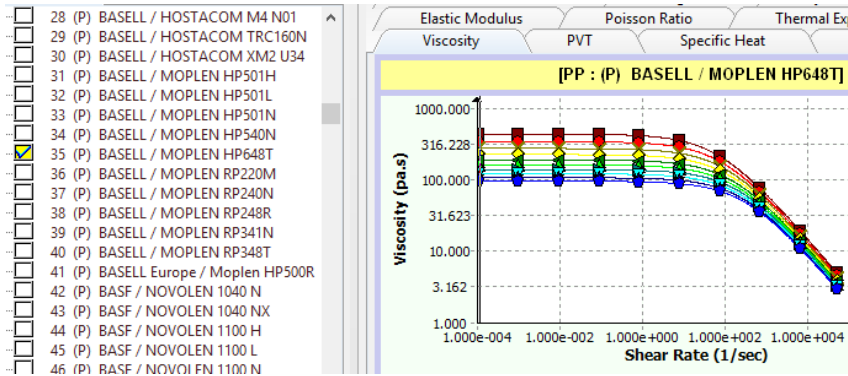


2.2. Parámetros para la simulación.

Para este proceso se requerirán de varios datos para introducir al programa. Uno de ellos es el material que se va a inyectar, y otro, la colocación de la boquilla de inyección, así como su diámetro.

2.2.1. Elección del material de inyección.

Como se comentó anteriormente se trata del PP Moplen HP648T.



2.2.2. Posicionamiento de la boquilla inyectora.

La posición más correcta para el posicionamiento de la boquilla inyectora es en la parte posterior del vaso, como muestra la figura izquierda, ya que se trata de un cuerpo en revolución y ese sería su eje central.

Como la técnica que se usa para la inyección es IML, se necesita posicionar la boquilla en la parte interior de la pieza, respetando el eje de revolución de la pieza. Esto es debido a que la etiqueta en la pieza quede en la parte exterior para un mejor acabado, ya que el mismo flujo la empujaría hacia el exterior. Si se usara la primera opción, la etiqueta quedaría en la parte interior.



Este es un aspecto importante para el posterior diseño del molde, ya que la boquilla tendrá que estar situada en el macho del molde y no en la hembra como en la mayoría de moldes destinados a fabricar piezas de geometrías similares.

2.3. Resultados obtenidos.

Una vez insertados los datos anteriormente nombrados, el programa ya está preparado para realizar la simulación de la inyección. El programa dispone de una maquina predeterminada, con valores base, para la posterior elección de una adecuada.

Al tratarse de una pieza individual y de geometría muy simple, el proceso de simulación es bastante rápido. Obteniendo los siguientes resultados.

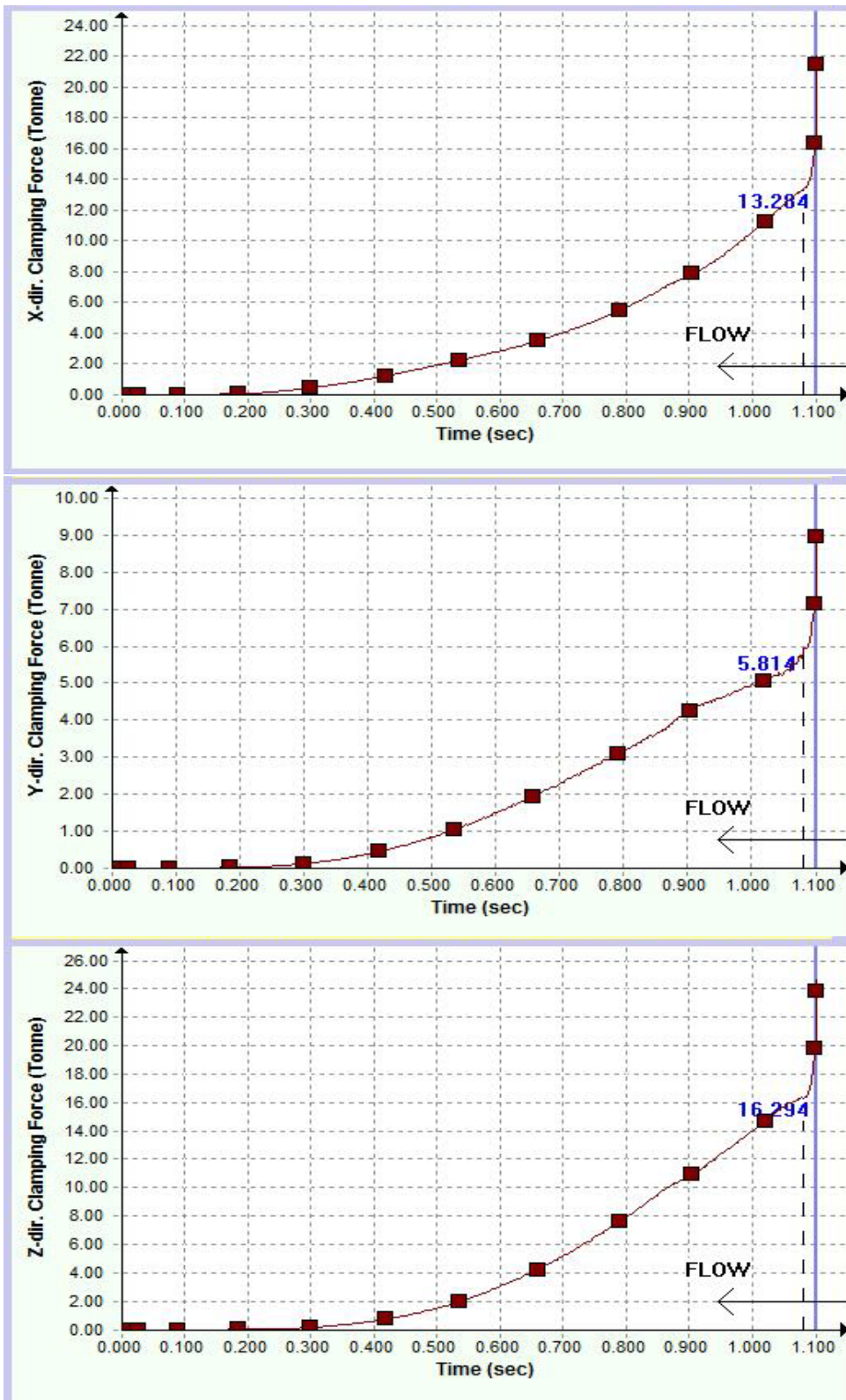
2.3.1. Información del modelo.

Nombre:	<i>Pieza yogurt</i>
Volumen:	<i>33 (cm³)</i>
Peso:	<i>28.06 (g)</i>
Tamaño:	<i>X: 95.00 (mm), Y: 120.00 (mm), Z: 95.00 (mm)</i>

2.3.2. Información del material.

Nombre del material:	<i>Polipropileno</i>
Nombre del producto:	<i>Moplen HP648T</i>
Temperatura de fusión:	<i>250 °C</i>
Temperatura del molde:	<i>40 °C</i>
Temperatura de expulsión:	<i>140 °C</i>
Temperatura de transición vítrea:	<i>179 °C</i>
Calor específico:	<i>3010 J/(Kg-K)</i>
Conductividad:	<i>0.16 W/(m-K)</i>
Módulo de Young:	<i>1500 MPa</i>
Índice de Poisson:	<i>0.38</i>

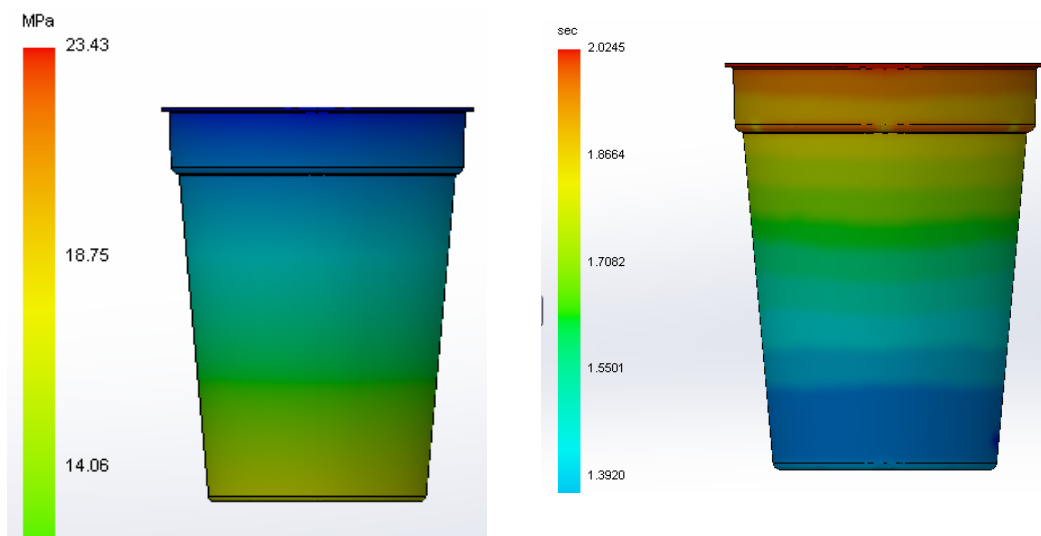
2.3.3. Información del proceso.



Estas tres graficas nos muestran la fuerza de cierre que aplica la maquina en todo momento de la inyección, en los tres ejes de coordenadas. Este es un dato muy importante para la posterior elección de la máquina, ya que como se puede ver, se necesita una fuerza de cierre mínima de **16,294 Toneladas**.

También se puede ver en las gráficas, el tiempo aproximado de inyección, **1,1 s**. Este valor será en principio orientativo, ya que una vez seleccionada la máquina correcta, se realizará otra simulación, pero esta vez con los valores reales de la inyectora.

Otro dato a tener en cuenta en la selección de la máquina es la presión de inyección, en esta simulación se observa una presión de inyección de **23,43 MPa**. Además del tiempo de enfriamiento de la pieza, **2.045 s**.

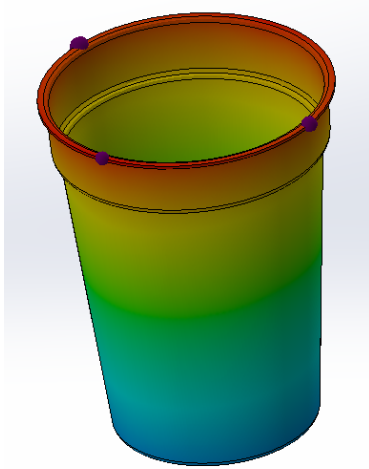


A continuación se muestra la tabla de temperaturas de proceso. Como ya se ha dicho anteriormente, estos datos son orientativos, se utilizarán como herramienta para seleccionar una inyectora adecuada para la pieza.

TABLA DE TEMPERATURAS DE PROCESO	
Temperatura al final de la inyección	250.26 °C
Temperatura promedio al final de la inyección	223.3 °C
Temperatura de la masa al final de la inyección	249.89 °C
Temperatura del frente de flujo	250.15 °C
Temperatura al final del enfriamiento	116.35 °C

2.3.4. Otros aspectos del proceso.

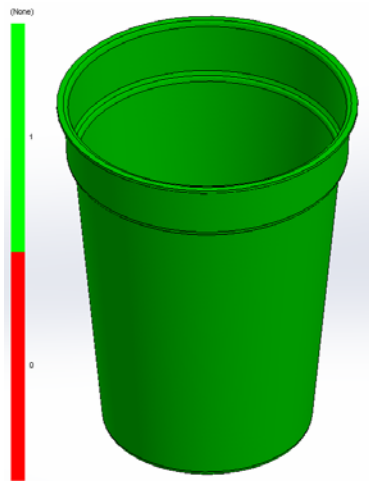
2.3.4.1. Contenciones de aire.



Se observan tres posibles atrapamientos de aire en la parte superior de la pieza, efecto habitual en piezas de pared delgada como en este caso.

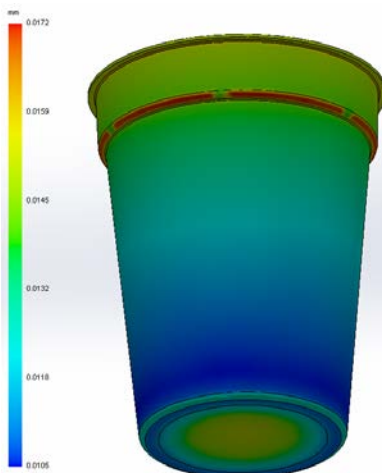
Para ello el molde tendrá un diseño con unos canales especiales para la expulsión del posible aire atrapado, sin que el material plástico fundido pueda escapar de la cavidad.

2.3.4.2. Confianza de llenado.



Tras realizar el análisis de llenado, el programa nos confirma que la confianza de llenado es del **100%** por lo que todas las zonas de la pieza recibirán el material correctamente. Esto es debido a una presión adecuada.

2.3.4.3. Rechupes.



El programa muestra las zonas más afectadas por este fenómeno, como se observa, la parte más afectada es el cuello del vaso. El valor obtenido en la zona crítica es de **0.0172 mm**, valor muy pequeño que le restará importancia a este problema.

2.3.5. Tabla de datos final.

Información del modelo	
Nombre:	<i>Pieza yogurt</i>
Volumen:	<i>33 cm³</i>
Peso:	<i>28.06 g</i>
Tamaño:	<i>X: 95.00 (mm) Y: 120.00 (mm) Z: 95.00 (mm)</i>
Información del material	
Nombre del material:	<i>Polipropileno</i>
Nombre del producto:	<i>Moplen HP648T</i>
Temperatura de fusión:	<i>250 °C</i>
Temperatura del molde:	<i>40 °C</i>
Temperatura de expulsión:	<i>140 °C</i>
Temperatura de transición vítrea:	<i>179 °C</i>
Calor específico:	<i>3010 J/(Kg-K)</i>
Conductividad:	<i>0.16 W/(m-K)</i>
Módulo de Young:	<i>1500 MPa</i>
Índice de Poisson:	<i>0.38</i>
Información del proceso	
Fuerza de cierre:	<i>16.3 Tn</i>
Tiempo de llenado:	<i>1.1 s</i>
Tiempo de enfriamiento:	<i>2.02 s</i>
Presión de inyección:	<i>23.4 MPa</i>
Temperatura al final de la inyección:	<i>250.26 °C</i>
Temperatura promedio al final de la inyección:	<i>223.3 °C</i>
Temperatura de la masa al final de la inyección:	<i>249.89 °C</i>
Temperatura del frente de flujo:	<i>250.15 °C</i>
Temperatura al final del enfriamiento:	<i>116.35 °C</i>
Contenciones de aire:	<i>Si</i>
Confianza de llenado:	<i>100%</i>
Rechupes:	<i>0.0172 mm</i>

Con los datos de esta tabla, se puede pasar a un correcto diseño del molde, así como de la elección de una máquina inyectora ideal para el proceso.

3. DEFECTOS A CONTROLAR.

A continuación se van a analizar los posibles defectos que puedan aparecer en la pieza tras la solidificación del material. Estos defectos pueden hacer que las piezas sean defectuosas y a consecuencia de eso sean rechazadas, ya que no cumplirían las especificaciones para las que ha sido diseñada, acarreando una importante pérdida económica.

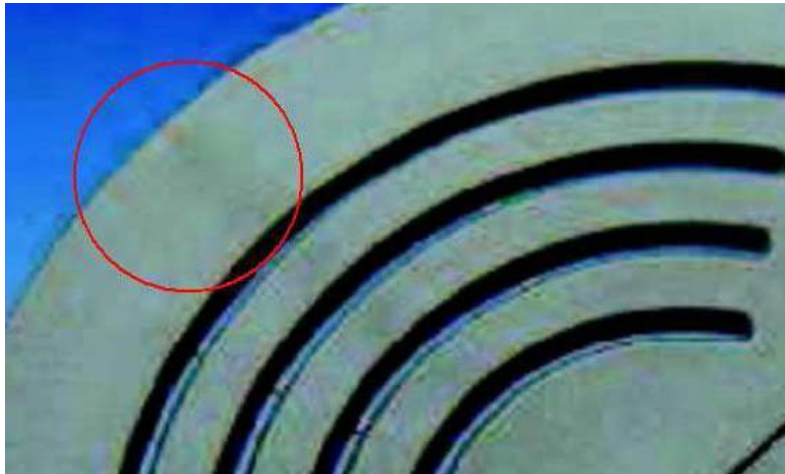
Por lo tanto es importante conocer el origen de dichos defectos. Se realizarán análisis para conocer y localizar su causa. Una vez identificado el problema, se pasará a su eliminación o minimización introduciendo las medidas oportunas.

3.1. Líneas de soldadura.

Pueden hacer que la zona obtenga propiedades mecánicas inferiores a las del resto de la pieza.

CAUSA: las líneas de soldadura ocurren cuando en el llenado del molde diferentes frentes de plástico se encuentran en direcciones opuestas y forman bordes o límites.

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

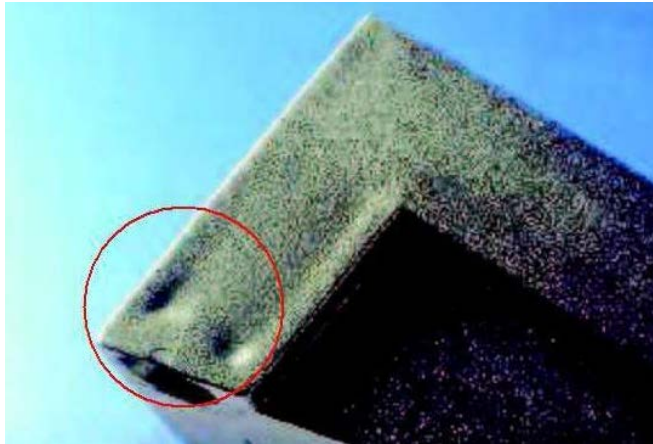


3.2. Rechupes.

Los rechupes pueden crear hundimientos y falta de material en diferentes zonas de la pieza.

CAUSA: si no se añade material a la cavidad del molde mientras el plástico se contrae, y si las capas todavía no están suficientemente fuertes debido a una falta de refrigeración, se forman hendiduras entre la pared de la cavidad y la corteza de la pieza. Los rechupes también se forman incluso después de que la pieza es extraída del molde. Si la pieza ha sido inyectada demasiado deprisa el núcleo todavía se encuentra en estado líquido, el calor contenido en este núcleo debe ser todavía extraído y esto crea un estado tensional que se traduce en contracciones en la parte exterior de la pieza.

SOLUCIÓN: en el diseño del propio molde evitar diferencias de espesor de las paredes, tomar especial atención a la relación grosor-diseño de los nervios. Asegurar una adecuada refrigeración del molde. El conducto de colada debe ser situado en la pared más gruesa y tener una superficie grande.



3.3. Rebaba.

Esto ocurre cuando la fusión de polímero se mete en la superficie de separación entre las partes del molde, también puede ocurrir alrededor de los pernos de eyección.

CAUSA: presión de inyección demasiado alta comparadas con la fuerza de sujeción, además de una temperatura de fusión demasiado alta y un tamaño excesivo de la carga.

SOLUCIÓN: la dosificación de menos material en la inyección. No excederse con tiempos de inyección elevados y realizar un control adecuado de presión y temperatura, así como de la fuerza de cierre necesaria.

3.4. Marcas hundidas y huecos.

Hundimientos y orificios en secciones gruesas de la pieza.

CAUSA: una marca hundida ocurre cuando la superficie exterior del molde solidifica, pero la contracción del material interno causa que la costra se deprima por debajo de la superficie nominal. Un hueco es causa por el mismo fenómeno básico, sin embargo, el material retiene su forma y la contracción se manifiesta como un hueco interno debido al alto esfuerzo a la tensión en el polímero aún fundido.

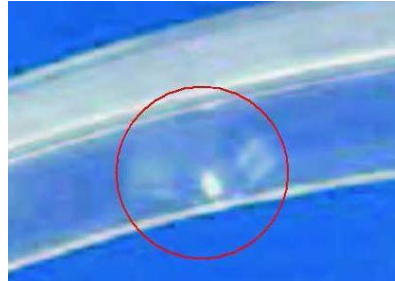
SOLUCIÓN: una mejor solución es diseñar la zona para tener secciones con espesor uniforme y usando secciones más delgadas.

3.5. Defectos en el punto de colada.

Se crean marcas de color mate en la zona del punto de colada.

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

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



3.6. Ráfagas.

Las ráfagas tienen un aspecto similar a las estrías, y aparecen detrás de las secciones estrechas (puntos de cizalla) o cantos vivos del molde.

TIPOS:

- Ráfagas por quemaduras: son debidas a la degradación térmica de la masa. El resultado puede ser una disminución de la longitud de la cadena molecular (decoloración plateada) o un cambio de la macromolécula (decoloración amarronada).

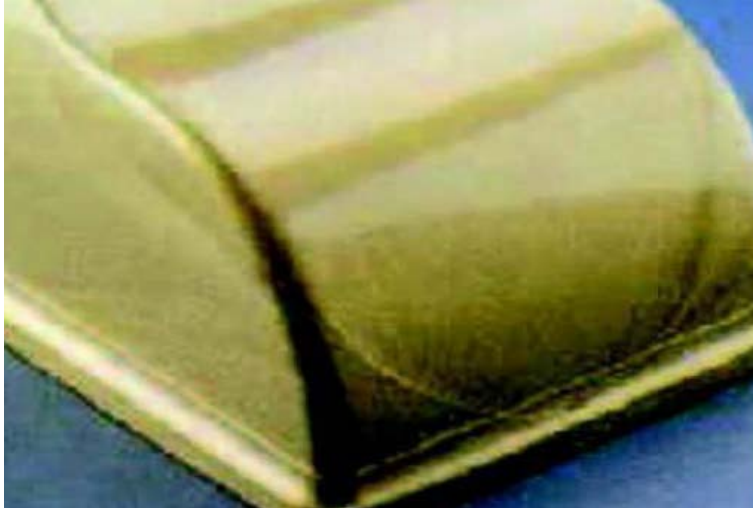
- Las ráfagas por humedad: aparecen en la superficie de la pieza moldeada en forma de colas de cometa. La superficie que rodea las ráfagas plateadas es, a menudo, porosa y rugosa. Las ráfagas por humedad debidas a la humedad en la superficie del molde, aparecen como zonas largas, deslustradas y laminadas.

- Ráfagas por aire: en la mayoría de los casos, las ráfagas de aire aparecen como ráfagas mates, plateadas o blancas que se hallan cerca de la última zona de llenado, nervios y variación de grosor de las paredes. Pueden aparecer ráfagas de forma laminar partiendo de la entrada y también de las depresiones o grabados.

- Ráfagas de color: estas son debidas a una distribución desigual de los componentes o a distintas orientaciones de los pigmentos en el flujo del fundido. La degradación térmica y las fuertes deformaciones pueden también dar origen a cambios o diferencias de color.

CAUSA: la temperatura de la masa está cerca del límite superior del proceso, una elevada velocidad de avance del husillo, largo tiempo de permanencia en la unidad de plastificación o en la parte delantera del husillo, alto contenido de material reciclado.

SOLUCIÓN: disminuyendo la temperatura de la masa disminuye el defecto, disminuyendo la velocidad de avance del husillo se obtiene una reducción del defecto, la reducción de la temperatura de masa actúa positivamente contra el defecto.



3.7. Delaminación de capas.

El fenómeno de delaminación suele ocurrir después de un cierto tiempo de utilización de la pieza. Por esta razón, una vez realizada la pieza debe analizarse microscópicamente su estructura interna.

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

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



3.8. Burbujas.

Aparición de burbujas de aire en la superficie y en el interior de la pieza.

SOLUCIÓN: controlar diferentes parámetros de inyección. Temperatura de fusión, temperatura de la pared de la cavidad, velocidad de avance del tornillo y presión de mantenimiento.

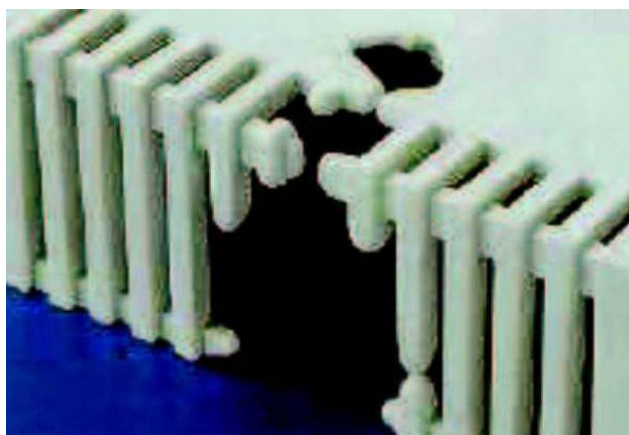


3.9. Falta de llenado del molde.

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

CAUSA: una cantidad insuficiente de carga de material en el plastificador, temperatura de fusión es demasiado baja, una temperatura insuficiente del molde combinada con una velocidad de inyección excesivamente lenta, presión de inyección demasiado baja, unas salidas de aire del molde deficientes, conducto de colada o recorrido demasiado estrechos, temperatura de la boquilla demasiado baja.

SOLUCIÓN: inyectar más material, seleccionar una máquina suficientemente potente, controlar la temperatura de la boquilla, incrementar la velocidad de inyección y modificar el tamaño y la geometría de los canales del molde si fuera necesario.



3.10. Compactación excesiva.

Formación de ralladuras e incorrecta extracción de la pieza.

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

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

3.11. Deformaciones por expulsión y alabeo.

Este problema puede provocar roturas y deformaciones en la pieza.

CAUSA: fuerza y movimiento de desmoldeo incorrectos.

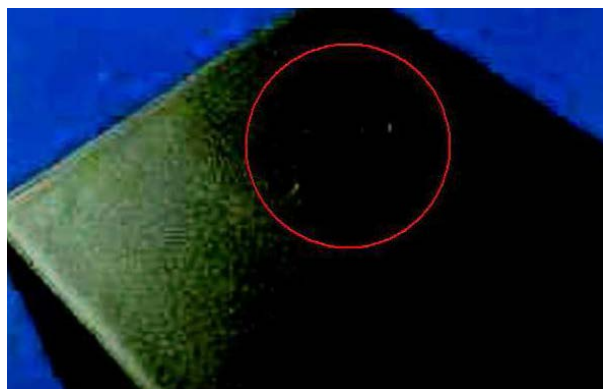
SOLUCIÓN: cambiando parámetros de proceso para mejorar el desmoldeo, seleccionar expulsores con sección adecuada.

3.12. Marcas producidas por los expulsores.

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

CAUSA: desmolde prematuro, fuerzas muy fuertes de desmolde debidas a un mal ajuste de la máquina, colocación incorrecta o dimensión inadecuada del expulsor, mal diseño y dimensionado del molde, de la pieza, grandes diferencias de temperatura entre el expulsor y la pared del molde.

SOLUCIÓN: incrementar el tiempo de enfriamiento, disminuir la temperatura de fundido y la rapidez de eyección, variar la posición de las barras expulsoras.



3.13. Puntos negros (efecto Diesel).

Se aprecian unas manchas negras (quemaduras) en la superficie de la pieza moldeada. Puede darse cerca de agujeros ciegos, encajes, final de recorrido, y cerca de puntos donde convergen varios frentes de flujo.

CAUSA: el efecto diesel es puramente un problema de ventilado o salida de aire. Ocurre cuando el aire no puede escapar o no se desplaza suficientemente rápido hacia las comisuras, canales de ventilación o expulsos hacia el final del proceso de inyectado, el aire queda comprimido y sube de temperatura. El resultado son temperaturas muy altas que pueden llegar a la auto ignición del plástico y ser la causa de quemaduras en el material.

SOLUCIÓN: disminuir la velocidad de inyección, aumentar número de canales de ventilación, mantener limpios los canales y emplear materias primas adecuadas.



3.14. Grietas de tensiones.

Las áreas expuestas a la tensión se vuelven de color blanco. Las roturas por tensión suelen tener la dirección del desmolde y muchas veces, las roturas por tensión aparecen varios días o semanas después de la inyección.

CAUSA: la coloración blanca por tensión está causada por tensiones tanto internas como externas. Se producen a causa de la tensión tienen lugar cuando se sobrepasa la deformación máxima tolerada

SOLUCIÓN: respetar las condiciones de llenado.

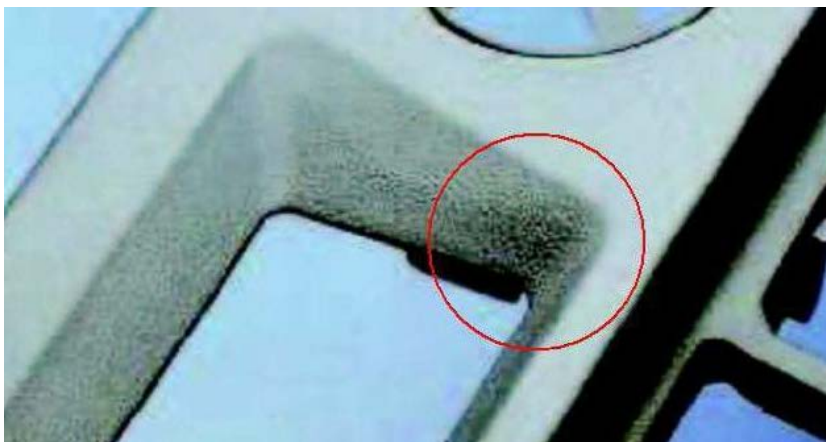


3.15. Pulido no uniforme.

Si atendemos a la calidad del brillo para evaluar una pieza, podemos encontrarnos con dos defectos, que toda la pieza sea demasiado brillante, (o demasiado poco brillante) y que existan diferencias de brillo en la superficie de la pieza.

CAUSA: Las diferencias de brillo aparecen a menudo por las variaciones de espesor de las paredes en la zona visible de las piezas. Las diferencias de brillo son el resultado de los distintos comportamientos de proyección del plástico sobre las paredes del molde, a causa de las diferentes condiciones de enfriamiento y diferencias de contracción. La deformación de las zonas ya enfriadas puede ser otra causa de diferencias del brillo.

SOLUCIÓN: Para ello, debe proyectarse un molde de paredes pulidas al máximo posible, y no un molde de paredes texturizadas o satinadas.



3.16. Efecto Jetting.

El efecto Jetting es la formación de un cordón de plástico fundido que entra en la cavidad del molde desde el conducto de colada, en un movimiento incontrolado. El cordón fundido hace un mínimo contacto con la pared de la cavidad, extendiéndose en pliegues durante la fase de llenado que después son rodeados por el plástico fundido que entra a continuación. Este fenómeno crea una falta de homogeneidad, deformaciones, tensiones locales internas, etc.

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

SOLUCIÓN: Las medidas para prevenir este fenómeno dependen de las causas específicas de este efecto. Cuando un material fundido de alta viscosidad entra en el espacio vacío de la cavidad, la fuerza de cohesión de materia crea una gran resistencia al extenderse. Esta fuerza cohesiva interna puede ser reducida con un incremento de la temperatura.

También una reducción del esfuerzo de cizalladura sería de gran ayuda, reduciendo por ejemplo, la velocidad. Otra medida es diseñar la dirección de inyección de forma que la resistencia del flujo es generada directamente detrás del conducto de colada. La velocidad inicial de inyección de la fase de llenado debe ser lenta hasta que la capa de material fundido ha sido formada. Después se pueden utilizar las ventajas de a alta velocidad de inyección.



3.17. Otros defectos.

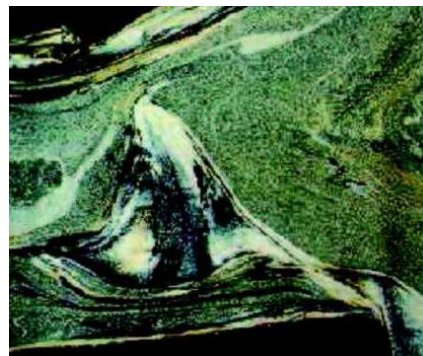
Estrías: las estrías son causadas generalmente por quemaduras y humedad. Son visibles en la superficie por su color plateado.

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

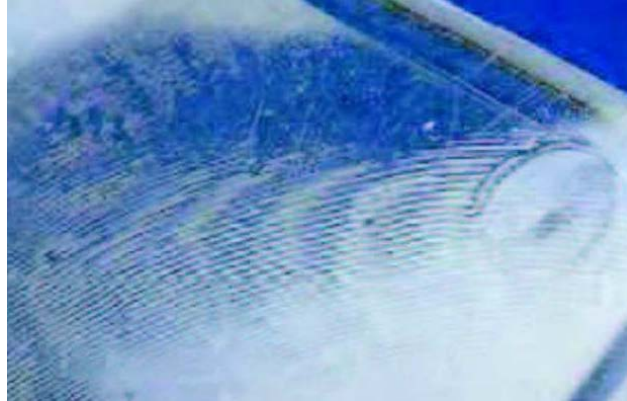
Material frío: el fluido que sale por la boquilla (también en colada caliente) y que va a parar al interior de molde, puede originar marcas parecidas a las ráfagas. Estas pueden aparecer cerca de la entrada o bien esparcirse por toda la pieza.

