



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño de un molde de inyección para tapones de  
envasado alimentario

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Fernandez Gadea, Ismael

Tutor/a: Peydró Rasero, Miguel Ángel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

Fernández Gadea, Ismael. 2021-2022. Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario. Trabajo de Fin de Grado. Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Alcoy.

## Resumen

Para empezar, este trabajo final de grado estriba en el diseño y desarrollo de un molde de inyección de plástico enfocado en la fabricación de tapones con su correspondiente precinto. Dicho tapón servirá para el envasado de productos alimentarios, lo que será un punto a tener en cuenta a la hora de seleccionar el material a inyectar. Además, otro aspecto a considerar será el medioambiental, buscando en la medida de lo posible que sea reciclable y, a ser posible, biodegradable.

Centrándose en el molde, su diseño se realizará examinando las exigencias de la pieza, por lo que habrá que tener muy en cuenta la geometría de esta, principalmente para la fase de expulsión. Posteriormente, se definirá su fabricación, desde el material con el que se elaborará hasta los procesos de fabricación necesarios. Más aún, se adecuará el molde a las peculiaridades de una máquina inyectora predefinida.

Finalmente, se realizará un análisis de costes de fabricación, para así conocer la viabilidad económica del proyecto.

**Palabras clave:** Inyección; molde; tapón; envasado; plástico.

Fernández Gadea, Ismael. 2021-2022. Design of an injection mold for food packaging caps. Final Degree Project. Universidad Politécnica de Valencia, Campus de Alcoy.

## Summary

First of all, this final degree project is based on the design and development of a plastic injection mold focused on the manufacture of caps with their appropriate seal. This cap will be used on the packaging of food products, which will be a point to take into account to select the injection molding material. Moreover, another aspect to consider will be the environmental, seeking as far as possible that it will be recyclable and biodegradable.

Focusing on the injection mold, their design will be carried out by researching the demands of the piece. So, must be taken into account his geometry, especially on the ejection phase. After, its manufacture will be defined, from the material selection to the necessary manufacturing processes. Furthermore, the mold will be adapted to the dimensions and possibilities of a predefined injection mold machine.

Finally, a manufacturing cost analysis will be carried out, in order to know the economic viability of the Project.

**Keywords:** Injection; mold; cap; packaging; plastic.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	<b>DOCUMENTO Nº1 – ÍNDICE GENERAL</b>

## Documento N°2 – Memoria

1. Introducción.....	3
2. Objetivos, alcance y limitaciones .....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos particulares .....	4
2.3. Alcance .....	4
2.4. Requisitos de diseño .....	4
3. Antecedentes.....	5
3.1. Polímeros .....	5
3.1.1. Termoplásticos .....	5
3.1.2. Termoestables .....	6
3.1.3. Elastómeros .....	6
3.1.4. Plásticos biodegradables y reciclables .....	7
3.2. Máquina de inyección.....	8
3.2.1. Unidad de inyección.....	8
3.2.2. Unidad de cierre .....	9
3.2.3. Unidad de control.....	10
3.2.4. Otras partes.....	11
3.3. Ciclo de inyección .....	11
3.3.1. Proceso de moldeo.....	11
3.3.2. Diagrama termodinámico.....	13
3.4. Molde de inyección.....	14
3.4.1. Partes del molde .....	14
3.4.2. Elementos normalizados .....	16
3.4.3. Materiales .....	16
3.4.4. Desmoldeo .....	18
3.4.5. Moldes de colada fría y canal caliente .....	23
3.4.6. Sistema de enfriamiento.....	24
3.5. Parámetros a considerar .....	25
3.5.1. Contrasalidas .....	25
3.5.2. Contracciones del material.....	25
3.5.3. Tensiones internas .....	25
3.5.4. Ángulo de desmoldeo.....	26
3.5.5. Atrapamientos de aire .....	26
3.5.6. Rechupes .....	26
3.5.7. Líneas de soldadura.....	26
3.6. Fases de diseño .....	27
4. Análisis de soluciones .....	28
4.1. Tapón .....	28
4.1.1. Material .....	28
4.2. Molde .....	28

4.2.1. Dimensiones del molde .....	28
4.2.2. Número de cavidades .....	29
4.2.3. Canal .....	29
4.2.4. Posición de las cavidades .....	29
4.2.5. Desmoldeo .....	29
4.2.6. Sistema de refrigeración.....	30
4.2.7. Materiales.....	30
5. Conclusiones.....	32
6. Presupuesto.....	33
6.1. Análisis de viabilidad económica .....	33
7. Apéndices .....	34
7.1. Referencias bibliográficas.....	34
7.2. Listado de normas utilizadas.....	34
7.3. Definiciones y abreviaturas .....	35
7.4. Programas de cálculo .....	36
7.5. Plan de calidad aplicado durante la redacción del proyecto .....	36
7.6. Orden de prioridad entre los documentos .....	37
7.7. Listado de figuras.....	37
7.7.1. Documento N°2 - Memoria.....	37
7.7.2. Anexo 1 – Características de la pieza .....	38
7.7.3. Anexo 2 – N° cavidades e inyectora.....	38
7.7.4. Anexo 3 – Diseño del molde.....	39
7.7.5. Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación.....	39
7.8. Listado de tablas .....	40
7.8.1. Documento N°2 - Memoria.....	40
7.8.2. Anexo 1 – Características de la pieza .....	40
7.8.3. Anexo 3 – Diseño del molde.....	40
7.8.4. Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación.....	40

## **Anexo 1 – Características de la pieza**

1. Utilidad de la pieza.....	2
2. Selección del material.....	2
2.1. Análisis de requisitos .....	2
2.2. Criterios de optimización.....	3
2.3. Análisis de posibles materiales .....	3
2.3.1. Selección según normativa.....	3
2.3.2. Selección según características .....	3
2.4. Proveedor .....	5

3. Dimensiones .....	6
3.1. Aspectos geométricos .....	6
3.1.1. Tolerancias y contracciones .....	6
3.1.2. Ángulo de desmoldeo.....	7
3.1.3. Contrasalidas .....	7
3.2. Etiquetado .....	8
4. Cálculos .....	8
4.1. Masa a inyectar .....	9
4.2. Presión de inyección .....	9
4.3. Fuerza de cierre.....	10
4.4. Tiempo de inyección total.....	10
4.4.1. Tiempo de vacío .....	10
4.4.2. Tiempo de inyección .....	10
4.4.3. Tiempo de compactación .....	11
4.4.4. Tiempo de enfriamiento .....	11
4.4.5. Tiempo total .....	11
5. Simulación.....	12
5.1. Presión de inyección .....	12
5.2. Fuerza de cierre.....	13
5.3. Tiempos de inyección .....	14
5.3.1. Tiempo de llenado.....	14
5.3.2. Tiempo de compactación .....	14
5.3.3. Tiempo de vacío .....	15
5.4. Otros datos .....	15
5.4.1. Rechupes y zonas solidificadas al final del llenado.....	15
5.4.2. Tensiones de cizalla y residuales .....	15
5.4.3 Contracción volumétrica y densidad al final del empaquetado .....	16
5.5. Resumen.....	16

## **Anexo 2 – N° de cavidades e inyectora**

1. Máquina inyectora .....	2
2. Número de cavidades .....	2
2.1. Cálculo teórico del número de cavidades .....	3
2.1.1. Método 1 .....	3
2.1.2. Método 2 .....	4
2.1.3. Método 3 .....	4
2.2. Cálculo económico de cavidades .....	4
2.3. Conclusiones .....	6

## Anexo 3 – Diseño del molde

1. Forma de ejecución del molde.....	2
1.1. Número de placas.....	2
1.1.1. Moldes de tres placas .....	2
1.1.2. Moldes de dos placas .....	3
1.1.3. Conclusión .....	3
1.2. Tipo de canal.....	3
1.2.1. Colada fría.....	3
1.2.2. Canal caliente .....	3
1.2.3. Conclusión .....	3
2. Posición de las cavidades .....	3
3. Sistema de colada .....	4
3.1. Boquilla.....	4
3.2. Cámara caliente.....	5
4. Sistemas de regulación de temperatura .....	6
4.1. Sistema de refrigeración .....	6
4.1.1. Calor a disipar .....	6
4.1.2. Fluido .....	7
4.1.3. Caudal .....	7
4.1.4. Diámetro y posicionamiento .....	8
4.2. Resistencias de la cámara caliente .....	9
4.2.1. Cálculo de la potencia necesaria .....	9
4.2.2. Resistencias empleadas .....	10
5. Desmoldeo.....	10
5.1. Rosca interior.....	10
5.2. Precinto de seguridad.....	11
5.2.1. Correderas .....	11
5.2.2. Mecanismo de desplazamiento de las correderas.....	12
5.3. Sistema de expulsión .....	14
6. Salidas de aire.....	16

## Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación

1. Tornillería.....	2
2. Cámara caliente .....	2
2.1 Elementos calefactores .....	3
2.1.1. Inyectores y distribuidor .....	3
2.1.2. Conector .....	3

2.2. Elementos normalizados .....	3
2.2.1 Disco centrador .....	3
2.3. Sobreplato .....	3
2.4. Plato cámara.....	4
3. Parte hembra.....	4
3.1. Elementos normalizados .....	4
3.2. Plato hembra .....	5
3.3. Postizos .....	5
3.3.1 Material .....	5
3.3.2. Procesos de fabricación.....	6
4. Parte macho .....	6
4.1. Elementos normalizados .....	7
4.1.1. Recuperadores .....	7
4.2. Plato macho.....	7
4.3. Machos interiores.....	8
4.3.1. Material .....	8
4.3.2. Procesos de fabricación.....	8
4.4. Casquillos guía y camisas expulsoras .....	9
4.5. Sufridera.....	9
4.6. Regles.....	9
4.6. Placas expulsoras y de fijación de los machos .....	10
4.7. Sobreplato .....	10
4.8. Topes calzo .....	10
4.9. Tapetas postizo macho.....	10
4.9.1 Material .....	10
4.9.2. Procesos de fabricación.....	11
4.10. Correderas .....	11
4.10.1. Material .....	11
4.10.2. Procesos de fabricación.....	12
5. Elementos de seguridad .....	12
5.1. Placa de seguridad de apertura.....	13

## Documento N°4 – Planos

0. Dimensiones del tapón roscado con precinto .....	2
1. Vista seccionada del molde completo .....	3
1.1. Conjunto cámara caliente.....	4
1.1.1. Sobreplato de la cámara caliente.....	5

1.1.2. Disco centrador .....	6
1.1.3. Plato cámara .....	7
1.2. Conjunto plato hembra.....	8
1.2.1. Plato hembra.....	9
1.2.2. Postizos para la hembra.....	10
1.3. Conjunto plato macho .....	11
1.3.1. Plato macho .....	12
1.3.3. Casquillo guía para la camisa.....	13
1.3.4. Sufridera.....	14
1.3.6. Regles.....	15
1.3.7. Placa expulsora portacamisas.....	16
1.3.8. Placa expulsora camisas.....	17
1.3.9. Placa de fijación de los machos .....	18
1.3.10. Sobreplato del macho .....	19
1.3.13. Recuperador .....	20
1.3.14. Camisa expulsora .....	21
1.3.18. Tope calzo .....	22
1.3.20. Macho interior.....	23
1.3.21. Tapeta postizo macho.....	24
1.3.24. Corredera.....	25
1.4. Placa de seguridad de apertura.....	26

## Documento N°5 – Pliego de condiciones

1. Descripción del proyecto .....	2
2. Pliego de condiciones generales .....	2
2.1. Normativa aplicable .....	2
2.2. Almacenamiento .....	3
2.3. Suministro .....	3
2.4. Ejecución de las tareas .....	3
2.5. Seguridad .....	3
3. Pliego de condiciones técnicas .....	4
3.1. Materiales.....	4
3.2. Fabricación.....	4
3.3. Marcado .....	5
3.4. Manual de montaje.....	5
3.4.1 Montaje .....	5
3.4.2. Colocación en máquina .....	7
3.5. Manual de mantenimiento .....	7
4. Pliego de condiciones económicas .....	8

---

## **Documento N°6 – Presupuesto**

1. Mediciones
2. Presupuestos parciales
3. Cuadro de precios
4. Resumen



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	<b>DOCUMENTO N°2 – MEMORIA</b>

## Tabla de contenido

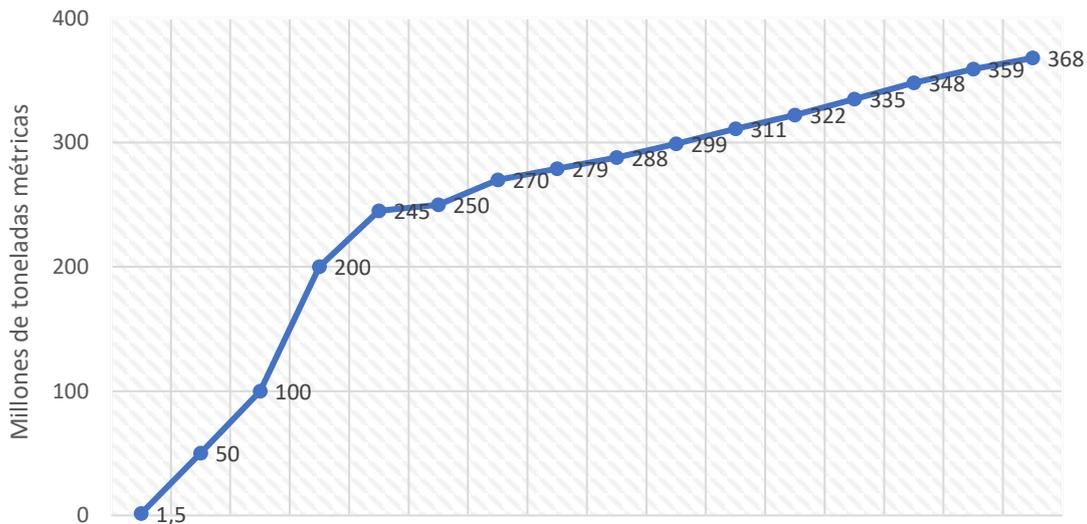
1. Introducción.....	3
2. Objetivos, alcance y limitaciones .....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos particulares .....	4
2.3. Alcance .....	4
2.4. Requisitos de diseño .....	4
3. Antecedentes.....	5
3.1. Polímeros .....	5
3.1.1. Termoplásticos .....	5
3.1.2. Termoestables .....	6
3.1.3. Elastómeros .....	6
3.1.4. Plásticos biodegradables y reciclables .....	7
3.2. Máquina de inyección.....	8
3.2.1. Unidad de inyección.....	8
3.2.2. Unidad de cierre .....	9
3.2.3. Unidad de control.....	10
3.2.4. Otras partes.....	11
3.3. Ciclo de inyección .....	11
3.3.1. Proceso de moldeo.....	11
3.3.2. Diagrama termodinámico.....	13
3.4. Molde de inyección.....	14
3.4.1. Partes del molde .....	14
3.4.2. Elementos normalizados .....	16
3.4.3. Materiales .....	16
3.4.4. Desmoldeo .....	18
3.4.5. Moldes de colada fría y canal caliente .....	23
3.4.6. Sistema de enfriamiento.....	24
3.5. Parámetros a considerar .....	25
3.5.1. Contrasalidas .....	25
3.5.2. Contracciones del material.....	25
3.5.3. Tensiones internas .....	25
3.5.4. Ángulo de desmoldeo.....	26
3.5.5. Atrapamientos de aire .....	26
3.5.6. Rechupes .....	26
3.5.7. Líneas de soldadura.....	26
3.6. Fases de diseño .....	27
4. Análisis de soluciones .....	28
4.1. Tapón .....	28
4.1.1. Material .....	28
4.2. Molde .....	28

4.2.1. Dimensiones del molde .....	28
4.2.2. Número de cavidades .....	29
4.2.3. Canal .....	29
4.2.4. Posición de las cavidades .....	29
4.2.5. Desmoldeo .....	29
4.2.6. Sistema de refrigeración.....	30
4.2.7. Materiales.....	30
5. Conclusiones.....	32
6. Presupuesto.....	33
6.1. Análisis de viabilidad económica .....	33
7. Apéndices .....	34
7.1. Referencias bibliográficas.....	34
7.2. Listado de normas utilizadas.....	34
7.3. Definiciones y abreviaturas .....	35
7.4. Programas de cálculo .....	36
7.5. Plan de calidad aplicado durante la redacción del proyecto .....	36
7.6. Orden de prioridad entre los documentos .....	37
7.7. Listado de figuras.....	37
7.7.1. Documento N°2 - Memoria.....	37
7.7.2. Anexo 1 – Características de la pieza .....	38
7.7.3. Anexo 2 – N° cavidades e inyectora.....	38
7.7.4. Anexo 3 – Diseño del molde.....	39
7.7.5. Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación.....	39
7.8. Listado de tablas .....	40
7.8.1. Documento N°2 - Memoria.....	40
7.8.2. Anexo 1 – Características de la pieza .....	40
7.8.3. Anexo 3 – Diseño del molde.....	40
7.8.4. Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación.....	40

## 1. Introducción

A día de hoy, desde el hallazgo de los plásticos, estos han llegado a convertirse en uno de los materiales primordiales en todo tipo de artículos, debido a sus características. Entre ellas destaca, principalmente, su económica y fácil transformación, posibilitando la producción de grandes series con costes relativamente bajos.

Estas propiedades han provocado que el sector del plástico haya tenido un desarrollo exponencial en las últimas décadas (*Figura 1*), sobre todo en la utilización de plásticos para productos de consumo.



*Figura 1.1.* Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2019. Fuente: [Statista](#).

Luego, de entre los diversos procesos de transformación de plásticos que existen sobresale la inyección, por encima del soplado, el vacío o la extrusión. La principal razón es la obtención de las piezas terminadas a la salida de la máquina y sus rápidos ciclos de producción. Esto está provocando que los polímeros, cada vez más, estén desbancando a otros tipos de materiales, como pueden ser las maderas o los metales.

Por todo lo mencionado anteriormente, surge la idea del trabajo de fin de grado que se pretende desarrollar. Al tener el plástico este continuo crecimiento y ser el proceso de inyección uno de los mejores métodos de fabricación de componentes plásticos, se ha decidido diseñar un molde de inyección de plástico.

Ahora, tan sólo queda saber que pieza se pretende inyectar. Para ello, se conoce que los plásticos se usan, comúnmente, en productos de consumo, dividiéndose estos en tres: alimentos, productos no alimenticios y servicios. Entonces, decantándose por la parte de alimentos, ya que son los consumidos con mayor frecuencia, únicamente queda seleccionar el producto.

De entre la gran variedad de elementos plásticos que existen, uno de los más útiles y que, a la vez, presenta cierta complejidad en cuanto al diseño del molde se refiere, son los tapones de botellas.

De tal manera, se ha decidido diseñar un molde de inyección de plástico para tapones de envasado alimentario.

## 2. Objetivos, alcance y limitaciones

En este segundo capítulo se van a exponer los distintos objetivos, tanto generales como específicos, que se pretenden alcanzar en el desarrollo de este proyecto. Tras haberlo realizado, en un posterior apartado de conclusiones, se explicará si se han alcanzado los objetivos planteados o no.

Además, se mostrarán las distintas necesidades que definen las condiciones particulares, así como las limitaciones y alcance del proyecto.

### 2.1. Objetivo general

Como se puede deducir del título, el principal objeto que se persigue es **diseñar**, así como desarrollar, un **molde de inyección de plástico** para la fabricación de tapones, los cuales serán utilizados en el envasado de productos alimentarios.

### 2.2. Objetivos particulares

Luego, como fines específicos o particulares destaca únicamente el medioambiental, además del académico. Ambos se exponen a continuación:

- **Utilizar** como material inyectable un **biopolímero**, ya que son biodegradables, es decir, su degradación está garantizada en un sistema biológico. En el caso de que esto no fuese posible, emplear cualquier tipo de polímero reciclable, para evitar o minimizar el daño medioambiental.
- **Demostrar** los **conocimientos** adquiridos durante el grado en ingeniería mecánica y desarrollar habilidades en la realización de proyectos.