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

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



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



**ANEXO II:
ELECCIÓN DEL
MATERIAL PARA LA
FABRICACIÓN DEL
MOLDE**

1.	MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES.	2
1.1.	Aceros.....	2
1.1.1.	Aceros de cementación.....	2
1.1.2.	Aceros bonificados.....	3
1.1.3.	Aceros de temple total.....	3
1.1.4.	Aceros nitrurados.....	4
1.1.5.	Aceros de segunda fusión.....	4
1.2.	Aleaciones de cobre.....	4
1.2.1.	Cobre-berilio-cobalto.....	5
1.2.2.	Cobre-cinc (latón).....	5
1.2.3.	Cobre-estaño (bronce, latón rojo).....	5
1.3.	Aleaciones de aluminio.....	5
2.	PROPIEDADES A TENER EN CUENTA.....	6
2.1.	Resistencia al desgaste.....	6
2.2.	Resistencia a la compresión.....	6
2.3.	Resistencia a la corrosión.....	6
2.4.	Conductividad térmica.....	7
2.5.	Tenacidad.....	7
3.	ELECCIÓN DEL MATERIAL.....	7
3.1.	MOLDMAX.....	8
3.1.1.	Información general.....	8
3.1.2.	Propiedades físicas.....	9
3.1.3.	Tratamiento térmico y superficial.....	10
3.2.	Acero 1.1730.....	10
3.2.1.	Información general.....	10
3.2.3.	Tratamiento térmico.....	11

1. MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES.

Para el proceso de inyección, son indispensables moldes de gran calidad con una elaboración muy precisa, y que sean muy resistentes para que tengan una vida útil larga. Estos moldes se fabrican actualmente en aceros, metales no férricos como el aluminio, materiales de colada no metálica, obtenidos galvánicamente u otros a base de materiales cerámicos.

El tipo de molde con el que se pretende fabricar una pieza depende de varios factores como son:

- Las exigencias que se le piden a la pieza.
- Los costes de fabricación del molde.
- El tiempo de ciclo.
- El número de piezas que se quiere fabricar con el molde. (Vida útil).

Escoger el mejor material que se adapte a las necesidades del molde, asegura la calidad final del molde desde la etapa inicial. Es importante que las diferentes partes que intervienen en el proceso productivo de un molde tengan en cuenta la opinión de los aceristas y de los talleres especializados en tratamientos térmicos y termoquímicos desde la fase de desarrollo.

Se comprende que un material no puede presentar todas las propiedades que se necesitan. Por lo tanto, antes de fabricar el molde, es preciso exponer y debatir las propiedades indispensables impuestas por su aplicabilidad. Estas pueden estimarse según los cuatro puntos de vista siguientes:

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

1.1. Aceros.

A continuación se definen los 5 grupos de acero que se pueden utilizar para la fabricación del molde.

1.1.1. Aceros de cementación.

Los aceros de cementación tienen unas características óptimas para la construcción de moldes. Su principal ventaja es que por carburación de la superficie se obtiene una gran dureza superficial, y además, un núcleo resistente y tenaz. La elevada dureza superficial hace que los moldes sean resistentes a la abrasión y con el núcleo resistente y tenaz se consigue más

resistencia a esfuerzos de flexión bruscos. Otra característica que hace que sean aceros ideales para la fabricación de moldes, es que son aceros con gran capacidad para el pulido y el mecanizado.

El tratamiento térmico para obtener un acero cementado consiste en calentar el acero en un medio que aporte carbono, manteniendo una temperatura entre 800-900 grados y enfriándolo a continuación con agua o aceite. La cantidad de carbono no puede ser superior al 0.2% en el núcleo, mientras que en la capa externa puede llegar al 0.8%. Si después de la carburación se aplica un revenido, se obtiene una superficie dura y resistente al desgaste, mientras el núcleo, con menos contenido en carbono, es más tenaz y blando. Dependiendo de la temperatura y de la duración de esta, la capa de acero cementada puede ser de entre 0.6 a 2mm.

1.1.2. Aceros bonificados.

Estos aceros son especialmente utilizados en moldes de grandes dimensiones, debido a que cuando se realizan los tratamientos térmicos, especialmente el cementado, el molde sufre cambios dimensiones que podrían provocar cambios en las dimensiones de la pieza que se desea obtener. Mediante la bonificación se consigue una elevada resistencia a la tracción y la tenacidad en toda la sección del acero. También tiene buenas características para su mecanizado mediante arranque de ferrita.

Sin embargo, no todo son ventajas, tienen poca resistencia a la abrasión y una deficiente calidad de la superficie del molde, que habitualmente hace necesario un tratamiento superficial como cromado o nitrurado.

Los aceros son bonificados en la propia industria metalúrgica donde son sometidos a un tratamiento de revenido después del temple. Según aumenta la temperatura del revenido, el acero se alarga y se hace más tenaz, pero también disminuye su dureza y resistencia. Ejemplos de aceros bonificados son el 2311 y 2312. En diámetros superiores a 400mm tenemos el acero 2738 que tiene un 1% de níquel y que retarda la aparición de perlita que es el causante de la pérdida de resistencia desde el exterior al interior de los bloques de acero. Estos aceros contienen un nivel bajo de azufre para un buen pulido y de calcio para un buen mecanizado. La resistencia final después del tratamiento térmico puede variar entre 280-400 HB, siendo más fácil de mecanizar con resistencia baja.

1.1.3. Aceros de temple total.

En los aceros con un templado total, lo que se desea es aumentar la dureza de forma significativa y esto se consigue calentando el acero a una temperatura elevada y enfriándolo rápidamente con aceite, agua o aire. De esta manera, permitimos la formación de martensita aumentando la dureza.

Dependiendo de la dureza deseada, se utiliza un agente refrigerador diferente, siendo el agua el que proporciona un enfriamiento más rápido, con lo cual, la dureza conseguida depende de la velocidad de enfriamiento. Otros factores que también influyen en la velocidad de enfriamiento son: la conductividad térmica, el volumen de la pieza de acero y la aleación que tenga dicho acero. Ni, Mn, Cr, Si y otros elementos reducen la velocidad crítica y permiten un endurecimiento completo de secciones grandes.

Los moldes fabricados con este tipo de acero tienen gran resistencia a la abrasión como consecuencia de su elevada dureza, pero también son más sensibles a la formación de grietas y a la deformación comparados con los aceros de cementación o bonificación y esto es debido a que tienen una menor tenacidad. Por esta razón, los aceros de templado total solo se utilizan para moldes pequeños o medianos.

1.1.4. Aceros nitrurados.

Principalmente los aceros cuya aleación tenga aditivos que formen nitruros pueden nitrurarse. Estos aditivos de aleación son el cromo, el aluminio, el vanadio y el molibdeno. Los aceros que se quieren nitrurar, se someten a un recocido en un baño salino de características especiales, que varía según se aplique un nitrurado o un ionitrurado, se produce una difusión de nitrógeno en la superficie del molde y los aditivos de la aleación forman nitruros, que forman una capa nitrurada de una dureza de 665 a 1235 HB, según el tipo de acero y el procedimiento utilizado. Al contrario de otros tratamientos la dureza máxima, se consigue en el interior de la capa nitrurada. Por este motivo es necesario realizar un pulido de la superficie después del nitrurado. En cambio si aplicamos un ionitrurado no es necesario realizar ningún trabajo posterior. El espesor de la capa de nitruración depende del tiempo de duración de la operación. Normalmente con una capa de 0.3mm de nitrurado ya es suficiente para moldes de inyección, que se consigue con una duración de la nitruración de 30 horas.

Las ventajas de estos aceros es que se obtienen moldes sin tensiones, de gran tenacidad, con una elevada dureza superficial y una resistencia a la corrosión mejorada. Además, que este tratamiento no produce deformaciones en el molde durante el proceso de nitrurado.

1.1.5. Aceros de segunda fusión.

La calidad de una pieza inyectada depende de la calidad superficial del molde. Razón especialmente válida para piezas obtenidas a base de masa transparentes, como vidrios, lentes, etc.

La calidad de la superficie de un molde es tanto más elevada cuanto mejor pueda pulirse el acero empleado. La capacidad de pulido de los aceros viene influida por el grado de pureza, el cual, a su vez, depende del porcentaje de inclusiones no metálicas que se encuentran en el acero, como óxidos, sulfuros y silicatos. Estas inclusiones, que no pueden evitarse en un acero de primera fusión, pueden eliminarse con los aceros de segunda fusión obtenidos en hornos de inducción a alto vacío o en hornos de arco eléctrico. Los aceros fundidos al vacío tienen el grado de pureza máximo. En consecuencia, pueden pulirse muy bien y convendría emplearlos siempre que se trate de fabricar piezas transparentes con elevadas propiedades ópticas. Hasta el presente, su poco uso ha sido consecuencia de su precio.

1.2. Aleaciones de cobre.

La importancia del cobre y sus aleaciones como materiales para la fabricación de moldes se basa en la elevada conductividad térmica y flexibilidad del material, que permite equilibrar rápidamente y sin peligros las tensiones debidas a un calentamiento no uniforme. Las propiedades mecánicas del cobre son moderadas. Si bien pueden mejorarse por laminado o conformado en frío, en general no cumplen con las exigencias que debe satisfacer los

materiales para la fabricación de molde. Sin embargo, el comportamiento es distinto con las aleaciones de cobre. Las más conocidas para la construcción de moldes son:

1.2.1. Cobre-berilio-cobalto.

Según su composición, estas aleaciones alcanzan una resistencia de 80 a 150 kp/mm². Son suficientemente resistentes a la corrosión y, en caso necesario, para ser también cromadas y niqueladas.

Las aleaciones de cobre-berilio-cobalto se emplean principalmente para la fabricación de elementos interiores y boquillas, siempre que existan exigencias referentes a la conductividad térmica. Este caso se presenta principalmente en los moldes de canal caliente, en los que debe evitarse al solidificación del bebedero para poder trabajar de un modo rentable. Los moldes de aleaciones de cobre-berilio-cobalto pueden ser colados, alcanzándose una buena reproducción de los contornos al efectuar la solidificación bajo presión.

1.2.2. Cobre-cinc (latón).

El latón es poco apropiado para la fabricación de moldes debido a su baja resistencia a la abrasión. En la inyección de plásticos, generalmente sólo se emplea para la fabricación de las boquillas de que disponen los moldes de canal caliente.

1.2.3. Cobre-estaño (bronce, latón rojo).

Debido a los valores reducidos de resistencia a la tracción (entre 50 y 60 kp/mm²), el campo de aplicación del bronce es muy limitado en la construcción de moldes. El bronce se emplea para la fabricación de moldes de soplado de cuerpos huecos y para moldeo al vacío. Como en el caso de todas las aleaciones de cobre, se aprovecha aquí su buena conductividad térmica y la facilidad de colado.

1.3. Aleaciones de aluminio.

Las principales características por las que se utiliza el aluminio en la construcción de moldes son por su peso reducido, una elevada conducción térmica, buena estabilidad química y sobretodo que es fácil de mecanizar. Sin embargo, la aplicación del aluminio queda limitada por su reducida resistencia. Como consecuencia de su poca resistencia se utilizan aleaciones de aluminio que le den más resistencia como pueden ser: AlCuNi, AlCuMg y AlMgSi, que son las aleaciones más duras.

El aluminio y sus aleaciones se suele utiliza en la construcción de moldes en los casos de una rápida entrega al consumidor de piezas, para reducir costes y sobretodo en moldes prototipo. En este último caso, es un medio ágil y fiable de verificar el desarrollo de nuevos productos sin correr riesgos iniciando la construcción de moldes definitivos, sobre todo en el caso de que haya que realizar modificaciones en el molde que en algunos casos extremos puede suponer tener que hacer un molde nuevo.

Como ya se ha comentado anteriormente un factor importante en la fabricación de moldes es saber seleccionar el material para un buen funcionamiento y rendimiento del mismo. Por esa razón se tiene que analizar qué función tendrá cada pieza del molde y que propiedades se le tienen que exigir para que pueda cumplir su función de la mejor manera.

2. PROPIEDADES A TENER EN CUENTA.

El rendimiento del material para el molde depende de la resistencia al desgaste, resistencia a la compresión, corrosión, conductividad térmica y tenacidad.

2.1. Resistencia al desgaste.

El nivel de resistencia al desgaste requerido dependerá del tipo de resinas que deban utilizarse, el agente de relleno, la cantidad de aditivos, serie de producción, tolerancias, etc. La resistencia al desgaste de los aceros y las aleaciones puede incrementarse mediante tratamiento o recubrimiento de la superficie tipo nitruración, cromado, etc. Estos tipos de tratamientos de la superficie deben aplicarse preferentemente después de que el molde haya sido acabado debidamente puesto que un posterior mecanizado podría ser dificultoso.

2.2. Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión requerida viene determinada por el proceso de moldeo, la inyección y la presión de cierre así como por las tolerancias de acabado. Durante la operación de moldeo las fuerzas de compresión se concentran en la línea de partición de la herramienta. Un temple local, por ejemplo el temple a la llama puede aportar un aumento de la resistencia a la compresión.

2.3. Resistencia a la corrosión.

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

- Ciertos tipos plástico provocan corrosión durante la producción. Un ejemplo de ello es el ácido hidrolórico producido por el PVC.
- El medio de enfriamiento puede ser también corrosivo. Ello resultaría en la pérdida de eficacia de refrigeración o bien en una obstrucción total de los canales de refrigeración.
- La producción en una atmósfera húmeda o corrosiva o bien un prolongado almacenamiento puede ocasionar daños en la superficie debido a la condensación del agua, y posteriormente óxido en las cavidades con la consecuente pérdida de acabado en la superficie del producto.

Todos los problemas mencionados anteriormente crean una demanda de insertos y de bloques soporte con una cierta capacidad de resistencia a la corrosión.

2.4. Conductividad térmica.

El nivel de producción de un molde depende principalmente de la capacidad de éste en transferir el calor del plástico moldeado al agente de enfriamiento. En un acero de alta aleación el coeficiente de conductividad térmica se ve reducido en cierto grado comparado con un acero de baja aleación. Aunque las investigaciones realizadas indican claramente que es el plástico de la pieza moldeada el que domina el flujo de calor en el molde debido a su baja conductividad térmica comparado con el acero.

Cuando se requieren materiales para moldes con buena resistencia a la corrosión en combinación con una muy alta conductividad térmica podemos suministrar calidades con aleación Cobre.

2.5. Tenacidad.

La aparición y el desarrollo de grietas es uno de los peores problemas que pueden ocurrirle a un molde. Figuras complicadas, radios pequeños, esquinas agudas, paredes finas y cambios severos de sección son en la actualidad, denominadores comunes. La tenacidad es por tanto, una de las propiedades más importantes que debe poseer un material para moldes.

La resistencia a la fractura de un material es una medida de su capacidad de soportar la propagación de grietas que aparecen debido a la creación de tensiones al estar sujeto el molde a distintos tipos de fatiga. En la práctica, éstas iniciaciones de tensiones ocurren debido a efectos en la superficie provenientes de operaciones de mecanizado, grietas incipientes de fatiga, inclusiones o estructura defectuosa debido a un tratamiento térmico inadecuado.

Utilizando técnicas tales como la de desgasificación al vacío, procesos especiales de refinado y electrorefinado de escoria, la tenacidad del material aumenta. Esta buena tenacidad es evidente no solo en la superficie sino también en el núcleo del material.

3. ELECCIÓN DEL MATERIAL.

Una vez expuestos los aspectos más importantes a tener en cuenta en la correcta elección del material para la fabricación del molde, se procede a su elección.

La pieza a producir se fabricará de polipropileno, ideal para moldes de inyección, debido a su muy buena capacidad para fluir, además la pieza no requerirá de tolerancias óptimas. Por lo tanto el único aspecto a tener en cuenta sobre el desgaste del material será la producción, ya que será medianamente elevada.

El material para el molde, no necesitará una gran resistencia a la compresión, ya que la maquina inyectora tendrá una fuerza de cierre pequeña, alrededor de unas cincuenta toneladas de fuerza.

Como en el molde constan seis canales de refrigeración mediante agua, el material necesitara una alta resistencia a la corrosión.

La tenacidad que tendrá que tener el material será, media alta. Esta tenacidad no será debida en su mayor parte a geometrías complicadas de pieza, ni cambios de sección, sino a la fatiga causada por las repeticiones en cortos intervalos de tiempo del ciclo de inyección. Esto se debe a que se trata de una alta producción y una elevada velocidad de proceso.

Como se ha comentado anteriormente, se trata de producciones y velocidades bastante altas, por lo tanto el aspecto más influyente en la elección del material es la conductividad térmica, combinado con una buena resistencia a la corrosión. Por lo tanto se ha decido realizar su fabricación con una aleación de cobre.

Dado que las aleaciones de cobre-cinc (latón), y cobre-estaño (bronce) poseen una muy baja resistencia a la tracción, entre 50 y 60 kp/mm² y su principal uso es en los moldes de soplado o de vacío, se descartan. Quedando como material para la construcción del molde la aleación de cobre-berilio-cobalto.

Otra pieza que hay que diseñar para el molde es el anillo centrador, debido a diferentes problemas de espacio en el molde, no se ha optado por la opción de elegir un anillo centrador normalizado, ya que sus dimensiones podrían crear problemas en la disposición de otros elementos. Por lo tanto se procederá a la elección de un acero ideal para el caso.

Los otros componentes que forman el molde se pueden adquirir normalizados de sus respectivos fabricantes, como son, las válvulas de aire, la boquilla de inyección de canal caliente, y los diferentes tornillos Allen.

3.1. MOLDMAX.

Esta aleación comercialmente se conoce como MOLDMAX HH. Se trata de una aleación de cobre berilio de alta resistencia realizada por Brush Wellman Inc., destinada a aplicaciones para moldes de plástico.

3.1.1. Información general.

Sus principales propiedades incluyen:

- Alta conductividad térmica
- Buena resistencia a la corrosión
- Buena pulibilidad
- Buena resistencia al desgaste
- Buena resistencia a las melladuras
- Buena mecanibilidad
- Alta resistencia y dureza

- Excelente capacidad de soldadura.

Analisis típico %	Be 1,9	Co + Ni 0,25	Cu Rest
Estado de suministro	Alta dureza = 40 HRC (Baja dureza = 30 HRC)		
Código de color	AD: Negro/Oro BD: Rojo/Oro		

3.1.2. Propiedades físicas.

Datos obtenidos a temperatura ambiente y a elevadas temperaturas:

Temperatura	20°C	200°C	300°C
Densidad kg/m ³	8 350	8 275	8 220
Modulo de elasticidad N/mm ²	131 100	124 100	103 400
Coefficiente de expansión térmica de °C a 20°C	–	17 x 10 ⁻⁶	17,8 x 10 ⁻⁶
Conductividad térmica W/m°C			
AD/40 HRC	110	145	155
BD/30 HRC	120	160	170
Calor específico J/kg°C	380	480	535

Dureza	Alta dureza 40 HRC	Baja dureza 30 HRC
Límite de elasticidad a la compresión, R _{c0,2} N/mm ²	1070	970
Resistencia a la tensión, R _m N/mm ²	1280	1170
Alargamiento, A ₅ %	6	8

3.1.3. Tratamiento térmico y superficial.

Moldmax HH se suministra ya tratado, normalmente no se requiere un tratamiento térmico adicional.

A fin aumentar las propiedades de Moldmax HH, pueden aplicarse tratamientos superficiales:

Tratamiento	Beneficio
Cromo duro	Resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión, dureza.
Electroless Niquel Químico	Dureza, resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión, estabilizado de la superficie.
Electroless Niquel duro Teflon	Dureza, resistencia al desgaste, estabilizado de la superficie.
PVD: Nitruro de Titanio Chromium Nitride	Superior resistencia al desgaste, estabilizado de la superficie.

Nota: la temperatura del tratamiento no debe exceder los 320°C.

3.2. Acero 1.1730.

Después de una búsqueda de información en diferentes fabricantes de anillos de centrado para moldes, se llega a la conclusión de que el material por excelencia para la fabricación de los mismos es el acero 1.1730.

3.2.1. Información general.

Acero para herramientas no aleado, de excelente maquinabilidad, para piezas sin temprar. Por su contenido de carbono 0,45 % se puede temprar también, pero con poca penetración del temple; por eso, de acuerdo a la aplicación, se puede usar como caparazón con una superficie dura y un núcleo resistente.

El acero para herramientas UNE 1.1730 es apto para las siguientes aplicaciones: Construcción de máquinas en general, materiales de construcción, montajes, placas de base, marcos de moldeo, armazones de columnas, estampas pequeñas, herramientas de mano, cuchillos simples, martillos, tenazas, horquillas, hachas, cizallas, destornilladores, cinceles.

Análisis químico				
C	Si	Mn	P	S
0,42 - 0,5	0,15 - 0,4	0,6 - 0,8	0 - 0,03	0 - 0,03

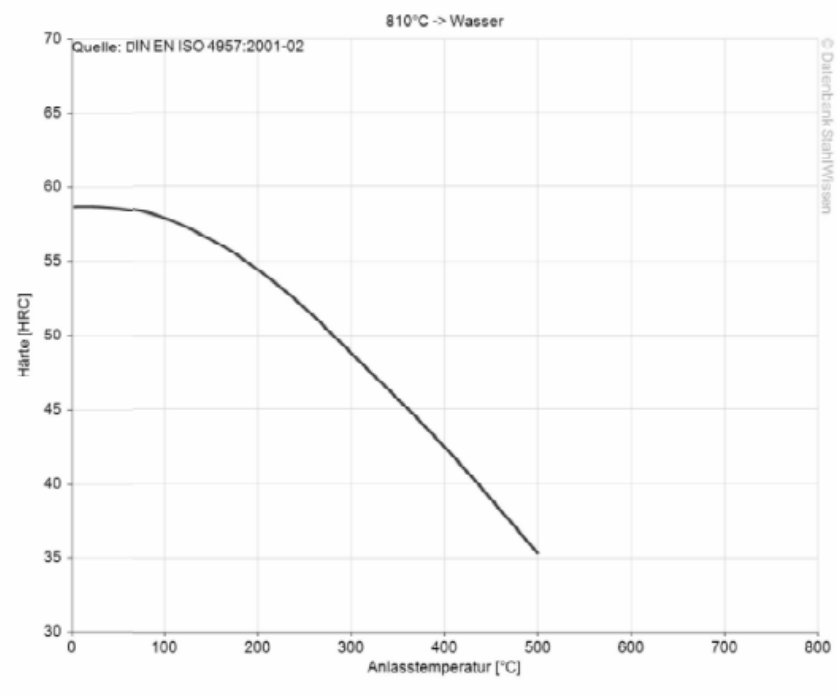
3.2.2. Propiedades físicas.

Dureza/Estado de suministro	máx. 190 HB			
Resistencia a la tracción R_m	aprox. 650 N/mm ²			
Dureza de trabajo	máx. 54 HRC (capa superficial)			
Coefficiente de expansión térmica $10^{-6}m/(m \cdot K)$	20-100°C	20-200°C	20-300°C	20-400°C
	12,5	13,0	13,6	14,1
Conductividad térmica $W/(m \cdot K)$	20°C		350°C	
	44,9		41,6	

3.2.3. Tratamiento térmico.

Recocido blando	Temperatura	Enfriamiento	Dureza después del recocido	
	600-710°C	Horno	máx. 190 HB	
Recocido para liberar tensiones	Temperatura	Enfriamiento		
	600-650°C	Horno		
Temple	Temperatura	Enfriamiento brusco	Dureza después del enfriamiento brusco	
	800-830°C	Agua	57 HRC	
Revenido	100°C	200°C	300°C	350°C
	57 HRC	54 HRC	49 HRC	42 HRC

El material tiene la siguiente curva de revenido:



**ANEXO III:
ELECCIÓN DE LA
MÁQUINA INYECTORA.**

Índice:

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. PARÁMETROS PARA LA ELECCIÓN.	2
2.1. Fuerza de cierre.....	3
2.2. Gramaje de inyección.....	3
2.3. Presión de inyección.	4
2.4. Velocidad de inyección.....	4
2.5. Distancia entre barras.	4
2.6. Carrera de apertura.....	5
3. ELECCIÓN DE LA MAQUINA.....	5
3.1. Datos de la máquina inyectora.	5
3.1.1. Unidad de cierre.....	5
3.1.2. Unidad de inyección.....	6
3.1.3. Unidad de inyección avanzada.....	6
3.1.4. Información general.....	6
3.1.5. Plato de la máquina.....	7

1. INTRODUCCIÓN.

La máquina inyectora juega un papel clave en la rentabilidad del producto, y su selección debe hacerse con cuidado y a conciencia, teniendo como objetivo una mejora en competitividad. Esto sólo se logra eligiendo el equipo que permita garantizar la calidad requerida y además producir cada pieza con el menor costo posible.

Para escoger la máquina más adecuada se debe saber lo siguiente:

- Qué se quiere fabricar.
- En qué materiales se va a fabricar.
- Qué cantidad mensual se va a producir.
- De qué tamaño son los moldes.

La información anterior determina los siguientes parámetros:

- Fuerza de cierre
- Gramaje de inyección
- Presión de inyección
- Velocidad de inyección
- Distancia entre barras
- Carrera de apertura
- Tamaño mínimo y máximo del molde.

La idea general es que el ciclo debe estar limitado por las condiciones de operación o del artículo, y no por características de la máquina. Por ejemplo, los artículos de pared gruesa limitan considerablemente la velocidad de inyección y requieren altos tiempos de enfriamiento, por lo que la velocidad de la inyectora no tiene gran incidencia en el tiempo de ciclo. En contraste, los artículos de pared delgada requieren de altas velocidades de proceso, y aquí la velocidad y precisión de la inyectora juegan un papel esencial.

2. PARÁMETROS PARA LA ELECCIÓN.

Cabe decir que la elección de la máquina se realizará usando los parámetros y datos obtenidos de la simulación del proceso de inyección, con el fin de obtener un resultado más preciso, ya que la elección de la máquina es un aspecto muy importante. Por otro lado, en el ANEXO de cálculos, se verá que los datos obtenidos en la simulación, se pueden obtener de manera manual, con bastante precisión.

A continuación se presentan algunas especificaciones técnicas importantes a tener en cuenta al momento de seleccionar una inyectora:

2.1. Fuerza de cierre.

Es la fuerza que tiene la máquina para oponerse a la que ejerce al plástico cuando llena el molde, y que tiende a separar las dos caras del mismo generando rebaba. Este parámetro es muy importante, y generalmente determina el tamaño de la máquina. La fuerza de cierre necesaria está determinada por el área proyectada del artículo, el número de cavidades y la presión necesaria para inyectar. Otros factores que afectan la fuerza son el material a inyectar y el tipo de colada.

El método más utilizado para determinar la fuerza de cierre es únicamente el de multiplicar la presión de inyección por el área proyectada.

$$F_c = P \cdot A_p$$

Donde:

F_c = Fuerza de cierre

P = Presión de llenado

A_p = Superficie proyectada

En este caso el programa nos facilita una fuerza de cierre mínima de **16.3 Tn**. Es recomendable que la fuerza de la máquina seleccionada sea un 20% más que la obtenida, por lo tanto una máquina de **20 Tn** de fuerza de cierre tendrá que ser suficiente.

2.2. Gramaje de inyección.

Es la masa máxima que puede inyectar una máquina, y equivale al volumen de inyección multiplicado por la densidad del material fundido.

También es necesario tener en cuenta que la capacidad másica de la inyectora, que normalmente viene dada en referencia al poliestireno, varía según la resina a inyectar, ya que cada una tiene un peso específico diferente.

La pieza a inyectar consta de un peso de **28.06 g** de PP, facilitado por el programa. Por lo tanto y mediante la densidad del poliestireno que es de $1,05 \text{ g/cm}^3$, se obtiene el gramaje de la máquina en PS necesario, **32.74 g** para nuestra pieza.

2.3. Presión de inyección.

La presión es la resistencia a fluir, y mientras más resistencia se ofrezca al flujo (paredes y canales más delgados) mayor será la presión requerida. Además, la presión aumenta proporcionalmente con la velocidad.

La presión de inyección está determinada por:

- La relación entre la trayectoria de flujo y el espesor de pared
- La resina
- El área del punto de inyección
- La temperatura de trabajo de la inyectora

La presión también está relacionada con el diámetro del tornillo, si se inyectan artículos de pared gruesa, lo ideal es tener un tornillo de mayor diámetro, porque se requieren altos gramajes y presiones bajas. Para artículos de pared delgada es más indicado un tornillo de menor diámetro, porque se requieren gramajes bajos. Lo importante aquí es que el tornillo garantice la velocidad de inyección necesaria.

La presión que muestra la simulación para la inyección de la pieza es de **23.4 MPa**.

2.4. Velocidad de inyección.

La velocidad de inyección está determinada por el espesor de la pieza y la relación trayectoria de flujo - espesor de pared. Cuando se van a inyectar piezas de paredes delgadas o con una trayectoria muy larga, hay que llenar el molde lo suficientemente rápido para evitar que el material se enfríe y solidifique, obstruyendo el paso de la resina remanente.

De otro lado, las piezas de pared muy gruesas limitan la velocidad, porque al inyectarse muy rápidamente se generan burbujas en el trayecto que debilitan la pieza o afectan su apariencia.

La velocidad de inyección obtenida es de **77.5 mm/s**.

2.5. Distancia entre barras.

Este parámetro está determinado por el tamaño del molde. La distancia más importante entre barras es la horizontal, porque la gran mayoría de los moldes entran por encima de la inyectora, y pueden tener una longitud mayor en la dirección vertical que en la horizontal. Por otro lado, si se trabaja con cambios de molde automáticos, el molde se inserta lateralmente a la inyectora; en este caso, es recomendable tener la misma distancia entre barras en dirección horizontal y vertical.

El molde que se va a usar para producir la pieza, tiene unas dimensiones de **180x180 mm**.

2.6. Carrera de apertura.

La carrera de apertura mínima de un equipo para lograr un expulsado automático, debe ser como mínimo un 10% superior al doble de la altura del producto más el ramal de inyección. Al momento de seleccionar una inyectora, es importante asegurar que la carrera de apertura sea suficiente para todos los artículos que con ella se quieran producir.

Como recomendación de proceso, se debe tener en cuenta que mientras mayor sea la carrera de apertura mayor será el tiempo de ciclo. Lo ideal es entonces abrir la máquina lo estrictamente necesario para garantizar una expulsión automática de la pieza.

Por lo tanto la carrera de apertura mínima que tendrá que tener la máquina para garantizar que el brazo robótico realice una buena extracción de la pieza será de **264 mm**.

3. ELECCIÓN DE LA MAQUINA.

Una vez establecidos todos los parámetros necesarios para selección de la máquina inyectora, se puede proceder a la elección del fabricante. En este caso la empresa elegida será FEROMATIK MILACRON, ya que dispone de un largo abanico de posibilidades que se ajustan a las necesidades planteadas.

Como se ha visto anteriormente, la fuerza necesaria de cierre es de 20 toneladas, por lo tanto se elegirá la serie **F-50**, ya que se tratan de maquinas con una fuerza de cierre de 50 toneladas, cumpliendo este requisito.

Por otro lado hay que tener la capacidad de inyección de la maquina, la pieza tiene un peso de 33 g, por lo tanto dentro de la serie **F-50** se elegirá la máquina **GPe 20**, la cual cumple todos los requisitos para una correcta inyección de la pieza.

3.1. Datos de la máquina inyectora.

3.1.1. Unidad de cierre.

Fuerza de cierre	kN	<i>500</i>
Distancia entre barras (H x V)	mm	<i>510 x 510</i>
Apertura del molde	mm	<i>320</i>
Distancia entre platos máx.	mm	<i>745</i>
Dimensiones de instalación mín./máx.	mm	<i>150 / 425</i>

Peso del molde máx.	kg	610
Fuerza de apertura	kN	100
Fuerza de expulsión	kN	40
Velocidad de expulsión	mm/s	600
Carrera de expulsión	mm	150
Ciclo seco	s - mm	0,9 - 259

3.1.2. Unidad de inyección.

Tamaño internacional		80
Diámetro de tornillo	mm	25
Presión de inyección máx.	bar	1670
Volumen de inyección máx.	cm ³	49
Gramaje de inyección (PS)	g	45
Carrera del tornillo	mm	100
Saliente de la boquilla	mm	45
Fuerza de retención de la boquilla	kN	47
Ratio de inyección	cm ³ /s	162
Velocidad de inyección	mm/s	330
Relación L/D tornillo	L / D	22
Nº de zonas calefacción	Nº	3 + 1
Capacidad de calefacción total	kW	6

3.1.3. Unidad de inyección avanzada.

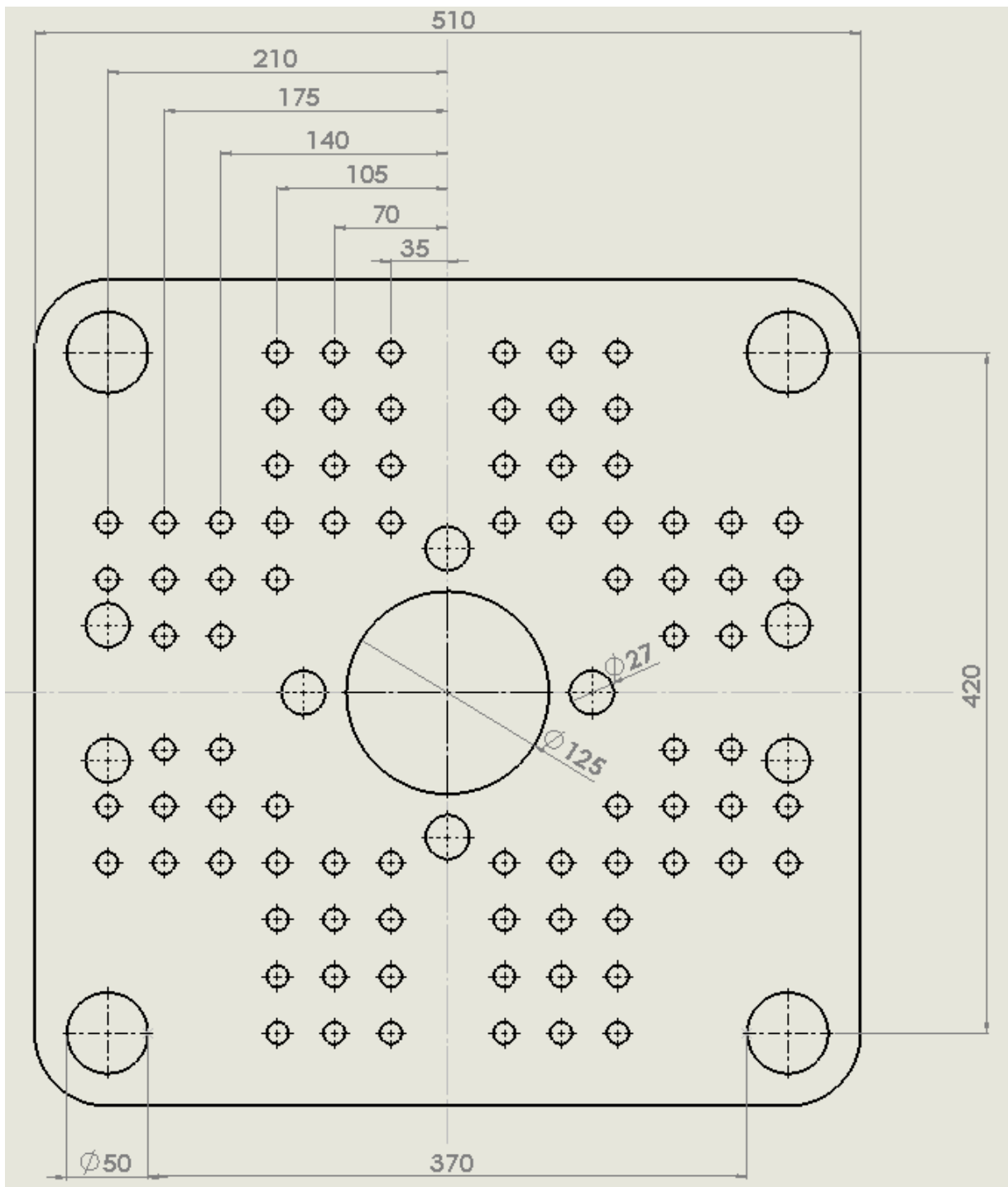
Ratio de inyección	cm ³ /s	245
Velocidad de inyección	mm/s	500

3.1.4. Información general.

Potencia total	kW	19
Dimensiones máquina (L x W x H)	M	5,1 x 1,7 x 2,3
Peso neto	Kg	5100
Capacidad tanque de aceite	l	150

3.1.5. Plato de la máquina.

Las medidas del plato son en mm.



**ANEXO IV:
DISEÑO DEL MOLDE.**

Índice:

1. DISEÑO DEL MOLDE.	2
1.1. Ubicación de la pieza y número de cavidades.	2
1.2. Partes del molde.	3
1.2.1. Cavity.	3
1.2.2. Núcleo.	3
1.2.3. Conjunto Núcleo - Cavity.	4
1.2.4. Centrado de cierre del molde.	5
1.2.5. Rebajes y chaflanes.	5
1.2.6. Escape de aire.	6
1.2.7. Canales de refrigeración.	7
1.2.8. Válvula de separación.	8
1.2.9. Boquilla de canal caliente.	9
1.2.10. Expulsores de aire.	9
1.2.11. Anillo centrador.	10
1.2.12. Elementos de fijación.	11
1.3. Molde completo.	11
1.4. Lista de las piezas.	12

1. DISEÑO DEL MOLDE.

Una vez se tiene el modelo de la pieza definitivo, se puede empezar a diseñar el molde. A la hora de diseñarlo hay que tener en cuenta diferentes aspectos, no cabe decir que el principal es la pieza. La geometría de la pieza condicionará su posición en el molde, el posicionamiento del sistema de alimentación, del sistema de refrigeración, del sistema de expulsión, en definitiva de todo el molde girará entorno a la geometría de esta.

Actualmente existen varias empresas especializadas que suministran moldes muy bien elaborados y preparados con lo que se ahorra mucho tiempo en la fabricación del molde, pero lo más importante es ubicar bien la pieza y ajustar esta al molde. En definitiva, se seleccionará el molde que más convenga y que mejor se ajuste a la pieza que se quiere fabricar.

En la elaboración del diseño del molde de este proyecto, se van a utilizar dos pequeñas válvulas de aire en forma de aguja, que ayudarán a la extracción de la pieza, ya que un brazo robótico será el encargado de su completa extracción. Además el molde dispondrá de diferentes conductos de refrigeración, así como de aire. Otro aspecto importante a tener en cuenta, son los atrapamientos de aire, razón por la cual se habilitarán canales para expulsar estos posibles retenciones. Finalmente para el centrado de la boquilla, se dispondrá de un anillo centrador.

En resumen, el molde constará de un conjunto de piezas, unas pre-fabricadas, otras hechas a medida, que hacen posible la fabricación de otras piezas, por esta razón un estudio bien elaborado puede ayudar en el diseño del molde, ahorrando tiempo y dinero.

Las medidas exactas del molde, se podrán ver en el ANEXO planos del molde.

1.1. Ubicación de la pieza y número de cavidades.

La ubicación de la pieza y el número de cavidades que tiene que tener el molde, viene determinado por un seguido de condiciones técnicas y económicas que impone el cliente. Por un lado tenemos la geometría de la pieza y el volumen de piezas a producir al año y por el otro la disponibilidad económica del cliente.

La forma y las dimensiones de la pieza serán el factor clave a la hora de posicionar la pieza en el molde. Se suele pensar que una pieza grande ocupara mucho espacio y que su molde será muy grande y que al contrario una pieza pequeña ocupara poco espacio en el molde y podrá ser más pequeño. Esto sería cierto si la pieza fuera simple y sencilla geométricamente, pero normalmente no es así y una pieza pequeña puede tener muchos negativos que solo se pueden solventar utilizando varias correderas, con lo cual el volumen del molde final es mucho más grande de lo que la pieza es en realidad.

Por último, el factor más importantes es el económico. Un claro ejemplo es el hecho que el cliente pida presupuesto a diferentes empresas, por esta razón cuando se hace el presupuesto se intenta hacerlo lo más ajustado posible y atractivo económicamente para el cliente.

En conclusión, para este molde la solución más adecuada es una única unidad centrada en el molde, debido a que el volumen de producción, no es excesivamente alto, y las condiciones del cliente no son altamente restrictivas, ya que se trata de una edición limitada del producto.

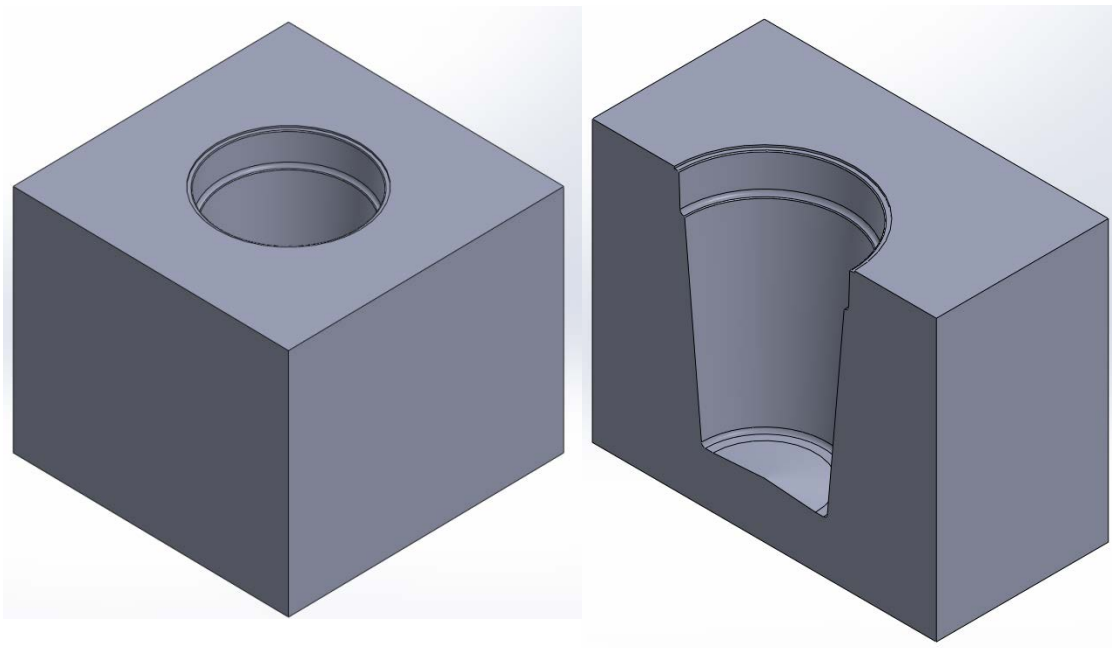
1.2. Partes del molde.

El molde constará de dos partes principales, el macho donde irá situado todo el sistema de inyección y expulsión, y la hembra, donde se situará la refrigeración. Al contrario que en la mayoría de moldes, el sistema de alimentación se situará en el molde, debido a las restricciones impuestas por la técnica empleada, IML, con el fin de que la etiqueta quede por la parte exterior de la pieza.

A continuación se diseñarán todas las partes del molde, así como todos los aspectos a tener en cuenta en el mismo, refrigeración, alimentación, expulsión, atrapamientos de aire, etc.

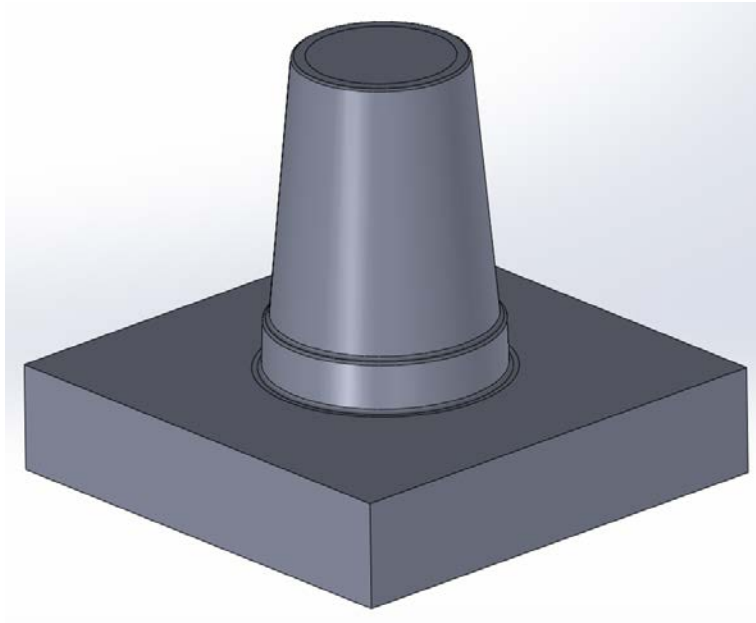
1.2.1. Cavidad.

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

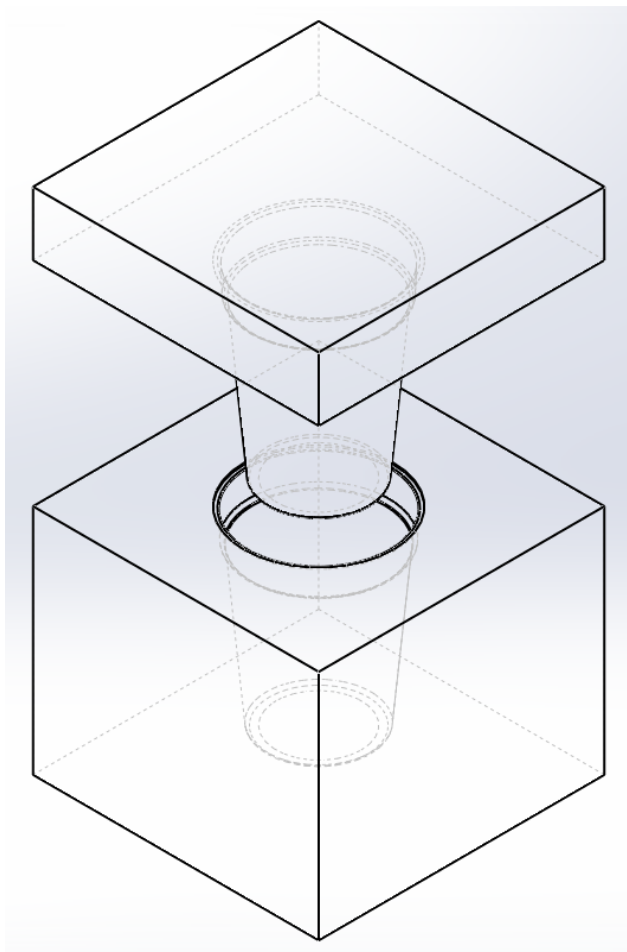


1.2.2. Núcleo.

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

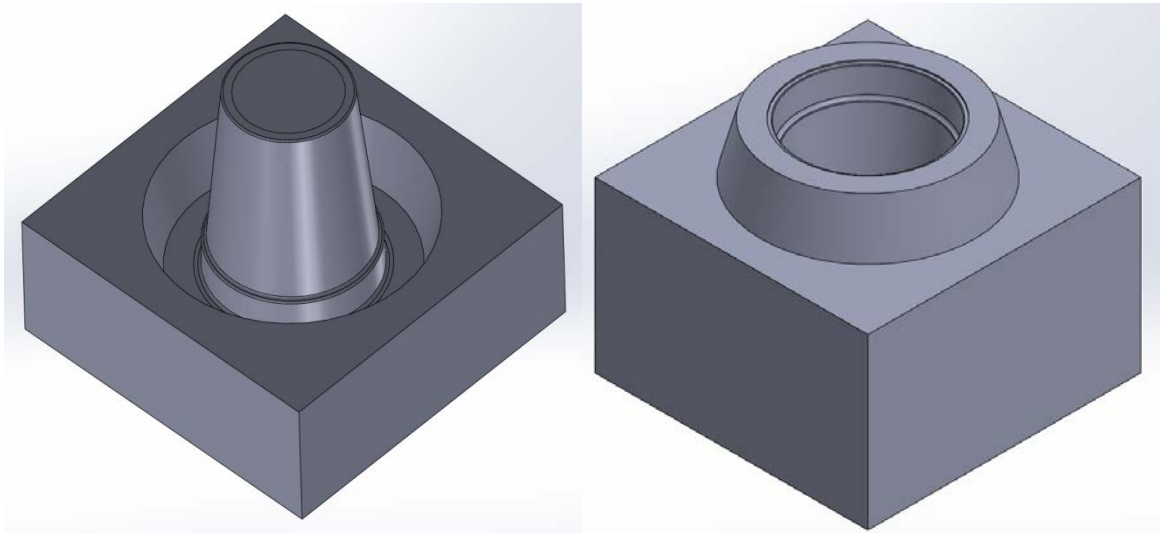


1.2.3. Conjunto Núcleo - Cavidad.



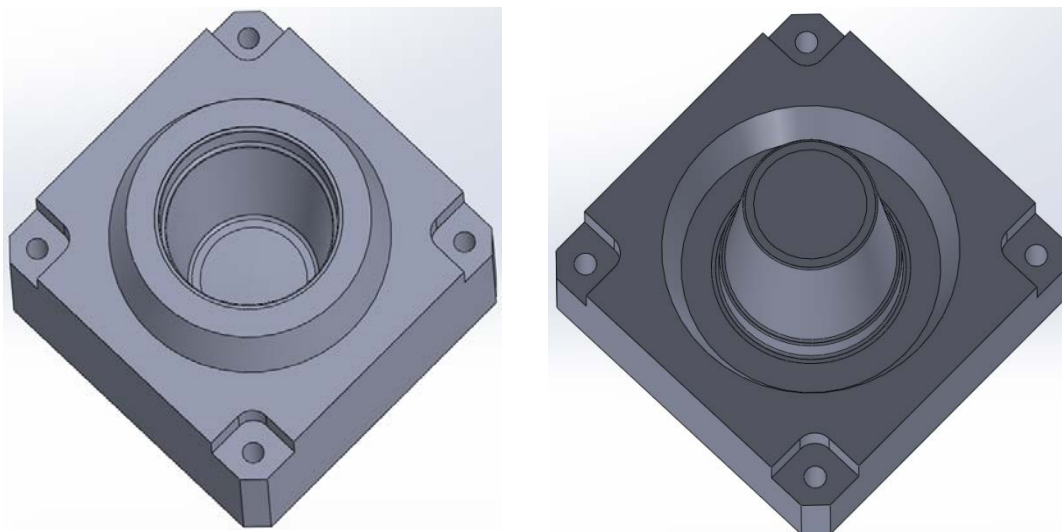
1.2.4. Centrado de cierre del molde.

Se le realizará a la hembra un saliente con un ángulo de 15° , mientras que al macho, el negativo de ese saliente. Este es un aspecto muy importante, ya que garantiza que el cierre del molde se realice correctamente centrado.



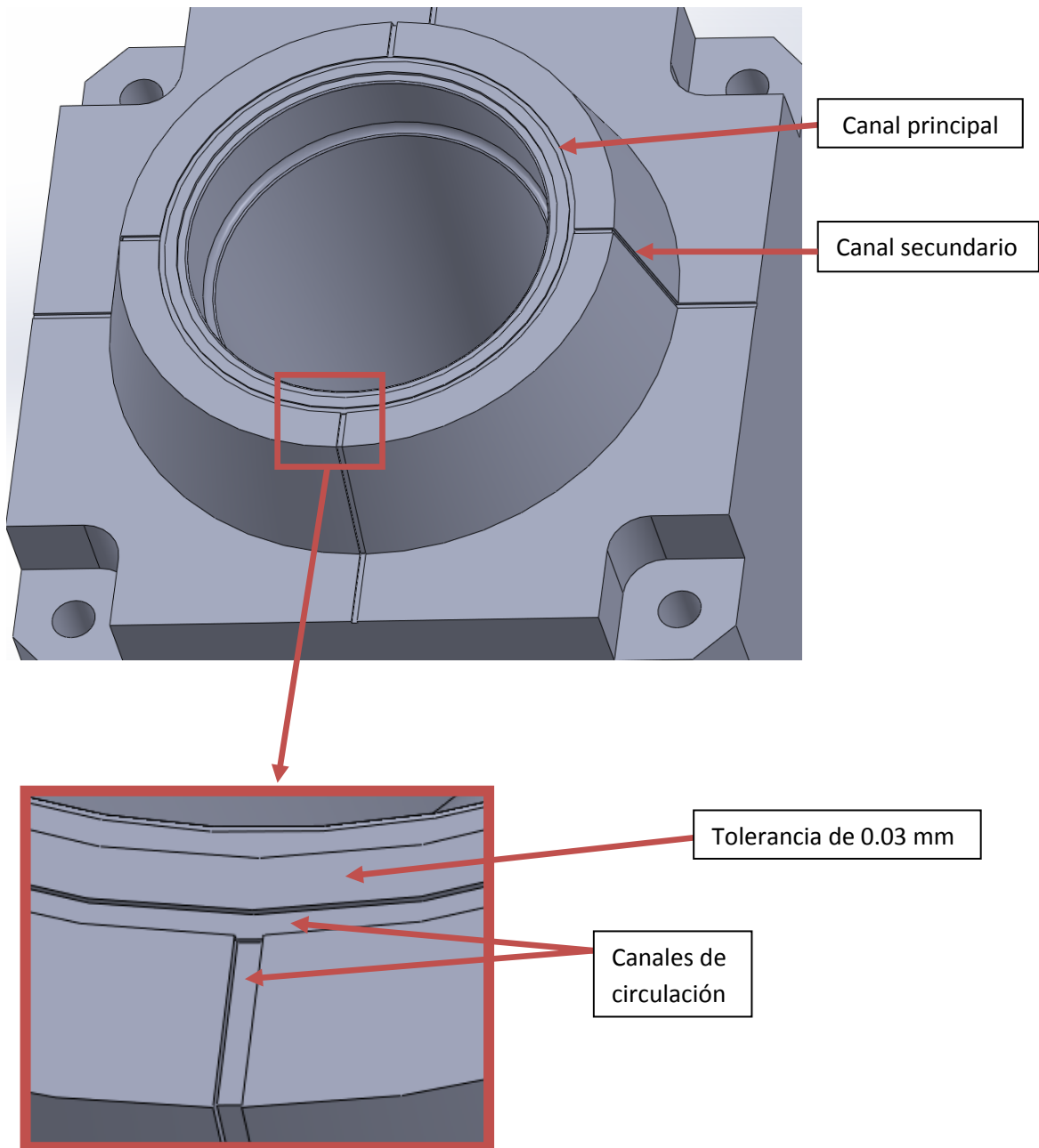
1.2.5. Rebajes y chaflanes.

Estos rebajes se realizan con el fin de que no incidan los tornillos de sujeción del molde a la máquina con la superficie de cierre del molde.



1.2.6. Escape de aire.

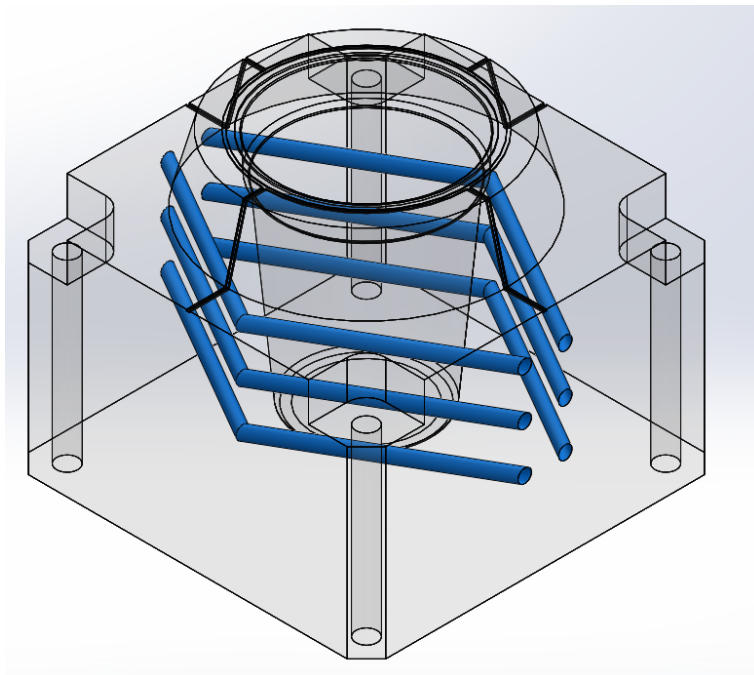
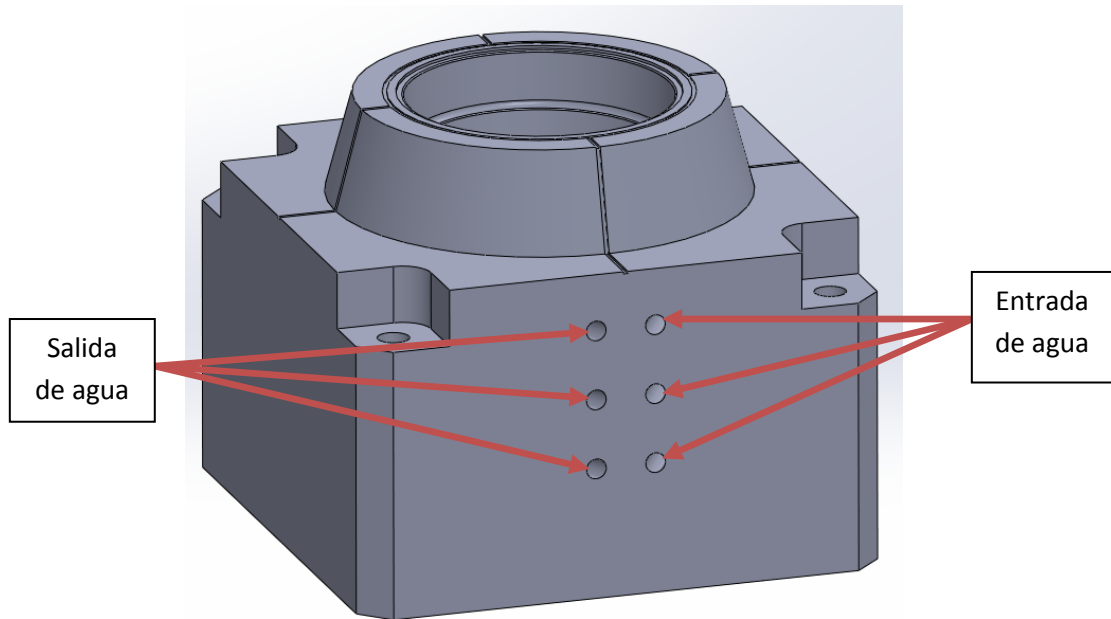
En la fase de inyección de recipientes de pared delgada, la salida de gases existentes en la cavidad es crítica. El escape de aire colocado en el molde diseñado consiste en una ranura circular (canal principal) ubicada en una zona de la hembra que asegura que los gases tendrán la posibilidad de escapar, distribuyéndose posteriormente en las cuatro ranuras que dirigen el aire hacia afuera del molde (canales secundarios). La profundidad de la tolerancia de escape de aire es de 0,03 mm, para asegurar que el polímero no pueda escapar causando rebabas o problemas de desmoldeo.



1.2.7. Canales de refrigeración.

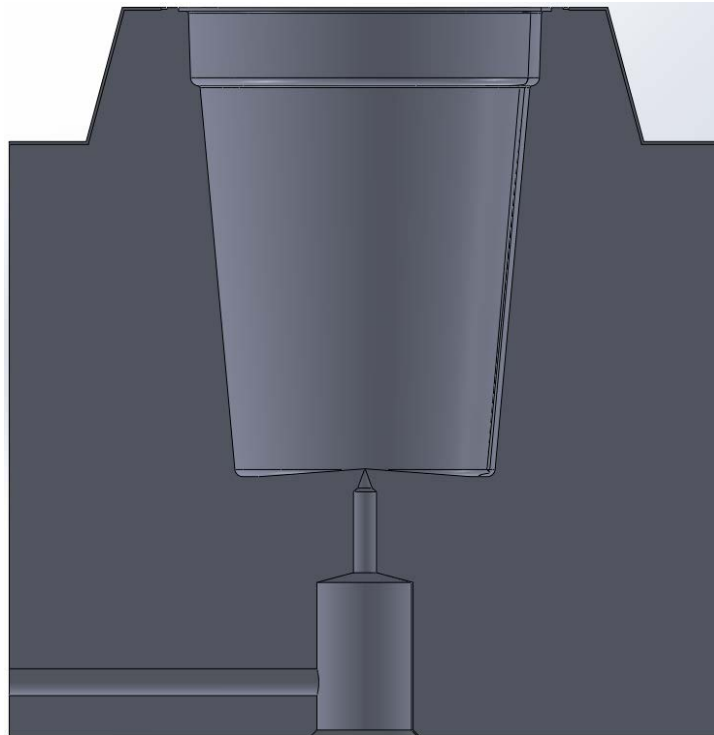
El sistema de refrigeración, en todas las regiones del molde, se hizo bajo el cumplimiento de las distancias “canal-cavidad” y “canal-canal” de las Ecuaciones que se podrán encontrar en ANEXO cálculos. Este sistema estará colocado en la hembra del molde, ya que el macho dispone de la boquilla de inyección y los expulsores.

Obteniendo un diámetro de canal de 7 mm, una distancia canal-canal de 21 mm y finalmente una distancia canal-cavidad de 17,5 mm. Se colocarán 6 canales a lo largo de la cavidad, con el fin de cubrir la mayor parte de la superficie.



1.2.8. Válvula de separación.

Esta válvula estará situada en la hembra del molde en la parte inferior, y será la encargada de hacer que la pieza no se quede en la cavidad después de la apertura del molde. Se trata de una pequeña válvula de aire de aguja, con el fin de no marcar en exceso la pieza.

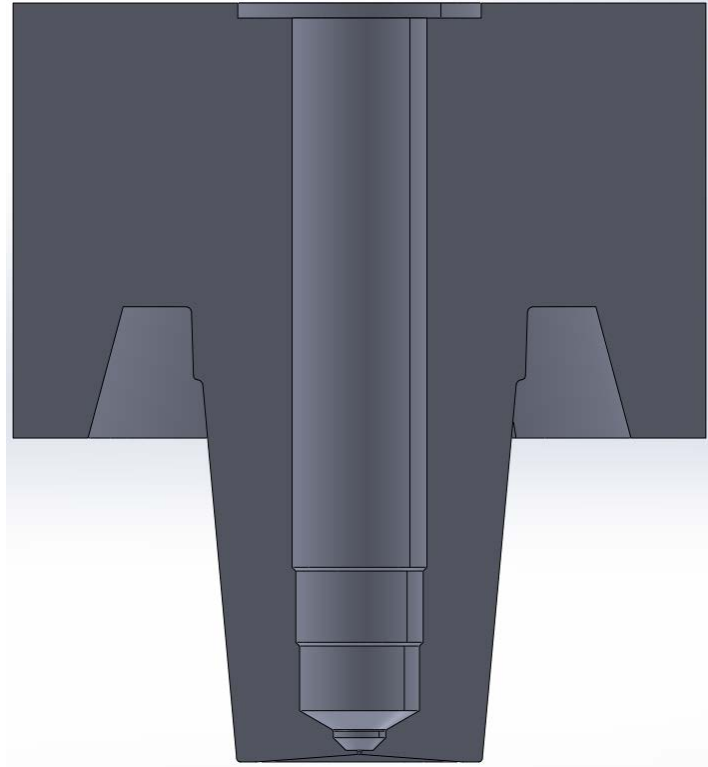


La válvula consta de un casquillo y de una aguja, esta será regulable para poder adaptarse a diferentes situaciones. El funcionamiento de la válvula es muy simple, por el canal de 7 mm habilitado en el lateral del molde y como se puede ver en la imagen anterior, se suministrará aire, el cual pasará por las incisiones del casquillo y posteriormente al canal de la aguja, esta realizará un pequeño retroceso para dejar pasar el aire por el orificio de 0,8 mm a la pieza. Cabe decir que la diferencia de diámetro del canal y de la aguja es de 1 mm, por lo tanto el aire podrá circular sin problemas.

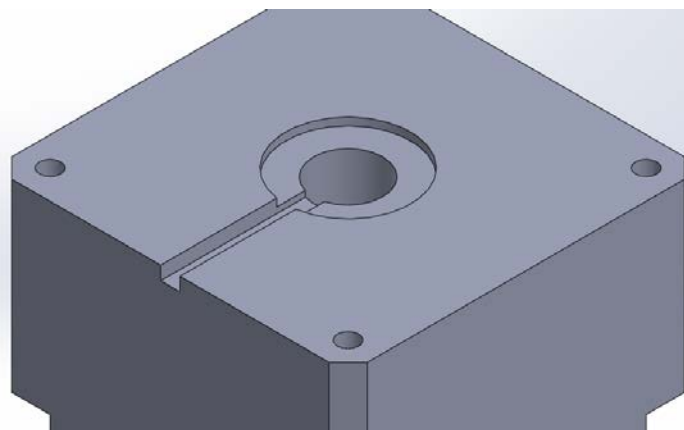
El mecanizado para colocar la válvula se ha realizado siguiendo las recomendaciones y medidas del fabricante.