### 2.3. Alcance

El alcance del proyecto abarca, como se indica en el resumen inicial, desde el diseño y selección de materiales del tapón hasta el diseño, determinación de materiales y proceso de elaboración del molde de inyección que permita fabricarlo.

Se excluye del presente proyecto un estudio económico, debido a la imposibilidad de analizar a la competencia por las grandes dificultades que entraña hoy en día conseguir presupuestos de este tipo de proyectos. No obstante, sí que se incluirá el presupuesto del molde que se diseñe, junto con un análisis de viabilidad económica.

### 2.4. Requisitos de diseño

Para el desarrollo del trabajo se van a imponer una serie de **condiciones** que permitan la máxima aproximación posible a la realidad, así como establecer unos datos de partida.

- El volumen de pedido o cantidad de piezas a producir se estima en cuatro millones de unidades.
- Se considerará que se dispone de una marca y modelo de máquina de inyección concreta; sus características y ficha técnica están reflejadas en el Anexo 2 – N° de cavidades e inyectora.

### 3. Antecedentes

Antes de empezar con el propio desarrollo del trabajo, es necesario obtener los conocimientos adecuados para su correcto desempeño. Es por ello que, a continuación, se van a satisfacer todas las necesidades en cuanto a entendimiento se refiere.

#### 3.1. Polímeros

Los polímeros son macromoléculas de origen orgánico que, a consecuencia de su tamaño, poseen un elevado peso molecular. Están compuestos por un gran número de monómeros, que son compuestos moleculares sencillos que se unen a través de enlaces covalentes para formar cadenas moleculares. Para conseguir su unión, se requiere una reacción química llamada polimerización, dando lugar a la formación de estas moléculas de peso elevado. A mayor sea el tamaño del polímero, mayor será su punto de fusión, como también su resistencia y rigidez.

En gran parte, son materiales sintéticos que han sido elaborados a partir de derivados del petróleo. Sin embargo, actualmente está en auge la investigación en la obtención de polímeros procedentes de productos naturales.

En cuanto a sus características, destaca su ligereza, aislamiento eléctrico y resistencia a la corrosión. Sin embargo, poseen una baja resistencia mecánica y no es conveniente someterlos a altas temperaturas. También se puede mencionar su baja densidad, suelen ser impermeables, aceptables aislantes acústicos y, como se mencionó en la introducción, su producción es económica y fácil.

Por último, existen varias clasificaciones atendiendo a diversos factores: estructura espacial del polímero, mecanismos químicos de la reacción de polimerización y comportamiento frente a determinadas variables. De entre todas ellas, la más famosa es la agrupación en función del comportamiento frente al calor, existiendo tres tipos: termoplásticos, termoestables y elastómeros.



Figura 3.1. Estructura molecular según el tipo de polímero. Fuente: [losadhesivos.com](http://losadhesivos.com).

##### 3.1.1. Termoplásticos

Los polímeros termoplásticos a elevadas temperaturas tienen un comportamiento plástico, como su nombre indica. Pese a ello, sus enlaces no se ven modificados gravemente cuando ocurre esta situación. Por lo tanto, se pueden conformar en caliente, enfriarse y, si se vuelven a recalentar, no cambia su comportamiento. Eso sí, contra más veces se funden y moldean, más irán disminuyendo sus propiedades físicas. Esto hace que sean polímeros **reutilizables**. Además, poseen una estructura lineal (Figura 3.1).

En relación con sus propiedades mecánicas, a mayor sea la cristalinidad del polímero y/o menor sea su temperatura, mayores serán sus propiedades resistentes. Entendiéndose por cristalinidad el grado de ordenamiento de las macromoléculas. Igualmente, a mayor sea la velocidad de aplicación de las cargas, más grandes serán sus propiedades resistentes.

Entre los más comunes se encuentran el polietileno de baja densidad (LDPE) y alta densidad (HDPE), el cloruro de polivinilo (PVC), el polipropileno (PP), el polimetilmetacrilato (PMMA), las poliamidas (náilon), los policarbonatos y los poliésteres.

De entre ellos destaca el polietileno (**PE**) y el polipropileno (**PP**), ya que suelen ser empleados en la **fabricación de botellas**, que es lo que interesa. Por un lado, el polietileno tiene un bajo coste de producción, buena flexibilidad, excelente resistencia a la corrosión y buenas propiedades aislantes. Por otro lado, el polipropileno es uno de los más baratos, tiene buena resistencia química al calor y humedad, buena dureza superficial, baja densidad y una notoria flexibilidad.

### 3.1.2. Termoestables

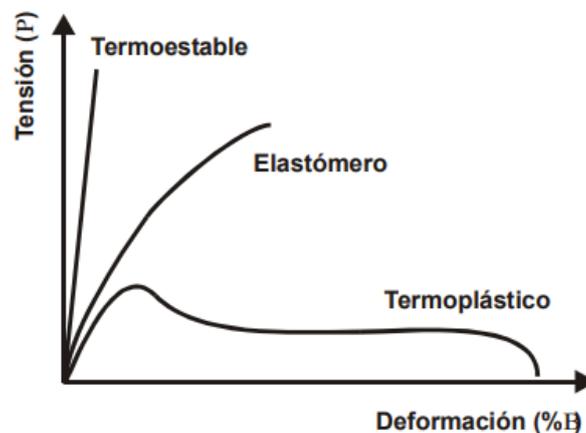
En segundo lugar, los polímeros termoestables mantienen una estructura reticular, es decir, de red tridimensional (*Figura 3.1*), y han sido confeccionados mediante reacciones de condensación a partir de resinas líquidas. A diferencia de los termoplásticos, no pueden volverse a procesar una vez han sido elaborados, porque las moléculas obtenidas en la reacción se enlazan permanentemente. Por lo tanto, se trata de polímeros **no reciclables, de un solo uso**.

Luego, en cuanto a sus propiedades mecánicas, la presencia de enlaces covalentes impide que las cadenas puedan deslizar. Por lo que tan sólo se pueden estirar los enlaces, siendo estos los responsables de la deformación elástica. Dicho todo esto, son materiales rígidos con una resistencia y módulo elástico relativamente altos, además de ser altamente sensibles a los impactos.

Finalmente, los más conocidos son tres: fenólicos, resinas epoxi y poliésteres. El primero tiene un bajo coste, sirve como aislante térmico y eléctrico, tiene una buena resistencia química, una gran dureza y es fácilmente moldeable. Luego, las resinas epoxi son buenos lubricantes, tienen buena adhesión, así como gran resistencia química y mecánica. Por último, los poliésteres tienen una baja viscosidad y una gran resistencia a la corrosión.

### 3.1.3. Elastómeros

Para acabar, los elastómeros gozan de un comportamiento intermedio entre los termoplásticos y los termoestables (*Figura 3.2*). Su principal característica es la capacidad de **deformación elástica**.



*Figura 3.2. Gráfica tensión-deformación de los materiales poliméricos. Fuente: Ciencia de materiales I.*

Sus cadenas poliméricas están altamente enrolladas (*Figura 3.1*), por lo que cuando se le aplica una fuerza, este polímero se alarga, ya que las cadenas se desenrollan. Cuando la fuerza desaparece, se vuelven a enrollar. Además, estos entrecruzamientos entre las cadenas producidos durante el proceso de vulcanización evitan que las cadenas puedan deslizar entre ellas, permitiendo que la mayor parte de la deformación sea elástica. En resumen, su grado de elasticidad viene determinado por la cantidad de entrecruzamientos.

Los más utilizados son el caucho natural, el neopreno y los cauchos de silicona. El natural tiene una resistencia a la tracción baja y elongaciones muy elevadas. El neopreno, usado en recubrimientos de cables o mangueras, posee una mala flexibilidad a bajas temperaturas. Finalmente, la silicona se emplea como sellador, aislante eléctrico, etc.

### 3.1.4. Plásticos biodegradables y reciclables

Como se ha mencionado anteriormente, el desarrollo de plásticos biodegradables va en aumento. Todo ello, refiriéndose a biodegradable como aquel material polimérico que se degrada parcial o totalmente sin producir residuos tóxicos en condiciones ambientales apropiadas.

Actualmente, existen tres sistemas de producción de **plásticos biodegradables**, cada uno con distintas características de degradabilidad:

- **Almidones.** Los granos del almidón, extraídos generalmente del trigo, se convierten en polvos, para posteriormente calentarlos y transformarlos en un líquido viscoso. Al enfriarse, se le da forma de gránulos para poder procesarlos en equipos convencionales de transformación de polímeros. Además, al almidón se le añaden aditivos para proporcionar características concretas. Por ejemplo: polietileno más almidón para fabricar bolsas de basura biodegradables.
- **Base láctea.** Fermentando materias primas se crea ácido láctico, que después se polimeriza, elaborando poliéster.
- **Fermentación de azúcar.** Una reacción entre ácidos orgánicos y azúcar produce un polímero cristalino y rígido que tiene un comportamiento bastante parecido a los plásticos elaborados mediante petróleo.

También se están intentando elaborar plásticos completamente biodegradables a partir de restos agrícolas, aceites vegetales o proteínas. Sin embargo, todavía está en desarrollo, pero el coste de fabricación de estos tipos de polímeros es bastante más elevado.

Por otro lado, como se ha explicado, los **termoplásticos** son **reciclables**, pudiendo volverse a fundir, formando otros productos. Todos ellos llevan un pequeño símbolo de reciclado, donde cada uno corresponde a un plástico diferente (*Figura 3.3*).



*Figura 3.3. Símbolos de reciclado. Fuente: [aristegui.info](http://aristegui.info).*

De entre todos ellos, solo existen tres que son completamente **seguros para** estar en contacto directo con **alimentos**. Estos son tanto el **polietileno** de alta y baja densidad, como el **polipropileno**, debido a que no emiten sustancias químicas nocivas.

### 3.2. Máquina de inyección

Existen una gran variedad de técnicas de conformado de polímeros termoplásticos, pero como este trabajo estriba en el desarrollo de un molde de inyección de plástico, únicamente hay que centrarse en el moldeo por inyección.

Sin embargo, antes de adentrarse en el ciclo de inyección, junto con sus características y particularidades, es necesario comprender las diferentes partes de las que se compone una máquina de inyección.

En primer lugar, la función de una máquina de inyección es calentar un polímero termoplástico que se encuentra en forma de gránulos por encima de la temperatura de fusión. Luego, este material plástico es inyectado en la cavidad de un molde cerrado a presión, donde se adapta a su forma. Posteriormente, dentro de dicho molde el polímero se solidifica rápidamente y la pieza terminada es expulsada.

En cuanto a sus partes más representativas o relevantes, existen tres: la unidad de inyección, la unidad de cierre y la unidad de control.

#### 3.2.1. Unidad de inyección

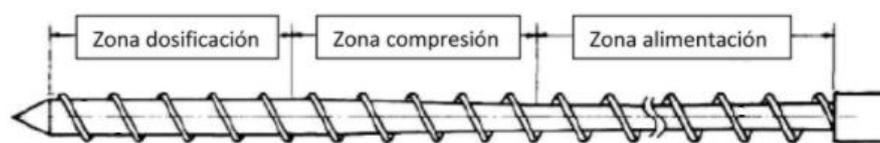
El principal ejercicio de este pedazo de la máquina es, a grandes rasgos, transportar el polímero granulado hasta el interior del molde. A lo largo de este recorrido, el material va adquiriendo temperatura y fundiéndose. Las partes de la que está compuesta la unidad de inyección son las siguientes (*Figura 3.5*), en el orden por el que circula el material:

- **Tolva de alimentación.** Este primer elemento es el lugar donde se introduce el polímero granulado, ya sea de forma manual o automática. Se encarga de ir aportando material al husillo, gracias a la acción de la gravedad.

A parte, hay una gran variedad de tolvas, desde algunas que realizan mezclas de distintos polímeros hasta otras con sistemas de secado, cuya función es eliminar la posible humedad que pueda contener el termoplástico, ya que esta provoca la aparición de betas en las piezas acabadas.

- **Tornillo sinfín o husillo.** Se trata de un enrollamiento de acero cromado o pulido con forma helicoidal, de gran resistencia y dureza. Se encarga de transportar el material desde la tolva hasta el molde, así como de presionar el polímero para que sea inyectado adecuadamente.

Por otro lado, se puede dividir en tres partes (*Figura 3.4*): la zona de alimentación, de compresión y de dosificación. La primera es por donde se alimenta la máquina de material sólido. En la segunda, el volumen en el interior de los filetes disminuye, causando una compresión progresiva. Finalmente, en la zona de dosificación se mezcla y homogeniza el plástico fundido.



*Figura 3.4. Partes de un husillo.*

- **Barril o cilindro.** En su interior se encuentra alojado el husillo, mientras que su parte exterior está recubierta por bandas calefactoras, juntos con sus respectivos termopares. Está fabricado, generalmente, con acero nitrurado con capa superficial dura, al igual que el husillo.
- **Bandas calefactoras o resistencias.** Como se acaba de comentar, se sitúan cubriendo el barril y su única función es elevar la temperatura del material hasta fundirlo a medida que avanza por el interior del cilindro. Además, cada una de las bandas puede tener diferentes temperaturas, para realizar un proceso de fundición progresivo.
- **Válvula antirretorno.** Como su nombre indica, se usa para restringir el paso del polímero en el sentido contrario al de inyección. Se ubica en el extremo del husillo y existen diferentes tipos: la de casquillo, que es la utilizada comúnmente, la de bola (para bajas velocidades de inyección) y la de bola interna (para grandes diámetros de husillo).
- **Boquilla.** Este componente se localiza al extremo del barril, concretamente tras la zona de dosificación del husillo, y es por donde se expulsa el polímero fundido, que entra en el bebedero del molde. Su labor es aportar una temperatura constante al material y reducir al mínimo la pérdida de presión.

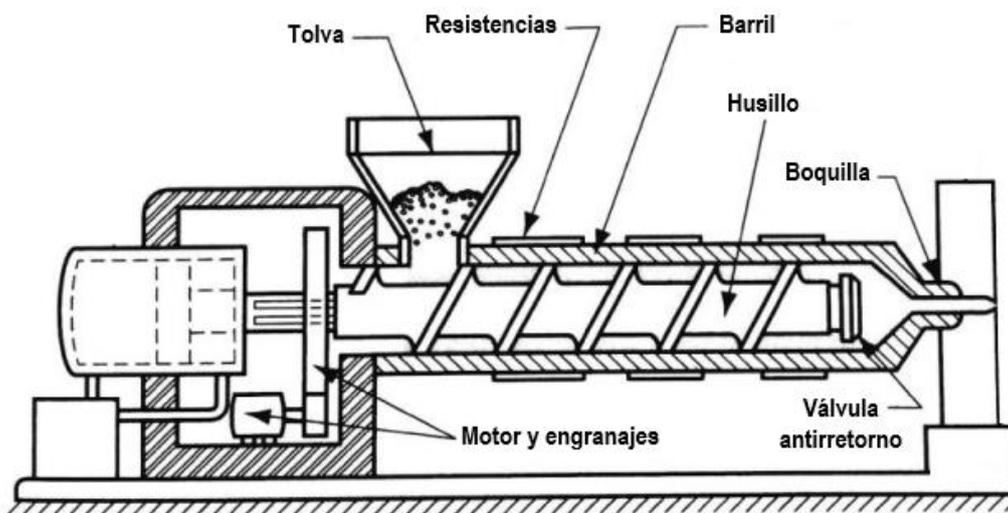


Figura 3.5. Unidad de inyección.

También puede considerarse dentro de esta unidad el **motor y los engranajes** encargados de accionar el husillo, es decir, todo el circuito oleohidráulico responsable de su funcionamiento.

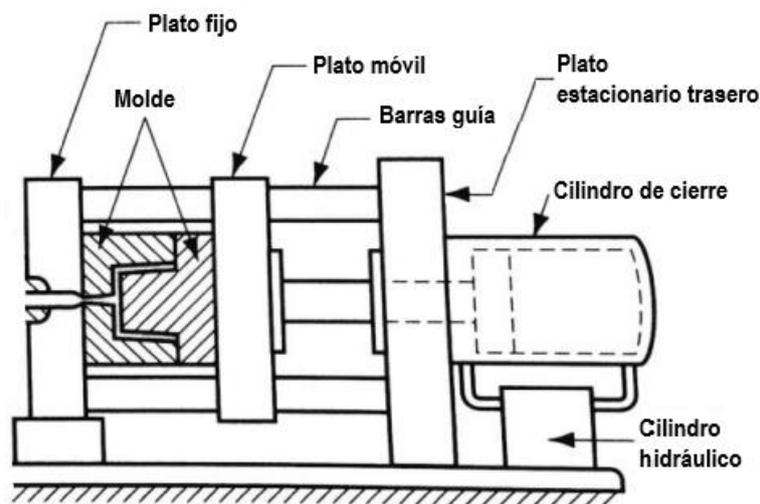
### 3.2.2. Unidad de cierre

La unidad de cierre es la parte de la máquina inyectora que sujeta el molde, encargándose de abrirlo y cerrarlo. Además, es la que ejerce la fuerza que lo mantiene cerrado cuando tiene lugar la fase de inyección y la que expulsa la pieza terminada.

Luego, existen varios métodos de cierre, siendo los más comunes el cierre por rodillera (doble o simple), el cierre por pistón y el cierre de pistón bloqueado o hidromecánico. De entre todos ellos, el más habitual es el cierre por doble rodillera, sobre todo en las inyectoras cuya fuerza de cierre alcanza hasta las 1.000 toneladas, o lo que es lo mismo, 10.000 kN.

Las partes principales de esta sección de la máquina son (*Figura 3.6*):

- **Barras guía.** Concretamente el número de barras es cuatro, situada cada una de ellas en una esquina. Su función es soportar los platos, encima de ser el lugar por donde desliza el móvil, por lo que deben estar lubricadas adecuadamente.
- **Plato móvil.** Se encarga de sujetar una de las mitades del molde y, como se acaba de decir, es el que se desliza de manera axial por las barras guía. Tiene un orificio en el centro para el sistema de expulsión y barrenos roscados para poder colocar el molde.
- **Plato fijo.** Es donde se encuentra amarrada la otra mitad del molde y, a diferencia del anterior, este no se mueve. Sin embargo, es el que interconecta la unidad de cierre con la de inyección.
- **Plato estacionario trasero.** Su oficio es sujetar el mecanismo de cierre, así como ser el lugar donde se ejerce la fuerza. También es donde se ajustan las dimensiones del molde entre los dos platos anteriores, el fijo y el móvil.
- **Cilindro hidráulico.** Este, a partir de un circuito oleohidráulico, desplaza un émbolo que está unido al plato móvil, en caso de ser por cierre por pistón, o a las articulaciones, si se trata de un sistema de rodillera. De esta forma se consigue la acción de abrir y cerrar el molde.
- **Dispositivo de extracción.** Este instrumento suele constar de un cilindro hidráulico de expulsión encargado de accionar una palanca guiada con un vástago principal, existiendo la posibilidad de haber varios secundarios. Este o estos vástagos, cuando hay que expulsar la pieza ya elaborada del molde, atraviesan el plato móvil, hasta llegar a la placa expulsora, que es la encargada de extraer la pieza.



*Figura 3.6. Unidad de cierre por pistón.*

### 3.2.3. Unidad de control

La unidad de control o, mejor dicho, **panel de control**, es el lugar donde se controlan, monitorizan e implantan todos los posibles parámetros que influyen en el proceso de inyección, ya sean temperaturas, tiempos de inyección o velocidades. En él se puede dirigir la máquina de forma manual, como también programar su automatización, con la posibilidad de cambiar cualquier variable en todo momento.

Además del propio panel de control, también podría considerarse dentro de este grupo el **cuadro eléctrico**. Este último incluye desde los relés de control de las resistencias de calentamiento hasta los contactores de accionamiento de los motores del husillo.

### 3.2.4. Otras partes

Por último, al menos mencionar el resto de componentes de las que está compuesta una máquina de inyección de plástico. Estos son el sistema oleohidráulico y de refrigeración.

Por un lado, el **sistema oleohidráulico** está compuesto por un gran nombre de elementos. Como no corresponde en este proyecto explicar todo el complejo circuito, destacar únicamente algunas partes, como son el tanque de aceite, el motor eléctrico, la bomba, el intercambiador de calor, todo tipo de válvulas o electroválvulas, reguladores y filtros. Sus funciones son accionar el husillo, la placa expulsora y los cilindros hidráulicos encargados de abrir y cerrar el molde, como se ha explicado en apartados anteriores.

Por otro lado, el **sistema de refrigeración** es más simple, consta de las mangueras y las torres de refrigeración. Su objetivo es disminuir la temperatura del aceite oleohidráulico, ya que de lo contrario se puede deteriorar. También se usa para refrigerar el propio molde, sobre todo los que son de cierto tamaño, que llevan un circuito interno dedicado exclusivamente a la circulación del agua.

## 3.3. Ciclo de inyección

Ahora que ya se conocen las diferentes partes de la máquina de inyección, es el turno de explicar cómo pasan los gránulos de polímero termoplástico a adquirir la forma que hay mecanizada en el interior del molde.

### 3.3.1. Proceso de moldeo

El proceso de moldeo por inyección está formado, generalmente, por cinco fases:

- **Fase I/Cierre del molde.** El plato móvil que sujeta una de las mitades del molde empieza a desplazarse a una velocidad relativamente alta hacia el plato fijo, que contiene la otra parte del molde. Una vez están lo suficientemente cerca, la velocidad de aproximación disminuye hasta que se unen ambas partes, cerrándose así el molde. Posteriormente, se aplica la presión suficiente para evitar que el molde se abra o exista cualquier fuga.

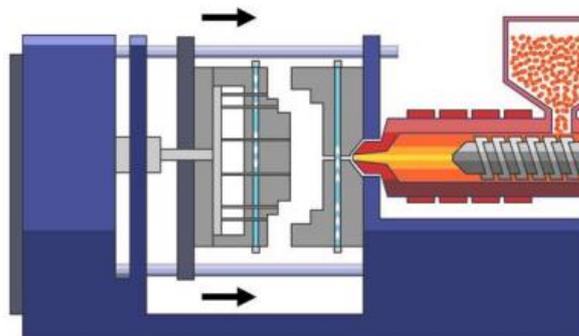


Figura 3.7. Fase I/Cierre del molde. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).

- **Fase II/Inyección.** El husillo avanza axialmente hacia el plato fijo y empieza a inyectar material hacia el interior del molde a través de la boquilla. Sin embargo,

existe aire en el interior de las cavidades del molde, pero eso no supone un problema, ya que se escapará por la línea de partición u otros orificios del molde.

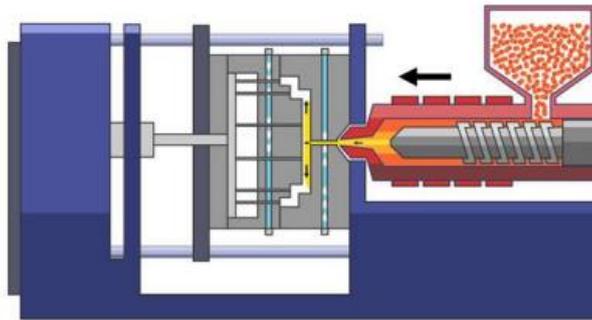


Figura 3.8. Fase II/Inyección. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).

- **Fase III/Enfriamiento.** Mientras el material que se encuentra en el interior del molde va disminuyendo de temperatura, el husillo sigue ejerciendo presión y aportando material, ya que a medida que se enfría la pieza, esta se contrae, disminuyendo su volumen. De esta manera se consigue llenar toda la cavidad del molde.

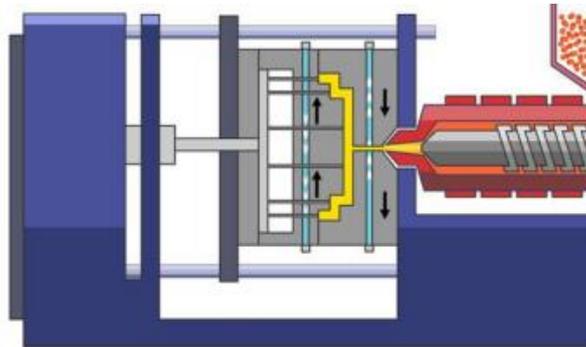


Figura 3.9. Fase III/Enfriamiento. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).

- **Fase IV/Retroceso.** El husillo deja de ejercer presión, gira para desplazar nuevo material hacia la parte delantera y retrocede axialmente a su posición inicial. Ese desplazamiento y giro también permite la entrada de nuevo material al interior del cilindro.

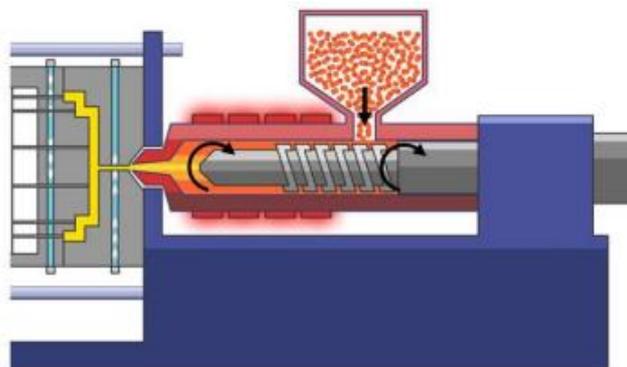


Figura 3.10. Fase IV/Retroceso. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).

- **Fase V/Expulsión.** Una vez la pieza se enfría totalmente y solidifica, el plato móvil deja de ejercer presión y retrocede a su posición inicial. Luego, el sistema de expulsión extra la pieza del interior del molde. A partir de aquí, se repite el proceso cíclicamente.

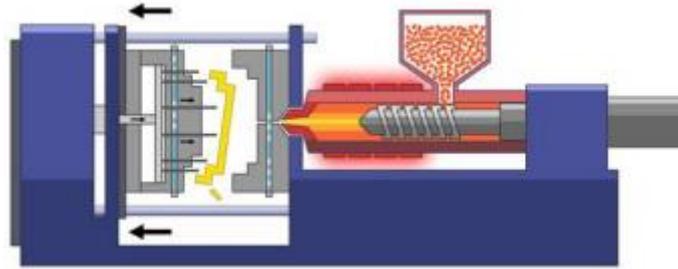


Figura 3.11. Fase V/Expulsión. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).

### 3.3.2. Diagrama termodinámico

Tras haber expuesto cómo funciona el ciclo de inyección, toca analizar las transformaciones termodinámicas que le ocurren al polímero. Esto se puede observar muy bien mediante gráficos PVT (Figura 3.12), que varían en función del plástico, pero que para explicarlo es suficiente.

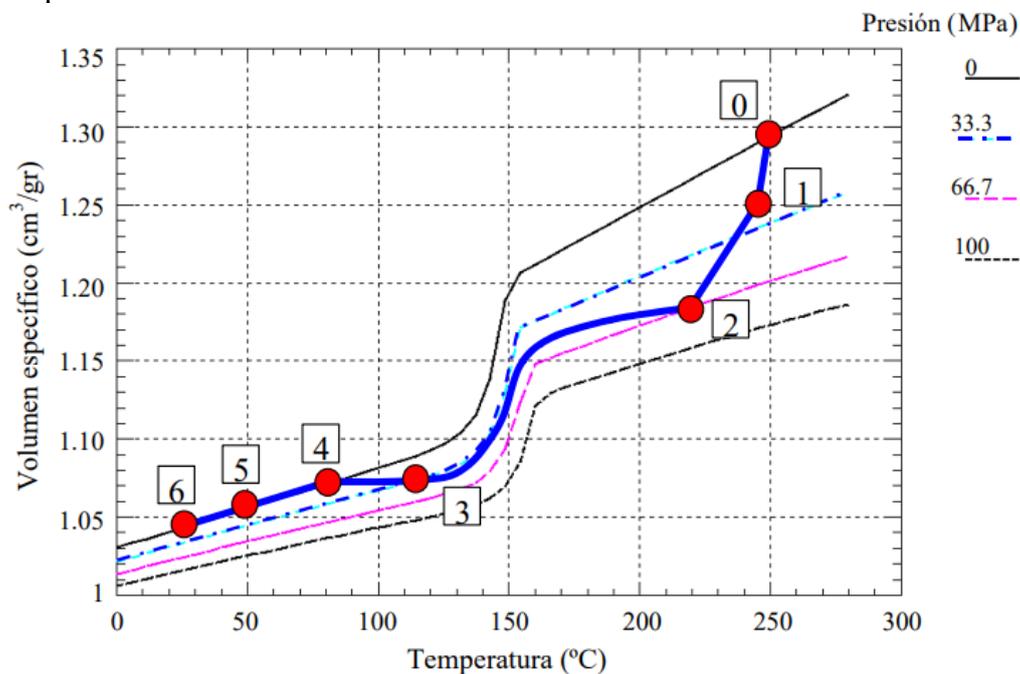
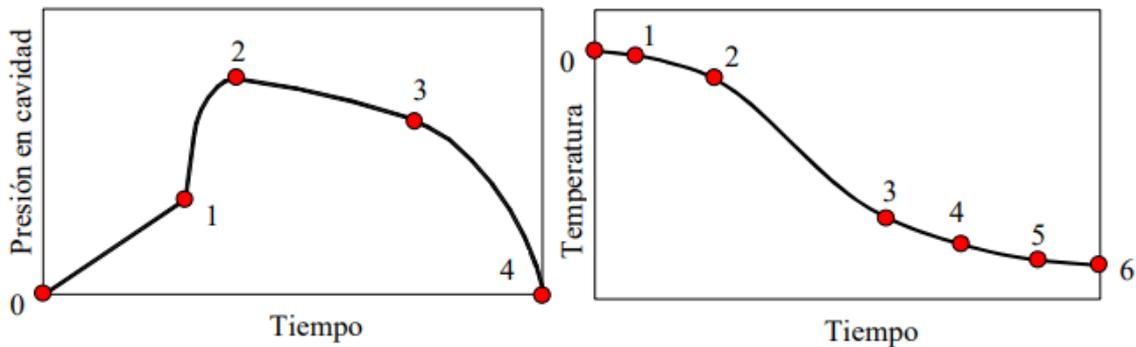


Figura 3.12. Diagrama PVT del proceso de inyección. Fuente: Ingeniería de los procesos de fabricación.

- **Etapa 0-1/Llenado.** Comienza a entrar material al molde, por lo que la presión aumenta de manera gradual. También puede apreciarse un ligero descenso de la temperatura debido a que el polímero entra en contacto con el molde.
- **Etapa 1-2/Compresión.** Continúa entrando material al interior del molde, por lo que la presión sigue aumentando a la vez que disminuye la temperatura.
- **Etapa 2-3/Compactación y mantenimiento de la presión.** La pieza en el interior del molde comienza a enfriarse considerablemente, pero se sigue manteniendo una presión de inyección. Esto permite, debido a las contracciones que sufre el polímero, que entre aún más material.
- **Etapa 3-4/Pérdida de presión.** La presión de inyección cesa, por lo que el volumen permanece constante (fase isócara), mientras la pieza sigue perdiendo temperatura.

- **Etapa 4-5/Enfriamiento, expulsión y contracción por pérdida de volumen.** La pieza finaliza su tiempo de enfriamiento en el interior del molde y es expulsada, pero aún continúa caliente, por lo que sigue contrayéndose.
- **Etapa 5-6/Enfriamiento a temperatura ambiente.** Una vez está fuera del molde, la pieza terminada adquiere la temperatura ambiente y termina de contraerse.

De igual manera, a continuación, se adjuntan dos gráficas más (*Figura 3.13*), donde se puede ver la presión y temperatura que adquiere la pieza a lo largo del tiempo.



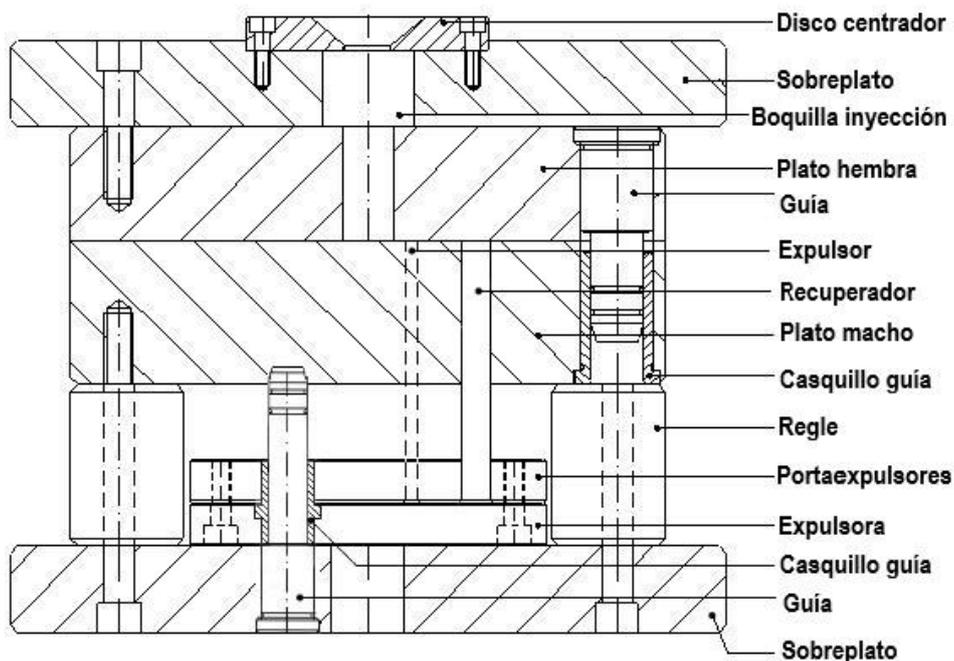
*Figura 3.13. Presión y temperatura en función del tiempo durante el proceso de inyección. Fuente: Ingeniería de los procesos de fabricación.*

### 3.4. Molde de inyección

Antes de iniciar el desarrollo del molde para este proyecto, queda realizar una pequeña introducción a los moldes, es decir, exponer las partes principales de las que se componen o los distintos materiales con los que se pueden fabricar, entre otros.

#### 3.4.1. Partes del molde

Dependiendo de la tipología, así como de la complejidad de un molde, los componentes difieren. Sin embargo, hay una serie de piezas básicas que todos suelen tener en común y que a continuación se detallan.



*Figura 3.14. Vista seccionada de un molde de inyección.*

Un portamoldes está constituido por dos partes, una fija y una móvil. Por un lado, la **parte fija** se compone por los siguientes elementos:

- **Sobreplato o plato de fijación.** Es el que conforma uno de los extremos del molde, por lo que está en contacto y sujeto al plato fijo de la máquina inyectora. Para amarrarse a este plato, lleva unas orejeras o solapas que, mediante garras, posibilitan dicha acción.
- **Plato cavidad de figura o plato hembra.** Este se encuentra sujeto por cuatro o seis tornillos, dependiendo de la dimensión del molde, al plato de fijación.
- **Disco centrador.** Se sitúa atornillado en la cara exterior del sobreplato, y cuya misión es facilitar el centrado del molde en el plato fijo de la inyectora.
- **Guías.** Hay cuatro, una en cada esquina del plato cavidad. Su finalidad es favorecer el guiado con la parte móvil del portamoldes.
- **Boquilla de inyección.** Es la pieza por la que entra el polímero fundido al interior del molde y, por lo tanto, donde se apoya la boquilla de la máquina inyectora.

Por otro lado, los componentes que forman parte de la **mitad móvil** del molde, es decir, la que está amarrada al plato móvil son:

- **Sobreplato o plato de fijación.** Este, aunque es el otro extremo del molde, tiene ciertas diferencias respecto al de la mitad fija. Se encuentra unido al plato móvil de la inyectora de la misma manera, pero presenta un orificio dedicado al paso del vástago extractor, que es concéntrico al disco centrador. También tiene de dos a cuatro perforaciones más, dedicadas al guiado de la palca expulsora.
- **Placa expulsora.** Está formada, a su vez, por dos placas, una llamada portaexpulsores y otra, expulsora. Esta última contiene un agujero roscado, donde se sujetará el vástago anteriormente mencionado. Además, ambas placas contienen dos o cuatro orificios más para los casquillos guía, cuya función es el guiado de la palca expulsora mediante unas guías. Finalmente, estas van atornilladas entre ellas mediante tornillería.
- **Plato cavidad de figura o plato macho.** Este, al igual que el de la parte fija, se encuentra sujeto mediante cuatro o seis tornillos, dependiendo del tamaño del molde, al plato de fijación, pero separados por dos reglas. Aún más, hay cuatro casquillos guía, que son concéntricos a las guías del plato hembra y están destinados al centrado de ambos platos.
- **Reglas.** Hay dos y se encuentran a ambas partes de la placa expulsora. Su finalidad es, como se acaba de mencionar, la separación entre el plato de fijación y el plato macho, para posibilitar el movimiento de la placa expulsora.
- **Expulsores.** Son un conjunto de barras, generalmente cilíndricas, cuya cantidad depende del número de cavidades y/o tamaño de la pieza. Su función es extraer la pieza del interior del molde empujándola, una vez este se ha abierto. Finalmente, se encuentran sujetos a la placa portaexpulsores.
- **Recuperadores.** Su objetivo es, en caso de que la placa expulsora no retroceda a su posición inicial, chocar contra la placa hembra, obligándola a recular. Es por ello que su longitud debe ser mayor que la de los expulsores. Encima, tienen forma cilíndrica y son de diámetro mayor.

### 3.4.2. Elementos normalizados

Hay que tener en cuenta que no todas las piezas del molde deben ser fabricadas de manera arbitraria. Existen una serie de accesorios que están normalizados y, por tanto, es recomendable que se utilicen. Según la norma DIN E16 750 son los que se muestran a continuación (*Tabla 3.1*).

Denominación	Norma DIN
Columnas de guía	9825, parte 1
Bebedores	16 752, parte 1
Casquillos de sujeción colada	16 757
Casquillos de extracción con cabeza cilíndrica	16 756
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica	1530, parte 1
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica y vástago reducido	1530, parte 2
Pasadores de extracción con cabeza cónica	1530, parte 3
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica, vástago reducido cuadrado (extractores planos o laminares)	1530, parte 4

*Tabla 3.1. Elementos normalizados según DIN E16 750. Fuente: Moldes de inyección para plásticos, 100 casos prácticos [5].*

Más aún, en la elaboración de moldes existe un alto grado de prefabricación de sus elementos, haciendo que, aquellos llamados normalizados, tengan un precio favorable. Cabe citar, a parte de los ya expuestos anteriormente, las placas de fijación o intermedias, expulsores, ciertos elementos de centrado, elementos de calentamiento, boquillas de inyección, sistemas de fijación rápida, etc.

### 3.4.3. Materiales

Los moldes se elaboran, hoy en día, en aceros, materiales de colada y obtenidos galvánicamente. La tipología a emplear viene determinada por los requisitos de la pieza, el presupuesto de fabricación, número de inyectadas que se pretende realizar y tiempo de un ciclo de inyección.

#### ACEROS

Primero que nada, los aceros que se usen deben caracterizarse por una benévola resiliencia, facilidad de mecanización y tratamiento térmico, resistencia a la temperatura, abrasión y compresión, escasa deformación y una idónea resistencia a la tenacidad y tracción. No obstante, el factor clave a la hora de elegir el tipo de acero es el esfuerzo a flexión, principalmente en moldes de grandes dimensiones.