1.2.9. Boquilla de canal caliente.

Como ya se ha comentado anteriormente, la boquilla irá situada en el macho del molde, concretamente en la parte central. Como se va a utilizar una boquilla de canal caliente, se tendrá que mecanizar su alojamiento en el macho, siguiendo las especificaciones que marca el fabricante, como se puede ver con mas detalle en el ANEXO V.



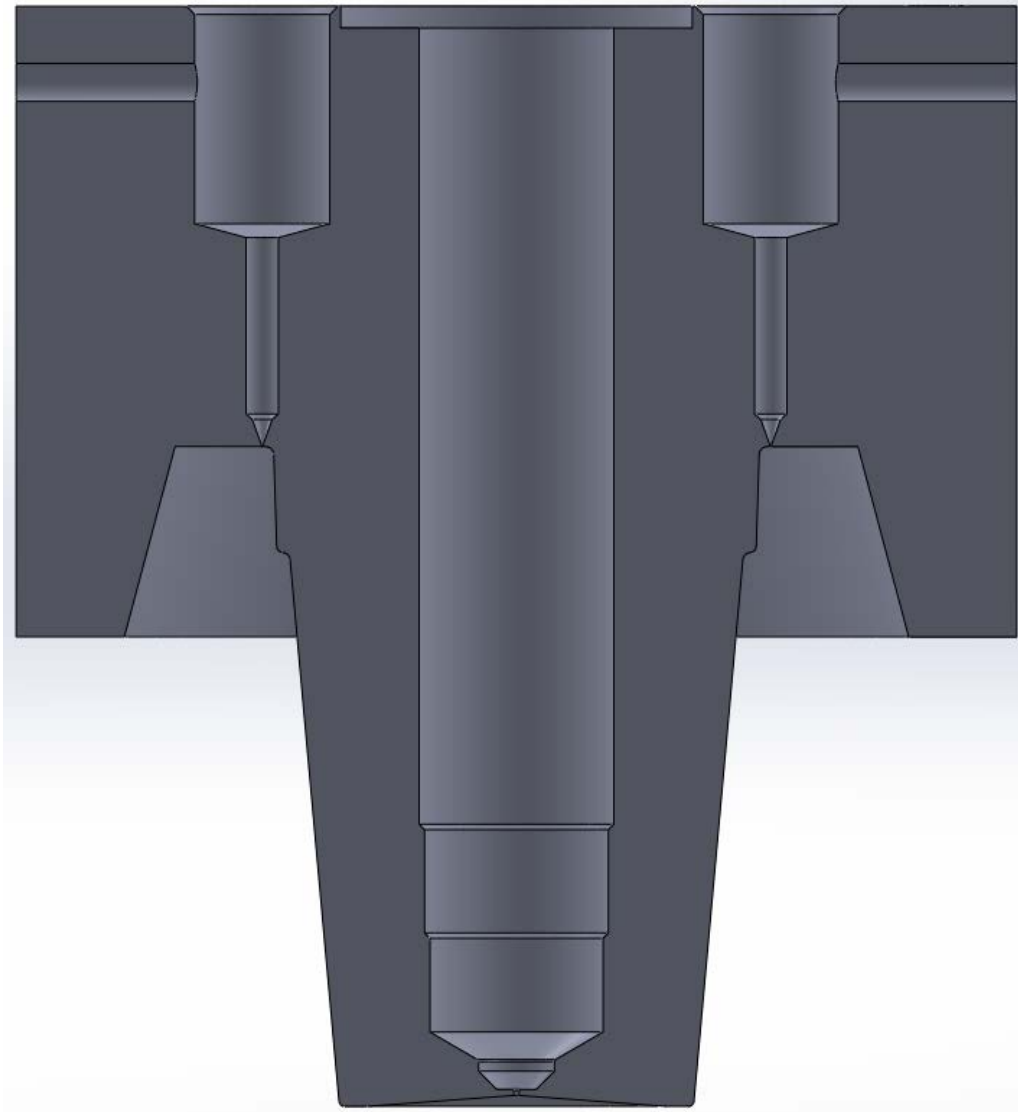
Además también se tendrá que mecanizar un pequeño conducto para el cableado eléctrico de la boquilla, además del alojamiento del anillo centrador de la boquilla.



1.2.10. Expulsores de aire.

Se trata de dos válvulas de aire de aguja situadas en el macho del molde, con el mismo funcionamiento que la válvula de la hembra, su función no será la de expulsar totalmente la pieza del molde, sino la de despegar y separar mínimamente la pieza del núcleo para facilitarle el trabajo al brazo robótico, el cual únicamente tendrá que coger la pieza y retirarla. Por

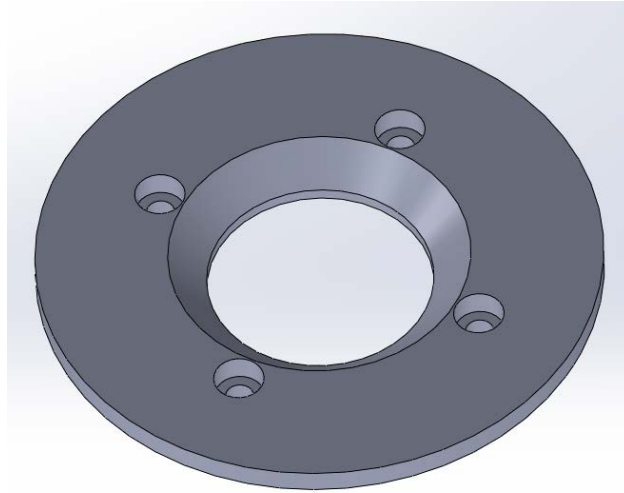
motivos de espacio y para facilitar el mecanizado, se han situado en el reborde superior de la figura como se muestra en la siguiente imagen.



1.2.11. Anillo centrador.

Existen anillos centradores normalizados, pero para este caso se tendrá que modificar algunas medidas, ya que a causa del reducido espacio sería imposible montarlo en el molde, por lo tanto habrá que mecanizarlo. Se han respetado las dimensiones interiores del anillo, ya que son normalizadas para las boquillas, y se han modificado los diámetros exteriores a 90 y 65 mm.

El anillo se situará en el macho del molde, y irá unido al molde mediante tornillos.

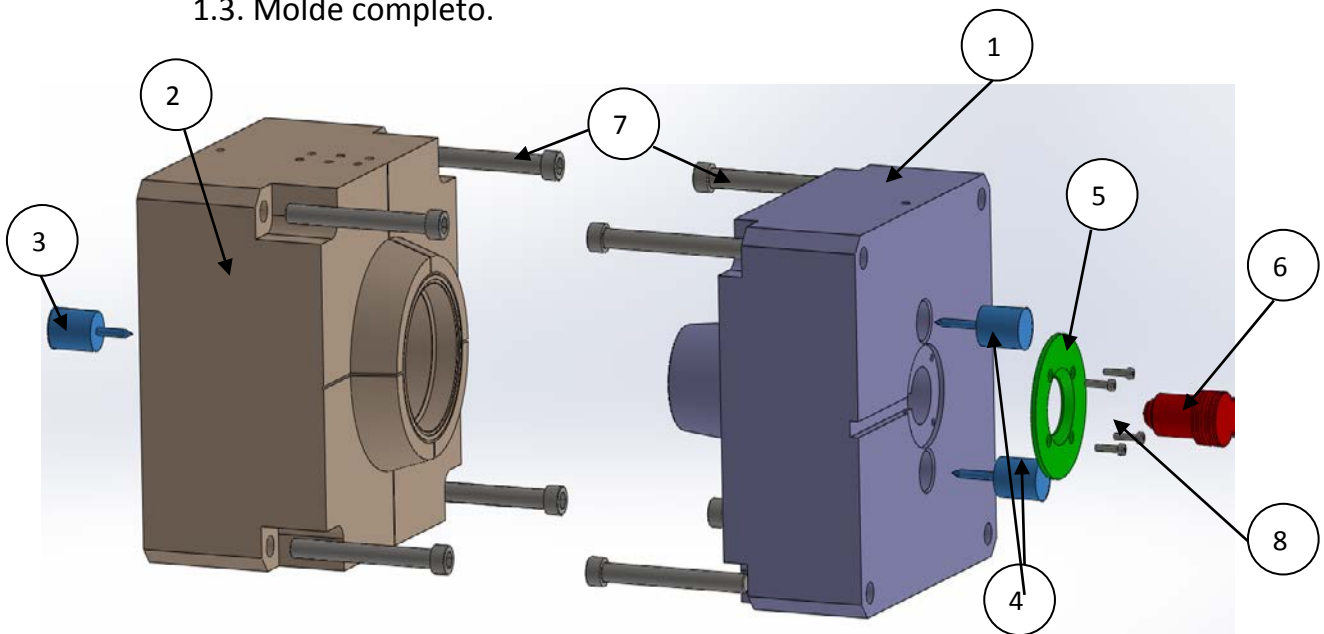


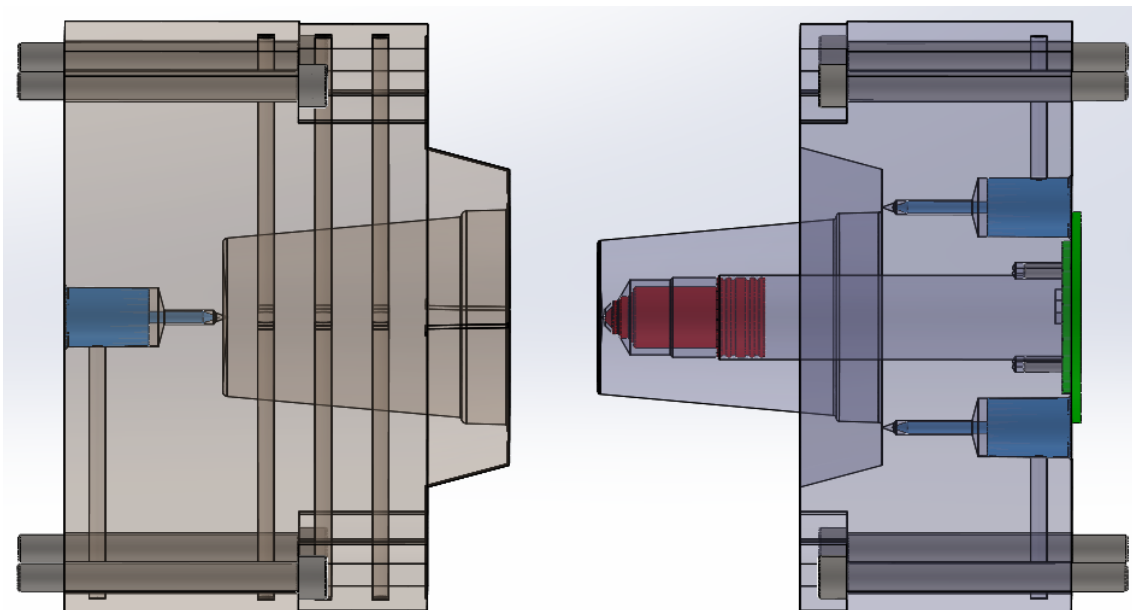
1.2.12. Elementos de fijación.

Finalmente y una vez mostradas todas las partes del molde, queda nombrar un elemento muy importante, los tornillos de fijación. Otro elemento que vendrá normalizado. El molde necesitará de 8 tornillos M12 para la unión del macho y la hembra a la máquina y 4 tornillos M4 para la fijación del anillo centrador.

Más adelante se mostrará una lista con todos los componentes que forman el molde.

1.3. Molde completo.





1.4. Lista de las piezas.

Nº	Definición	Material	Norma/Fabricante	Cantidad
1	Placa fija/Núcleo	Moldmax HH		1
2	Placa móvil/Cavidad	Moldmax HH		1
3	Válvula cavidad		Sebastian Fustel	1
4	Válvula expulsora		Sebastian Fustel	2
5	Anillo centrador	1.1730		1
6	Boquilla canal caliente		MHS	1
7	Tornillo Allen M12x120		ISO 4762	8
8	Tornillo Allen M4x20		ISO 4762	4

**ANEXO V:
SELECCIÓN DEL
SISTEMA DE CANAL
CALIENTE.**

Índice:

1. SISTEMAS CANAL CALIENTE.	2
2. SELECCIÓN DE LA BOQUILLA.	2
2.1. Datos a tener en cuenta.	2
2.2. Modelos de boquilla disponibles (MHS).	2
2.3. Selección del modelo de boquilla.	4
2.4. Selección de la punta de la boquilla.	5
2.5. Dimensiones para el acoplamiento de la boquilla y diámetro de la punta.	5

1. SISTEMAS CANAL CALIENTE.

Los sistemas de colada caliente han sido diseñados para permitir el moldeo de piezas sin la generación de "mazarotas" o "coladas". Aplicados correctamente, ofrecen un menor consumo de materias primas y una menor pérdida de presión en comparación con los sistemas de canales que se solidifican en cada ciclo. De esta forma, con sistemas de canal caliente se pueden inyectar piezas extremadamente grandes. Se puede aprovechar mejor el volumen de una máquina de inyección. En este sentido se puede reducir el tiempo de llenado, lo cual significa una reducción del tiempo de ciclo.

El objetivo de todo sistema de colada caliente es el de distribuir el material desde la válvula de inyección de la máquina hasta cada compuerta de acceso a las cavidades del molde, minimizando los posibles efectos adversos a las propiedades del material.

2. SELECCIÓN DE LA BOQUILLA.

2.1. Datos a tener en cuenta.

Para seleccionar el tipo de cámara caliente, debemos de tener en cuenta los siguientes datos de la pieza:

- Peso pieza: *29.7 g*
- Espesor: *1 mm*
- Nº cavidades: *1*
- Material: *PP Moplen HP648T*

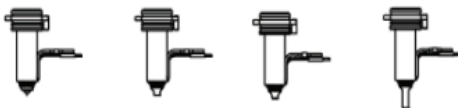
2.2. Modelos de boquilla disponibles (MHS).

Vamos a utilizar la marca MHS ya que ofrece en su catálogo una solución global que incluye todos los elementos necesarios para el diseño. A continuación se puede ver todos los modelos que ofrece:

N04
Sección 0



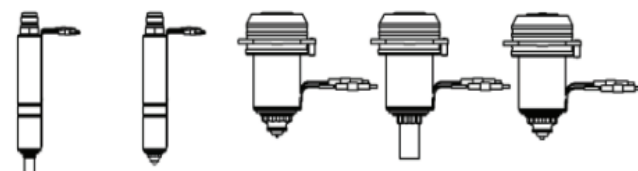
N05
Sección 1



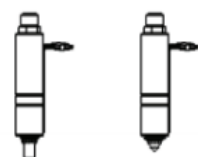
N08
Sección 2



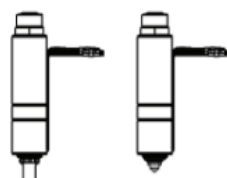
N12
Sección 3



N16
Sección 4



N20
Sección 5



N30

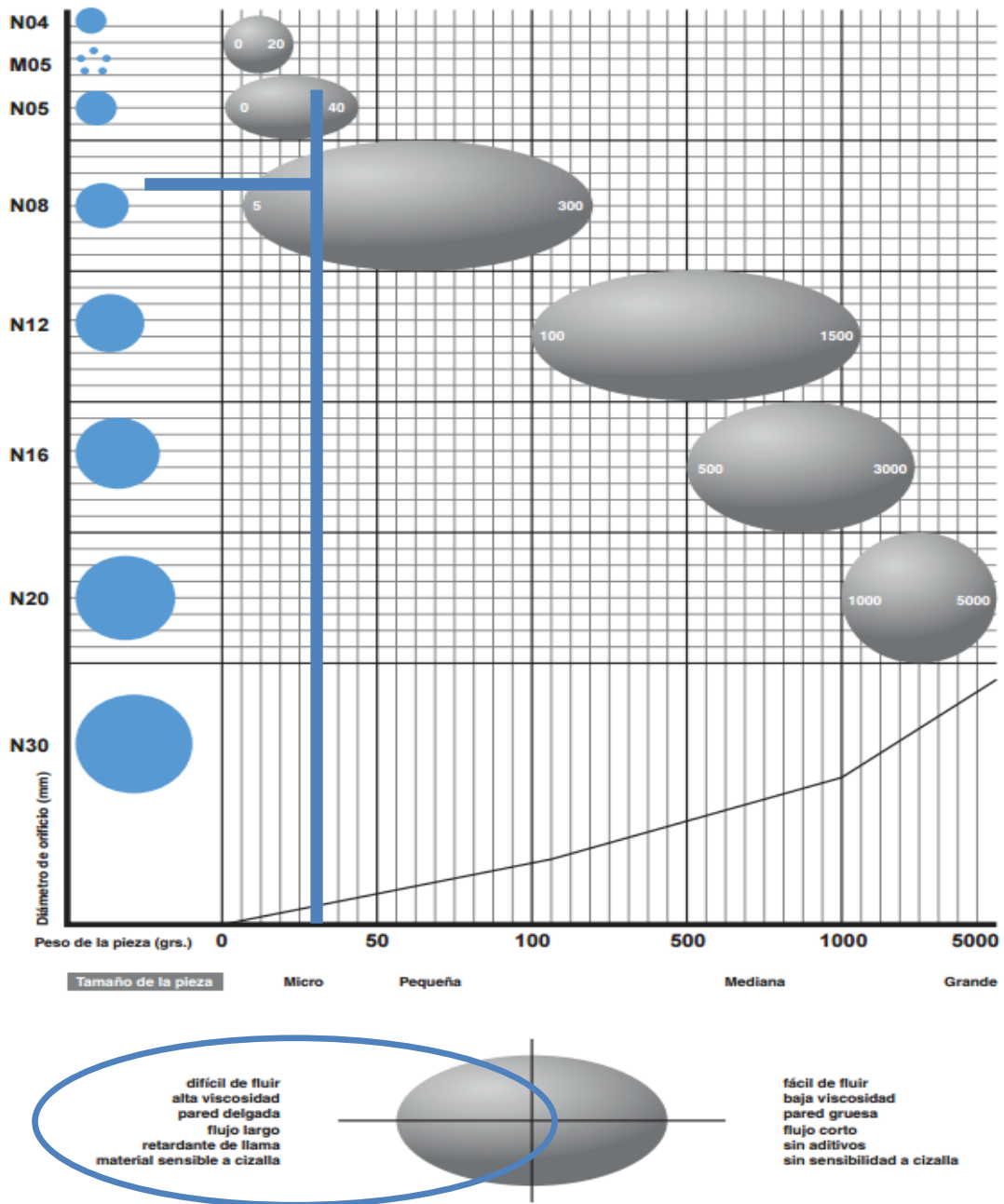


M05
Sección 7



2.3. Selección del modelo de boquilla.

Primero y mediante el peso de la pieza y las características de la pieza, se seleccionará el modelo de la boquilla de inyección:



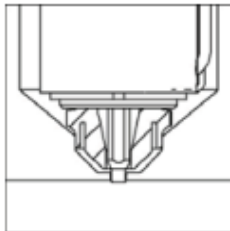
Se ha elegido la boquilla **N08**, ya que las restricciones de la pieza lo imponen.

2.4. Selección de la punta de la boquilla.

Seguidamente se seleccionará el modelo de la punta de la boquilla mediante la siguiente tabla:

Boquilla	Índice de Fluidez		Estilo de punta	Referencia de la punta	PPO PEI PMMA ABS, SAN, SB, PS PES PSU PVC blando PC TPU	PE PP LCP PA PET PBT PPS PEEK POM
	Alto	Bajo				
N08	Alto	50	de Cierre	Boquilla de inmersión	VFT2	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
	Medio	30		Boquilla de burbuja	VFT1	● ● ● ● ● ● ● ●
	Abierta	10	Exceso para acabado	RFT4	● ● ● ● ● ● ● ●	
			Punta para hoyuelo	RFT3	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	
			Punta plana	RFT2	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	
		Punta burbuja	RFT1	● ● ● ● ● ● ● ●		

Como se puede ver, las boquillas recomendadas de la gama N08 para PP son la VFT1, RFT4 Y RFT1. Al disponer de un índice de fluidez alto para la inyección, se seleccionará finalmente la boquilla **VFT1**.



VFT1

Boquilla con versión punta de burbuja. Apropiaada para el moldeo de ciclos rápidos, piezas de pared delgada y óptimo acabado de superficie.

2.5. Dimensiones para el acoplamiento de la boquilla y diámetro de la punta.

Cabe decir que las dimensiones de la punta de la boquilla que se muestran a continuación serán respetadas en el diseño del molde para su correcta posterior instalación. Por otro lado, las dimensiones de diámetro del cuerpo de la boquilla que se muestran también a continuación, se adaptarán al diseño del molde, ya que como al estar situada la boquilla en la parte del macho complicará en grandes rasgos su mecanizado.

3. CÁLCULOS.

Índice:

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. DATOS.....	2
2.1. Datos de la pieza.	2
2.2. Datos del material.	3
2.3. Datos de la máquina.....	3
2.4. Otros datos.....	3
3. CÁLCULOS.....	3
3.1. Masa a inyectar.	3
3.2. Capacidad de inyección del PP en la máquina.	3
3.3. Presión de inyección.	4
3.4. Fuerza de cierre.....	6
3.5. Tiempo de enfriamiento.....	7
3.6. Tiempo de ciclo de inyección total.....	8
3.7. Calor a eliminar.	8
3.8. Disposición de los canales de refrigeración.	10
3.9. Otros cálculos.	10
3.9.1. Tiempo de llenado.....	10

1. INTRODUCCIÓN.

En este apartado llevaremos a cabo los cálculos necesarios para definir el proceso de inyección, teniendo en cuenta los rangos de trabajo de la máquina de inyección, la geometría del molde y el material utilizado.

Una correcta definición de los parámetros de fabricación es de vital importancia para optimizar el proceso productivo, reduciendo los tiempos por pieza, costes de máquina y material o incluso evitar averías a largo plazo. Además de garantizar la calidad final de la pieza.

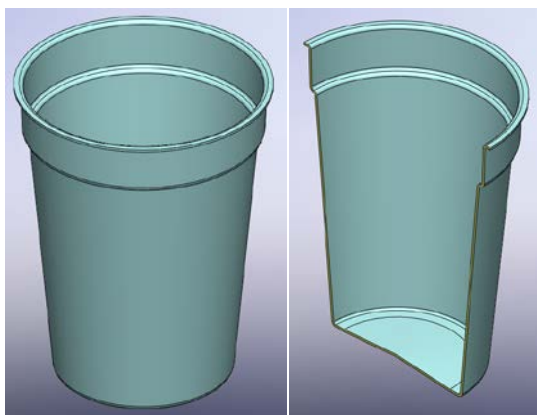
También cabe decir que varios de los resultados obtenidos son una aproximación a los reales, puesto que las variables usadas dependen de la temperatura, y esta se supone constante. Estos resultados a pesar de ser aproximaciones, serán de gran ayuda para el diseño y selección de los diferentes elementos que componen el conjunto.

Para la comprobación y verificación de los datos, se ha usado un simulador de inyección de plásticos llamado SolidWorks PLASTICS.

2. DATOS.

2.1. Datos de la pieza.

Pieza Vaso para yogurt:



- Volumen: 33 cm^3
- Diámetro superior: 95 mm
- Diámetro inferior: 66 mm
- Altura: 120 mm
- Espesor: 1 mm

2.2. Datos del material.

- Material a inyectar:	<i>Moplen HP648T</i>
- Densidad:	<i>0.9 g/cm³</i>
- Conductividad térmica:	<i>0.22 W/m·K</i>
- Capacidad calorífica:	<i>1900 J/K·kg</i>
- Temperatura adecuada del molde:	<i>35 °C</i>
- Temperatura de procesado:	<i>255 °C</i>
- Temperatura media de desmoldeo:	<i>100 °C</i>
- Difusividad:	<i>0.7·10³ cm²/s</i>

2.3. Datos de la máquina.

- Capacidad mínima de la máquina para PS:	<i>45 g</i>
- Tiempo de ciclo (abrir - cerrar):	<i>0.9 s</i>

2.4. Otros datos.

- Densidad del PS:	<i>1.05 g/cm³</i>
- Calor específico del agua:	<i>4.18 J/g</i>
- Tiempo de llenado de la pieza (Programa inf.):	<i>1.1 s</i>

3. CÁLCULOS.

3.1. Masa a inyectar.

Para calcular la masa a inyectar en el molde, se tomarán el volumen de la pieza y la densidad del material con la que se fabricará, en este caso el Moplen HP648T. Como el molde es de una cavidad y carecerá de canales de distribución, estos datos no se tendrán en cuenta.

$$M_{pieza} = V \cdot \rho$$

$$M_{pieza} = 33(\text{cm}^3) \cdot 0.9(\text{g}/\text{cm}^3) = \mathbf{29.7\text{g}}$$

3.2. Capacidad de inyección del PP en la máquina.

Ya que la inmensa mayoría de las maquinas, traen en sus catálogos la capacidad de inyección medida para el poliestireno, en gramos. Se va a proceder a calcular esa capacidad

para el material que se va a usar, en este caso el polipropileno, ya que esta capacidad de las maquinas puede variar para diferentes materiales.

La fórmula siguiente permite calcular esta capacidad:

$$Ci_{PP} = \frac{Ci_{PS} \cdot \rho_{PP}}{\rho_{PS}}$$

Donde:

Ci_{PP} = Capacidad de inyección para el polipropileno

Ci_{PS} = Capacidad mínima de inyección para el poliestireno

ρ_{PP} = Densidad del PP

ρ_{PS} = Densidad del PS

$$Ci_{PP} = \frac{45(g) \cdot 0.9(g/cm^3)}{1.05(g/cm^3)} = \mathbf{38.6g}$$

3.3. Presión de inyección.

Es el parámetro que más contribuye al llenado correcto del molde y determinante también en la fuerza de empuje que tratara de abrir el molde.

Su valor dependerá de la masa a inyectar, es decir, el volumen de la cavidad, la geometría de la cavidad, la viscosidad del material y el recorrido de fluidez máximo. El valor que se obtendrá será aproximado, y se necesitará la ayuda del simulador informático, que proporcionará un resultado mas preciso.

Primero debemos calcular el recorrido máximo del flujo de material, es decir, la distancia desde la boquilla de alimentación hasta el punto más alejado dentro de la cavidad:

En este caso el punto más alejado de la boquilla corresponde a la altura de la pieza, por lo tanto el flujo tendrá que recorrer **120 mm**.

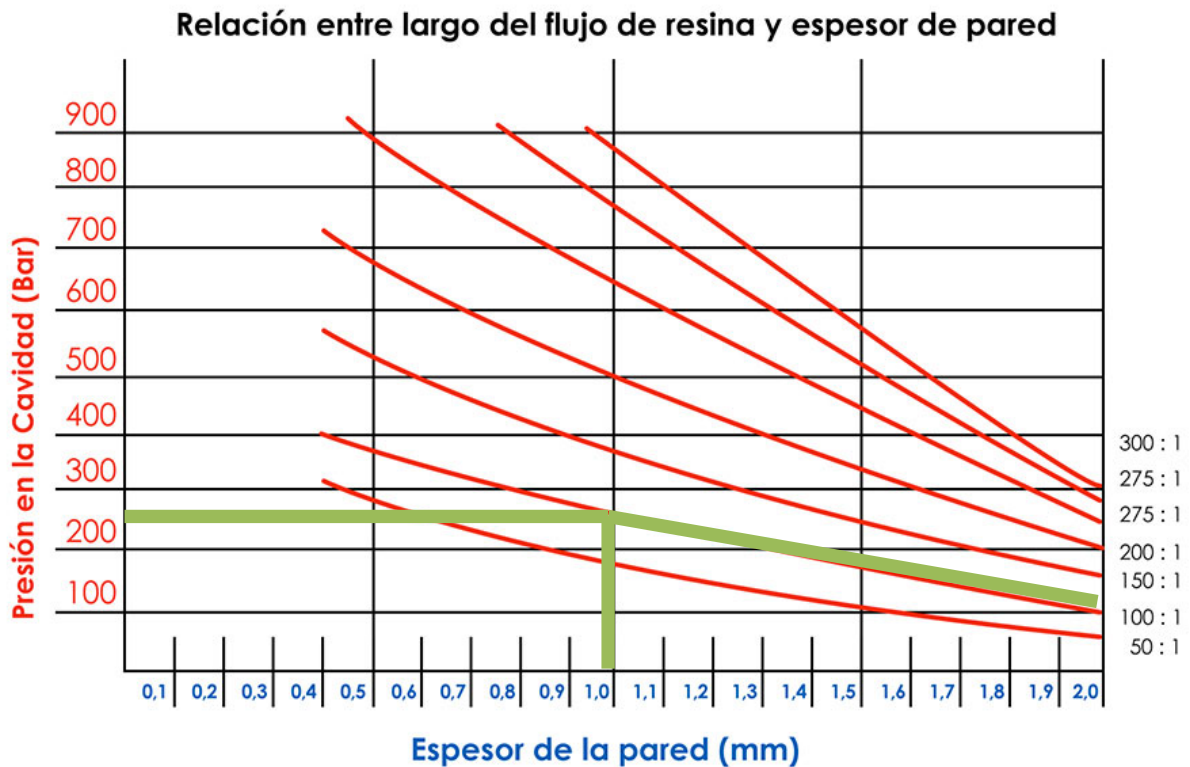
Una vez obtenido el recorrido de flujo máximo tenemos que calcular la relación de flujo, entre el recorrido de flujo y el espesor de pared:

$$RF = \text{Recorrido flujo} / \text{Espesor de pared}$$

$$RF = 120/1 = \mathbf{120}$$

Por lo tanto la relación de flujo es de **120:1**

Con la relación de flujo y el espesor de pared, entramos en la siguiente tabla cuyas curvas establecen una relación entre el espesor de pared y la relación de flujo, para obtener una presión mínima de llenado en la cavidad:

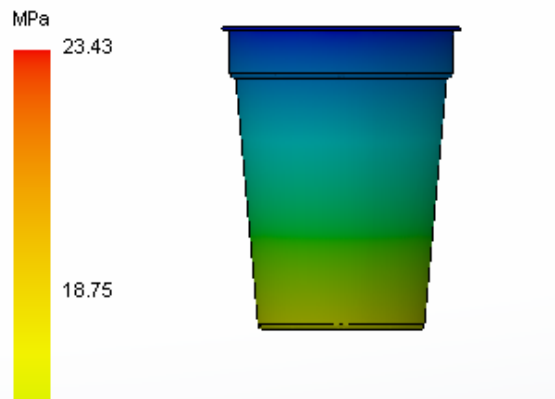


Se obtiene una presión en la cavidad aproximadamente de **250 bar**, o **25 MPa**. Es recomendable usar un factor de corrección en relación a la viscosidad del material. Para el polipropileno el factor es de 1, por lo tanto la presión en la cavidad será de 25 MPa. Con esta presión se llenará el 95% de la cavidad, para el llenado completo se necesitara la segunda presión o pospresión.

Tiene como objetivo mantener bajo presión al material fundido durante la solidificación y contracción en la cavidad del molde.

Como normal general se recomienda que esta presión sea de un 30-60% de la presión de inyección. Por lo tanto esta presión será de **7.5 - 15 MPa**.

En la simulación de la inyección realizada en el programa informático, se obtiene una presión de **23.43 MPa**.

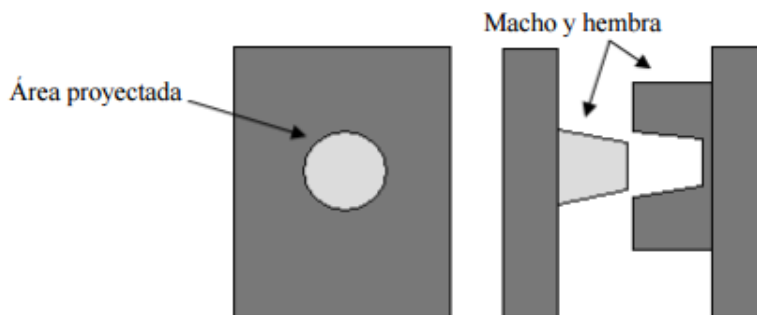


3.4. Fuerza de cierre.

Para verificar si la fuerza de cierre que la máquina de inyección debe ejercer sobre el molde durante el proceso de inyección sea suficiente, debemos calcular la superficie proyectada de la pieza sobre la cara de la placa móvil que ajusta contra la placa fija del molde. Es recomendable que la fuerza de cierre máxima de la máquina que utilicemos, sea un 20% superior a la necesaria para el llenado de la cavidad.