Sin embargo, ningún acero puede presentar todas las propiedades ideales a la vez, por lo que hay que seleccionar únicamente las indispensables. Esto se hace teniendo en cuenta el esfuerzo mecánico, el método de mecanizado de la cavidad, el tratamiento térmico y las exigencias de abrasión, corrosión y conductividad térmica.

Teniendo todo esto en cuenta, los aceros apropiados para moldes son los siguientes:

- **Aceros de cementación.** Poseen una superficie dura, como también un núcleo tenaz y resistente. Esto les aporta resistencia a la abrasión y a esfuerzos bruscos y alternativos.

- **Aceros de temple total.** Tienen mayor dureza que los anteriores, buena resistencia a la abrasión y son más sensitivos a la formación de grietas y deformación a causa de una menor tenacidad. Se usan para moldes de pequeño tamaño.
- **Aceros bonificados.** Son empleados en moldes de grandes dimensiones, tienen una baja resistencia a la abrasión y deficiente calidad superficial. No obstante, su tenacidad es variable, dependiendo de la duración del revenido y la temperatura.
- **Aceros resistentes a la corrosión.** A parte de la resistencia a la corrosión, se caracterizan por una buena calidad superficial, la abrasión es mínima y las piezas poliméricas no se adhieren.
- **Aceros nitrurados.** Su principal ventaja es la inexistencia de tensiones, la elevada tenacidad, dureza superficial y resistencia a la corrosión.
- **Aceros de segunda fusión.** Sirven, sobre todo, para fabricar piezas transparentes donde se requieren altas propiedades ópticas. Luego, su pulido es excelente, pero su precio es un factor muy a tener en cuenta, ya que es elevado.

#### MATERIALES DE COLADA

En general, los materiales de colada tienen unas propiedades mecánicas inferiores respecto a los aceros laminados o forjados, pero mejores propiedades térmicas y mayor resistencia a la corrosión. En lo que al molde respecta, las medidas tienen cierto grado de inexactitud y la calidad superficial es baja, al igual que la vida de duración del susodicho. En cuanto a los tiempos de fabricación, son más cortos, debido a que se puede realizar a la vez que la cavidad, los circuitos de enfriamiento, prescindiendo en gran medida del mecanizado.

Los más utilizados se dividen en dos grupos: fundición de acero y metales no férricos.

- **Fundición de acero.** Están destinados a los grandes moldes y, además de las características comunes ya mencionadas, las piezas inyectadas adquieren una superficie mate.
- **Metales no férricos**
  - **Cobre y sus aleaciones.** Presentan, como es obvio, una alta conductividad térmica y flexibilidad, pero sus propiedades mecánicas son moderadas.
    - Cobre-berilio-cobalto. Para moldes de canal caliente, elementos interiores y boquillas. Tienen una resistencia a la corrosión admisible y se pueden niquelar o cromar.
    - Cobre-cinc. También conocido como latón, solo se usa para elaborar boquillas de moldes de canal caliente; presentan poca resistencia a la abrasión.
  - **Cinc y sus aleaciones.** A causa de sus limitadas propiedades mecánicas, solo sirven para hacer moldes dedicados a series reducidas o inyecciones de prueba.
  - **Aluminio y sus aleaciones.** Se emplean muy poco en moldes de inyección por sus pobres características mecánicas. Además, son sensibles a la entalladura y tienen una alta dilatación y conductividad térmica.

- **Aleaciones de estaño-bismuto.** Exclusivamente para inyecciones de prueba por sus propiedades mecánicas.

## MATERIALES OBTENIDOS GALVÁNICAMENTE

Los más importantes y, por tanto, a tener en cuenta, son el **níquel** y sus **aleaciones con el cobalto**, debido a su dureza superficial, comportamiento a la corrosión y abrasión, así como resistencia. También cabe destacar el **chromo galvánico** como aquel que aporta la mayor dureza.

### 3.4.4. Desmoldeo

El polímero termoplástico inyectado en el interior del molde, al ir perdiendo temperatura, se contrae sobre los machos del molde, quedándose sujeto. Por lo tanto, para su extracción es necesaria la ayuda de expulsores, habiendo distintos tipos en función de la forma de la pieza.

A partir de aquí, como es sabido por el título del proyecto, la pieza que se desea inyectar es un tapón de botella con precinto de seguridad. Dicho esto, estará formado tanto por una rosca interior como por contrasalidas interiores.

Por un lado, el **desmoldeo de piezas con rosca interior** se puede realizar de varias maneras, todas ellas expuestas a continuación.

#### DESMOLDEO A PRESIÓN

Antes que nada, no es posible desmoldear por este método todos los tipos de rosca interior, está limitado a la tipología de la rosca y a la masa a elaborar. Generalmente, se pueden expulsar todas aquellas cuya profundidad de rosca sea inferior a 0,3 mm. Además, las roscas redondas, según la normativa DIN 405, son propicias a utilizar este procedimiento, ocasionando un escaso efecto de cizallamiento en la pieza.

A parte, se debe tener en cuenta que la temperatura de desmoldeo es superior a la ambiental, haciendo que la rigidez del material sea proporcionalmente baja. A consecuencia, ni los expulsores deberán generar una marca en la pieza ni la fuerza aplicada en la extracción ocasionar un alargamiento de esta. No obstante, existen alargamientos tolerados, que van en función de la ejecución de las contrasalidas y de las propiedades mecánicas del plástico a la temperatura de desmoldeo.

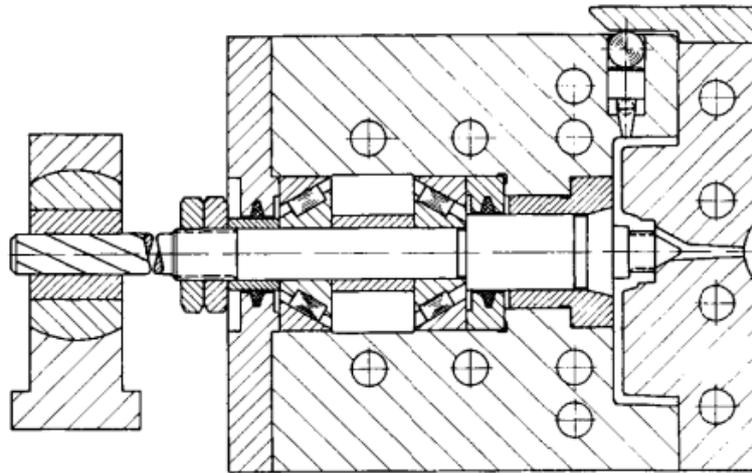
#### MOLDES DESENROSCABLES

En el caso de utilizar un molde desenroscable, su núcleo, es decir, la parte que genera la superficie interna de la pieza, tiene forma de rosca, haciendo que las piezas puedan extraerse desenroscando dicho núcleo. Esto puede hacerse de manera manual, semiautomática o automática, dependiendo principalmente del número de inyectadas a realizar o de la exactitud que precisen las roscas.

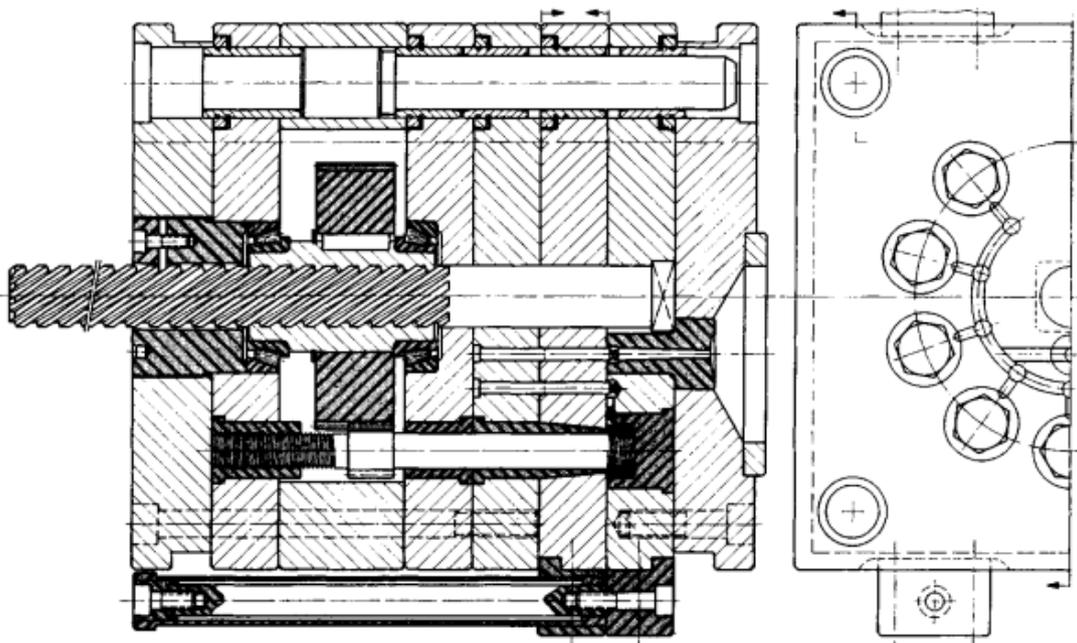
Si se va a hacer una serie considerable, lo más normal es desmoldear de manera semiautomática o automática. El primero emplea elementos de desenroscado que tienen que ser accionados manualmente, mientras que el segundo aprovecha la unidad de cierre durante la apertura del molde con la ayuda de un husillo de rosca y una barra dentada o, por el contrario, usa un motor.

Lo más común es desmoldear de manera automática, conectándose el sistema de giro del núcleo con el movimiento de apertura del molde o a través de otro accionamiento, como se acaba de mencionar antes.

Si se decide decantarse por aprovechar la apertura del molde, la unidad de cierre tiene un husillo con paso de rosca que gira en el interior del molde y una tuerca de arrastre fija en la máquina. También es posible que ambos componentes estén montados en el molde, estando el husillo fijo y la tuerca girando.



*Figura 3.15. Husillo que gira en el interior del molde formando, a la vez, en núcleo de la rosca. Fuente: How to make injection molds [7].*



*Figura 3.16. Husillo que gira en el interior del molde, mientras que la tuerca está fija en el travesaño del eyector. Fuente: How to make injection molds [7].*

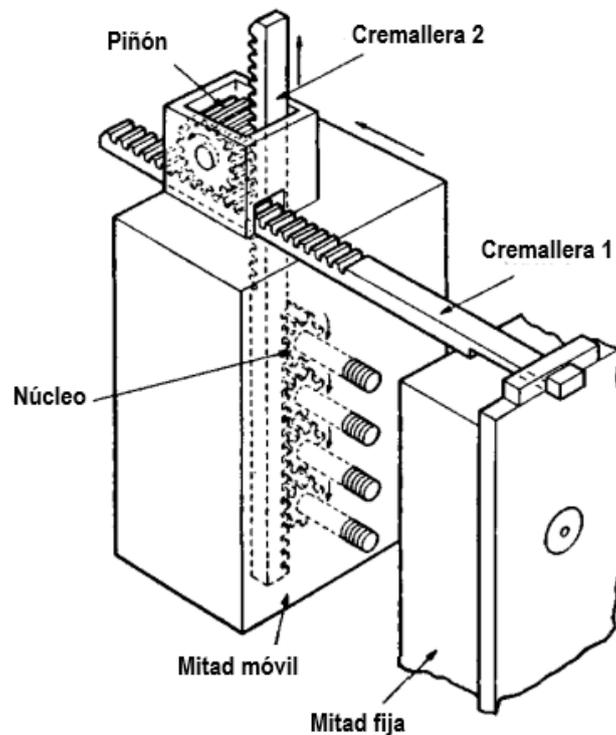
Luego, hay que saber que el extremo del núcleo se enrosca en la “rosca patrón” generando un desplazamiento axial, la cual tiene el mismo paso que la de la pieza (Figura 3.16). De esta manera se consigue que el núcleo se introduzca en la rosca patrón y desenrosque la pieza. Además, la guía del núcleo debe estar lubricada y refrigerada, para evitar su desgaste y dilatación.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que los moldes con múltiples piezas llevan un sistema de engranajes planetarios, ya que hay que extraer varias piezas roscadas simultáneamente (Figura 3.16).

Finalmente, los husillos y tuercas utilizan una rosca trapecial o cuadrada de varias entradas. Más aún, el paso de rosca y relación de transmisión deben estar ajustados con la carrera de apertura de la inyectora, para que el número de revoluciones sean las necesarias para la expulsión de la pieza.

### ACCIONAMIENTO POR CREMALLERA

En lugar de los husillos, para hacer que el desplazamiento del plato móvil de la inyectora produzca un movimiento rotativo en los núcleos, se pueden usar cremalleras (*Figura 3.17*). Al abrirse el molde, la primera cremallera acciona un piñón, que a su vez mueve la segunda cremallera. Esta última produce, por medio de otros engranajes un movimiento giratorio en los núcleos, causando que las piezas se desenrosquen. Encima, si los núcleos necesitan moverse axialmente, deben disponer de una rosca de arrastre, para poder introducirse en una rosca patrón, como en el caso anterior.



*Figura 3.17. Molde con accionamiento por cremallera. Fuente: How to make injection molds [7].*

### ACCIONAMIENTO INDEPENDIENTE

En los tipos de moldes acabados de citar solo se pueden desmoldear piezas que dispongan de roscas cortas, donde no se exijan muchas revoluciones. Esto ocurre porque, a veces, la carrera del plato móvil no es lo suficientemente larga. Por lo tanto, es necesaria la ayuda de algún motor o cilindro que sustituya la cremallera 1 para accionar el piñón (*Figura 3.17*).

### MOLDES CON NÚCLEO PARTIDO

En esta última opción, el núcleo está formado por múltiples segmentos acoplados mediante superficies inclinadas, que se aprietan o aflojan con una cuña. La parte roscada del núcleo está unida a un tubo ranurado sin rosca, que se tensa o afloja con una varilla cónica. Además, se precisa de un elemento eyector extra, ya sean expulsores neumáticos o anillos de presión.

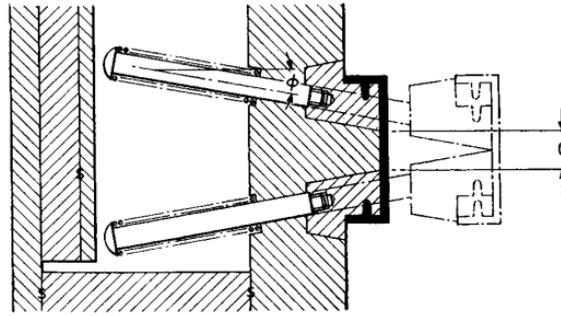


Figura 3.18. Molde con núcleo partido. Fuente: How to make injection molds [7].

Por otro lado, las **piezas con contrasalidas**, excluyendo las roscas, necesitan otras maneras de extracción. Generalmente, será requisito indispensable usar, al menos, un plano de partición adicional, el cual será accionado a través del movimiento de apertura y cierre del molde o hidráulicamente.

### DESMOLDEO MEDIANTE PERNOS INCLINADOS

En este procedimiento de desmoldeo se descompone el movimiento de apertura de la máquina en un trasiego lateral de las correderas o núcleos. Para ello, se pueden emplear **pernos inclinados** o correderas acodadas, siendo más simple el uso de los primeros, por lo que será el que se explicará.

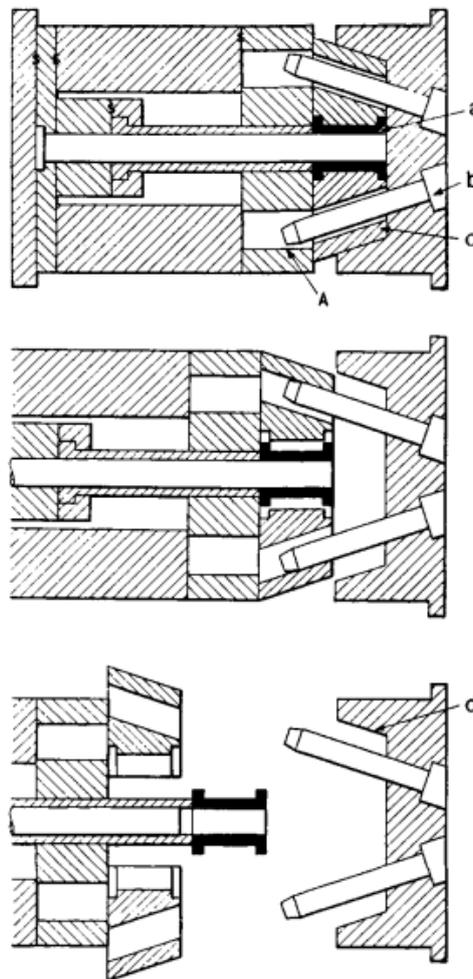
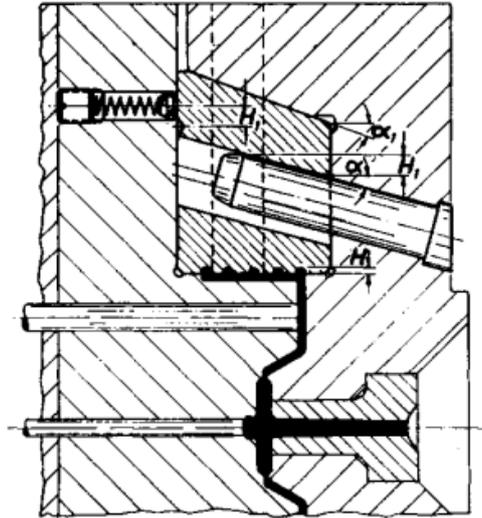


Figura 3.19. Funcionamiento de un molde de corredera con pernos inclinados. Fuente: How to make injection molds [7].

Como se puede observar en la imagen anterior (*Figura 3.19*), al abrirse el molde las correderas son empujadas por los pernos inclinados, desplazándose de manera lateral. Al cerrarse, ocurre lo contrario, los pernos desplazan las correderas a su posición inicial. Sin embargo, habría que preguntarse cómo es posible que se quede fija la corredera cuando el molde está abierto. Pues bien, eso se hace mediante un encaje de bolas (*Figura 3.20*).

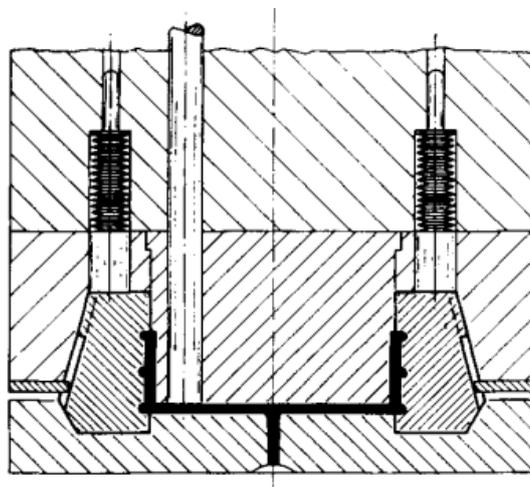


*Figura 3.20. Retorno de las correderas. Fuente: How to make injection molds [7].*

### DESMOLDEO MEDIANTE MORDAZAS

A veces, como la fuerza de cierre no es capaz de mantener hermético el molde durante el proceso de inyección, se utilizan mordazas. Estos son elementos en forma de cuña guiados por un plato o bastidor. Su movimiento se logra aprovechando la propia apertura de la máquina o mediante cilindros hidráulicos.

Si se decide realizar un accionamiento forzado aprovechando la apertura del molde, para su extracción será necesaria la ayuda de palancas articuladas, levas, vástagos expulsores, pivotes articulados o resortes (*Figura 3.21*). Además, para los tres últimos se requiere de otro mecanismo extra de desmoldeo, mientras que, para los dos primeros, la acción de desmoldeo puede esperar hasta que la pieza esté separada del núcleo sin necesitar ningún elemento más.