El método para calcular la fuerza de cierre es simple, multiplicando la superficie proyectada de la cavidad por la presión en la cavidad, que calculamos en el punto anterior.

Primero obtenemos la superficie proyectada de la cavidad. Para nuestra pieza, un vaso de 95 mm diámetro superior, podemos obtener fácilmente el área proyectada:



$$A_p = \pi \cdot r^2$$

$$A_p = \pi \cdot \left(\frac{9.5(\text{cm})}{2}\right)^2 = 70.9\text{cm}^2$$

A partir de este dato y la presión de llenado obtenida anteriormente, podemos indicar la fuerza de cierre necesaria para nuestro molde:

$$F_c = P \cdot A_p$$

Donde:

F_c = Fuerza de cierre

P = Presión de llenado

A_p = Superficie proyectada

$$F_c = 25 \cdot 10^6(\text{Pa}) \cdot 7.09 \cdot 10^{-3}(\text{m}^2) \cdot \frac{1(\text{kg})}{9.91(\text{N})} \cdot \frac{1(\text{Tn})}{1000(\text{kg})} = 17.9\text{Tn}$$

La fuerza necesaria calculada es de 17.9 Tn, y como se había dicho anteriormente, es recomendable tener un margen de un 20% sobre la fuerza mínima. Por lo tanto:

$$17.9(\text{Tn}) + \frac{20 \cdot 17.9}{100} = 21.5\text{Tn}$$

3.5. Tiempo de enfriamiento.

Se inicia en el momento que concluye la inyección y termina con la apertura del molde, es la etapa más larga de todo el ciclo llegando a suponer el 85% del tiempo de ciclo. Depende de factores como la refrigeración del molde, geometría y espesor de la pieza o el material a inyectar.

Podemos calcular el tiempo aproximado que llevara a la pieza solidificarse completamente mediante la siguiente ecuación:

$$TF = \frac{e_{m\acute{a}x}^2}{\pi^2 \cdot \alpha_n} \cdot \ln \left[\frac{8(T_c - T_{mold})}{\pi^2(T_{exp} - T_{mold})} \right]$$

Donde:

TF = tiempo de enfriamiento (s)

$e_{m\acute{a}x}$ = espesor maximo de la pieza (mm)

α_n = difusividad térmica del material (mm²/s)

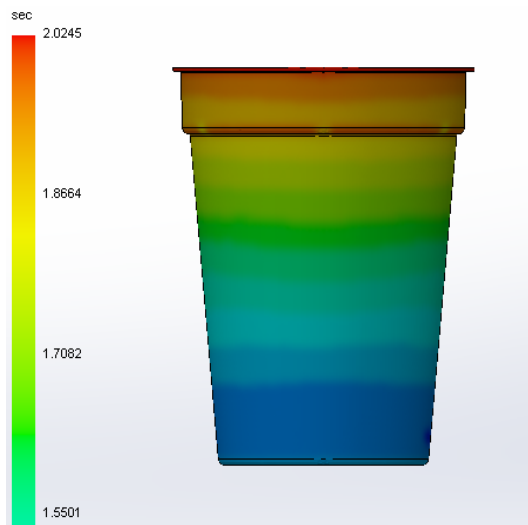
T_{exp} = temperatura media de desmoldeo (°C)

T_{mold} = temperatura del molde (°C)

T_c = temperatura del material (°C)

$$TF = \frac{1^2}{\pi^2 \cdot 0.07} \cdot \ln \left[\frac{8(255 - 35)}{\pi^2(100 - 35)} \right] = \mathbf{1.45 \text{ s}}$$

Se obtiene un tiempo de enfriamiento aproximado de 1.45 segundos. Después de analizarlo en el programa, se observa un tiempo de 2.02 s.



3.6. Tiempo de ciclo de inyección total.

Para calcular el tiempo de ciclo total, se necesitan los tiempos de llenado y enfriamiento, además del tiempo que tarda la maquina en abrir y cerrar el molde. Se utilizaran los tiempos obtenidos del programa informático para una mayor exactitud:

$$Tt = T_E + T_{LL} + T_M$$

Donde:

Tt = Tiempo de ciclo total

T_E = Tiempo de enfriamiento

T_{LL} = Tiempo de llenado

T_M = Tiempo de ciclo de la máquina

$$Tt = 2.02 + 1.1 + 0.9 = \mathbf{4.04s}$$

3.7. Calor a eliminar.

El calor que el molde debe disipar, depende de la masa de moldeo, de la temperatura de elaboración y de la temperatura media de desmoldeo.

La fórmula que nos da su valor es:

$$Q = \frac{h_s \cdot m}{T_t}$$

Donde:

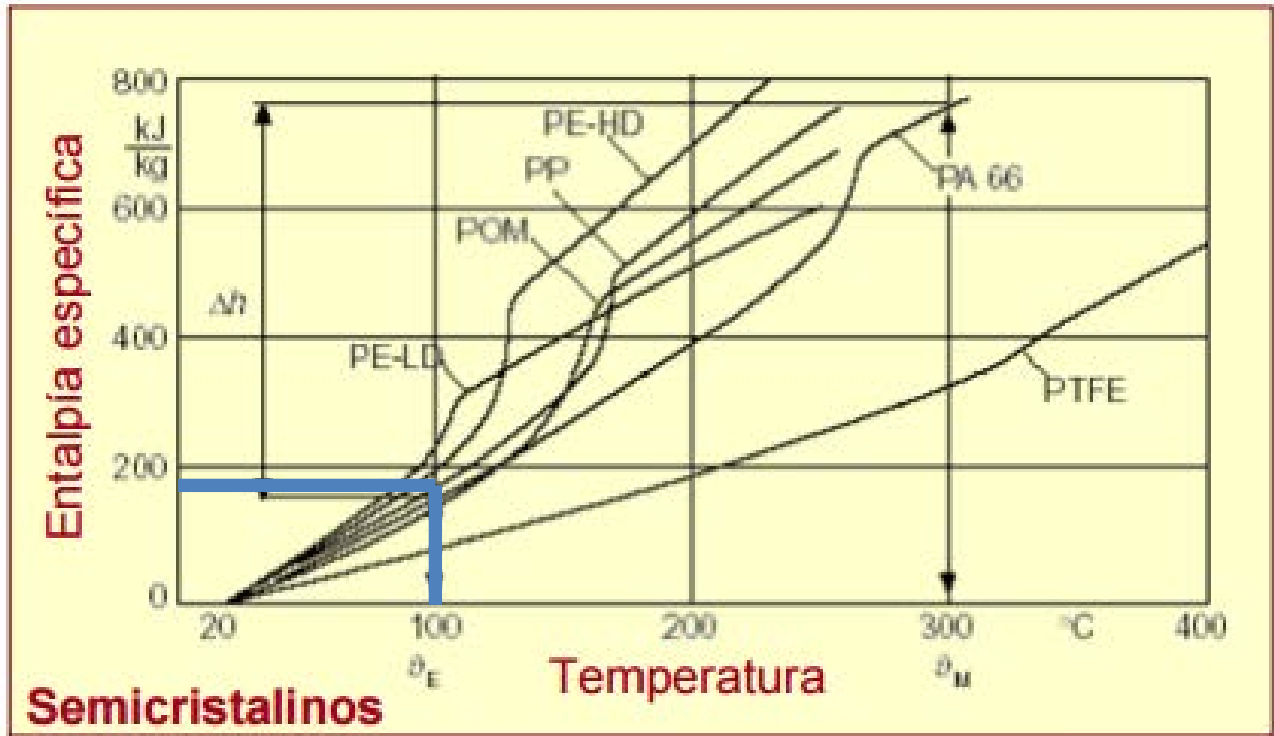
Q = calor a disipar (cal/s)

h_s = entalpía específica

m = masa de polímero a inyectar (kg)

T_t = tiempo de ciclo total (s)

Para obtener la entalpia específica, se utilizará la siguiente tabla con la curva para el polipropileno.



Aproximadamente la entalpia específica ronda los 170 kJ/kg. Por lo tanto:

$$Q = \frac{170 \cdot 0.0297}{4.04} = 1.25 \frac{\text{cal}}{\text{s}} = 5.22 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

La cantidad de agua necesaria para poder disipar este calor es la siguiente:

$$m_{H_2O} = \frac{Q \cdot T_t}{C_{H_2O}}$$

Donde:

C_{H_2O} = calor específico del agua (J/g)

$$m_{H_2O} = \frac{5.22 \cdot 4.04}{4.18} = 5g$$

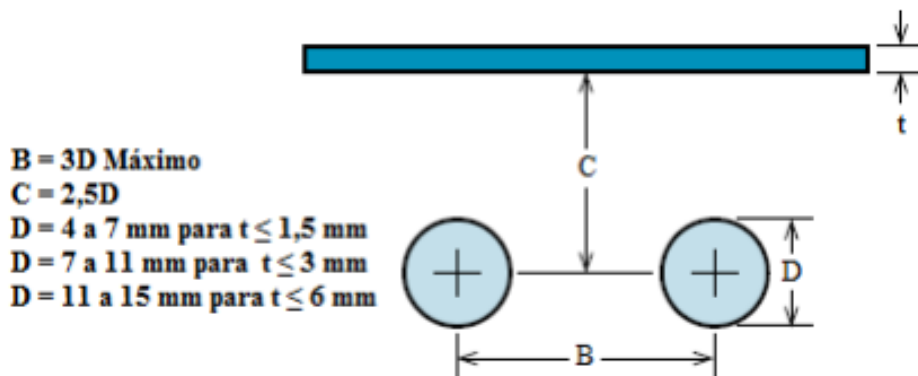
Luego el caudal másico será:

$$Q_M = \frac{m_{H_2O}}{T_t} = \frac{5}{4.04} = 1.25 g/s$$

3.8. Disposición de los canales de refrigeración.

Para concretar el tamaño ideal para los canales de refrigeración, se recomienda elegirlo dependiendo del espesor de la pieza. Una vez se tiene el tamaño del conducto de refrigeración se podrá pasar a obtener otras medidas importantes para su colocación, como la separación entre "canal - canal" óptima, y la distancia de "canal - cavidad" del molde.

Mediante las siguientes recomendaciones se podrá optimizar la colocación de estos canales:



$$t = 1 \text{ mm} \longrightarrow D = 4 \text{ a } 7 \text{ mm} \longrightarrow D = 7 \text{ mm}$$

$$B = 3D_{\text{máx}} = 3 \cdot 7 = 21 \text{ mm}$$

$$C = 2.5D = 2.5 \cdot 7 = 17.5 \text{ mm}$$

3.9. Otros cálculos.

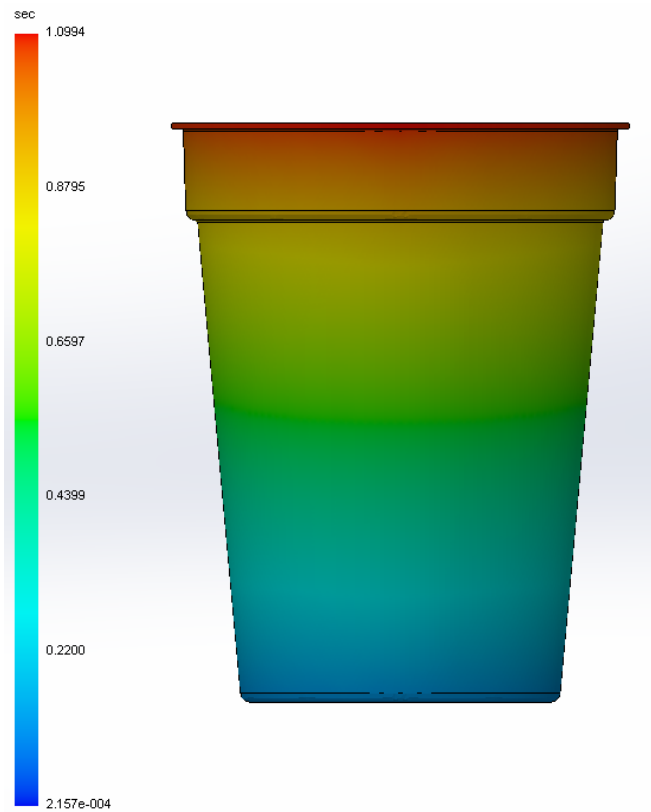
Como se ha comentado anteriormente el uso del programa SolidWorks PLASTICS ha facilitado enormemente la obtención de elementos como la presión, fuerza de cierre o tiempo de enfriamiento.

Sin embargo, con el programa se puede entrar más en profundidad en las opciones que ofrece, se pueden obtener otros datos muy valiosos.

El programa ofrece la opción de generar un análisis con su posterior informe, a continuación veremos los datos más relevantes obtenidos para la pieza.

3.9.1. Tiempo de llenado.

El tiempo de llenado es un dato crucial para diseñar correctamente el ciclo. Dado que la pieza se fabricará en grandes cantidades, un tiempo bajo de llenado es imprescindible para que el destinatario final del molde pueda ser competitivo en el mercado.



Como se puede ver, el tiempo de llenado obtenido en el programa es de **1.09 s**, el cual es un tiempo aceptable.

4. - PLANOS

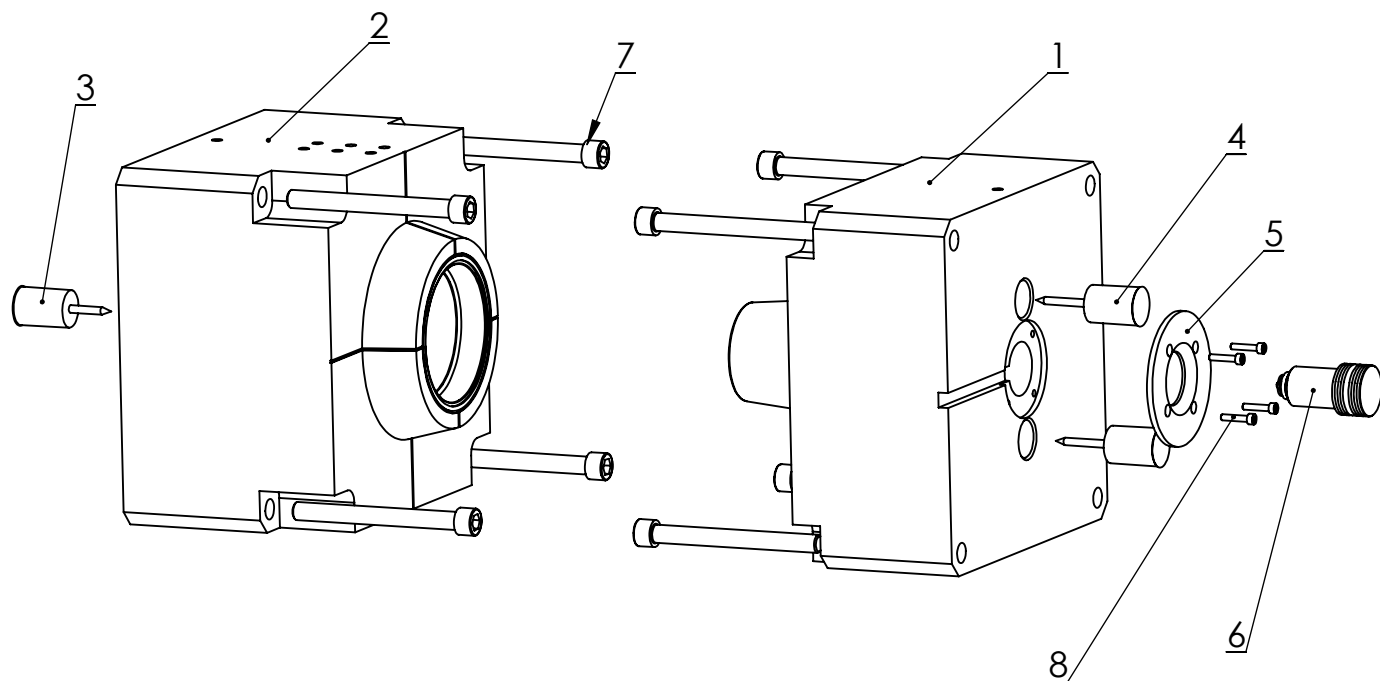
Índice:

1. LISTA DE PLANOS.....	2
2. PLANOS.....	2

1. LISTA DE PLANOS.

- 1.1. Vista conjunto
- 1.2. Plano placa fija/núcleo 1
- 1.3. Plano placa fija/núcleo 2
- 1.4. Plano placa móvil/cavidad 1
- 1.5. Plano placa móvil/cavidad 2
- 1.6. Anillo centrador

2. PLANOS.

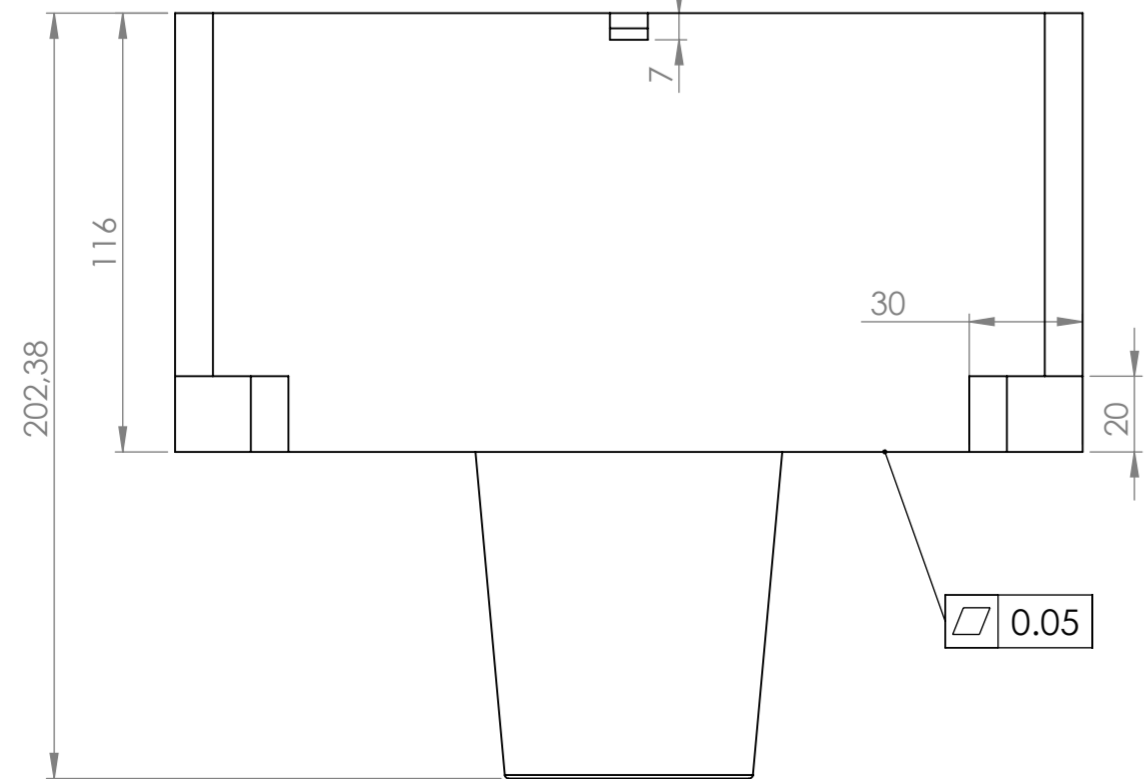
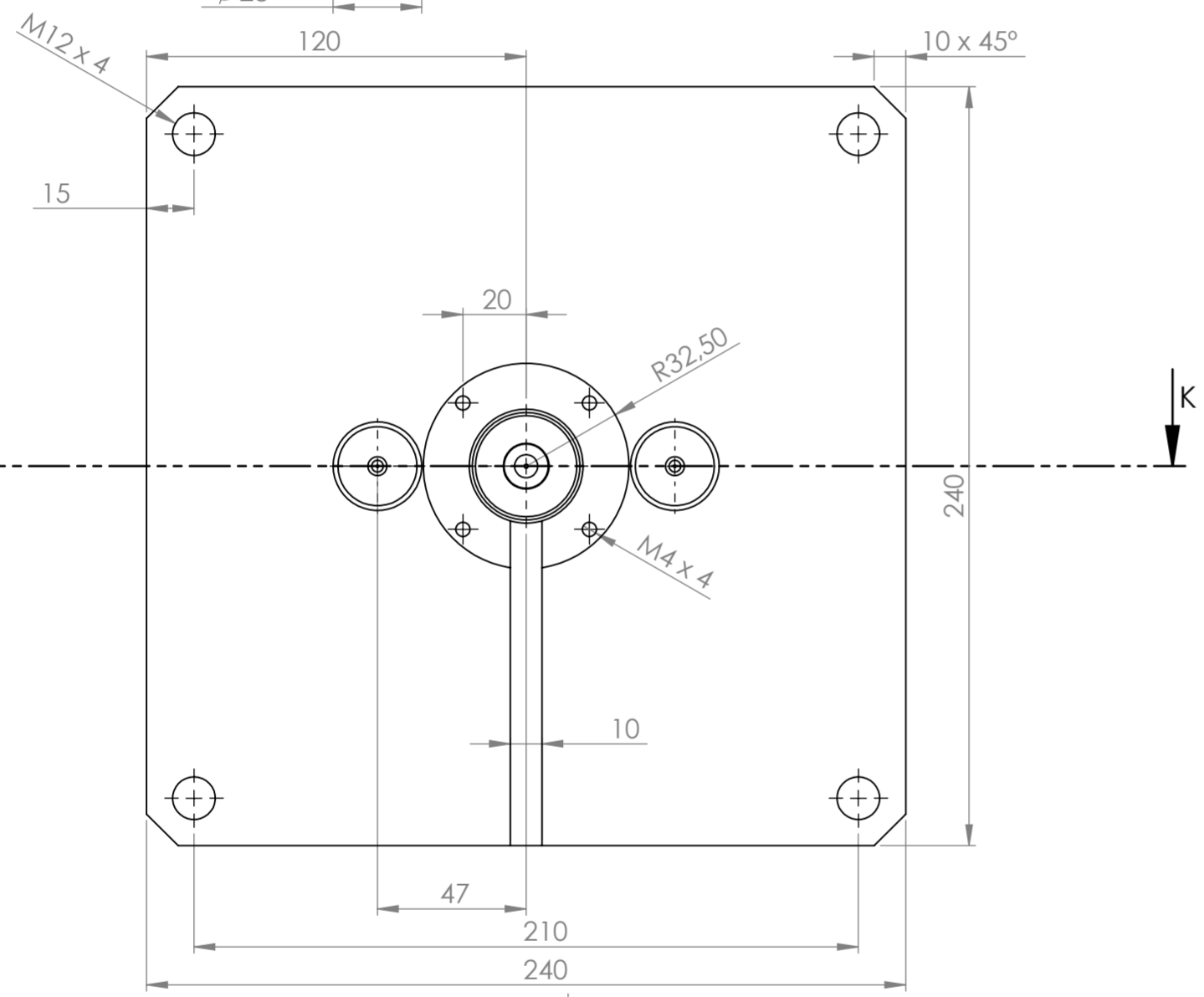
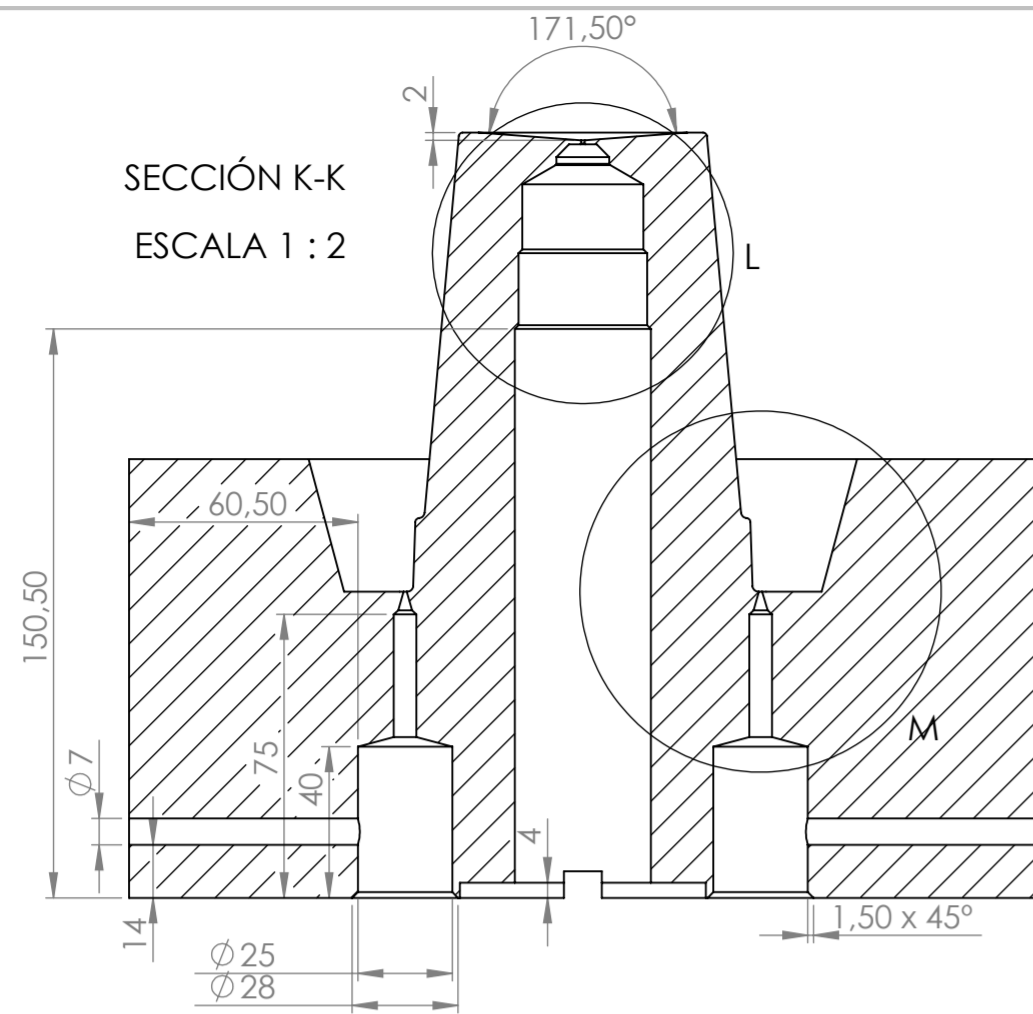


N.º	Defenición	Material	Cantidad	Norma/Fabricante
1	Placa fija/Núcleo	Moldmax HH	1	
2	Placa móvil/Cavidad	Moldmax HH	1	
3	Válvula cavidad		1	Sebastian Fustel
4	Válvula expulsora		2	Sebastian Fustel
5	Anillo centrador	1.1730	1	
6	Boquilla canal caliente		1	MHS
7	Tornillo Allen M12x120		8	ISO 4762
8	Tornillo Allen M4x20		4	ISO 4762

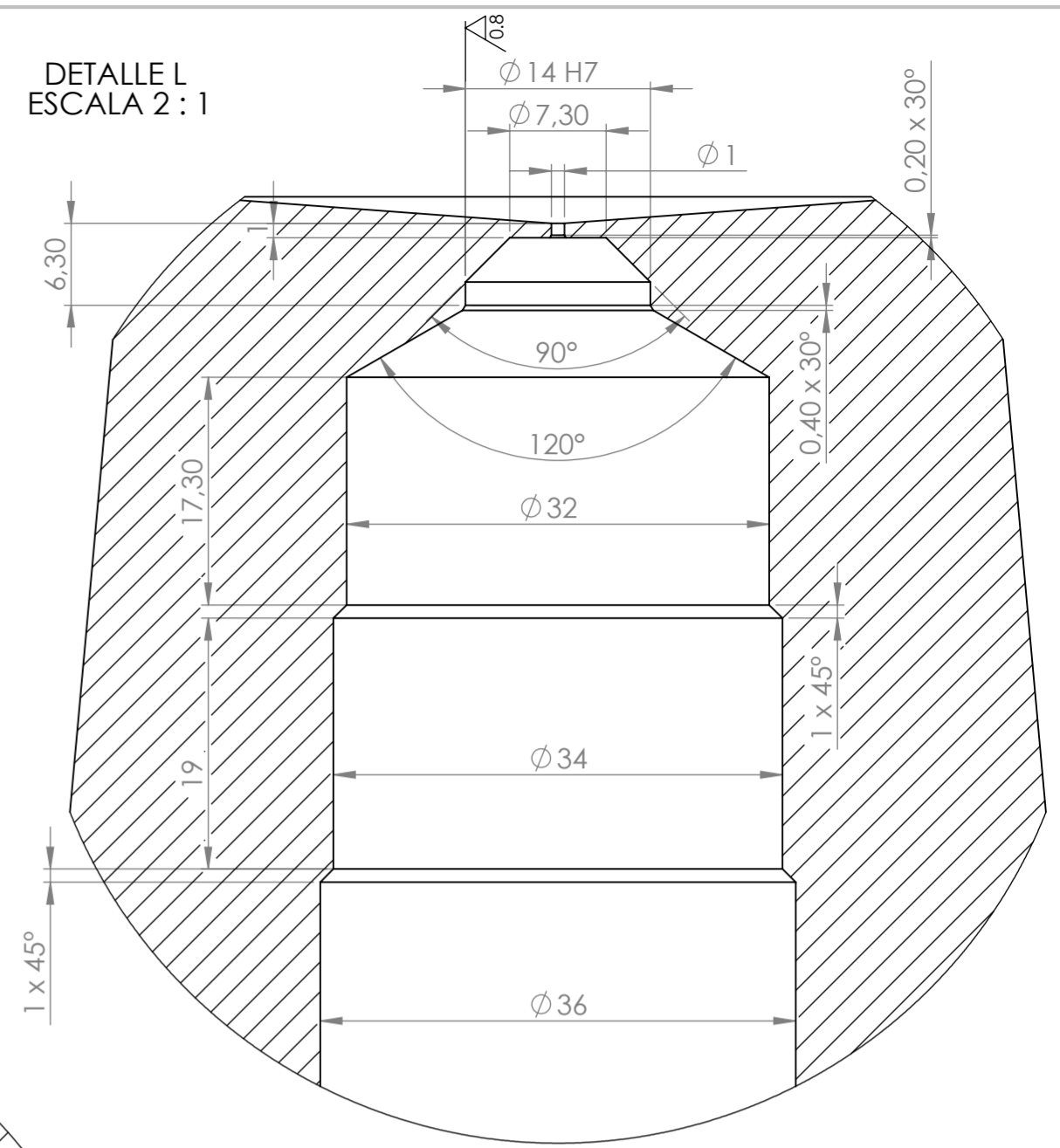
Proyecto final de carrera: Diseño y fabricación de un molde de inyección para envases de uso alimentario.		Escuela Politécnica Superior Alcoy		
Dibujado Ramón Baeza		TITULO Lista de materiales		
Revisado	FECHA	fmo A4	Nº PLANO 1	REV
Diseñado Ramón Baeza	FECHA	ESCALA 1:5		HOJA 1/1