*Figura 3.21. Accionamiento de mordazas con la ayuda de resortes. Fuente: How to make injection molds [7].*

### 3.4.5. Moldes de colada fría y canal caliente

En primer lugar, hay que recordar que el canal de colada es el recorrido que realiza el polímero fundido desde que se introduce en el molde hasta que llega a la entrada de la cavidad.

#### MOLDES DE COLADA FRÍA

En los moldes de colada fría, además de la pieza final, se obtiene también el **sistema de colada**, debido a la pérdida de temperatura del plástico, que acaba por **solidificarse**. Por lo tanto, es necesaria su extracción, ya que, de lo contrario, se produciría un tapón, impidiendo la circulación del polímero líquido. Este desperdicio de material puede poner en duda la rentabilidad del proceso, ente otros inconvenientes.

#### MOLDES DE CANAL CALIENTE

Es por ello que existen los moldes de canal caliente, donde el sistema de llenado de la cavidad no se desmoldea. Esto ocurre porque el bebedero y los canales de distribución son calentados continuamente, evitando que el polímero se solidifique. De esta manera se puede **aprovechar** dicho **plástico** en el siguiente ciclo de inyección.

Además, este es la mejor opción a la hora de elaborar piezas poliméricas de alta calidad técnica automáticamente. No obstante, su **precio** es **superior** a causa de la mayor complejidad del molde, por lo que solo se emplean en series elevadas.

Entre otras **ventajas** destaca una menor pérdida de presión, la posibilidad de controlar la temperatura del material que entra en la cavidad, disimular mucho mejor en la pieza la marca del punto de inyección y reducir los tiempos de ciclo.

En cuanto a su **funcionamiento**, el polímero fundido entra en el bebedero y va a través de unos canales calentados hasta unas boquillas, que unen la cavidad o cavidades del molde con el sistema de llenado por medio de una entrada puntiaguda. Dichas boquillas están rodeadas por una precámara que las calienta por conducción térmica, por lo que deberán estar fabricadas con un material lo más conductor térmico posible. La mejor opción es usar aleaciones de cobre, concretamente cobre-berilio. Aún más, la temperatura de la punta de la boquilla no puede ser ni muy alta ni muy baja, ya que se puede solidificar el material o deteriorarse la pieza respectivamente. Por lo tanto, deberán empelarse termopares para conocer en todo momento el estado térmico.

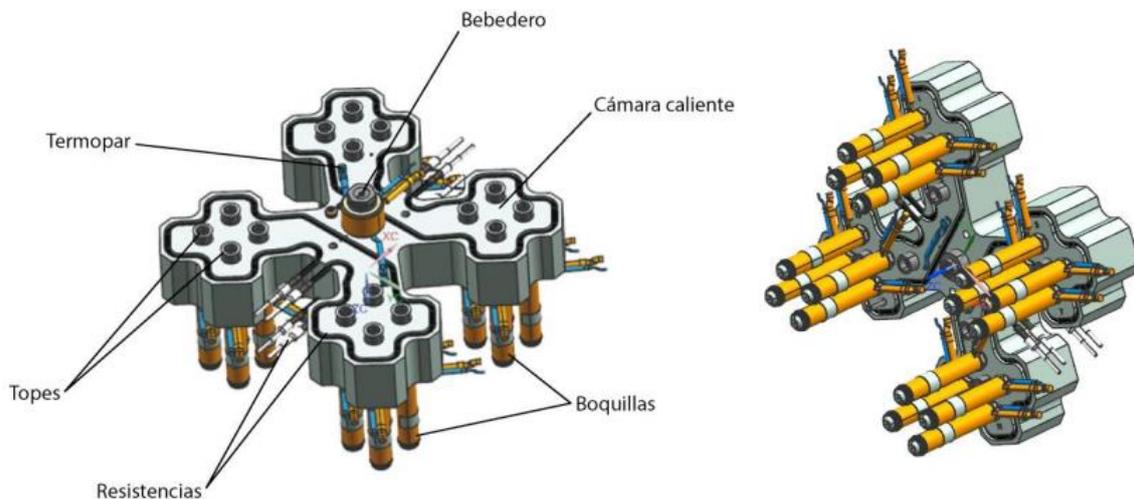
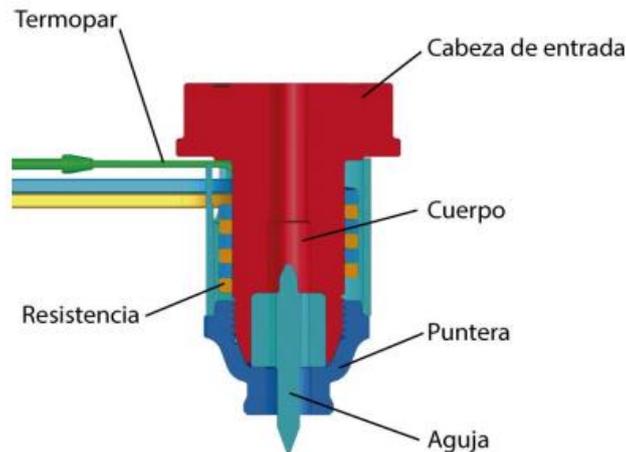


Figura 3.22. Cámara caliente de un molde multicavidad. Fuente: [F. Del Moral](#).

En la imagen superior (*Figura 3.22*), se pueden ver los componentes del canal caliente de un molde multicavidad. Sin embargo, falta incluir la placa aislante, cuya función es evitar que el calor se distribuya por otras zonas del molde. Añadir que los topes sirven para evitar que la cámara flecte a causa de la presión de inyección.

Finalmente, si hubiese una única cavidad, tan sólo es necesaria una boquilla, cumpliendo con la misma función que toda la cámara caliente (*Figura 3.23*).



*Figura 3.23. Componentes de una boquilla. Fuente: F. Del Moral.*

### 3.4.6. Sistema de enfriamiento

Una vez que el polímero fundido entra y se adapta a la cavidad del molde, va perdiendo temperatura y adquiriendo cada vez más rigidez, hasta que es posible su desmoldeo.

Como es de suponer, es de vital importancia la temperatura de las paredes del molde y, por tanto, el enfriamiento de las piezas, ya que afecta a su calidad final. Si se escogen temperaturas del molde elevadas y enfriamientos lentos, el tiempo de ciclo será elevado, se reducirán las tensiones en la pieza, sus superficies serán de mayor calidad y la contracción posterior será menor. En cambio, si se prefiere un enfriamiento rápido, los tiempos de inyección serán más cortos, pero las desventajas en la calidad de la pieza serán abundantes.

Sea cual sea la elección a adoptar, será necesario utilizar circuitos de regulación de temperatura, por donde pasará agua o aceite. Si se escoge agua, hay que considerar los problemas de corrosión y deposición calcárea que conlleva; sobre todo este último, porque reduce la transmisión térmica.

En cuanto a la disposición de los circuitos, la mejor elección es disponerlos en paralelo o emplear varios circuitos independientes. Eso sí, la pieza siempre debe enfriarse uniformemente, desde el borde exterior hasta zona de entrada del polímero en la cavidad. De lo contrario, la entrada se solidificará, evitando que se ejerza la presión adecuada para la correcta formación de la pieza. Además, si la temperatura de las paredes del molde no son lo más homogéneas posible, la velocidad de enfriamiento de la pieza será diferente en cada parte, generando deformaciones.

A modo de ayuda y ejemplificación, se adjunta una tabla donde se aprecia el rango de temperaturas de trabajo de diferentes polímeros y el que deberían tener las paredes del molde (*Tabla 3.2*).

Material	Temperatura de trabajo (°C)	Temperatura del molde (°C)
Polietileno de baja densidad (LDPE)	170 - 260	0 - 70
Polietileno de alta densidad (HDPE)	220 - 320	0 - 70
Polipropileno (PP)	180 - 280	0 - 80
Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)	180 - 240	50 - 80
Cloruro de polivinilo duro (PVC)	160 - 190	20 - 80

Tabla 3.2. Temperatura de trabajo y molde para algunos polímeros. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].

### 3.5. Parámetros a considerar

En este apartado se van a explicar los principales aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de elaborar piezas mediante el moldeo por inyección.

#### 3.5.1. Contrasalidas

El tema de las contrasalidas ya ha sido tocado en el apartado 3.4.4. Aun así, se va a realizar una breve explicación a modo de recordatorio. Una contrasalida, sea interior o exterior, es una parte de la pieza que no puede ser desmoldeada mediante una simple apertura del molde, ya que ocasionaría su ruptura. Por lo tanto, se tienen que adoptar otros sistemas de extracción más complejos.

Estos sistemas constan, como ya se sabe, de planos de partición adicionales que aprovechan el desplazamiento del plato móvil de la inyectora o sistemas hidráulicos, junto con otros elementos, para desplazarse de manera lateral.

#### 3.5.2. Contracciones del material

Todos los polímeros, tras ser inyectados en el molde, a medida que se enfrían van contrayéndose. Entonces, este factor hay que tenerlo en cuenta a la hora de fabricar la cavidad, es decir, hay que sobredimensionarla para que cuando la pieza se enfríe, tenga las dimensiones finales que se pretendían obtener desde un primer momento.

En función del material inyectado, de la forma de la pieza y de las condiciones de producción, la contracción será distinta. Por lo que hay que conocer el factor de contracción aproximado correspondiente de cada material (Tabla 3.3), para emplearlo en un cálculo matemático con las dimensiones teóricas de la pieza y así obtener el tamaño correcto de la cavidad.

Material	Contracción (%)
Polietileno de baja densidad (LDPE)	1,5 - 3
Polietileno de alta densidad (HDPE)	2 - 3
Polipropileno (PP)	1,2 - 2
Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)	0,4 - 0,6
Cloruro de polivinilo duro (PVC)	0,5 - 0,7

Tabla 3.3. Contracciones de algunos plásticos. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].

#### 3.5.3. Tensiones internas

Las tensiones en el interior de una pieza pueden ocasionarse por los cambios bruscos de dirección del polímero fundido, pero principalmente por una mala conductividad térmica. En otras palabras, si la **pieza** a elaborar presenta zonas con un **espesor considerable**, la parte externa se enfriará mucho más rápido que la interna, causando un enfriamiento desigual y, por tanto, tensiones.

### 3.5.4. Ángulo de desmoldeo

Como se ha dicho hace dos apartados, el material se contrae a medida que pierde temperatura en el interior del molde. Esto genera dificultades de extracción, ya que se queda anclado en el macho de la cavidad, además de poder perder calidad superficial y sufrir deformaciones debido a las tensiones. Para solucionar estos problemas y facilitar la expulsión, el diseño de pieza debe incorporar un ángulo de desmoldeo.

El ángulo a aplicar, generalmente, va en función de la profundidad de la cavidad. Se suele establecer un grado cada dos centímetros y medio de profundidad, aproximadamente. También existen otros factores, como es la textura de la pieza, siendo el ángulo mayor cuanto más densa sea la textura.

En resumen, lo mejor es aplicar el máximo ángulo de desmolde posible para reducir al mínimo los problemas que se pudiesen presentar. El **mínimo** ángulo no debería ser nunca inferior a **0,5°**, lo más normal es situarse entre 1° y 3°.

### 3.5.5. Atrapamientos de aire

Cuando la cavidad empieza a llenarse de polímero fundido el aire que se encuentra en su interior debe poder escaparse por algún lado. De lo contrario, se comprime en la parte superior de la cavidad o en las líneas de unión del flujo, **generando quemaduras** en la pieza.

Su salida, en la mayoría de los casos, sucede por el plano de partición o por los expulsores. Aunque esto también depende de cómo entre el plástico en la cavidad. Lo lógico es que se llene de tal forma que desplace el aire hacia una junta de partición. Si esto no fuese posible, la matriz debería construirse en varias piezas o se tendrían que mecanizar unos canales de milésimas de profundidad y de un milímetro de anchura en el plano de partición. Una última opción sería abrir el molde ligeramente durante la inyección, que es lo que se conoce como respiración. Sin embargo, este es un proceso minucioso que puede ocasionar una gran variedad de inconvenientes.

### 3.5.6. Rechupes

Para empezar, los rechupes son huecos superficiales o interiores producidos en las zonas más gruesas de las piezas debido a la contracción del polímero. Dicho de otro modo, **en las zonas en las que el espesor es elevado**, la parte exterior se enfría más rápido que la interior, por lo que la parte interna sigue contrayéndose cuando la parte externa ya está fría, produciendo estos hundimientos.

Las causas pueden deberse también a la selección de parámetros de inyección incorrectos; como un corto tiempo de enfriamiento, una temperatura del molde inadecuada o una insuficiente cantidad de polímero inyectado.

### 3.5.7. Líneas de soldadura

Las líneas de soldadura ocurren cuando dos o más rutas de polímero fundido concurren en un determinado instante y se enfrían antes de mezclarse correctamente. Esto tiene lugar cuando la pieza presenta insertos, agujeros o existen múltiples puntos de inyección.

Las consecuencias son la creación de zonas con una baja resistencia, llegando incluso a provocar la rotura. El problema se agrava aún más cuando suceden en las partes de la pieza más sensibles.

Como soluciones posibles se plantea variar la posición de las entradas de polímero en la cavidad o alterar el tiempo de llenado modificando la geometría de la pieza, para conseguir que los frentes de flujo se encuentren en zonas donde no se requiera tanta resistencia. También se podría aumentar la temperatura del molde o del polímero, posibilitando una mejor mezcla entre los distintos flujos.

### 3.6. Fases de diseño

Por último y antes de iniciar el desarrollo del proyecto, se necesita conocer el método general a seguir para diseñar un molde de inyección correctamente. Se resume en el siguiente esquema de trabajo:

1. **Características de la pieza.** El primer paso antes de empezar con el diseño del molde es especificar la pieza para la que se va a fabricar. Por lo tanto, se deben conocer sus características, desde su forma y peso hasta los requisitos. Además, habrá que establecer en ella el plano de partición, la zona de entrada del polímero fundido y revisar las tolerancias y conicidad, como también los detalles que faciliten su fabricación.
2. **Número de cavidades y especificación de la máquina inyectora.** Ambas tareas deben realizarse a la vez, ya que se deben descubrir las particularidades de la inyectora para poder establecer el número de piezas que se pueden elaborar en una inyectora, así como otras peculiaridades del molde que se diseñe. Al determinar la cantidad de cavidades también intervendrá el factor económico y las exigencias de fabricación.
3. **Forma de ejecución del molde.** Existen dos tipos principales de moldes, los de dos placas y tres placas. El primero puede poseer canal caliente, frío o colada normal, mientras que el segundo únicamente canal caliente o frío.
4. **Posición de las cavidades.** La distribución de las cavidades en el molde puede ser muy variada. Las principales son la simétrica, en serie o circular, por lo que habrá que seleccionar la más conveniente.
5. **Sistema de colada.** Ahora, de entre los diferentes sistemas de colada, habrá que decantarse por uno. Los más conocidos son el normal, laminar, rectángulo, punto, película y disco o paraguas.
6. **Sistemas de regulación de temperatura,** tanto del molde como de la figura. Este punto abarca desde los sistemas de enfriamiento y el tipo de fluido utilizado hasta las resistencias empleadas, si se trata de moldes de canal caliente.
7. **Sistemas de extracción.** En función de la pieza, se tendrá que emplear un sistema u otro. Como en este caso ya se saben sus características básicas, el abanico de posibilidades está más cerrado.
8. **Salidas de aire.** El aire del interior de la cavidad debe poder ser expulsado con facilidad cuando se inyecte el polímero. Este puede salir por la línea de partición, postizos, expulsores, espigas o láminas. Para los dos primeros casos, como ya se sabe, se pueden mecanizar canales sobre el propio molde.
9. **Materiales del molde.** Una vez diseñado el molde geoméricamente, es hora de elegir los materiales. Los comúnmente utilizados ya han sido explicados brevemente con anterioridad.

## 4. Análisis de soluciones

A lo largo del proyecto se han estudiado varias alternativas en lo que a tapón y molde se refiere. Por ello, en este punto se van a exponer cada una de ellas, junto con el camino seguido y las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. Igualmente, se indicará cual ha sido la solución final adoptada.

Para más detalle de cada paso que se toma y los cálculos realizados, se recomienda leer detenidamente cada uno de los anexos contenidos en el Documento N°3 – Anexos, así como visualizar el Documento N°4 – Planos, de lo contrario es posible que no se comprenda íntegramente lo que se va a hablar a continuación.

### 4.1. Tapón

Sobre el tapón únicamente debe discutirse el material del que se elaborará, ya que su geometría es indiferente, no existen dimensiones mejores ni peores, siempre y cuando se adapte a la rosca de su envase, sellando debidamente el producto líquido que contenga.

#### 4.1.1. Material

Lo primero es exponer los requisitos que debe cumplir holgadamente el material de la pieza. Estos son una nula toxicidad y excelente resistencia ante líquidos alimentarios. Luego, debe poder ser inyectado, tener un buen límite elástico y un bajo coste. A parte, se tenía establecido como objetivo que fuese biodegradable o, al menos, reciclable.

Tras introducir todos los parámetros únicamente quedan dos posibles **opciones**, HDPE y PP. Los polímeros biodegradables se han descartado porque no presentan un excelente comportamiento ante los líquidos. El HDPE es más barato, con unos valores intermedios de límite elástico en comparación con el PP. Por el contrario, el PP es más caro, pero con mayores cualidades de límite elástico. En cuanto al resto de propiedades impuestas, las cumplen todas con rangos similares, siendo ambos reciclables.

Finalmente, se ha decidido optar por el **HDPE**, principalmente por su menor coste. Aunque no sea muy grande la diferencia de precios, este valor se vuelve más notable si se observa desde el punto de vista de unidades a fabricar.

### 4.2. Molde

El molde tiene una infinidad de aspectos a discutir, los de mayor importancia serán los que se expongan a continuación. Es más, el orden de los apartados se corresponde con el orden de toma de decisiones.

#### 4.2.1. Dimensiones del molde

Sobre las dimensiones del molde no hay mucho que hablar, pero sí que es de importancia mencionarlo, ya que no se especifica la razón en los anexos. La máquina inyectora que se ha impuesto inicialmente tiene una separación entre barras de 370 mm, tanto de alto como de ancho, por lo cual, la magnitud del molde debe ser inferior.

Entonces, como los platos del molde serán prefabricados, hay que adaptarse a las medidas que disponga el proveedor. Los de mayor tamaño y que se sitúen por debajo de 370 mm que tenga BruyRubio, son de **346x346 mm**.

Además, se opta por un molde cuadrangular en lugar de rectangular, ya que así existe un mayor espacio para mecanizar los canales de refrigeración, como también para colocar el sistema de extracción e imponer un mayor número de cavidades.

#### 4.2.2. Número de cavidades

El número de cavidades se puede determinar de dos maneras diferentes, a partir de las características de la máquina y la geometría del tapón o considerando el aspecto económico.

Lógicamente, los resultados que se obtienen con el primer método son muy elevados, ya que se exprime el potencial de la inyectora al máximo; obteniendo valores del orden de 11 a 22 cavidades, en función del cálculo realizado. En cambio, el segundo método, que es el más óptimo, viable y, por tanto, el que se considera como bueno, arroja **4 cavidades**.

#### 4.2.3. Canal

Existen dos sistemas de distribución, estos son colada fría y canal caliente, como ya se ha hablado en los antecedentes. La colada fría necesita expulsar el bebedero en cada tirada, generando un desperdicio de material. Por el contrario, el canal caliente evita la solidificación del bebedero, eludiendo su extracción. Sin embargo, este último aumenta los costes del molde, pero reduce los tiempos de inyección. Dicho todo esto, lo más obvio es decantarse por el **sistema de canal caliente**.