1.2

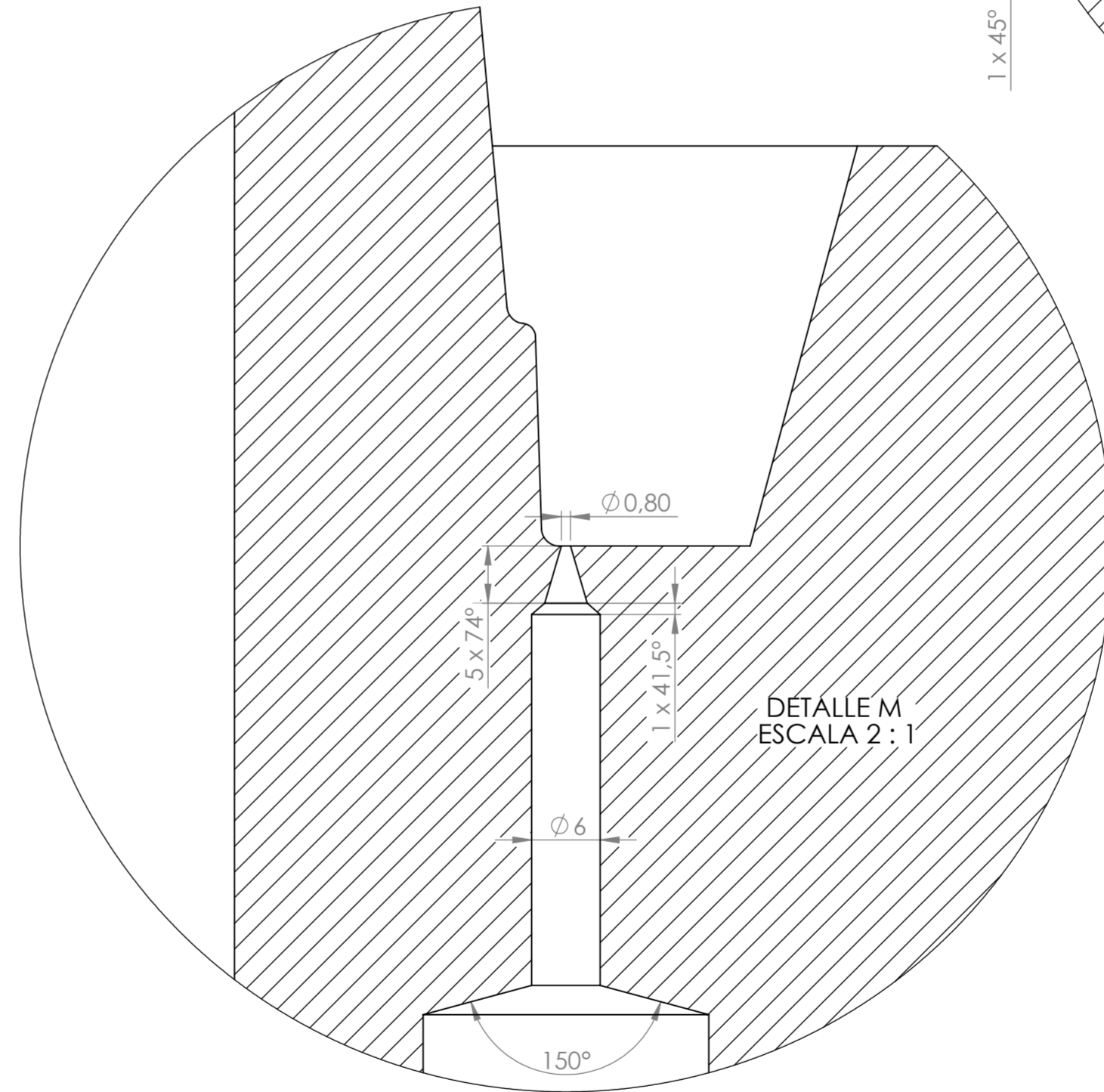
SECCIÓN K-K
ESCALA 1:2



DETALLE L
ESCALA 2:1



DETALLE M
ESCALA 2:1

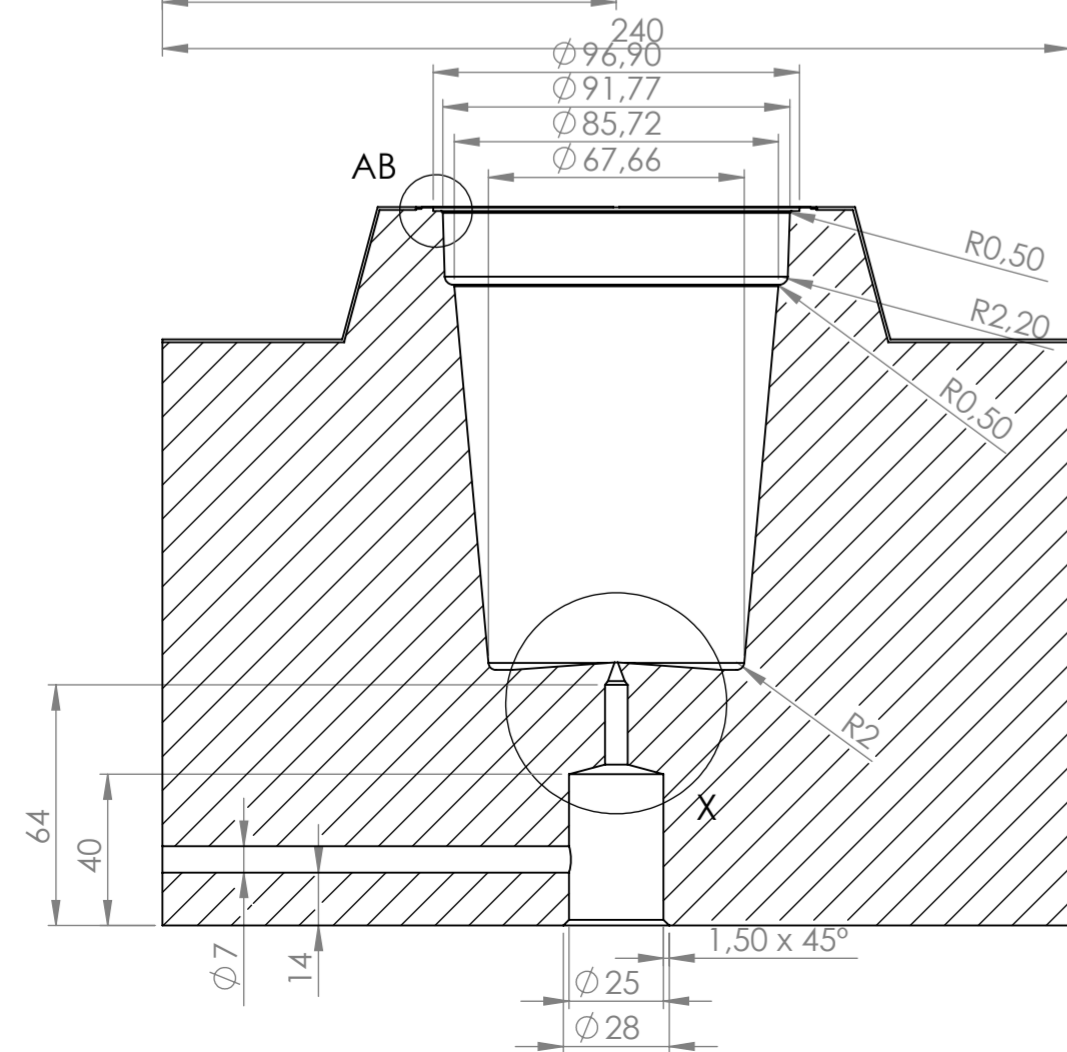
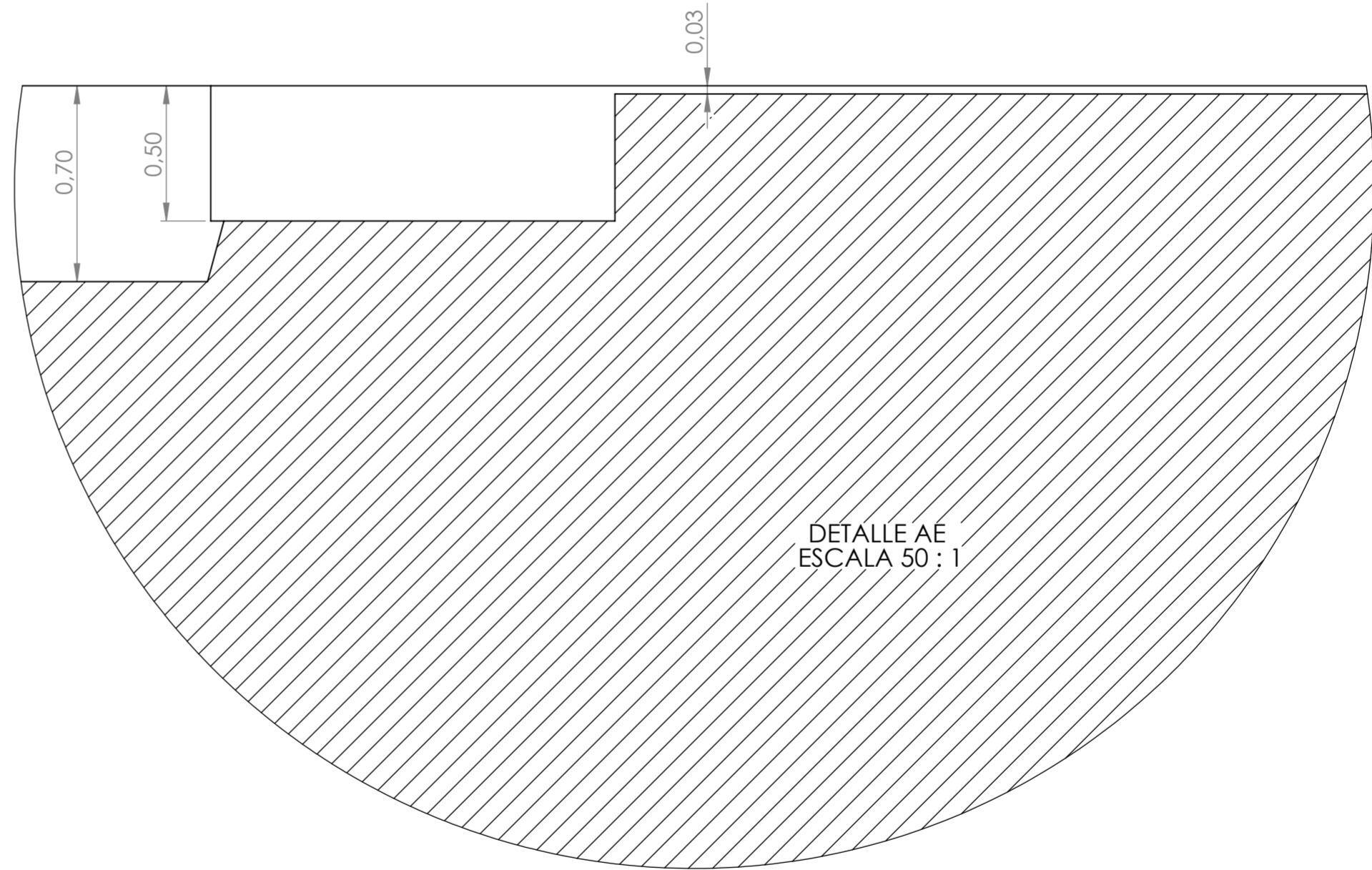
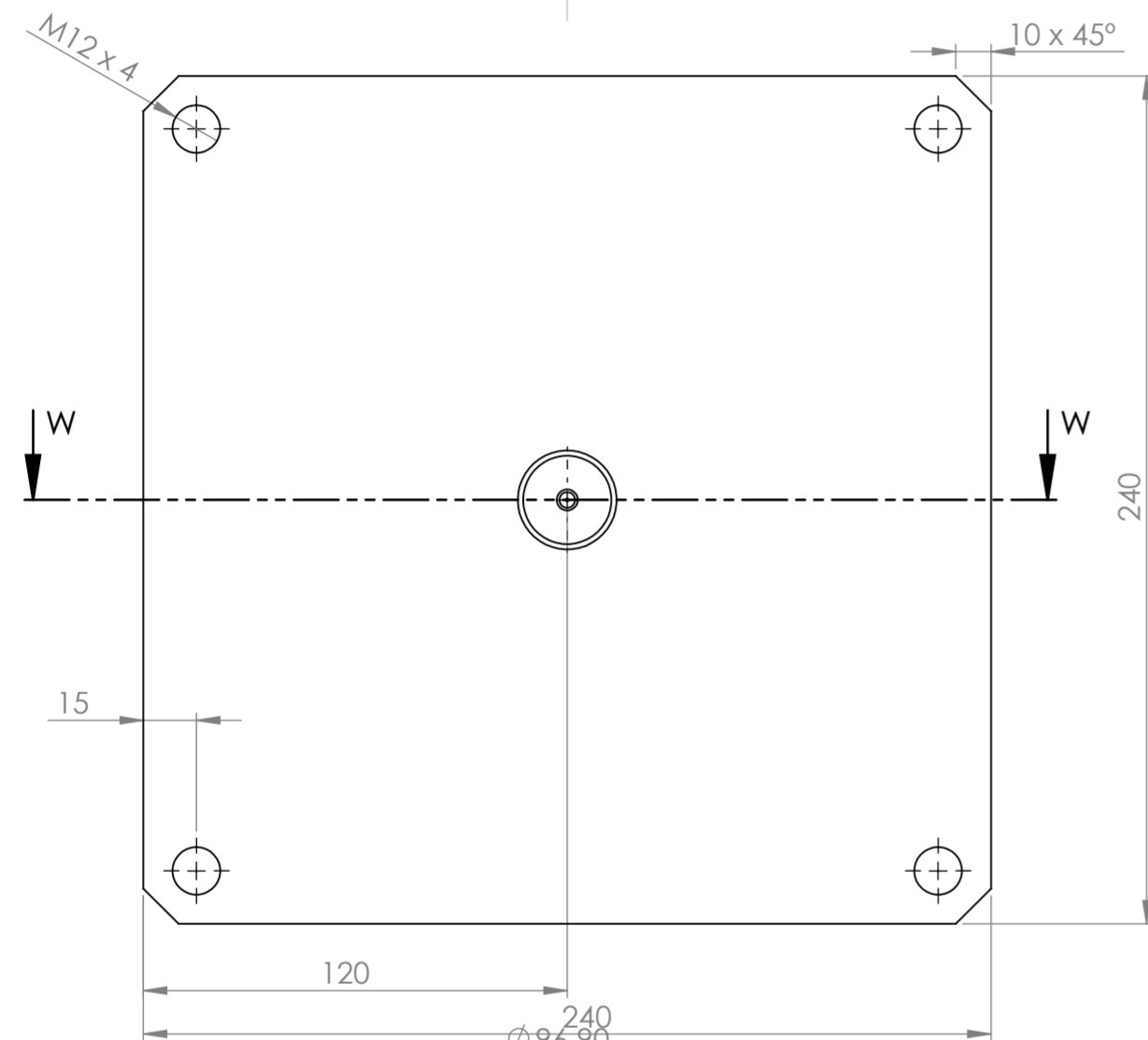
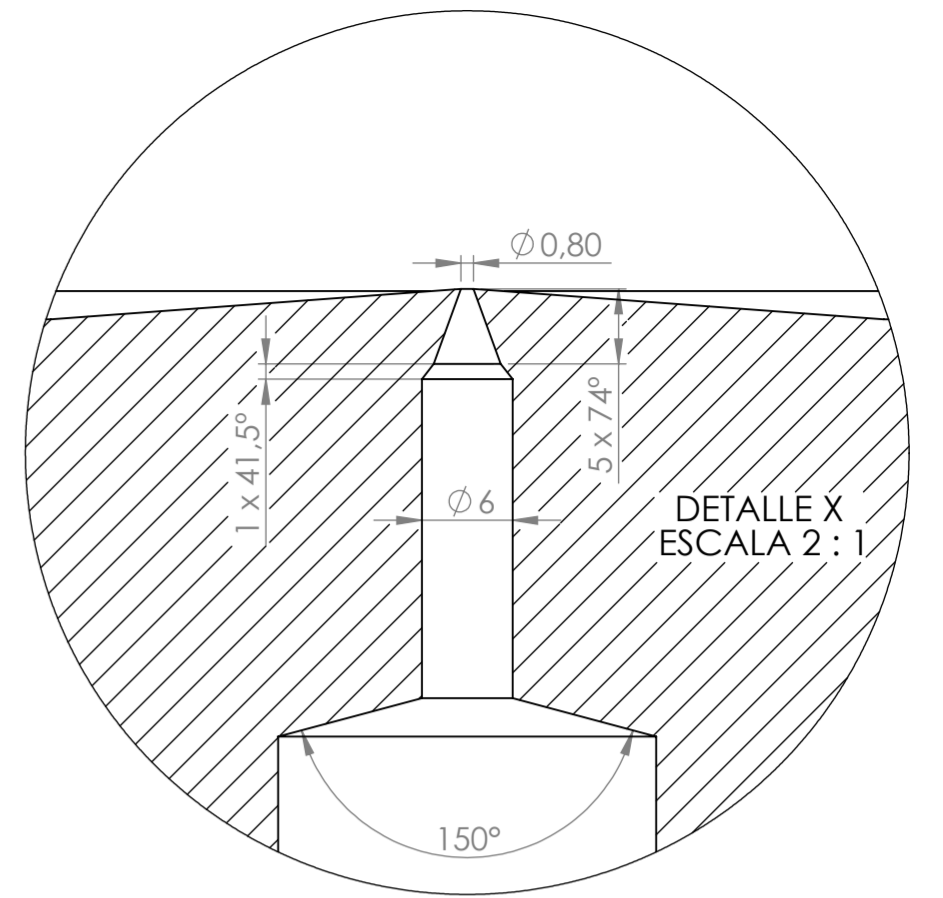
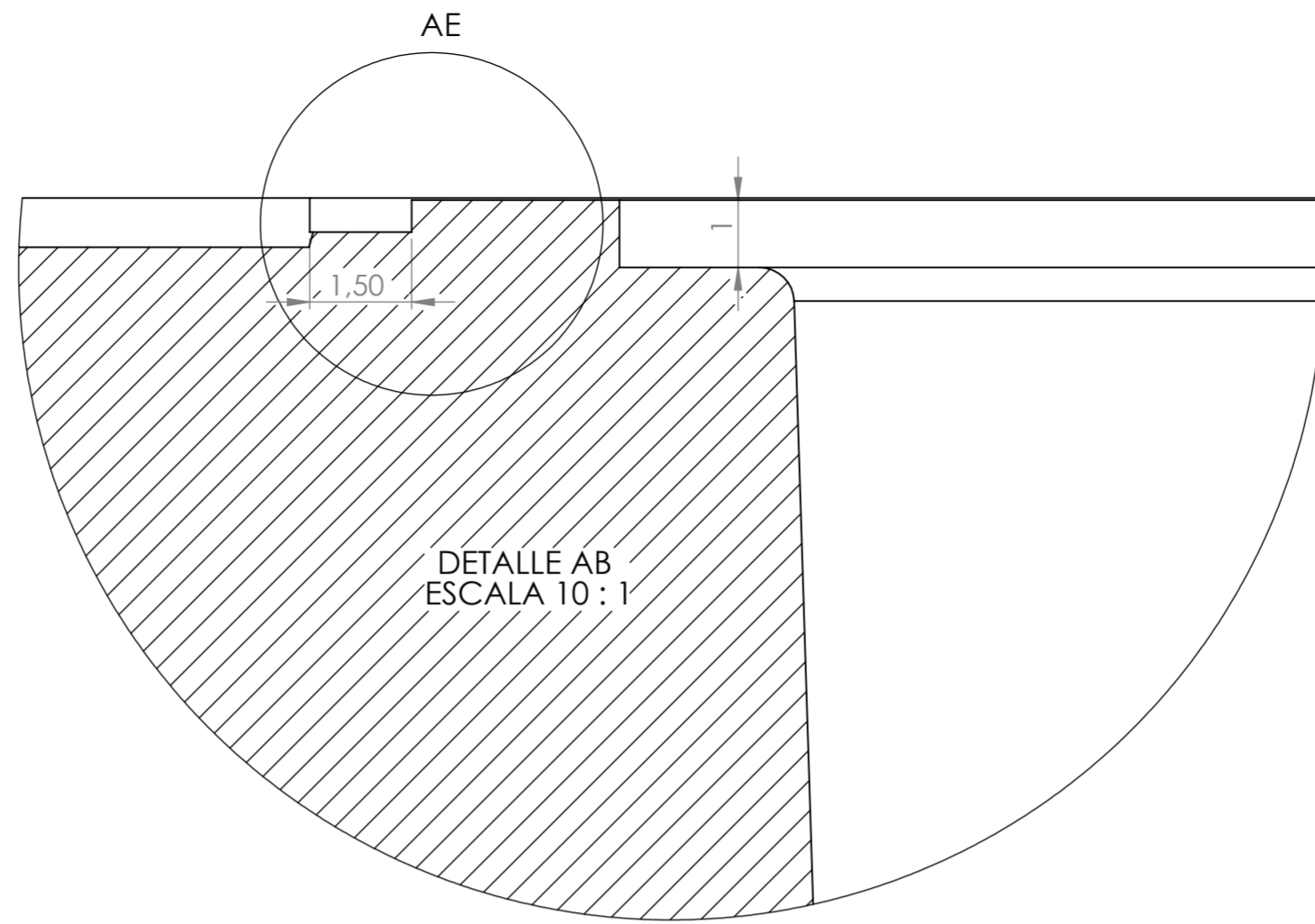
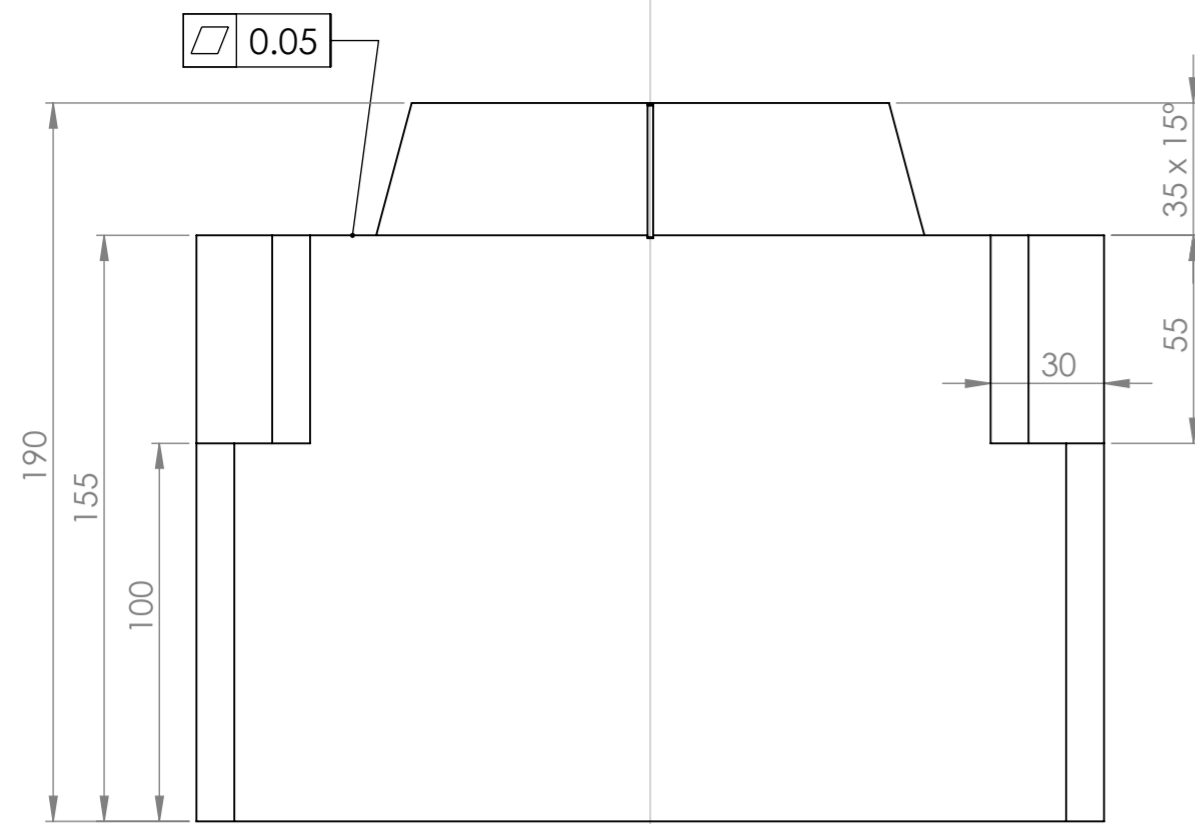


Proyecto final de carrera: Diseño y fabricación de un molde de inyección para envases de uso alimentario.
Dibujado Ramón Baeza
Revisado
Diseñado Ramón Baeza

FECHA
FECHA
FECHA

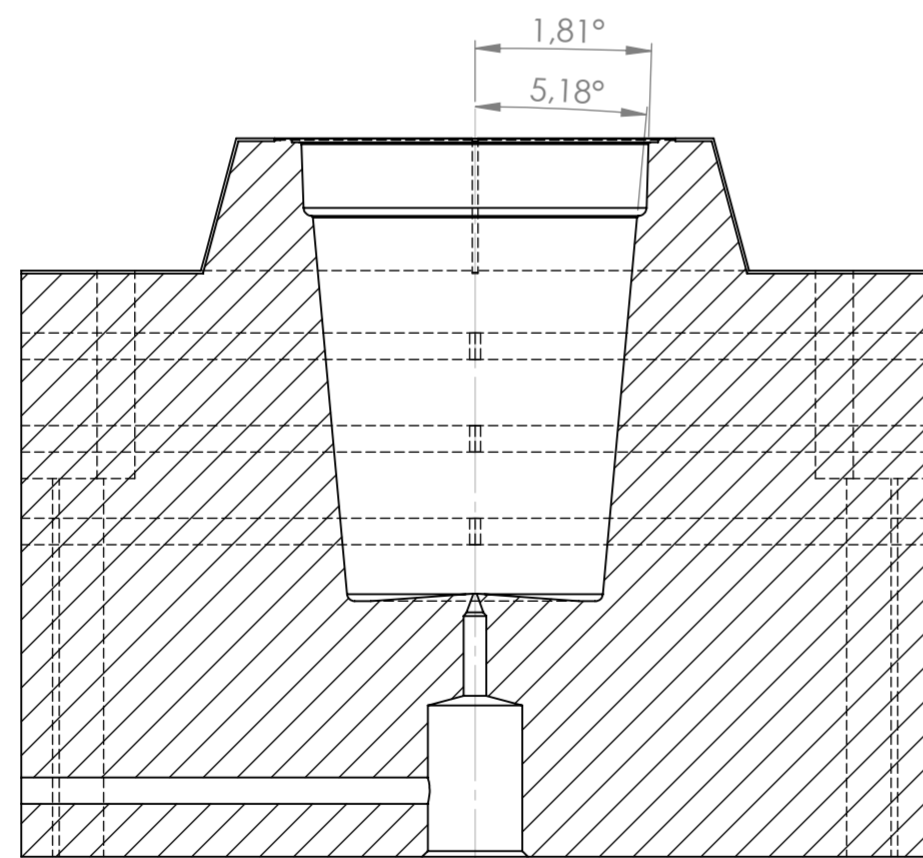
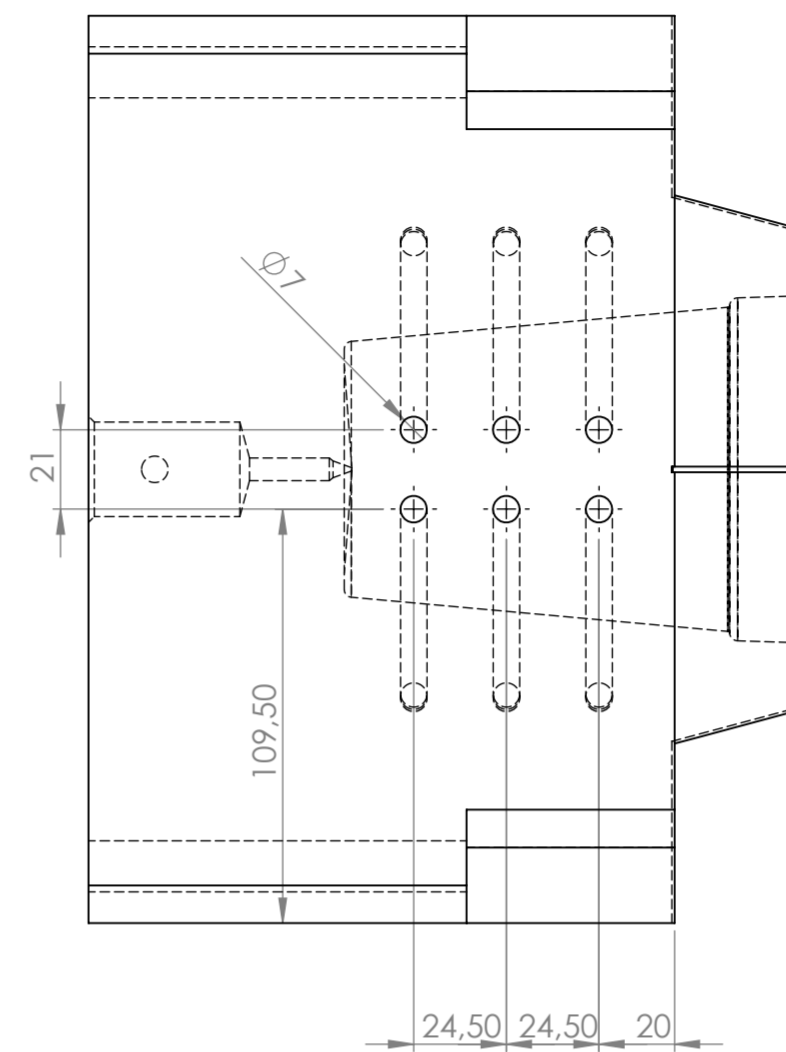
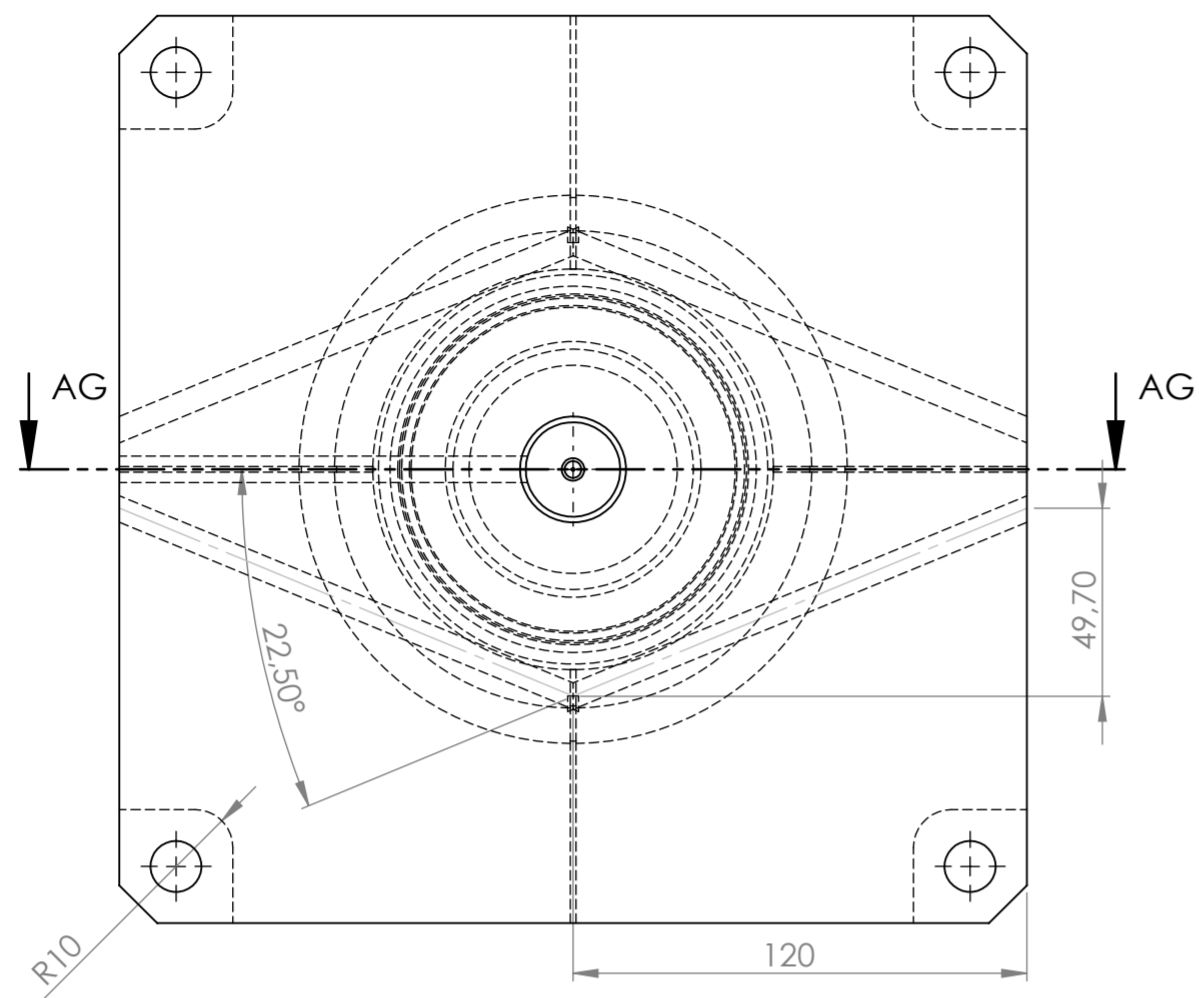
Escuela Politécnica Superior Alcoy			
TITULO		Placa fija/Núcleo	
fmto	Nº PLANO	REV	
A2	2		
ESCALA 1:2	Tol:	±0.01mm	HOJA 1/1

1.2



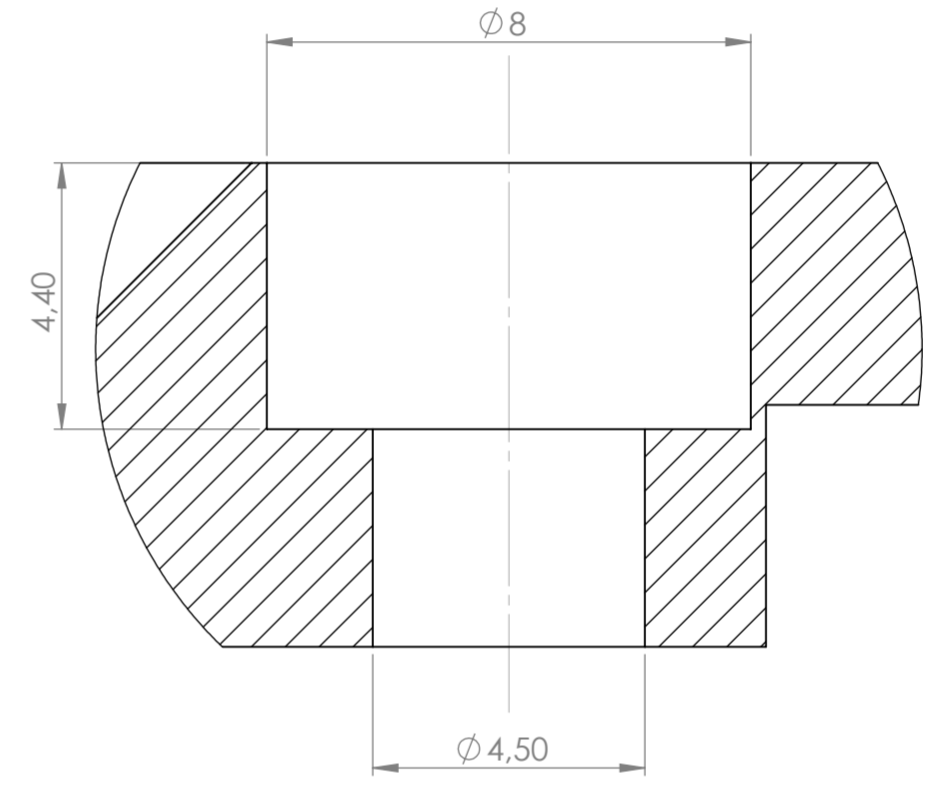
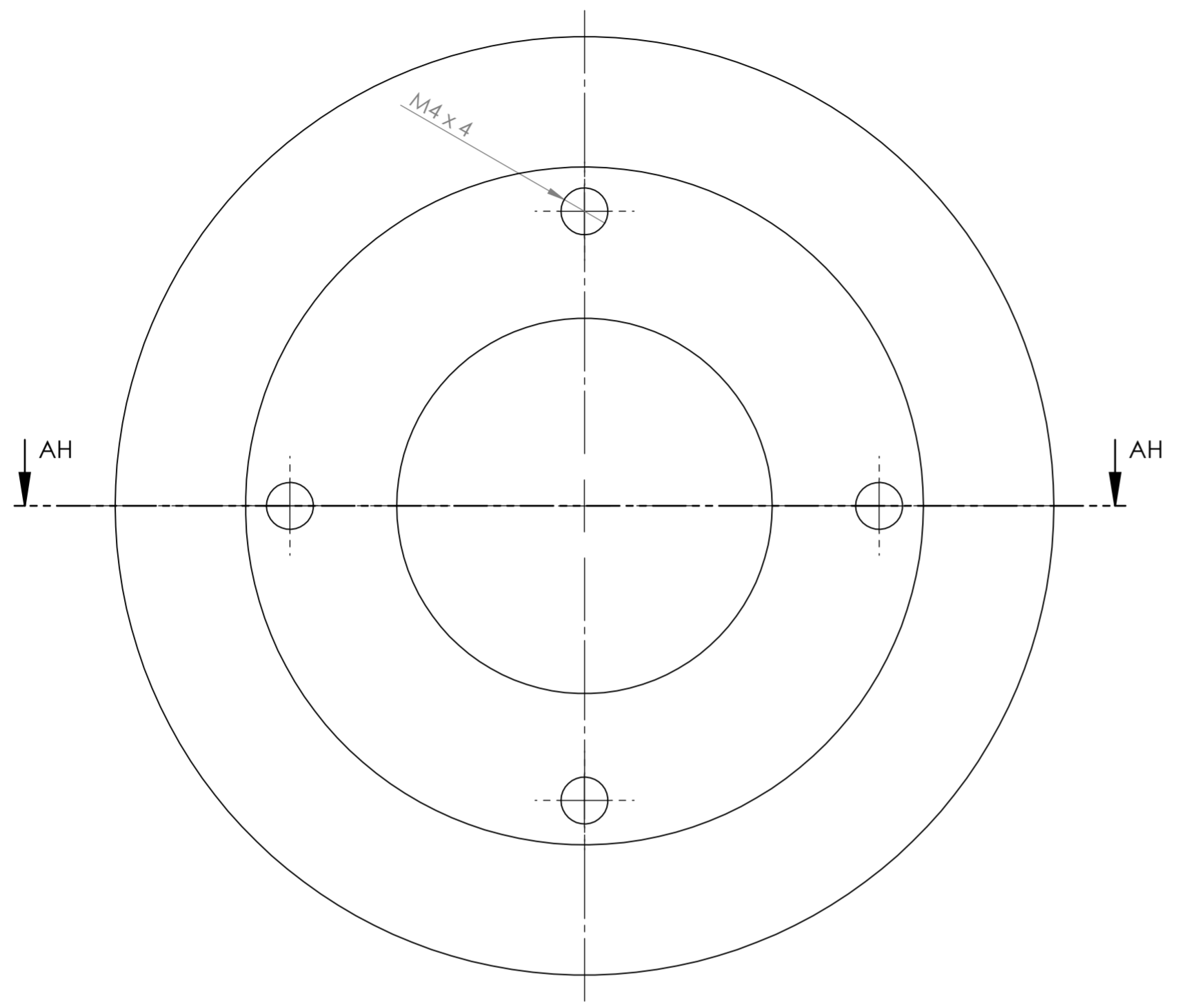
SECCIÓN W-W
ESCALA 1 : 2

Proyecto final de carrera: Diseño y fabricación de un molde de inyección para envases de uso alimentario.		Escuela Politécnica Superior Alcoy		
Dibujado Ramón Baeza	FECHA	TITULO Placa móvil/Cavidad		
Revisado	FECHA	fmo A2	Nº PLANO 4	REV
Diseñado Ramón Baeza	FECHA	ESCALA 1:2	Tol: ±0.01mm	HOJA 1/1

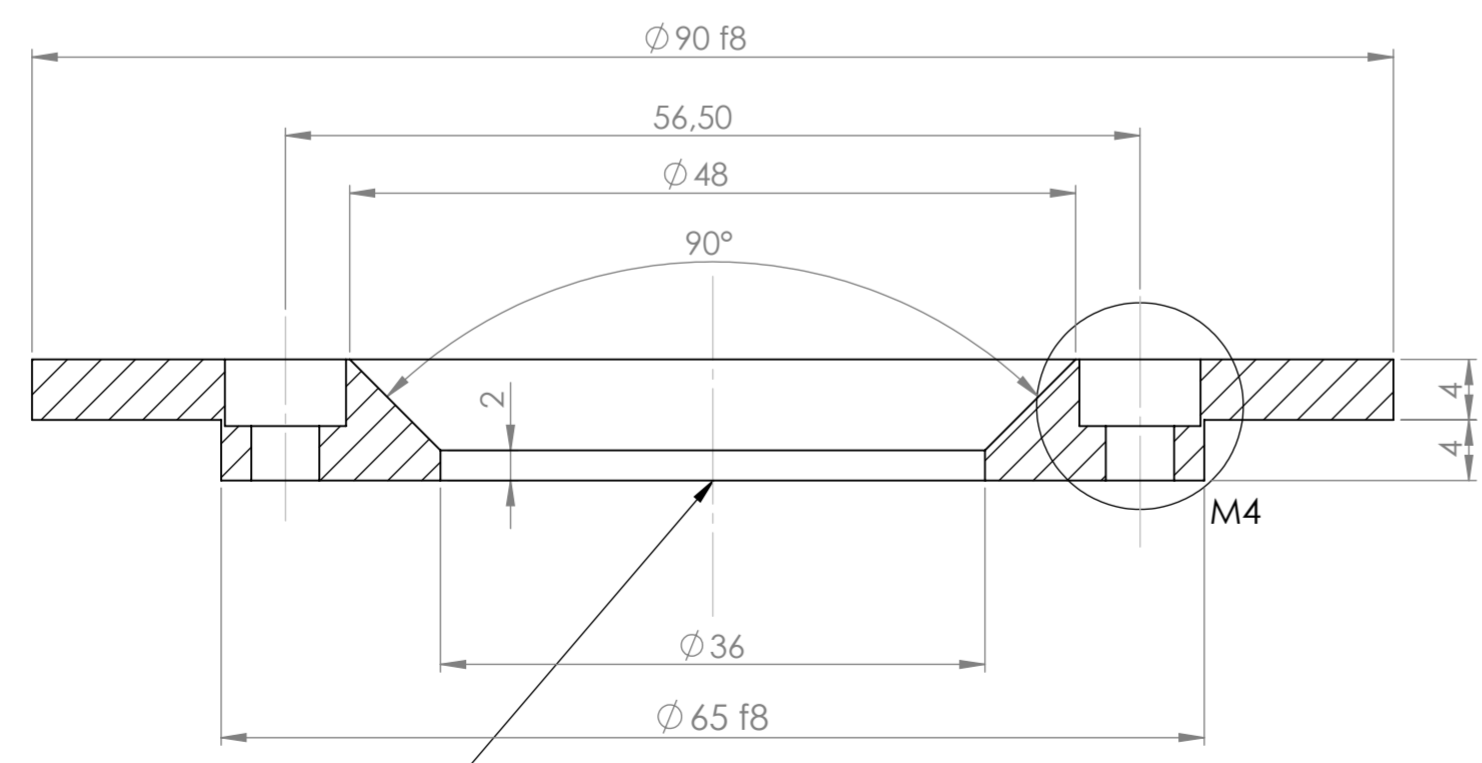


SECCIÓN AG-AG
ESCALA 1 : 2

Proyecto final de carrera: Diseño y fabricación de un molde de inyección para envases de uso alimentario.		Escuela Politécnica Superior Alcoy		
Dibujado Ramón Baeza	FECHA	TITULO Placa móvil/Cavidad		
Revisado	FECHA	fnto A2	Nº PLANO 5	REV
Diseñado Ramón Baeza	FECHA	ESCALA 1:2	Tol: ±0.01mm	HOJA 1/1



DETALLE M4
ESCALA 8 : 1



SECCIÓN AH-AH
ESCALA 2 : 1

Proyecto final de carrera: Diseño y fabricación de un molde de inyección para envases de uso alimentario.		Escuela Politécnica Superior Alcoy		
Dibujado Ramón Baeza	FECHA	TITULO Anillo centrador		
Revisado	FECHA	fnto A2	Nº PLANO 6	REV
Diseñado Ramón Baeza	FECHA	ESCALA 1:2	Tol: ±0.01mm	HOJA 1/1

5. PLIEGO DE CONDICIONES.

Índice:

1.	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	3
1.1.	Alcance y contenido del proyecto.....	3
1.2.	Normas aplicables.....	3
1.3.	Materiales y ensayos en la ejecución de los trabajos.....	3
1.4.	Condiciones generales de la ejecución de los trabajos.....	4
1.5.	Recepción y pruebas de funcionamiento.....	4
2.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	5
2.1.	Materiales.....	5
2.1.1.	MOLDMAX HH.....	5
2.1.1.1.	Recomendaciones de mecanizado.....	6
2.1.1.2.	Soldadura.....	9
2.1.1.3.	Manejo de seguridad.....	9
2.1.2.	Acero 1.1730.....	10
2.1.2.1.	Recomendaciones de mecanizado.....	10
2.1.2.2.	Soldadura.....	12
2.2.	Acabados superficiales.....	12
2.2.1.	Grados de pulido.....	12
2.2.2.	Texturizado.....	12
2.3.	Refrigeración.....	13
2.3.1.	Normas generales.....	13
2.3.2.	Elementos de refrigeración.....	13
2.3.2.1.	Tubo de refrigeración.....	13
2.3.2.2.	Conectores.....	14
2.3.2.3.	Tapones.....	14
2.3.2.4.	Diversificadores.....	15
2.3.2.5.	Acelerador de turbulencias.....	15
2.3.2.6.	Mangueras.....	15
2.3.2.7.	Juntas tóricas.....	16
2.3.3.	Identificación de la refrigeración.....	16
2.3.4.	Control de la temperatura.....	16
2.4.	Válvula de aguja.....	17

2.4.1. Características.	17
2.4.2. Instalación.	17
2.4.3. Precauciones.	18
3. PLIEGO DE CLAUSULAS DE MONTAJE.....	19
3.1. Condiciones generales.	19
3.2. Condiciones para fijar precios contradictorios en operaciones no previstas.	19
4. PLIEGO DE CONDICIONES DE MONTAJE Y MANIPULACIÓN.....	20
4.1. Condiciones generales.	20
4.2. Fabricación del producto.....	21
4.2.1. Tolerancias.	21
4.3. Montaje del producto.	21
4.3.1. Montaje del producto.	21
4.3.1. Montaje en máquina.....	22
4.4. Mantenimiento.	22
4.5. Manipulación.....	22
4.5.1. Cáncamos.	22
4.6. Transporte.....	23
4.7. Marcado de moldes.....	24

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.

1.1. Alcance y contenido del proyecto.

El alcance del presente proyecto se extiende a la ejecución de la totalidad de las prescripciones técnicas y trabajos que integran el proyecto que aquí se trata, y de las que sin estar indicadas en este proyecto, considere conveniente el ingeniero proyectista.

El objeto del presente pliego de condiciones es definir principalmente las obligaciones del constructor para llevar a cabo los trabajos con la garantía necesaria. También contienen las prescripciones generales y técnicas que han de regir la ejecución del proyecto y por cuyo cumplimiento velará celosamente el ingeniero proyectista.

En el pliego de condiciones técnicas se especificará, más especialmente aquellos capítulos que no estén debidamente definidos en el resto de los documentos del proyecto, profundizando menos, por el contrario, en aquellos otros que quedan perfectamente definidos en los planos, detalles constructivos, memoria y presupuesto. Si bien ellos no supondrán menoscabo en su cumplimiento y han de entenderse como incluidos en el presente pliego.

1.2. Normas aplicables.

Además de las condiciones especificadas en el presente pliego, se tendrán en consideración, durante la ejecución de los trabajos, las normas aplicables a este diseño, que corresponderán en todo momento al nivel de calidad exigido por el ingeniero proyectista. Así se habrán cumplir las siguientes:

- Normas UNE
- Normas DIN
- Normas ISO

1.3. Materiales y ensayos en la ejecución de los trabajos.

El constructor deberá emplear los materiales señalados en el presente proyecto, y realizará los trabajos de montajes de acuerdo con el mismo. La totalidad de los materiales que se emplean serán de buena calidad, desechando lo que a juicio del ingeniero proyectista no los sean.

Si los materiales no satisfacen las características y las condiciones establecidas en este pliego de condiciones, deberán ser reemplazados por el constructor por otros que si cumplan las características y condiciones exigidas.

Si fuese necesario, se realizará todos los análisis y pruebas que ordene el ingeniero proyectista, aunque estos no se indiquen en el pliego de condiciones, los cuales se realizarán en aquellos laboratorios que designe el ingeniero proyectista.

1.4. Condiciones generales de la ejecución de los trabajos.

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción a la documentación presentada en el presente proyecto. La forma y dimensiones de las diferentes partes que componen el proyecto, así como los materiales a emplear, se ajustarán a lo que se detalla en los planos y estado de mediciones.

El fabricante es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha subcontratado y de las faltas o defectos que en estos puedan existir por su incorrecta realización o por el empleo de materiales de deficiente calidad no autorizados expresamente por el ingeniero proyectista. En este caso, el ingeniero proyectista podrá disponer que las partes defectuosas sean desmontadas y reconstruidas de acuerdo con las especificaciones requeridas.

El fabricante deberá atenerse a las medidas y tolerancias dispuestas en los planos o especificaciones. En caso de elaboración de piezas, se ha de considerar en esta su mecanización y acabado, debiendo en todo caso consultar con el ingeniero proyectista cualquier cambio que se crea oportuno realizar, en caso de falta de precisión en los medios de elaboración de las piezas.

Las dimensiones de todas las piezas han de ser cuidadosamente comprobadas por el fabricante antes de iniciar su ejecución y montaje.

Cualquier error comprobado ha de ser puesto en conocimiento del ingeniero proyectista inmediatamente, con el fin de subsanar y comprobarlo. No se harán reformas de ningún tipo en las piezas sin consulta previa al ingeniero proyectista.

Durante el proceso de montaje, el ingeniero proyectista podrá dar instrucciones adicionales por medio de dibujos o notas que aclaren con detalle cualquier dato confuso de los planos o especificaciones. Podrá dar, de igual modo, instrucciones adicionales necesarias para explicar o ilustrar los cambios que en el trabajo tuvieran que realizarse.

1.5. Recepción y pruebas de funcionamiento.

Concluida la fabricación del elemento se someterá a un test de uso donde se verificará que todos los elementos y subsistemas están de acuerdo con lo especificado. El uso global quedará impedido al carácter experimental de la máquina.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.

2.1. Materiales.

2.1.1. MOLDMAX HH.

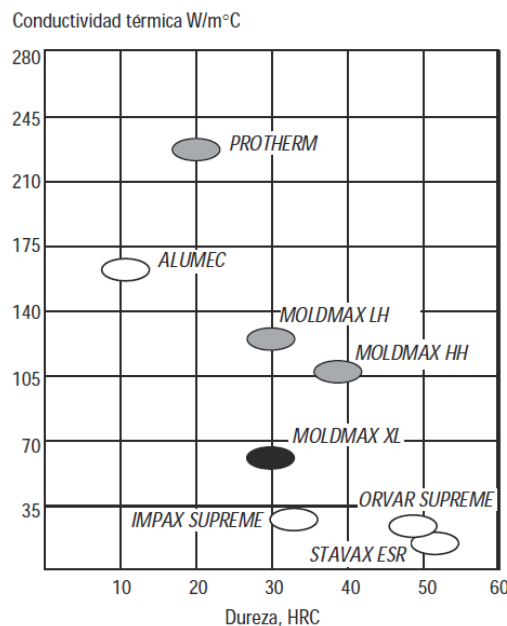
Moldmax HH se encuentra disponible en secciones acabadas redondas y planas, noyos mecanizados y electrodos para soldadura.

La conductividad térmica de Moldmax HH es de 3 a 4 veces mayor que la del acero, asegura una eliminación de calor rápida y uniforme, minimizando la distorsión de la pieza, deformaciones, una pobre réplica de detalle y otros defectos de éste tipo. En muchos casos puede reducir de forma significativa los tiempos de ciclo, incluso cuando se utiliza en un acero para moldes tan solo como noyos o insertos.

Para aplicaciones en moldes que requieran todavía una mayor conductividad térmica que la que ofrece Moldmax HH, se encuentra también disponible la aleación al cobre berilio Protherm, consultar información técnica de ésta calidad.

Las propiedades especiales con las que cuenta la aleación Moldmax HH al cobre berilio hacen que ésta sea un material para moldes/noyos/insertos adecuado para una amplia variedad de aplicaciones, pero especialmente donde se requiera una combinación de alta conductividad térmica, resistencia a la corrosión y buena pulibilidad.

- Moldes de soplado: arranques, aros, insertos.
- Moldes de inyección: moldes, noyos, insertos.
- Boquillas de inyección y distintos sistemas para desplazamiento de calor.



2.1.1.1. Recomendaciones de mecanizado.

Moldmax HH cuenta con una buena mecanibilidad y puede mecanizarse con herramientas de corte convencionales. Realizar el mecanizado con humedad a fin de evitar la inhalación de polvillo metálico. Los parámetros de corte indicados a continuación, para Moldmax HH a baja dureza deberán considerarse como valores guía que deberá adaptarse a las condiciones locales existentes.

TORNEADO

Parametros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	
Velocidad de corte, v_c m/min.	270–300	300–370	60–90
Avance f mm/r	0,3–0,6	–0,3	–0,3
Profundidad de corte, a_p mm	2–6	–2	–2
Mecanizado grupo ISO	K20	K20	–

Utilizar herramientas con amplios ángulos positivos.

FRESADO

Fresado frontal y axial

Parametros de corte	Fresado con metal duro		Fresado con acero rápido
	Fresado de desbaste	Fresado en fino	
Velocidad de corte, v_c m/min.	100–150	150–200	45–60
Avance f_z mm/diente	0,2–0,4	0,1–0,2	–0,1
Profundidad de corte, a_p mm	2–5	–2	–2
Mecanizado grupo ISO	K20	K20	–

Utilizar herramientas con amplios ángulos positivos.

Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro integral	Insertado metal duro	Acero rápido
Velocidad de corte (v_c) m/min.	80–100	150–200	45–60 ¹⁾
Avance f_z mm/diente	0,010–0,10 ²⁾	0,08–0,2 ²⁾	0,05–0,35 ²⁾
Mecanizado grupo ISO	–	K20	–

¹⁾ Para fresas de acero rápido revestidas puede utilizarse una mayor velocidad de corte, ~30%.

²⁾ Dependiendo de la profundidad de corte radial y del diámetro de la fresa.

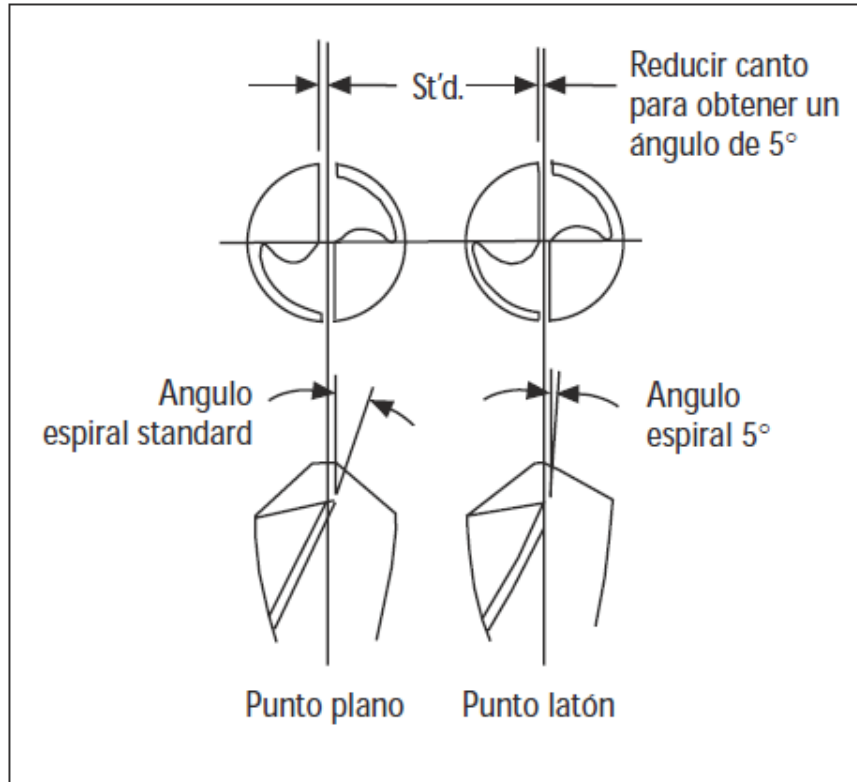
TALADRADO

Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro de la broca, mm	Velocidad de corte (v_c), m/min	Avance (f) mm/r
–5	30–40	0,03–0,08
5–10	30–40	0,08–0,15
10–15	30–40	0,15–0,20
15–20	30–40	0,20–0,25

Al realizar taladros de una profundidad mayor de 1 x el diámetro del taladro, realizar un taladrado por etapas, retrayendo el taladro después de cada 5 mm de taladrado.

Las brocas standard de acero rápido pueden ser utilizadas, pero para obtener un mejor rendimiento el extremo debería ser modificado a un «punto latón» de acuerdo con el gráfico inferior.



Al roscar Moldmax HH utilizar machos con canales rectos. Utilizar el mismo tipo de macho al realizar agujeros ciegos. Velocidad de corte adecuada 6–8 m/min. Utilizar componente o aceite de corte.

RECTIFICADO: Pueden utilizarse muelas de rectificado convencional al rectificar Moldmax HH. Para realizar el rectificado de la superficie deberá utilizarse muelas tipo A 54 LV. Para realizar el rectificado cilíndrico deberá utilizarse muelas tipo A 60 LV. Cualquier tipo de rectificado deberá realizarse con humedad a fin de evitar la inhalación del polvo metálico.

EDM (Mecanizado por electroerosión): Puesto que Moldmax HH cuenta con una alta conductividad térmica ello hace que el mecanizado por electroerosión sea más lento que en un acero para moldes, aunque la electroerosión no presenta ningún tipo de problema significativo. Una ventilación adecuada con un sistema efectivo de extracción es esencial a fin de prevenir humos en el ambiente.

PULIDO: Moldmax HH cuenta con una buena pulibilidad, y pueden conseguirse fácilmente superficies con acabado espejo. Los siguientes pasos pueden servir como guía:

1. Después del rectificado, realizar un pre-pulido utilizando sucesivamente granos más finos y acabando con un grano de 600.
2. Pulir con pasta de diamante del grado 15 a fin de obtener una superficie de aspecto satinado.

3. Pulir con pasta de diamante del grado 6.
4. Pulir con pasta de diamante del grado 3.
5. Si es necesario, acabar a mano con pasta de diamante del grado 1.

Como en todas las operaciones de pulido, el trabajar en un ambiente limpio es de vital importancia. A fin de evitar un sobre pulido o el efecto de «piel de naranja», no pulir más de lo necesario para conseguir una superficie con un pulido uniforme.

2.1.1.2. Soldadura.

Moldmax HH puede soldarse fácilmente si se toman las precauciones necesarias y son seguidas las operaciones adecuadas de soldadura. La zona que deba ser soldada deberá limpiarse a fondo con un producto desengrasante. La siempre presente capa oxidada deberá eliminarse utilizando un cepillo abrasivo, arenado o ácido inmediatamente antes de aplicar la soldadura.

Para obtener los mejores resultados TIG o MIG se recomiendan los consumibles de soldadura disponibles tanto para Moldmax HH.

La zona soldada y el área alrededor de ésta mostrará una dureza inferior. Si la resistencia de la soldadura es crucial, toda la pieza necesitará ser vuelta a tratar incluyendo recocido, enfriamiento y temple. Después de éste tratamiento, la soldadura contará con la misma resistencia que el material base.

Las operaciones de soldadura deberán utilizar una ventilación adecuada a fin de eliminar los humos de soldadura o deberán utilizarse mascarillas por las personas que se encuentren en la zona donde se realice ésta operación.

2.1.1.3. Manejo de seguridad.

Moldmax HH es una aleación de cobre con un contenido aproximado del 2% de Berilio. Deben asegurarse, durante el mecanizado de Moldmax HH, evitar respirar polvillo del metal o vaho. Realizar el mecanizado, rectificado y pulido húmedo siempre que sea posible. Si se realiza la operación en seco utilizar ventilación a fin de captar todo el polvillo que pueda desprender el material.

2.1.2. Acero 1.1730.

2.1.2.1. Recomendaciones de mecanizado.

Los datos de corte que se muestran a continuación están para ser considerados como valores guía, ya que deben ser adaptados a las condiciones actuales.

TORNEADO:

Cutting data parameters	Turning with carbide		Turning with high speed steel
	Rough turning	Fine turning	Fine turning
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	150–220 500–660	220–300 730–990	50 160
Feed (f) mm/r i.p.r.	0,3–0,6 0,012–0,023	–0,3 –0,012	–0,3 –0,012
Depth of cut (a_p) mm inch	2–6 0,08–0,20	–2 –0,08	–2 –0,08
Carbide designation ISO	P20–P30 Coated carbide	P10 Coated carbide or cermet	–

TALADRADO:

Drill diameter \varnothing		Cutting speed (v_c)		Feed (f)	
mm	inch	m/min.	f.p.m.	mm/r	i.p.r.
–5	–3/16	25*	50*	0,08–0,20	0,003–0,008
5–10	3/16–3/8	25*	50*	0,20–0,30	0,008–0,012
10–15	3/8–5/8	25*	50*	0,30–0,35	0,012–0,014
15–20	5/8–3/4	25*	50*	0,35–0,40	0,014–0,016

^{*)} For coated HSS drill $v_c \sim 35$ m/min. (115 f.p.m.).

Cutting data parameters	Type of drill		
	Indexable insert	Solid carbide	Brazed carbide ¹⁾
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	175–225 580–740	85 250	75 280
Feed (f) mm/r i.p.r.	0,05–0,25 ²⁾ 0,002–0,010 ²⁾	0,10–0,25 ²⁾ 0,004–0,010 ²⁾	0,15–0,25 ²⁾ 0,006–0,010 ²⁾

¹⁾ Drill with internal cooling channels and brazed carbide tip.

²⁾ Depending on drill diameter.

FRESADO:

Cutting data parameters	Milling with carbide		Milling with high speed steel
	Rough milling	Fine milling	Fine milling
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	160–200 530–660	200–300 660–990	35 115
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0,2–0,4 0,008–0,016	0,1–0,2 0,004–0,008	0,1 0,004
Depth of cut (a_p) mm inch	2–5 0,08–0,2	–2 –0,08	–2 –0,08
Carbide designation ISO	P20–P40 Coated carbide	P10–P20 Coated carbide	–

FRESADO DE ACABADO:

Cutting data parameters	Type of milling		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed (v_c) m/min. f.p.m.	75 248	140–190 460–630	40 ¹⁾ 130
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0,03–0,20 ²⁾ 0,001–0,008 ²⁾	0,08–0,20 ²⁾ 0,003–0,008 ²⁾	0,05–0,35 ²⁾ 0,002–0,014 ²⁾
Carbide designation ISO	K10	P10–P20	–

¹⁾ For coated HSS end mill $v_c \approx 50$ m/min. (165 f.p.m.).

²⁾ Depending on radial depth of cut and cutter diameter.

RECTIFICADO:

Grinding operation	Soft annealed condition	Hardened condition
Face grinding straight wheel	A 46 HV	A 46 GV
Face grinding segment	A 24 GV	A 36 GV
Cylindrical grinding	A 46 LV	A 60 JV
Internal grinding	A 46 JV	A 60 IV
Profile grinding	A 100 LJ	A 120 JV

2.1.2.2. Soldadura.

Como es el caso con la mayoría de los aceros para herramientas, la soldadura se asocia con un riesgo de agrietamiento. Con el fin de minimizar el riesgo, la soldadura debe llevarse a cabo con precalentamiento a 100-350 ° C (210-660 ° F).

Electrodo: Electrodo básico no aleado para la soldadura de acero estructural no aleado. Nota: Utilice siempre electrodos básicos bien secos.

La soldadura también se puede realizar con un electrodo inoxidable austenítico. La demanda de precalentamiento se puede reducir, pero el metal de relleno no llega al mismo nivel de dureza como el material de base cuando endurece.

2.2. Acabados superficiales.

2.2.1. Grados de pulido.

ISO	RA	RZ (DIN)
Industrial	0.03 μ	3.85 μ
Industrial fino	0.07 μ	1.80 μ
Industrial brillante	0.10 μ	1.15 μ
Brillo	0.18 μ	0.64 μ
Espejo	0.24 μ	0.56 μ
Óptico	0.03 μ	0.23 μ

2.2.2. Texturizado.

Existen múltiples tipos de texturizado que requieren diferentes grados de salida. Conviene tener esto en cuenta a la hora de diseñar las caras de la pieza, que tengan poco ángulo. También es posible suavizar las mismas para minimizar su agarre en la cavidad del molde.

2.3. Refrigeración.

La refrigeración de un molde es únicamente aplicable al molde para el que ha sido estudiada. No existen unas pautas exactas para el diseño del circuito de refrigeración, el diseñador del molde debe decidir de qué manera situará los canales. Debemos procurar que la absorción del calor sea lo más uniforme posible intentando maximizar el número de canales independientes.

2.3.1. Normas generales.

- El incremento de la temperatura del refrigerante entre la entrada y la salida debe ser inferior a 5°C recomendándose que supere los 1,5 °C.