#### 4.2.4. Posición de las cavidades

Antes que nada, mencionar que el bebedero se sitúa en el centro del plato, ya que esto puede variar el posicionamiento de las figuras. Respecto su disposición, puede ser circular, en serie o simétrica.

El posicionamiento circular presenta un fácil desmoldeo para piezas roscadas, pero el número de cavidades es limitado. La colocación en serie crea una longitud de canales desigual, teniendo que corregir el llenado de las cavidades variando el diámetro. Por último, la instalación simétrica obliga a emplear canal caliente por su elevada longitud de canalización, pero todos ellos tienen el mismo recorrido.

En conclusión, la alternativa idónea es la **ordenación circular** por ser una pieza roscada, tener todos los canales de colada una misma largueza y haber únicamente cuatro figuras.

#### 4.2.5. Desmoldeo

La geometría de la pieza ocasiona dos problemas, la apertura del molde sin romper el **precinto de seguridad** del tapón y la expulsión del tapón una vez el molde se encuentra abierto y sujeto al macho por la rosca.

Para solventar el primer contratiempo es necesario emplear **correderas**, ya que, al ser el precinto de seguridad una contrasalida, imposibilita la apertura del molde. Dichas correderas pueden ser accionadas aprovechando la apertura de la máquina o de manera oleohidráulica. Entre las dos, se opta por **aprovechar el mecanismo de apertura de la inyectora**, ya que hace el molde más simple y barato.

Cada cavidad tendrá cuatro de ellas idénticas rodeándola, con la forma del precinto de seguridad mecanizada en su parte interna y sujetas al plato macho a través de unas ranuras. A medida que empiece a abrirse el molde, gracias a los muelles que llevará incorporados en su interior y a su angulación exterior, que es la misma que la de los postizos hembra, se irán alejando de la cavidad sinérgicamente. Este recorrido de la corredera se verá limitado no por el cese de fuerza del muelle, sino por unos tornillos sitos en sus guías que actuarán como topes.

Una vez solucionado el conflicto del precinto, queda el de la **rosca**, que tiene dos soluciones. La primera es realizar un desenroscado mediante un sistema de engranajes accionados por un motor o aprovechando el sistema de apertura de la máquina. La otra es empleando un simple desmoldeo a presión.

El desenroscado aumenta mucho la complejidad del molde y su coste, ya que requiere, por lo menos, de un sistema de engranajes, por no hablar del motor que necesita si no se pretende aprovechar la apertura de la máquina.

En cambio, el **desmoldeo a presión** es muy simple, con unos simples expulsores queda solucionado. Por consiguiente, se selecciona este último método como la mejor opción, ya que la contrasalida de la rosca no es conflictiva debido a su angulación y profundidad. Sin embargo, el problema no acaba aquí, ya que los expulsores de varilla pueden marcar el tapón, algo que empeoraría su aspecto final. Entonces, se prefiere fabricar unas **camisas expulsoras** que rodeen los machos y empujen el tapón desde el precinto de seguridad, por toda su superficie.

#### 4.2.6. Sistema de refrigeración

Aquí hay que decidir dos cosas, el fluido refrigerante y que elementos del molde serán lo que vayan refrigerados.

##### FLUIDO REFRIGERANTE

Los dos líquidos fundamentales que se barajan son el agua y el aceite. El agua suele usarse como **refrigerante** para un rango de temperaturas entre 5 °C y 90 °C. En cuanto al aceite, se utiliza entre los 90 °C y 300 °C.

De ambos se acaba optando por el **agua**, ya que, aunque se supere su rango óptimo de trabajo, posee una menor viscosidad, lo que mejora la transmisión térmica. Además, como se le puede dar una alta velocidad de circulación, no hay inconveniente.

##### ELEMENTOS REFRIGERADOS

Por supuesto, los elementos de mayor importancia que deben refrigerarse son los que están más cerca o forman las cavidades. El resto serán más irrelevantes, pero no por ello hay que pasarlos por alto.

Los que conforman la cavidad y, en consecuencia, deben ir obligadamente refrigerados son los **postizos** para la **hembra**, los **machos interiores** y las **tapetas postizo** de los **machos**. Entonces, por los platos que se sujeten debe haber canales para hacer llegar el agua a estos elementos, siendo el sobreplato del macho y el plato hembra.

Por otra parte, no está demás refrigerar el **sobreplato de la cámara caliente** y el **plato cámara**, para evitar altos valores de conductividad térmica hacia el resto del molde por parte del distribuidor. Finalmente, y para asegurar una temperatura adecuada del molde, se delibera mecanizar canales de refrigeración también al **plato macho**.

#### 4.2.7. Materiales

Los componentes cuya selección de materiales adquiere un mayor interés son aquellos que están en contacto con el polímero fundido o son elementos deslizantes. Estos son los postizos de la hembra, los machos interiores, las camisas expulsoras junto con sus casquillos guía, las tapetas postizo de los machos y las correderas. Además, curiosamente coinciden con las piezas cuya fabricación debe realizarse desde cero.

El resto de elementos son normalizados o vienen prefabricados. Por ello, la opcionalidad de materiales para estos últimos es escasa o nula, pero todos alcanzan los requisitos mínimos de acuerdo con la función que se les pretende dar. Igualmente, siempre se escogerá según la conveniencia de cada caso particular.

#### POSTIZOS DE LA HEMBRA

Las condiciones que deben cumplir los postizos hembra son los siguientes: compatibilidad con alimentos, facilidad de mecanizado, alta dureza, estabilidad microestructural, tenacidad, bajo coeficiente de dilatación térmica, conductividad térmica elevada y resistencia a la fatiga termomecánica.

Tras conocer los parámetros de selección y realizado el análisis, la única opción viable es emplear **aceros inoxidables martensíticos**. Luego, de entre los especializados en elaboración de moldes, se opta por el **Fecroni-1400**, al cual se le realizará un tratamiento de **precipitado** posterior a su mecanizado para aumentar aún más su dureza.

#### MACHOS INTERIORES

Los requisitos de los machos son muy similares a los que presentan los postizos, sólo se añade una buena resistencia a compresión, alta resistencia al desgaste y una superior conductividad térmica. El mismo proveedor que para el caso anterior recomienda otro de sus productos para las características mencionadas, el **PKT-117**, con un tratado de **nitruación** sobre las superficies deslizantes, que lo dota de mayor dureza superficial.

#### CAMISAS EXPULSORAS Y CASQUILLOS GUÍA

Estos elementos deslizan unos sobre otros, incluyendo también a los machos interiores. Por lo tanto, se cree como opción más viable realizar todas estas piezas del mismo material, **PKT-117 nitruado**, para de esta manera anular una variación de desgaste entre ellas.

#### TAPETAS POSTIZO MACHO

Por lo que se refiere a las tapetas de los machos, se trata del tercer componente que forma la cavidad, junto con los postizos hembra y los machos interiores. Empero, a diferencia de estos dos últimos, su conductividad térmica tiene que ser mucho más elevada, ya que es el núcleo del tapón y el que queda justo frente a la boquilla del inyector. A parte, sería ideal si contemplase cierta resistencia mecánica y una aceptable dureza.

Examinando los requisitos mencionados y gracias a los conocimientos adquiridos, se cree que lo mejor es utilizar una **aleación de cobre-berilio**, caracterizada por su gran conductividad térmica. Comercialmente hablando, se considerará el material **MoldMAX HH**.

#### CORREDERAS

Las propiedades que debe cumplir el material de las correderas se parecen mucho a las de los postizos hembra. Asimismo, cabe mencionar como singularidad adicional que debe poder soldarse, ya que en el remoto caso de que se rompiese alguna pequeña parte, se pueda añadir material y volver a mecanizar.

Como mejores opciones existen **aceros para herramientas** o aceros de baja aleación, concretamente el **AISI H13** y el **AISI 4340** respectivamente. Ambos tienen unas cualidades similares, pero el primero es un poco más duro y elástico, por lo que se prefiere este.

## 5. Conclusiones

Una vez desarrollado el proyecto completamente, es hora de constatar si se ha logrado la consecución de los objetivos planteados en un primer momento, tanto generales como específicos.

Uno de los motivos de este proyecto es **demostrar la adquisición de conocimientos** a través del grado en ingeniería mecánica y, desde mi perspectiva, aparte de conseguirlo, he evidenciado muchos otros no obtenidos por parte de la carrera, concretamente los referidos al campo de la matricería. Esto se debe, sin duda, a la ética de trabajo desarrollada a lo largo de estos años, así como a las ansias de seguir aprendiendo y mejorando. Además, gracias a la cantidad de proyectos realizados, sobre todo, por parte de las asignaturas de mayor importancia, he conseguido apropiarme de ciertas habilidades en la realización de proyectos, las cuales quedan demostradas con creces a lo largo de este trabajo.

Posteriormente, el segundo reto a superar era **emplear como material del tapón un biopolímero o**, por lo menos, que el plástico utilizado fuese **reciclable**. Todo esto con la finalidad de minimizar el daño medioambiental. Pues bien, tras los estudios realizados en el Anexo 1 – Características de la pieza, se puede deducir claramente que los biopolímeros aún siguen sin presentar tan buenas prestaciones como el resto de polímeros convencionales.

A parte, siendo estos materiales obtenidos a partir de elementos naturales, no significa que sean reciclables. El PLA, por ejemplo, es el que mejores propiedades tiene, pero no se puede reciclar. Sin embargo, sí que es cierto que se degradan con el paso del tiempo, pero, ¿cuánto es ese tiempo?, sea largo o corto, es un problema para el uso que se le quiere dar. Si es muy breve, existe la posibilidad de que el tapón llegue a degradarse prematuramente, antes del fin de su ciclo de vida. Por el contrario, si es muy duradero, al desecharlo queda como residuo hasta que desaparezca totalmente.

Manteniendo el PLA como ejemplo, tarda alrededor de 80 años en descomponerse al aire libre, contribuyendo durante este periodo a la contaminación ambiental. Si se quiere biodegradar rápido, tiene que realizarse industrialmente, para lo cual ya existe el reciclaje de polímeros comunes.

En conclusión, el problema de contaminación ambiental sigue permaneciendo, utilizando tanto polímeros reciclables como biopolímeros. Por no hablar del coste económico de estos “nuevos plásticos” o de los microplásticos que generan los polímeros biodegradables, siendo este otro contratiempo muy grave. La única solución viable, actualmente, está en la responsabilidad individual de reciclaje de residuos.

Finalmente, el objetivo más ambicioso planteado era el proyecto en sí, **diseñar un molde de inyección** de plástico capaz de fabricar tapones de envasado alimentario en la vida real. No se estaría escribiendo esta conclusión si no se hubiese cumplido esta meta, por lo que se puede decir que se ha culminado el objeto principal exitosamente.

Sin más que añadir, algo que sería una buena **proyección a futuro** y tristemente no se ha tenido la potestad de realizar, es fabricar realmente el conjunto diseñado o, por lo menos, realizar un modelo de pruebas, para detectar posibles optimizaciones o mejoras que pudieran realizarse. Igualmente, se puede realizar una infinidad de moldes para fabricar la misma pieza únicamente variando su funcionamiento, lo verdaderamente complejo es diseñar uno que destaque sobradamente por encima del resto.

## 6. Presupuesto

Para examinar detalladamente el presupuesto, ver el Documento N° 6 – Presupuesto. Aquí tan sólo se mostrará el resumen que queda al final de dicho documento.

<u>Capítulo</u>	<u>Importe</u>
1. Tornillería	65,35
2. Elementos cámara caliente	5.190,97
3. Elementos parte hembra	792,72
4. Elementos parte macho	1.988,40
5. Mecanizado	12.832,50
6. Tratamientos	46,70
7. Otros	750,00
8. Costes de ingeniería	7.500,00
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>29.166,64</b>
5% de gastos generales	1.458,33
10% de beneficio industrial	2.916,66
<b>Suma</b>	<b>33.541,63</b>
21% IVA	7.043,74
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>40.585,37</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUARENTA MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS.

### 6.1. Análisis de viabilidad económica

Una vez es patente el coste total del proyecto desempeñado, hay que realizar un estudio de viabilidad económica para tener conocimiento de su rentabilidad financiera y, de esta manera, tener la potestad de juzgar si es factible llevarlo a cabo o no.

Antes de empezar a realizar el análisis, se deben establecer unas condiciones de estudio determinadas, acción que alterará los resultados finales en mayor o menor medida. Pues bien, se va a imponer que el **uso del molde** será de **8 horas diarias**, siendo este el peor de los casos, ya que solo estará en marcha durante un turno de trabajo. Además, el **precio de venta del tapón** se tasa en **0,06 € la unidad** aproximadamente. Ahora, queda calcular todos los costes que conlleva tener el molde en funcionamiento.

Lo primero es conocer la cantidad de polímero que se consume de manera horaria a lo largo de una jornada laboral. Se sabe que cada tapón tiene una masa de 3,09 gramos y que el molde dispone de cuatro cavidades, por lo que en cada inyectada habrá que emplear 12,36 gramos de HDPE. Entonces, siendo el período de inyección calculado de 8 segundos como máximo, al cabo de **una hora** se consumen **5,56 kg** de polímero, ya que tienen lugar 450 inyectadas cada hora o, lo que es lo mismo, se fabrican **1800 tapones/h**. Dicho esto, como el precio del **HDPE** es de 1,30 €/kg, se estima un coste en materia prima de **7,23 €/h**.

También hay que tener en cuenta los **gastos de la máquina**, así como la mano de obra del operario a cargo de la inyectora. Dentro del coste de la inyectora entrarían los gastos de luz y mantenimiento, que, aunque son variables, sobre todo el de la luz en los tiempos que corren, pueden alcanzar un valor de **30 €/h**. Mientras tanto, la **mano de obra** se sitúa alrededor de los **18 €/h**, ya que el operario maneja más de una máquina simultáneamente.

En consecuencia, el coste de **fabricar cada tapón** se sitúa cerca de los **0,031 €**, que desglosándolo serían 0,004 € en materia prima, 0,017 € en gastos de maquinaria y 0,01 € en mano de obra. Esto arrojaría un **beneficio por tapón** de **0,029 €**.

Con este último dato y el coste de adquisición del proyecto, el molde quedaría **amortizado** una vez se superasen los **1.384.379 de tapones** fabricados. Lo que se traduce en 96 días de trabajo, que son casi **cinco meses** contando veinte días laborables al mes, siempre y cuando no surjan problemas que puedan retrasar su fabricación. A partir de aquí, el resto son 76.681,30 € de beneficios asegurados hasta elaborar 4.000.000 de tapones, que es la garantía que debe cumplir el molde sin estropearse.

## 7. Apéndices

### 7.1. Referencias bibliográficas

En esta sección, se va a citar el conjunto de libros, textos u otros documentos que se han considerado de interés para la justificación de las decisiones adoptadas en el proyecto.

- [1] D. Juárez, R. Balart, M. A. Peydró, S. Ferrándiz, “Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos”, *3ciencias tecnología*, no. 3, pp. 40-53, 2012 [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 07-ene-2022].
- [2] S. Val, J. A. González, J. Ibáñez, J. L. Huertas, F. Torres, “Materiales no féreos y ciclo de utilización”, en *Tecnología Industrial II*, ed. McGraw Hill, pp. 72-78.
- [3] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, “Polímeros: estructura, propiedades generales y aplicaciones”, en *Manufactura, ingeniería y tecnología*, quinta edición, ed. Prentice Hall, pp. 191-218.
- [4] G. Bodini, F. Cacchi, “Capítulo 3”, en *Moldes y máquina de inyección para la transformación de plásticos*, segunda edición, ed. McGraw Hill, 1993, pp. 183-224.
- [5] H. Gastrow, *Moldes de inyección para plásticos 100 casos prácticos*, segunda edición, ed. Hanser, 1998.
- [6] G. Menges, G. Mohren, *Moldes para inyección de plásticos*, tercera edición, ed. GG, 1983.
- [7] G. Menges, W. Michaeli, P. Mohren, *How to make injection molds*, tercera edición, ed. Hanser, Munich, 2001.
- [8] R. Dangel, *Injection molds for beginners*, segunda edición, ed. Hanser, Munich, 2020.
- [9] R. Prada, J. C. Acosta-Prado, “El moldeo en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales”, *Dimensión Empresarial*, 15 (1), 157-168, 2017 [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 20-feb-2022].

### 7.2. Listado de normas utilizadas

En este apartado se va a contemplar las normas de no obligado cumplimiento, así como las disposiciones legales que se han considerado para la realización del proyecto.

Únicamente se exponen las básicas y principales, el conjunto completo se encuentra en el Documento N°5 – Pliego de condiciones.

- [1] *Reglamento (UE) n° 10/2011 de la Comisión*, de 14 de enero de 2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos, texto pertinente a efectos del EEE [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 31-ene-2022].
- [2] *Reglamento (CE) n° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo*, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE, artículo 15 [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 31-ene-2022].
- [3] *Plastic mouldings tolerances and acceptance conditions for linear dimensions*, Norma DIN 16 901, 1982 [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 05-feb-2022].
- [4] *Standard Practice for Coding Plastic Manufactured Articles for Resin Identification*, Norma ASTM D7611/D7611M-21 [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 05-feb-2022].
- [5] *Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 1: Polímeros de base y sus características especiales*, Norma UNE-EN ISO 1043-1:2011 [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 05-feb-2022].
- [6] *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*, Norma UNE 157 001:2014 [En línea]. Disponible [aquí](#). [Accedido: 10-feb-2022].

### 7.3. Definiciones y abreviaturas

En este punto se va a especificar de forma esquemática el significado de todos los símbolos, acrónimos o abreviaturas utilizadas a lo largo de la redacción del proyecto.

- LDPE: polímero denominado polietileno de baja densidad.
- HDPE: polímero denominado polietileno de alta densidad.
- PVC: polímero denominado policloruro de vinilo.
- PP: polímero denominado polipropileno.
- PMMA: polímero denominado polimetilmetacrilato.
- PE: polímero denominado polietileno.
- PET: polímero denominado tereftalato de polietileno.
- PS: polímero denominado poliestireno.
- PC: polímero denominado policarbonato.
- PLA: polímero denominado ácido poliláctico.
- ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
- DIN: Instituto Alemán para la Normalización.
- ISO: Organización Internacional de Normalización.
- CE: Comisión Europea.
- EN: Norma Europea.
- PVT: presión, volumen específico y temperatura.
- CNC: control numérico por computadora.
- kN: kilonewton, unidad de fuerza equivalente a mil newtons.

- °: grados sexagesimales.
- €: euro, unidad monetaria.
- Ø: diámetro.
- μ: unidad de longitud, equivalente a la millonésima parte de un metro.
- mm: medida de longitud, un milímetro equivale a una milésima de un metro.
- MPa: unidad de presión, un megapascal equivale a un millón de pascales.
- kg: kilogramo, unidad de masa básica según el Sistema Internacional de Unidades.
- °C: grados Celsius, unidad de temperatura.
- g: gramo, unidad de masa.
- mm<sup>3</sup>: milímetro cúbico, unidad de volumen, equivale a la cien millonésima parte de un metro cúbico.
- cm<sup>3</sup>: unidad de volumen, equivale a la millonésima parte de un metro cúbico.
- bar: unidad de presión.
- N: unidad de medida de fuerza en el Sistema Internacional.
- T: tonelada, unidad de medida de masa que equivale a mil kilogramos.
- mm<sup>2</sup>: unidad de superficie, es equivalente a la millonésima parte de un metro cuadrado.
- s: unidad de tiempo en el Sistema Internacional de Unidades.
- μstrain: unidad de deformación, tensión que produce una deformación de una parte por millón.
- cm: unidad de longitud equivalente a una centésima parte de un metro.
- h: hora, unidad de tiempo.
- W: vatio, unidad de potencia.
- J: julio, unidad de energía.
- K: unidad de temperatura del Sistema Internacional de Unidades.
- m: unidad de longitud del Sistema Internacional de Unidades.
- HB: dureza Brinell, escala de medición de la dureza con el método de indentación.
- HRC: dureza Rockwell, escala de medición de la dureza que mide la resistencia de un material a ser penetrado.

#### 7.4. Programas de cálculo

A continuación, se va a mostrar la relación de programas y herramientas utilizadas para el desarrollo de los cálculos de este proyecto. Eso sí, se excluye la mención de softwares ofimáticos y de dibujo.

- Granta EduPack
- SolidWorks
- Arquímedes

#### 7.5. Plan de calidad aplicado durante la redacción del proyecto

Conforme al sistema de gestión de la calidad aplicado a memorias e informes técnicos, siguiendo la norma UNE-EN-ISO 9001:2015, para la redacción de este proyecto se han empleado todos y cada uno de los procedimientos que seguidamente se describen:

- Confección del presente proyecto de acuerdo con la norma UNE 157001:2014.
- Clasificación y registro de la documentación empleada.
- Revisión ortográfica mediante softwares ofimáticos.

- Lectura y revisión de toda la documentación por parte del proyectista, con la finalidad de filtrar posibles erratas en la confección de los mismos.

## 7.6. Orden de prioridad entre los documentos

En este subcapítulo de la memoria se va a indicar el orden de prioridad seguido para la ordenación de los documentos básicos:

1. Índice general
2. Memoria
3. Anexos
4. Planos
5. Pliego de condiciones
6. Presupuesto

## 7.7. Listado de figuras

A continuación, se expone el conjunto de figuras utilizadas a lo largo de todo el proyecto, separadas en función del documento al que pertenecen. Además, su numeración hace referencia al capítulo en el que se encuentran y a su ordenación dentro de cada uno de ellos.

### 7.7.1. Documento N°2 - Memoria

- 2.1. Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2019. Fuente: [Statista](#).
- 3.1. Estructura molecular según el tipo de polímero. Fuente: [losadhesivos.com](#).
- 3.2. Gráfica tensión-deformación de los materiales poliméricos. Fuente: Ciencia de materiales I.
- 3.3. Símbolos de reciclado. Fuente: [aristegui.info](#).
- 3.4. Partes de un husillo.
- 3.5. Unidad de inyección.
- 3.6. Unidad de cierre por pistón.
- 3.7. Fase I/Cierre del molde. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).
- 3.8. Fase II/Inyección. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).
- 3.9. Fase III/Enfriamiento. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).
- 3.10. Fase IV/Retroceso. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).
- 3.11. Fase V/Expulsión. Fuente: [G. Goitia Bollar](#).
- 3.12. Diagrama PVT del proceso de inyección. Fuente: Ingeniería de los procesos de fabricación.
- 3.13. Presión y temperatura en función del tiempo durante el proceso de inyección. Fuente: Ingeniería de los procesos de fabricación.
- 3.14. Vista seccionada de un molde de inyección.
- 3.15. Husillo que gira en el interior del molde formando, a la vez, en núcleo de la rosca. Fuente: How to make injection molds [7].
- 3.16. Husillo que gira en el interior del molde, mientras que la tuerca está fija en el travesaño del inyector. Fuente: *How to make injection molds* [7].
- 3.17. Molde con accionamiento por cremallera. Fuente: How to make injection molds [7].

- 3.18. Molde con núcleo partido. Fuente: How to make injection molds [7].
- 3.19. Funcionamiento de un molde de corredera con pernos inclinados. Fuente: *How to make injection molds* [7].
- 3.20. Retorno de las correderas. Fuente: How to make injection molds [7].
- 3.21. Accionamiento de mordazas con la ayuda de resortes. Fuente: *How to make injection molds* [7].
- 3.22. Cámara caliente de un molde multicavidad. Fuente: [F. Del Moral](#).
- 3.23. Componentes de una boquilla. Fuente: [F. Del Moral](#).

### 7.7.2. Anexo 1 – Características de la pieza

- 1.1. Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2019. Fuente: [Limplas](#).
- 2.1. Gráfico del límite elástico (MPa). Fuente: Granta EduPack.
- 2.2. Gráfico precio (€/kg) - límite elástico (MPa). Fuente: Granta EduPack.
- 3.1. Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas con materiales plásticos. Fuente: DIN 16 901 [3].
- 3.2. Vista seccionada del tapón.
- 3.3. Simbología de productos destinados a estar en contacto con alimentos.
- 3.4. Simbología del tipo de plástico y su reciclabilidad.
- 4.1. Gráfica de relación entre el máximo recorrido de polímero y el mínimo espesor de la pieza.
  - 5.1. Evolución de la presión. Fuente: SolidWorks.
  - 5.2. Izquierda: presión al final del llenado en cada punto del tapón. Derecha: presión al final del empaquetado en cada punto del tapón. Fuente: SolidWorks.
  - 5.3. Evolución de la fuerza de cierre en el sentido de apertura de la inyectora. Fuente: SolidWorks.
  - 5.4. Tiempo de llenado y temperatura al final del llenado de la pieza. Fuente: SolidWorks.
  - 5.5. Tiempo de refrigeración junto con la temperatura al final del refrigerado. Fuente: SolidWorks.
  - 5.6. Rechupes y zonas solidificadas al final del llenado. Fuente: SolidWorks.
  - 5.7. Tensiones de cizalla y residuales al final del empaquetado y post-llenado respectivamente. Fuente: SolidWorks.
  - 5.8. Contracción volumétrica y densidad al final del empaquetado. Fuente: SolidWorks.

### 7.7.3. Anexo 2 – N° cavidades e inyectora

- 1.1. Arburg Allrounder 370 S. Fuente: Arburg.
  - 2.1. Diagrama que relaciona la fuerza de cierre, presión de inyección y superficie proyectada. Fuente: Moldes y máquina de inyección para la transformación de plásticos [4].
  - 2.2. Relación entre el coste de proceso y la cantidad de cavidades. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. [9]
  - 2.3. Relación entre el coste de proceso y el tiempo de producción. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. [9]

2.4. Relación entre el coste del molde y el número de cavidades. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales.[9]

2.5. Nomograma del número de cavidades. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales [9].

#### **7.7.4. Anexo 3 – Diseño del molde**

1.1. Molde de tres placas. Izquierda: abierto. Derecha: cerrado. Fuente: *How to make injection molds* [7].

3.1. Distribuidor y boquillas de la cámara caliente.

4.1. Entalpía de varios polímeros termoplásticos. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].

4.2. Separación entre canales y con la cavidad.

5.1. Perfil del macho, contrasalidas ocasionadas por la uña y la rosca.

5.2. Correderas alrededor del macho de la cavidad.

5.3. Izquierda: pernos inclinados. Derecha: correderas acodadas. Fuente: *How to make injection molds* [7].

5.4. Izquierda: pernos inclinados. Derecha: correderas acodadas. Fuente: *How to make injection molds* [7].

5.5. Sistema de correderas con muelles.

5.6. Guiado de las correderas sobre el plato macho.

5.7. Vista seccionada del molde cerrado.

5.8. Vista seccionada del macho una vez se ha abierto el molde y se han separado las correderas.

5.9. Angulación para expulsiones a presión. Fuente: *How to make injection molds* [7].

5.10. Cálculo de la profundidad de rosca para expulsión a presión. Fuente: *How to make injection molds* [7].

5.11. Vista seccionada de la cavidad de las uñas del precinto de seguridad.

5.12. Camisas expulsoras. Izquierda: placa expulsora contraída. Derecha: placa expulsora extendida.

#### **7.7.5. Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación**

2.1. Sobreplato de la cámara caliente antes y después del mecanizado.

2.2. Plato de la cámara caliente antes y después del mecanizado.

3.1. Plato hembra antes y después del mecanizado.

3.2. Gráfica de máxima temperatura en servicio (°C). Fuente: Granta EduPack.

4.1. Plato macho antes y después del mecanizado.

4.2. Geometría final del macho.

4.3. Sufridera antes y después del mecanizado.

4.4. Regles antes y después del mecanizado.

4.5. Sobreplato del macho antes y después del mecanizado.

4.6. Tapetas para los machos.

4.7. Correderas.

## 7.8. Listado de tablas

Finalmente, aquí se halla el conjunto de tablas que se han expuesto durante el presente proyecto, clasificadas según el documento al que competen. Igual que para las figuras, su numeración indica el capítulo en el que se localizan y su ordenación dentro de cada documento.

### 7.8.1. Documento N°2 - Memoria

- 3.1. Elementos normalizados según DIN E16 750. Fuente: Moldes de inyección para plásticos, 100 casos prácticos [5].
- 3.2. Temperatura de trabajo y molde para algunos polímeros. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].
- 3.3. Contracciones de algunos plásticos. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].

### 7.8.2. Anexo 1 – Características de la pieza

- 2.1. Resumen de requisitos del material.
- 2.2. Resumen de criterios de optimización del material.
- 5.1. Resumen de la simulación. Fuente: SolidWorks.

### 7.8.3. Anexo 3 – Diseño del molde

- 2.1. Comparación entre disposiciones de las cavidades. Fuente: *How to make injection molds* [7].
- 3.1. Características principales de la cámara aún no definidas.
- 4.1. Lista de fluidos refrigerantes. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].
- 4.2. Diámetro del canal refrigerante en función del espesor de la pieza. Fuente: R. Baeza.
- 4.3. Comparativa entre potencia máxima y requerida de las resistencias.

### 7.8.4. Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación

- 1.1. Tornillería de la cámara caliente.
- 1.2. Tornillería de la parte hembra.
- 1.3. Tornillería de la parte macho.
- 2.1. Elementos normalizados de la cámara caliente.
- 3.1. Elementos normalizados de la parte hembra.
- 4.1. Elementos normalizados de la parte macho.



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 - ANEXOS
<b>ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA</b>	

## Tabla de contenido

1. Utilidad de la pieza.....	2
2. Selección del material.....	2
2.1. Análisis de requisitos .....	2
2.2. Criterios de optimización.....	3
2.3. Análisis de posibles materiales .....	3
2.3.1. Selección según normativa.....	3
2.3.2. Selección según características .....	3
2.4. Proveedor .....	5
3. Dimensiones .....	6
3.1. Aspectos geométricos .....	6
3.1.1. Tolerancias y contracciones .....	6
3.1.2. Ángulo de desmoldeo.....	7
3.1.3. Contrasalidas .....	7
3.2. Etiquetado .....	8
4. Cálculos .....	8
4.1. Masa a inyectar .....	9
4.2. Presión de inyección .....	9
4.3. Fuerza de cierre.....	10
4.4. Tiempo de inyección total.....	10
4.4.1. Tiempo de vacío .....	10
4.4.2. Tiempo de inyección .....	10
4.4.3. Tiempo de compactación .....	11
4.4.4. Tiempo de enfriamiento .....	11
4.4.5. Tiempo total .....	11
5. Simulación.....	12
5.1. Presión de inyección .....	12
5.2. Fuerza de cierre.....	13
5.3. Tiempos de inyección .....	14
5.3.1. Tiempo de llenado.....	14
5.3.2. Tiempo de compactación .....	14
5.3.3. Tiempo de vacío.....	15
5.4. Otros datos .....	15
5.4.1. Rechupes y zonas solidificadas al final del llenado.....	15
5.4.2. Tensiones de cizalla y residuales .....	15
5.4.3 Contracción volumétrica y densidad al final del empaquetado .....	16
5.5. Resumen.....	16

En este documento se pretenden especificar las características de la pieza para la cual se va a diseñar el molde. Desde las propiedades físicas y dimensiones hasta el material. Asimismo, se indicarán otros detalles como la zona de entrada del polímero en la cavidad, también conocido como punto de inyección.

## 1. Utilidad de la pieza

Para empezar, como ya es sabido, la pieza que se pretende inyectar es un tapón. Su **función** será la de **cerrar envases de** productos alimentarios, ya sean **zumos o lácteos**; siempre que el diámetro interior de la boca de la botella sea de treinta y tres milímetros. Esta versatilidad se debe a que el tapón presenta una rosca interior universal, encajando perfectamente en una gran variedad de cuellos de botella. Además, posee un precinto de seguridad que permite saber si el envase ha sido abierto anteriormente.



Figura 1.1. Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2019. Fuente: [Limplas](#).

## 2. Selección del material

Una vez conocido el objetivo o ejercicio que va a realizar la pieza, toca determinar el polímero con el cuál que debe ser fabricada, atendiendo a las condiciones que a continuación se expondrán.

### 2.1. Análisis de requisitos

En primer lugar, como requisito más importante se plantean las propiedades químicas del material ya que, como estará en contacto con alimentos, tiene que ser seguro para la salud y no desprender sustancias químicas nocivas, es decir, **no ser tóxico**. Luego, como la pieza se va a elaborar mediante un proceso de fabricación concreto, que es el moldeo por inyección, el material debe ser obligatoriamente **inyectable**.

Posteriormente, como condición secundaria se puede establecer que la **resistencia ante** el líquido que conserva el envase sea excelente, es decir, en presencia del **zumo o la leche**.

Toxicidad	×
Inyectabilidad	✓
Resistencia a zumo o leche	✓

Tabla 2.1. Resumen de requisitos del material.

## 2.2. Criterios de optimización

En este subapartado se van a exhibir distintas singularidades que es preferible que posea el material elegido, las cuales deberán ser maximizadas o minimizadas, en función de la peculiaridad.

Por un lado, la propiedad a **maximizar** es el **límite elástico**. Todo ello con la finalidad de evitar deformaciones permanentes del tapón, tanto en el proceso de extracción del molde como durante su vida útil.

Por otro lado, la característica a **minimizar** es el **coste**, como en todo proceso de fabricación, donde siempre se busca que sea lo más barato posible con el objetivo de reducir el precio final del producto.

A parte, se pretende que sea **biodegradable**, pero si no es posible, **al menos** que sea **reciclable**.

Límite elástico	↑
Coste	↓
Biodegradable o reciclable	✓

Tabla 2.2. Resumen de criterios de optimización del material.

## 2.3. Análisis de posibles materiales

Ahora, con la ayuda de la base de datos de Granta EduPack y la normativa vigente en relación con los plásticos permitidos para el envasado alimentario, se seleccionará el material más idóneo para la elaboración del tapón.

### 2.3.1. Selección según normativa

Los Reales Decretos [211/1992](#) y [2207/1994](#) regulan las sustancias permitidas para la fabricación de objetos plásticos destinados a estar en contacto con alimentos. Los más conocidos son el tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y otros como el policarbonato (PC) o los plásticos biodegradables elaborados con almidones vegetales. Todos ellos están numerados del uno al siete en el orden expuesto, haciendo referencia al número de reciclaje, queriendo decir que son, a su vez y en mayor o menor medida, reciclables.

Eso sí, algunos son más seguros que otros. Los primeros que se deben esquivar son el tres, seis y uno del grupo siete, es decir, el PVC, PS y PC. Esto se debe a que los dos últimos pueden desprender bisfenol A, mientras que el primero suelta ftalatos, ambos de riesgo para la salud de los seres humanos. Los que si son completamente **seguros** son el **PET**, **HDPE**, **LDPE** y **PP**, o lo que es lo mismo, los correspondientes al número uno, dos, cuatro y cinco. En cuanto a los biodegradables, se puede tener en cuenta también el **PLA**.

### 2.3.2. Selección según características

Tras conocer los materiales idóneos para estar en contacto con los alimentos, es el turno de escoger el más adecuado en función de las preferencias y requisitos establecidos anteriormente. Al efecto, se va a llevar a cabo una minuciosa búsqueda hasta dar con el material más competente a través de Granta EduPack.

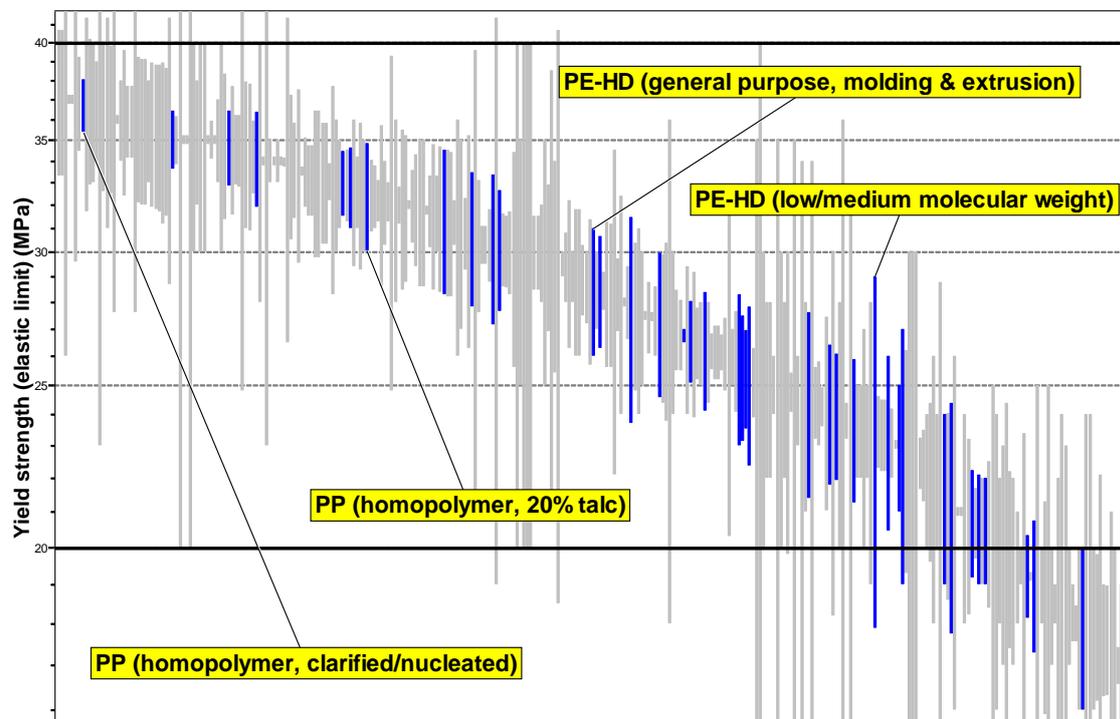
Primero que todo, se han introducido los materiales termoplásticos considerados como aptos para, a partir de aquí, averiguar el mejor. Luego, se ha procedido a filtrar los distintos requisitos en orden, de mayor a menor importancia.

La propiedad esencial es que fuera inyectable, ya que el tapón debe ser elaborado mediante moldeo por inyección. Todos los materiales preseleccionados poseían dicha característica, por lo que de momento no se descarta ninguno.

En segundo lugar, se ha establecido que debían tener un **comportamiento excelente ante el agua**, es decir, que no se deteriorasen en absoluto al estar en contacto con el agua, debido a que el porcentaje de dicho elemento en la leche o el zumo ronda el 90%. Tras ello, todas las variantes de **PLA** y algún polietileno han sido **descartadas**.

A posterior, se ha implantado que fuesen **biodegradables**, pero como ya se había eliminado el PLA, no existía **ningún resultado**. Por lo tanto, hay que adaptarse a que el material final sea **únicamente reciclable**. Esto ha hecho que la gran mayoría de PET sean descartados, si no todos, **quedando** tan sólo dos, el **HDPE** y el **PP**.

Finalmente, restan dos cualidades por imponer, el precio y el límite elástico. Se pretende que el polímero tenga un coste bajo y, a su vez, la menor cristalinidad posible, ya que a mayor cristalinidad mayor fragilidad y menor límite elástico. El problema surge al darse cuenta de que no son propiedades inversas, a mayor límite elástico mayor es el coste y viceversa. Por consiguiente, hay dos opciones, decantarse por imponer una característica sobre otra o escoger un material que se encuentre en el punto medio. Todos se encuentran entre un límite elástico de 20 MPa a 40 MPa (*Figura 2.1*) y un coste de 0,50 €/kg a 3 €/kg (*Figura 2.2*).



*Figura 2.1.* Gráfico del límite elástico (MPa). Fuente: Granta EduPack.