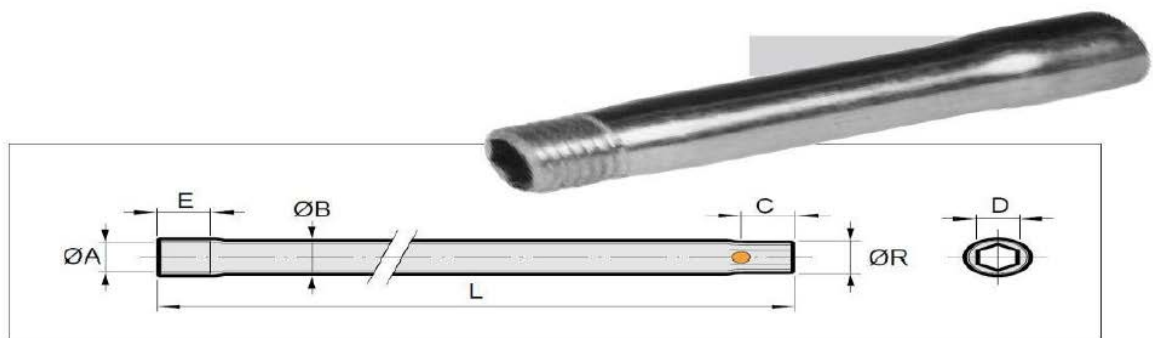
- La distancia entre los canales será superior a 1,5*diámetro; siendo aconsejable un mínimo de 40mm entre ejes.

- Se deben intentar colocar el mayor número de canales independientes posibles.

2.3.2. Elementos de refrigeración.

2.3.2.1. Tubo de refrigeración.

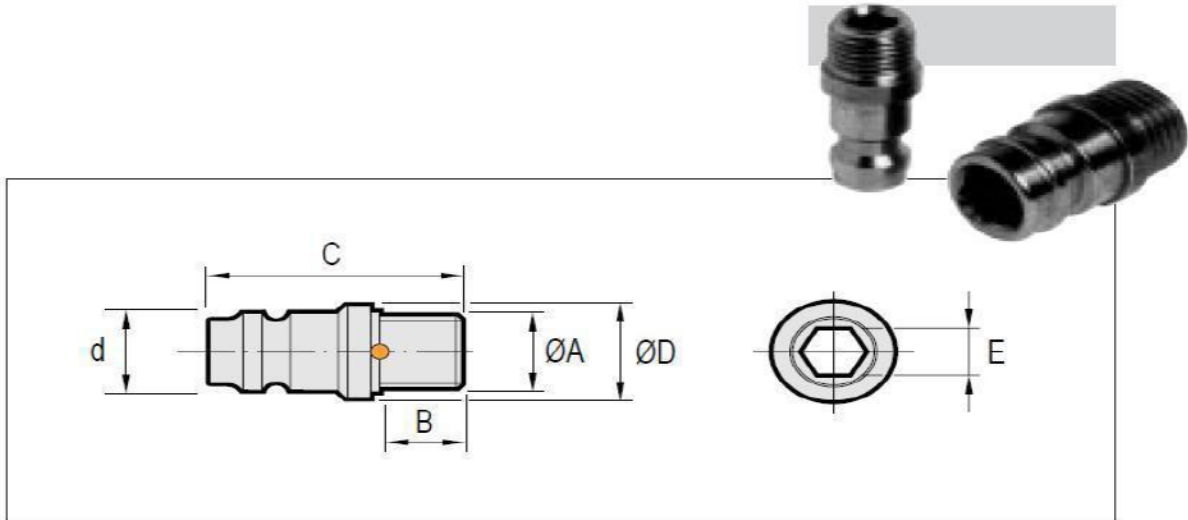
Este tipo de tubos suele llevar en su interior un hexágono mecanizado para facilitar su acoplamiento. El material suele ser acero zincado para evitar la corrosión y su longitud varía según el molde.



Ref.	A	B	C	D	E	R	L				
							50	75	100	125	150
TH.181005	1/8	10	9	5	11	1/8	-	-	-	-	-
TH.141408	1/4	14	10	8	12	1/4	-	-	-	-	-

2.3.2.2. Conectores.

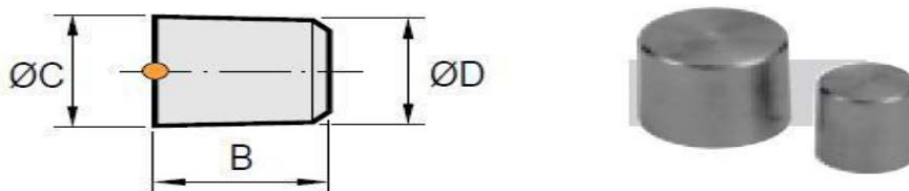
Al igual que en los tubos, suelen venir con un mecanizado interior que simplifica el mantenimiento y la instalación de los mismos. Se unen a los tubos por roscas ya sean métricas o de gas.



Ref.	A	B	C	d	D	E
BR.10EOC5	M.10	7	24	9	11	5
BR.18EOC5	1/8"	7	24	9	11	5
BR.14EOC5	1/4"	9	26	9	15	5
BR.14EOC8	1/4"	9	26	13.5	15	8
BR.38EOC8	3/8"	9	26	13.5	18	8

2.3.2.3. Tapones.

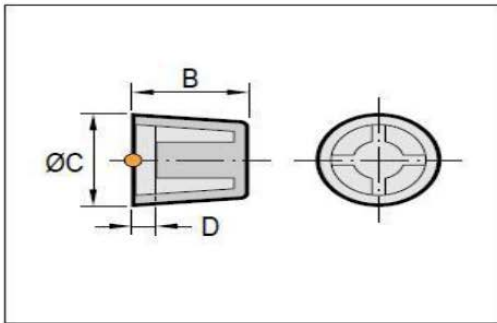
Los tapones que cierran los orificios de refrigeración tienen que ser roscados. Las roscas serán 1/4 GAS o 1/8 GAS. No se admitirán tapones de cobre o acero introducidos a presión.



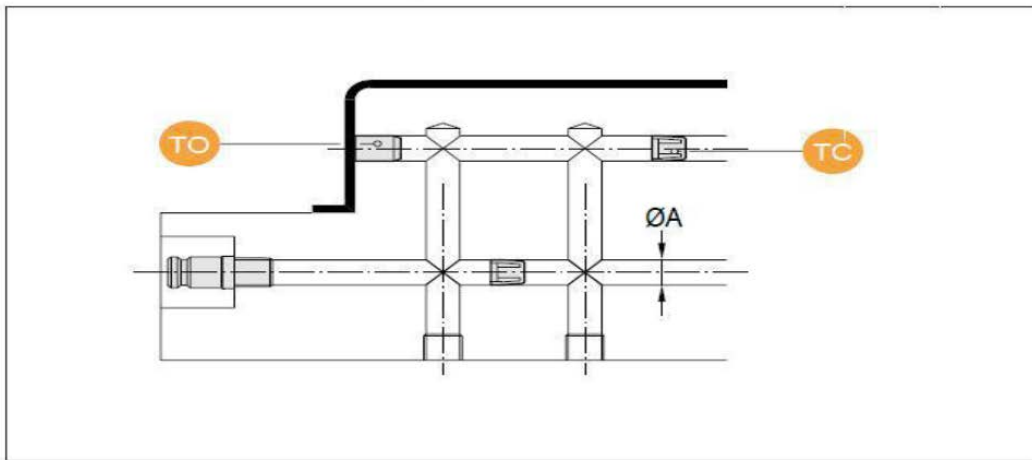
Ref.	A	B	C	D
TO.061063	6	10	6.3	5.9
TO.081284	8	12	8.4	7.9
TO.101410	10	14	10.5	9.9
TO.151615	15	16	15.5	14.9

2.3.2.4. Diversificadores.

Son elementos que se insertan en el interior del tubo por el que circula el refrigerante para conducirlo de la manera deseada. Suelen ser de poliamida y van insertados a presión.



Ref.	A	B	C	D
TC.069370	6	9.3	7	1.8
TC.081290	8	12	9	2
TC.101511	10	15	11.4	2.5
TC.151916	15	19.5	16.5	3



2.3.2.5. Acelerador de turbulencias.

Es un tubo con una espiral especial que permite incrementar el salto térmico en los molde. Reduce hasta en un 25% el caudal de agua, aumentando al máximo la distribución frigorífica en toda la superficie de contacto.



Ref.	A	B	C	D	F	K	R	T	JT
AT.120621	12	6	4	13	22	1.6	21	5	16x2
AT.161027	16	10	8	17	25	2.4	27	5	20x3
AT.241234	24	12	10	25	28	2.4	34	6	27x3
AT.321942	32	19	17	33	35	2.4	42	7	35x3

2.3.2.6. Mangueras.

Deben cumplir las siguientes condiciones:

- En condiciones de trabajo habituales, que sirvan para temperaturas entre 10°C y 90°C.
- Que al doblarse no se obstruyan.
- Han de ser flexibles y no perder flexibilidad con el uso.

- Han de ser marcadas para diferenciar la entrada de la salida.

Entrada = Azul

Salida = Rojo

2.3.2.7. Juntas tóricas.

Han de ser instaladas en todos los canales que atraviesen más de una placa diferente para evitar posibles fugas. Se instalara juntas de material "Viton" de diámetros normalizados y en las placas que permitan una mayor facilidad de montaje.



2.3.3. Identificación de la refrigeración.

Todos los moldes deberán entregarse junto con un esquema del sistema de refrigeración empleado. En él se indicarán las entradas y salidas del refrigerante que también estarán señalizadas en el molde. Esta identificación se realizará mediante arandelas de plástico de diferentes colores.

Azules indicaran las entradas y las rojas las salidas.

2.3.4. Control de la temperatura.

Para poder tener un control adecuado de la temperatura del líquido refrigerante se emplearán termopares ya sea en la parte del molde o de la cavidad.

Se colocarán en el lado opuesto al lado del operario para no entorpecer el resto de operaciones del molde y se empezarán a numerar desde arriba en moldes verticales y desde el lado del operario en moldes horizontales.



2.4. Válvula de aguja.

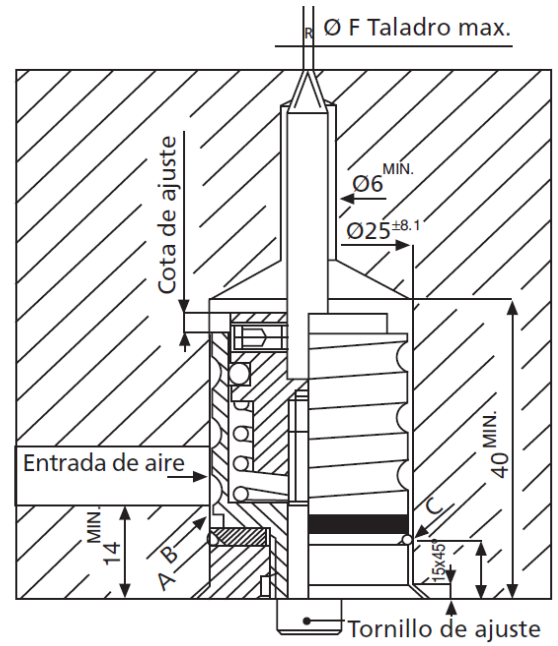
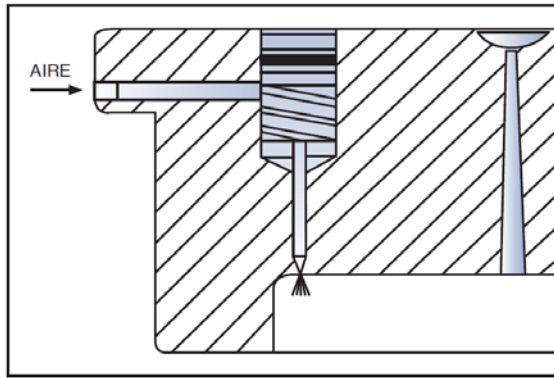
2.4.1. Características.

- 1- Marca superficial de dimensiones muy reducidas.
- 2 - Riesgo de obturación mínimo.
- 3 - Ideal para piezas con acabado estético.
- 4 - Utilizable como punto de salida de gases autolimpiador (requiere modificación de la aguja).



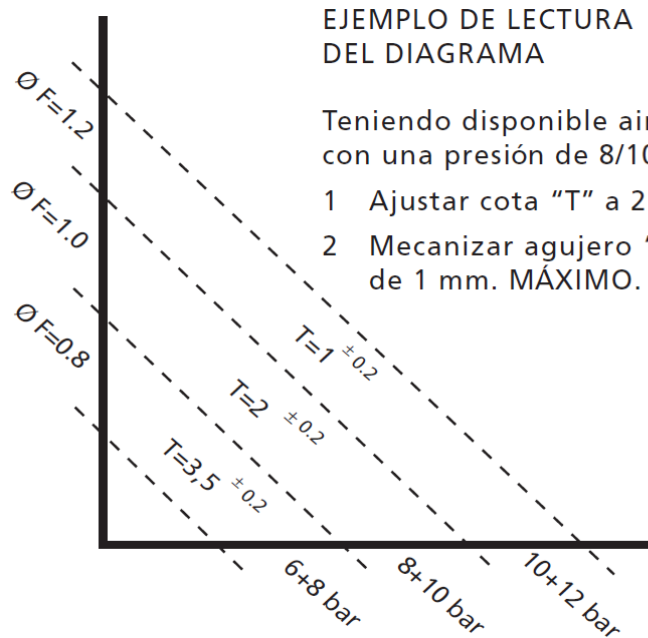
2.4.2. Instalación.

- 1- Mecanizar alojamiento en el molde. Para el alojamiento del anillo elástico "C" puede utilizarse la herramienta de mecanizado de anillas.
- 2 - Extraer temporalmente el anillo "A" y la junta "B".
- 3 - Volver a montar la arandela y la tuerca.
- 4 - Ajustar la cota a través del tornillo de ajuste.
- 5 - Adaptar la longitud de la válvula acortando la aguja por la parte de atrás.
- 6 - Extraer el tornillo de ajuste y volver a montar "A" y "B".
- 7 - Fijar la válvula con las llaves apropiadas presionando simultáneamente la válvula hacia dentro.



2.4.3. Precauciones.

Los valores representados en la tabla adjunta son apropiados para una presión de inyección de 1000 Kg./cm². MÁXIMO. Para presiones superiores el \varnothing del taladro "F" deberá redimensionarse.



3. PLIEGO DE CLAUSULAS DE MONTAJE.

3.1. Condiciones generales.

Todas las unidades del proyecto se ajustarán a los precios establecidos en el cuadro de precios del proyecto de las operaciones cuya ejecución regula el presente Pliego de Condiciones, multiplicado por el coeficiente de baja que oferte el fabricante.

Dichos precios se abonarán por las cantidades determinadas y ejecutadas con arreglo a las condiciones que se establezcan en ese Pliego de Condiciones y comprende el suministro, transporte, manipulación y empleo de los materiales, la mano de obra y utilización de la maquinaria y medios auxiliares necesarios para su ejecución, así como cuantas necesidades circunstanciales se les presente para la realización y terminación de las unidades del proyecto.

También se consideran incluidos en los precios los gastos de carácter general y beneficio industrial del fabricante.

Cualquier operación necesaria para la total terminación del proyecto o para la ejecución de prescripciones de este Pliego de Condiciones, aun en el caso de no encontrarse explícitamente especificada o imputada en él, se entenderá incluidas en las obligaciones del fabricante.

Su coste se entenderá, en todo caso, englobando en el precio de cuadro de precios que corresponde a la unidad o unidades de proyecto que forman parte, en el sentido de ser física y perceptivamente necesaria para la ejecución de la operación o de la prescripción de la que se tratase.

Para aquellos materiales cuya medición se haya de realizar por peso, el fabricante deberá situar, en los puntos que señale el Ingeniero Director, las básculas o instalaciones necesarias, debidamente contrastadas. Todas las mediciones básicas para la utilización del proyecto deberán ser conformadas por el Representante del fabricante y por el Ingeniero Director, y aprobadas por este último.

3.2. Condiciones para fijar precios contradictorios en operaciones no previstas.

Si se presentase algún caso excepcional e imprevisto para lo cual sea absolutamente necesaria la fijación de precios contradictorios entre la propiedad y el fabricante, este precio será establecido con arreglo a lo que prescribe el vigente Pliego de Cláusulas administrativas.

La fijación de precio contradictorio deberá hacerse antes de que se ejecute la operación a que hubiera de ser aplicado pues si ella se realizase sin que el referido precio haya sido aprobado por la propiedad se entenderá que el fabricante se conforma con el que se señale por parte de la dirección del proyecto, sin derecho a reclamación alguna.

4. PLIEGO DE CONDICIONES DE MONTAJE Y MANIPULACIÓN.

4.1. Condiciones generales.

En este apartado se indicarán las normas, reglamentos y leyes de carácter general que sean aplicables a la ejecución del proyecto y se indicará en cada caso la procedencia de dicha normativa y su ámbito de aplicación.

En primer lugar, al estar el cambio automático de cabezales incluido en una máquina-herramienta, serán aplicables a él todas las normas de seguridad relativas a la manipulación de máquinas-herramienta.

Real Decreto 1644/2008 que tiene como objeto establecer las prescripciones relativas a la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, con el fin de garantizar la seguridad de las mismas y su libre circulación, de acuerdo con las obligaciones establecidas en el Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de Mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95116/CE.

El ámbito de aplicación de esta normativa es:

- Máquinas
- Equipos intercambiables
- Componentes de seguridad
- Cadenas, cables y cinchas
- Dispositivos de transmisión mecánica

Este Real Decreto entró en vigor el pasado 29 de Diciembre de 2009, quedando derogados:

1. Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.

2. Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas. Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. En él se detallan las definiciones de los diversos conceptos, obligaciones del empresario, comprobación de los equipos de trabajo, formación y consulta a los trabajadores.

Además se dispone de los anexos:

o Anexo 1: Disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo.

o Anexo 2: Disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo.

Por último, siempre se deberá tener en cuenta que el producto se encuentra instalado en una fresadora, por lo que deberá cumplir con la normativa UNE-EN 13128:2002+A2:2009 la cual aboga por la seguridad en todo tipo de fresadoras (incluyendo mandrinadoras).

La normativa de seguridad mencionada tendrá carácter internacional a nivel europeo, mientras que los Reales Decretos serán de ámbito nacional.

4.2. Fabricación del producto.

4.2.1. Tolerancias.

En este apartado se pretende indicar las zonas, en las cuales el método de fabricación debe tener una alta precisión.

Al tratarse de una pieza de pared delgada, las tolerancias en las medidas del molde serán de $\pm 0,01$ mm.

Se empleará un acabado general de $1,2 \mu$ en todas las piezas, fácilmente conseguible e incluso será posible la subcontratación. Estas rugosidades generales se encuentran en la norma UNE82-315.

Dado que en algunos casos se busca un deslizamiento de diferentes componentes de forma ajustada, se han empleado tolerancias dimensionales de h7/H7 según la tabla ISO de tolerancias [ISO 8015]

Los acabados de $0,4 \mu$ irán asociados a aquellas medidas en las cuales se han aplicado las tolerancias dimensionales anteriormente descritas.

Las tolerancias geométricas impuestas al producto vienen dadas por la norma UNE-EN-ISO- 1101:2006.

Por último, se indica el cumplimiento de la norma EN ISO 9974 a la hora de mecanizar los taladros de alimentación hidráulica.

4.3. Montaje del producto.

4.3.1. Montaje del producto.

En el montaje del molde deben hacerse los siguientes trabajos y revisiones previas.

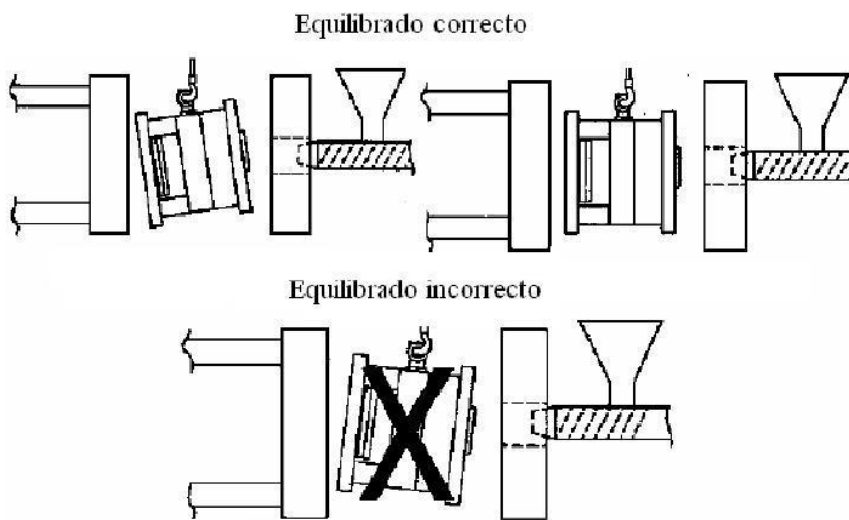
1- Primeramente se colocarán las válvulas de aire como se ha comentado anteriormente, dado que su aguja es ajustable, se realizará de tal manera que encaje perfectamente y que la válvula ni sobresalga, ni quede hundida en la pieza.

2- Seguidamente se colocará el anillo centrador con sus respectivos tornillos.

3- Se colocará la boquilla de canal caliente a la boquilla de la máquina.

4.3.1. Montaje en máquina.

Es muy importante tener en cuenta el equilibrado del molde durante el proceso de fabricación para no tener problemas con la máquina de inyección en la fase posterior de montaje.



4.4. Mantenimiento.

Para realizar un correcto mantenimiento del producto, las únicas indicaciones a tener en cuenta son:

- Comprobación de posibles grietas o imperfecciones tanto en la cavidad como en las superficies de contacto de placas.
- Revisión de los orificios tanto de aire como de agua, ya que se puede obstruir.
- Limpieza de esos conductos.
- Comprobación del estado de los tornillos.

4.5. Manipulación.

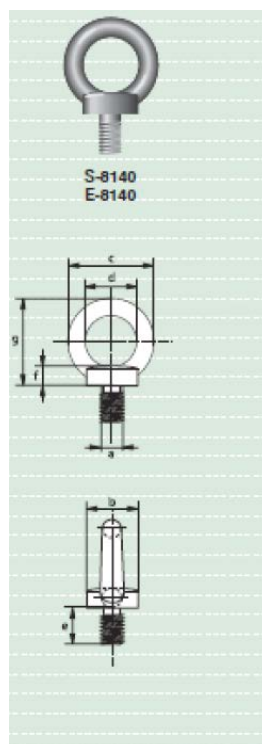
4.5.1. Cáncamos.

Los cáncamos o anillas de elevación son elementos de alta resistencia que se unen al molde para formar parte de él y permitir de esta manera su traslado y manipulación.

Se deberán colocar tantas anillas como puntos de elevación se deseen obtener. Además deberá disponer obligatoriamente de las mismas en todas las placas que superen los 20kg sin que éstos eleven el peso total del molde.

La disposición de los cáncamos con sus respectivas anillas se realizará de forma simétrica para que la manipulación del molde sea lo más equilibrada posible en todo momento. Esto deberá suceder tanto con cada semimolde como en el molde completo.

Los cáncamos situados en el semimolde núcleo, deberán poder aguantar el peso de todo el molde, ya que serán los empleados para su izado y posterior transporte. Se habilitarán otras roscas centradas con respecto a dicho semimolde en las partes cavidad y núcleo, las cuales también estarán correctamente equilibradas para el posible transporte individual de estas partes.



Cáncamos con espiga (macho) Green Pin®

Generalmente según DIN 580

- Material : acero al carbono, C15
- Factor de seguridad : CRM = 4 x CMT
- Norma : generalmente según DIN 580
- Acabado : electro galvanizado o sin galvanizar
- Certificación : bajo potición certificado de prueba

carga máxima de trabajo	diámetro rosca	diámetro base	diámetro exterior	diámetro interior	longitud rosca	espesor base	altura	peso cada 100 pcs
tons	a	b	c	d	e	f	g	kg
0.07	M 6	20	36	20	13	6	38	3
0.14	M 8	20	36	20	13	6	36	6
0.23	M 10	25	45	25	17	8	45	10.3
0.34	M 12	30	54	30	20.5	10	53	17.7
0.49	M 14	35	63	35	27	12	60	27.7
0.7	M 16	35	63	35	27	12	62	28
0.9	M 18	40	72	40	30	14	71	40.5
1.2	M 20	40	72	40	30	14	71	42.4
1.5	M 22	45	81	45	35	14	80	67.3
1.8	M 24	50	90	50	36	18	90	83.4
2.5	M 27	50	90	50	36	18	90	122
3.6	M 30	65	108	60	45	22	109	166
4.3	M 33	65	108	60	45	22	110	216
5.1	M 36	75	126	70	54	26	128	265
6.1	M 39	75	126	70	54	26	130	334
7	M 42	85	144	80	63	30	147	403
8	M 45	85	144	80	63	30	150	521
8.6	M 48	100	166	90	68	35	168	632

4.6. Transporte.

- Moldes pequeños hasta 2000 kg.

Los moldes que no superen los 2000 kg. Deberán ir tumbados horizontalmente sobre su cara más plana, y apoyados sobre un palé grueso de manera que variará dependiendo de su tamaño. Para que el molde no se mueva durante el viaje se le colocarán 4 cantoneras de madera clavadas sobre sus cuatro costados. En todos los casos en los que el molde pueda ser introducido en un cajón de madera. Será el método a utilizar.

- Moldes que excedan los 2000 kg.

Deberán ir tumbados horizontalmente sobre su cara más plana, en la base del camión se deberá colocar una alfombra de goma o un separador de cartón para que el molde no resbale. Una vez fijada la ubicación del molde, éste será amarrado con cinchas para evitar su desplazamiento durante el transporte. De igual modo a los molde inferiores de 2000 kg en todos los casos en los que el molde pueda ser introducido en un cajón de madera. Será el método a utilizar.

4.7. Marcado de moldes.

El marcado e identificación de las piezas obtenidas por cualquier método se está convirtiendo en una exigencia importante por parte de los contratistas.

La forma de llevar a cabo estos marcados es muy diversa, pueden ser efectuados por fresado, láser, electroerosión o incluso pueden estar hechos a mano.

Los principales elementos que en un molde se deben marcar son:

- Cavity: Cada una de las cavidades llevará marcado su número de referencia.
- Anagrama: Se inscribirá el anagrama del fabricante si así lo desea.
- Número de prueba o revisión:

Necesario para llevar un registro de las pruebas realizadas, es recomendable que los moldes dispongan de un recuadro dividido en 20 secciones donde se registrarán las mismas.

Se hará siempre que se disponga de espacio y se buscará un lugar indicado que no sea una zona vista de la pieza.

- Fechador: Se recomienda el uso de un fechador de parrilla siempre que las dimensiones de la pieza lo permitan y que el material del molde sea un material previamente tratado.

La profundidad máxima del grabado será de 0,5mm y en caso de que se prevea algún cambio en alguna de las inscripciones será recomendable hacer los grabados sobre postizos de acero o cobre para su posible recambio una vez se haya realizado el cambio.

Además de todas las inscripciones anteriormente mencionadas, el molde, deberá llevar grabado en su placa identificativa el correspondiente número de referencia, cavidades, material y anagrama del fabricante.

Por último también se recomienda, en especial para moldes de manipulación dificultosa, el llevar placa de seguridad a modo de protocolo a seguir en las operaciones que entrañen algún tipo de riesgo para la seguridad tanto de los operarios como del propio molde.

6. PRESUPUESTO.

Índice:

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. PRESUPUESTO.....	2
2.1. Diseño del molde.....	2
2.2. Materiales y componentes.....	2
2.3. Mecanizado.....	3
2.4. Montaje y ajuste del molde.....	3
2.5. Presupuesto acumulado.....	4
2.6. Coste de inyección.....	4
2.6.1. Material necesario.....	4
2.6.2. Inversión en polipropileno.....	5
2.6.3. Tiempo para fabricar las 100000 piezas.....	5
2.6.4. Piezas por minuto.....	5
2.6.5. Coste de fabricación de las piezas sin el coste del material.....	5
2.6.6. Inversión total de inyección.....	5
2.7. Coste unitario.....	5
2.7.1. Coste unitario por pieza.....	5
2.7.2. Coste unitario por pieza para amortizar el molde en 6 meses.....	6

1. INTRODUCCIÓN.

El presupuesto se realiza de forma aproximada, teniendo en cuenta el diseño del molde, mecanizado, montaje tanto del molde como en la máquina, etc. Todo ello contará para realizar un cálculo del coste de fabricación del molde.

Debido a la gran cantidad de procesos que intervienen es complejo fijar un precio exacto. El motivo de la falta de precisión son los errores en el cálculo de horas de mecanizado, que son estimadas, los imprevistos que puedan surgir durante las operaciones y modifiquen los tiempos de producción y como consecuencia el coste final.

Para realizar el presupuesto se divide en diferentes partes:

- Diseño del molde
- Materiales
- Mecanizado
- Montaje y ajuste del molde

2. PRESUPUESTO.

2.1. Diseño del molde.

En la primera fase del presupuesto se indican las horas de estudio del proyecto, diseño en CAD y planos realizados. El total de horas dedicadas al estudio y diseño del molde es de 60 horas con un coste de 35 euros/h.

Total: 2100 €

2.2. Materiales y componentes.

A continuación se indica el precio de cada pieza del molde en cuanto a materiales y piezas normalizadas o compradas a un fabricante para luego modificarlas.

- Placa fija/núcleo (MOLDMAX HH): 311,62 €
- Placa móvil/cavidad (MOLDMAX HH): 285,65 €
- Anillo centrador (Acero 1.1730 bruto 100x500x10): 31,17€
- Válvulas de aire: 3x 75,85 €
- Boquilla de canal caliente: 790,60 €

- Tornillo M12x120: 8x 2,11 €
- Tornillo M4x20: 4x 0,15 €

Total: 1664 €

2.3. Mecanizado.

Se compran los materiales en bruto con las dimensiones más parecidas posibles a la pieza final o bien de un fabricante de componentes de moldes para luego modificarlas, con el objetivo de reducir los costes de mecanizado.

- Fresado de la cavidad: 7 horas
- Fresado del núcleo: 7 horas
- Fresado de placas y anillos: 3 horas
- Rectificado de elementos cilíndricos: 5 horas
- Rectificado de elemento planos: 3 horas
- Taladrado de agujeros: 2 horas

Total de horas: 27 horas

Precio unitario por proceso: 37€/h

Total: 1000 €

2.4. Montaje y ajuste del molde.

Una vez finalizadas las operaciones de mecanizado y rectificado, y en caso de ser necesario el tratamiento térmico, se procede al montaje y ajuste. Se realiza paso a paso asegurando el correcto funcionamiento del conjunto, que todo ajusta perfectamente, no aparecen juegos excesivos y el cierre es perfecto para asegurar una inyección de calidad. Seguidamente se lleva a cabo el montaje en la máquina.

Por tanto, se divide en dos partes:

- Montaje del molde: 2 horas
- Montaje del molde en la máquina: 2 horas

Precio unitario por hora de trabajo: 35€/h

Total: 140 €

2.5. Presupuesto acumulado.

Sumando cada uno de los apartados que intervienen en la fabricación del molde:

- Diseño: 2100 €
- Materiales y componentes: 1664 €
- Mecanizado: 1000 €
- Montaje: 140 €

Total: 4904 €

2.6. Coste de inyección.

Para poder calcular el coste de inyección se necesitará saber el número de piezas a fabricar al año, así como el peso de la pieza y el precio del material a inyectar.

- Número de piezas al año: 100000 Uds.
- Número de piezas por ciclo: 1 Ud.
- Tiempo de ciclo estimado: 4,04 s.
- Peso de la pieza: 28,06 g.
- Precio del PP: 1,96 €/kg
- Precio hora inyectada: 30 €

2.6.1. Material necesario.

$$Mn = \frac{100000 \cdot 28,06}{1000} = \mathbf{2806 \text{ kg}}$$

2.6.2. Inversión en polipropileno.

$$I_p = 2806 \cdot 1,96 = \mathbf{5499,76 \text{ €}}$$

2.6.3. Tiempo para fabricar las 100000 piezas.

$$T = \frac{100000 \cdot 4,04}{3600} = \mathbf{113 \text{ horas}}$$

Suponiendo como jornada laboral de 8 horas, serán necesarios:

$$Td = \frac{113}{8} = \mathbf{15 \text{ días}}$$

2.6.4. Piezas por minuto.

$$Pm = \frac{60 \cdot 1}{4,04} = \mathbf{14 \text{ Uds/min}}$$

2.6.5. Coste de fabricación de las piezas sin el coste del material.

$$Cf = 113 \text{ h} \cdot 30 \frac{\text{€}}{\text{h}} = \mathbf{3390 \text{ €}}$$

2.6.6. Inversión total de inyección.

$$It = 3390 \text{ €} + 5499,76 \text{ €} = \mathbf{8889,76 \text{ €}}$$

2.7. Coste unitario.

2.7.1. Coste unitario por pieza.

$$C = \frac{8889,76}{100000} = \mathbf{0,09 \text{ €}}$$

2.7.2. Coste unitario por pieza para amortizar el molde en 6 meses.

$$C = \frac{8889,76+4904}{100000} = \mathbf{0,28 \text{ €}}$$