En la imagen anterior, las etiquetas amarillas reflejan ejemplos de polímeros que se encuentran en diferentes puntos del rango total del límite elástico establecido. Cabe destacar que todos los HDPE presentan rangos medios-bajos de límite elástico.

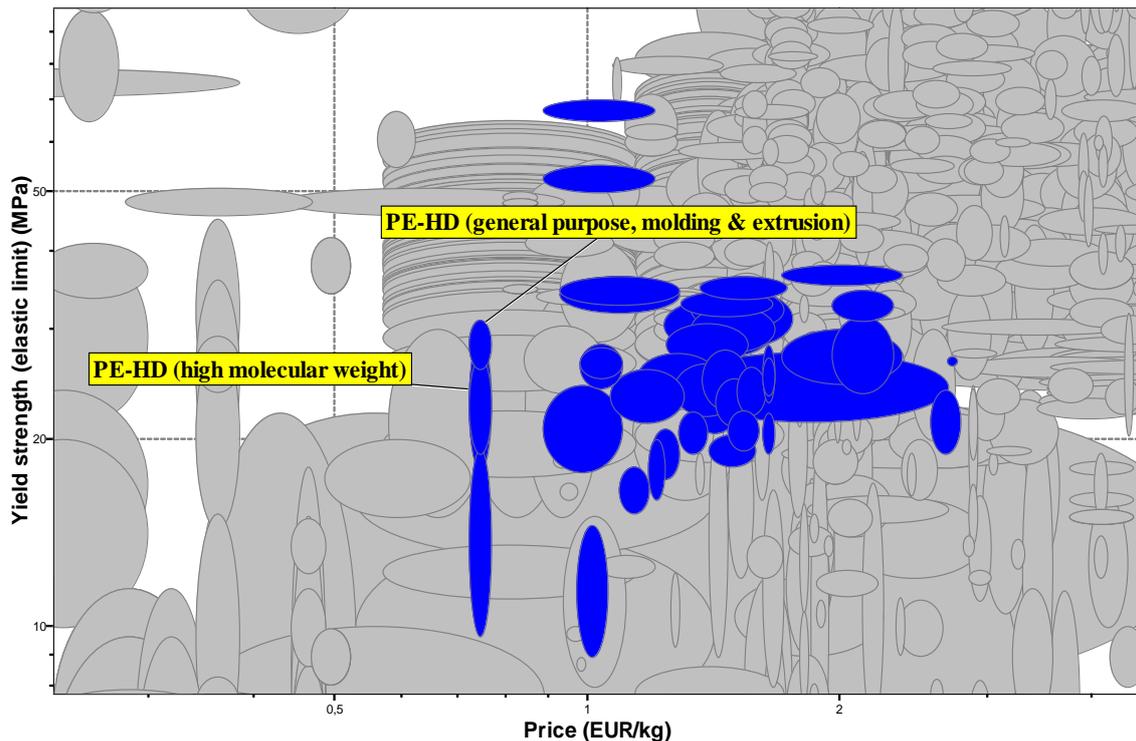


Figura 2.2. Gráfico precio (€/kg) - límite elástico (MPa). Fuente: Granta EduPack.

En esta segunda imagen se ve como los HDPE son los más baratos en comparación con el resto de los polímeros, encontrándose todos en la parte izquierda del gráfico. Esto da una idea del material que se escogerá finalmente.

Una vez analizadas ambas gráficas (Figura 2.1 y 2.2), la **decisión final** adoptada es el polietileno de alta densidad (**HDPE**) en lugar del polipropileno, ahora se explicará el porqué de dicha decisión.

Pues bien, el razonamiento es muy simple. El HDPE es el más barato de todos y, además, puede llegar a poseer unos rangos intermedios en cuanto a límite elástico se refiere (Figura 2.2). Por el contrario, el polipropileno tiene un coste superior, teniendo en ocasiones un límite elástico inferior. Aún más, los PP con mejor límite elástico son los más caros, llegando a valer alrededor del doble.

## 2.4. Proveedor

Después de conocer el material del que va a ser elaborada la pieza polimérica, hay que seleccionar un fabricante o proveedor, para poder obtener así la ficha técnica del plástico en concreto a emplear.

A la hora de elegir el fabricante, así como el tipo de HDPE, hay que tener muy en cuenta el uso que se le va a dar a la pieza, para elegir el más conveniente. Por lo tanto, se ha buscado hacedores que permitiesen realizar un filtrado concreto como, por ejemplo, de aplicaciones y técnicas de procesado. De entre todos se puede destacar a SABIC o Lyondellbasell, ya que ambos permitían restringir la búsqueda por el empleo concreto del polímero, es decir, la elaboración de tapones.

Finalmente, se ha deliberado decantarse por Lyondellbasell, eligiendo el polietileno de alta densidad **Purell GC 7260 G**, cuyas propiedades se han considerado las más adecuadas. Su **ficha técnica** se **adjunta al final** de este documento.

### 3. Dimensiones

Aquí no se van a especificar todas las dimensiones que definen el tapón, ya que para eso hay un plano donde se indica cada una de ellas. Únicamente se van a recalcar los detalles de mayor importancia para la fabricación de la pieza.

#### 3.1. Aspectos geométricos

Existen varios aspectos clave a tener muy en cuenta para el dimensionamiento y geometría de la pieza, muchos de ellos explicados brevemente en el apartado de antecedentes de la memoria. Los fundamentales son las tolerancias y contracciones, conicidad o ángulo de desmoldeo y contrasalidas.

##### 3.1.1. Tolerancias y contracciones

En el moldeo por inyección está siempre presente un gran problema a solucionar, la contracción del polímero. Por lo tanto, se tienen que condicionar las tolerancias del moldeo a las particularidades de contracción del material a emplear.

Según la normativa **DIN 16 901**, los plásticos se dividen varios grupos, en función de sus valores de contracción. Hay que considerar estos valores como aproximados, ya que dicha característica es función del espesor de la pieza, entre otros. El **HDPE** se encuentra en el **grupo 150** para tolerancias generales, con unos valores de contracción de entre el 1% y 2%. Para este sector, se adoptan unos límites de tolerancia conforme a la normativa de calidad ISO IT 13 y 14, que puede servir de base a la hora de establecer las tolerancias de la pieza (*Figura 3.1*).

Tolerance group from table 1	Code letter <sup>1)</sup>	Nominal dimension range																				
		over up to	0	1	3	6	10	15	22	30	40	53	70	90	120	160	200	250	315	400	500	630
<b>General tolerances</b>																						
160	A	±0.28	±0.30	±0.33	±0.37	±0.42	±0.49	±0.57	±0.66	±0.78	±0.94	±1.15	±1.40	±1.80	±2.20	±2.70	±3.30	±4.10	±5.10	±6.30	±7.90	±10.00
	B	±0.18	±0.20	±0.23	±0.27	±0.32	±0.39	±0.47	±0.56	±0.68	±0.84	±1.05	±1.30	±1.70	±2.10	±2.60	±3.20	±4.00	±5.00	±6.20	±7.80	±9.90
150	A	±0.23	±0.25	±0.27	±0.30	±0.34	±0.38	±0.43	±0.49	±0.57	±0.68	±0.81	±0.97	±1.20	±1.50	±1.80	±2.20	±2.80	±3.40	±4.30	±5.30	±6.60
	B	±0.13	±0.15	±0.17	±0.20	±0.24	±0.28	±0.33	±0.39	±0.47	±0.58	±0.71	±0.87	±1.10	±1.40	±1.70	±2.10	±2.70	±3.30	±4.20	±5.20	±6.50
140	A	±0.20	±0.21	±0.22	±0.24	±0.27	±0.30	±0.34	±0.38	±0.43	±0.50	±0.60	±0.70	±0.85	±1.05	±1.25	±1.55	±1.90	±2.30	±2.90	±3.60	±4.50
	B	±0.10	±0.11	±0.12	±0.14	±0.17	±0.20	±0.24	±0.28	±0.33	±0.40	±0.50	±0.60	±0.75	±0.95	±1.15	±1.45	±1.80	±2.20	±2.80	±3.50	±4.40
130	A	±0.18	±0.19	±0.20	±0.21	±0.23	±0.25	±0.27	±0.30	±0.34	±0.38	±0.44	±0.51	±0.60	±0.70	±0.90	±1.10	±1.30	±1.60	±2.00	±2.50	±3.00
	B	±0.08	±0.09	±0.10	±0.11	±0.13	±0.15	±0.17	±0.20	±0.24	±0.28	±0.34	±0.41	±0.50	±0.60	±0.80	±1.00	±1.20	±1.50	±1.90	±2.40	±2.90
<b>Tolerances on dimensions with deviations entered against the dimension</b>																						
160	A	0,56	0,60	0,66	0,74	0,84	0,98	1,14	1,32	1,56	1,88	2,30	2,80	3,60	4,40	5,40	6,60	8,20	10,20	12,50	15,80	20,00
	B	0,36	0,40	0,46	0,54	0,64	0,78	0,94	1,12	1,36	1,68	2,10	2,60	3,40	4,20	5,20	6,40	8,00	10,00	12,30	15,60	19,80
150	A	0,46	0,50	0,54	0,60	0,68	0,76	0,86	0,98	1,14	1,36	1,62	1,94	2,40	3,00	3,60	4,40	5,60	6,80	8,60	10,60	13,20
	B	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,56	0,66	0,78	0,94	1,16	1,42	1,74	2,20	2,80	3,40	4,20	5,40	6,60	8,40	10,40	13,00
140	A	0,40	0,42	0,44	0,48	0,54	0,60	0,68	0,76	0,86	1,00	1,20	1,40	1,70	2,10	2,50	3,10	3,80	4,60	5,60	7,20	9,00
	B	0,20	0,22	0,24	0,28	0,34	0,40	0,46	0,56	0,66	0,80	1,00	1,20	1,50	1,90	2,30	2,90	3,60	4,40	5,60	7,00	8,80
130	A	0,36	0,38	0,40	0,42	0,46	0,50	0,54	0,60	0,68	0,76	0,88	1,02	1,20	1,50	1,80	2,20	2,60	3,20	3,90	4,90	6,00
	B	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	0,30	0,34	0,40	0,46	0,56	0,68	0,82	1,00	1,30	1,60	2,00	2,40	3,00	3,70	4,70	5,80
120	A	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,46	0,50	0,54	0,60	0,68	0,78	0,90	1,06	1,24	1,50	1,80	2,20	2,60	3,20	4,00
	B	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,58	0,70	0,86	1,04	1,30	1,60	2,00	2,40	3,00	3,80
110	A	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,36	0,40	0,44	0,50	0,58	0,68	0,80	0,96	1,16	1,40	1,70	2,10	2,60
	B	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	0,30	0,34	0,40	0,48	0,58	0,70	0,86	1,06	1,30	1,60	2,00	2,50
Precision engineering	A	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,35	0,40	0,50								
	B	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,21	0,25	0,30	0,40								

<sup>1)</sup> A for non-mould-related dimensions  
B for mould-related dimensions

Figura 3.1. Tolerancias dimensionales para piezas moldeadas con materiales plásticos. Fuente: DIN 16 901 [3].

En cuanto a la **contracción** concreta del polietileno de alta densidad, el proveedor ha facilitado su valor, siendo del **1,8%**. Aun así, este valor, como se acaba de decir, puede variar fácilmente, por lo que a la hora del mecanizado de la cavidad se deberá eliminar el

menor material posible, dentro del rango de tolerancias que se establezca, por si hubiera imprevistos de contracciones.

Por último, hay que obtener el **valor de escala** a aumentar en la cavidad del molde respecto de la pieza. Esto se hace mediante la siguiente fórmula:

$$VS = \left(1 - \frac{L_F}{L_W}\right) \cdot 100[\%]$$

Siendo:

- VS el porcentaje de contracción.
- $L_F$  las dimensiones del molde a  $23 \pm 2$  °C.
- $L_W$  las dimensiones de la pieza polimérica tras 16 horas de haber sido inyectada a temperatura ambiente.

Una vez explicado, el valor obtenido es:

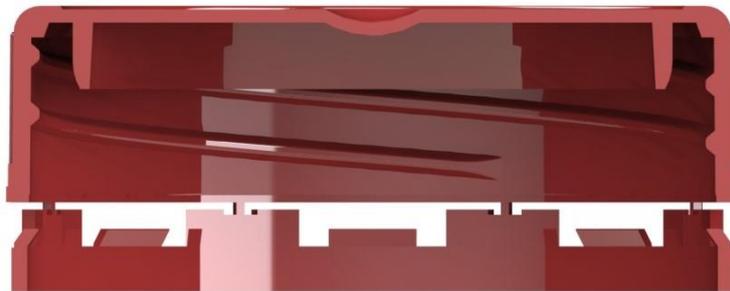
$$\frac{L_F}{L_W} = \frac{VS}{100} + 1 = \frac{1,8}{100} + 1 = \mathbf{1,018}$$

### 3.1.2. Ángulo de desmoldeo

Con el objeto de facilitar la extracción del tapón y evitar posibles deformaciones se debe de establecer un ángulo de desmoldeo en la **pared del tapón**, que no en el precinto de seguridad, tanto en la cara interna como externa. Por ello y con el motivo de conservar la mejor forma y máxima funcionalidad, se ha dictaminado establecer el mínimo ángulo de desmoldeo recomendable, de 0,5°. Por lo tanto, el tapón tiene forma de cono truncado con una **inclinación** respecto a la horizontal de **89,5°**.

### 3.1.3. Contrasalidas

Las contrasalidas presentes en las piezas que van a ser moldeadas por inyección deben eliminarse o, en caso de no ser posible suprimirlas todas, reducirse al mínimo. Sin embargo, en el tapón que se quiere realizar **hay dos** contrasalidas funcionales que deben elaborarse de manera obligatoria, la rosca interior y las uniones y uñas del precinto de seguridad, por llamarlas de alguna manera (*Figura 3.2*).



*Figura 3.2. Vista seccionada del tapón.*

Por un lado, la **rosca** elaborada en este tapón en concreto es universal, pudiendo adaptarse a la gran mayoría de envases que tengan un diámetro interior de la boca de 33 mm, como ya se ha dicho. Además, dispone de tres cuerdas de paso de 10 mm, empezando cada una a 120° respecto de la otra y girando once decimostavos de revolución. La máxima profundidad de la contrasalida es de 0,65 mm y su función es permitir la apertura y cierre de botellas a través de un movimiento circular.

Por otro lado, la finalidad del precinto de seguridad es verificar si el envase ha sido abierto con anterioridad. Las **ocho uñas** que posee evitan que pueda ser extraído de la boca de la botella y quede fijo. La profundidad de la contrasalida que generan estas uñas es también de 0,65 mm.

En resumen, a la hora de diseñar el molde habrá que tener muy en cuenta estos dos elementos, ya que requerirán, seguramente, de una mayor complejidad de desmoldeo.

### 3.2. Etiquetado

El tapón debe ir provisto, por normativa, de una simbología determinada, según el material y la utilidad que tiene.

En primer lugar, el artículo 15 del Reglamento (CE) 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo obliga a rotular a los objetos que todavía no están en contacto con alimentos cuando se comercializan con el término “para contacto con alimentos” o el símbolo mostrado a continuación (*Figura 3.3*), entre otros.



*Figura 3.3. Simbología de productos destinados a estar en contacto con alimentos.*

Luego, siguiendo la norma ASTM D7611/D7611M-21 es conveniente añadir el código de identificación de resina utilizado para elaborar el producto. Dicho etiquetado está compuesto por el triángulo de reciclabilidad, un número de identificación de la resina y el término abreviado del polímero según la norma DIN EN ISO 1043. Como el material seleccionado para el tapón es el polietileno de alta densidad, le corresponde el número 2 y, por consiguiente, el etiquetado que se observa a posteriori (*Figura 3.4*).



*Figura 3.4. Simbología del tipo de plástico y su reciclabilidad.*

El tamaño de esta simbología es decisión propia, dependiendo también de la magnitud de la pieza. Las que se han implementado en el tapón diseñando miden 3,8x4,2 mm y 4x5,2 mm aproximada y respectivamente. Añadir que su acotado y posicionamiento no se verán reflejados en el plano de la pieza, ya que se considera de escasa importancia para el objetivo del proyecto.

## 4. Cálculos

En este apartado se van a realizar todos los cálculos manuales posibles que definen el proceso de inyección. Posteriormente, mediante la ayuda de un software que simule la inyección de la pieza, se comparará y comprobará la veracidad los resultados obtenidos.

## 4.1. Masa a inyectar

A continuación, se expone todo el proceso de cálculo para la obtención de los diferentes parámetros del proceso de inyección.

Según el software SolidWorks el **volumen** de la estructura completa del tapón es de **3.216,23 mm<sup>3</sup>**. Entonces, indagando la **densidad** del HDPE a emplear en su ficha técnica (**0,960 g/cm<sup>3</sup>**), se puede calcular la masa final de la pieza.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V = 0,960 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 3,21623 \text{ cm}^3 \approx 3,09 \text{ g} = m$$

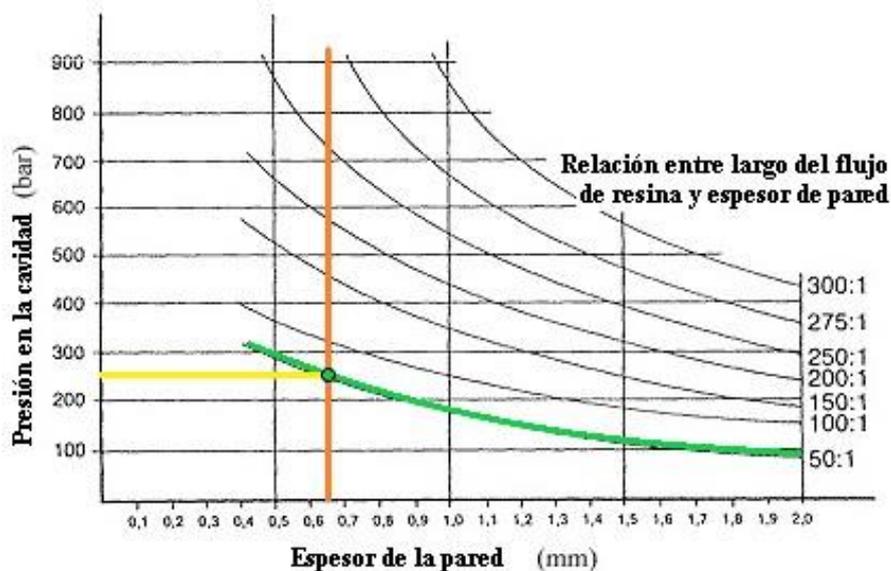
## 4.2. Presión de inyección

La presión de inyección o, mejor dicho, presión en el interior de la cavidad está directamente relacionada con la geometría de la pieza y la posición del punto de inyección respecto a ella.

El primer paso a seguir es obtener la relación (RF) existente entre el menor espesor de la pieza ( $e_{\min}$ ) y el máximo recorrido que realiza el polímero fundido dentro de la cavidad ( $L_{\max}$ ), es decir, desde el punto de inyección hasta su punto más alejado. Entonces, estableciendo el **punto de inyección en el centro de la cara superior del tapón**, se obtiene una  $L_{\max} \approx 31,15 \text{ mm}$ , con un  $e_{\min} = 0,65 \text{ mm}$ . Por lo tanto:

$$RF = \frac{L_{\max}}{e_{\min}} = \frac{34,15 \text{ mm}}{0,65 \text{ mm}} = \frac{683}{13} \approx 52,54$$

Ahora, mediante la gráfica siguiente (*Figura 4.1*), el resultado recientemente obtenido y el espesor mínimo del tapón, se puede estimar un valor aproximado de la presión existente en la cavidad.



*Figura 4.1.* Gráfica de relación entre el máximo recorrido de polímero y el mínimo espesor de la pieza.

El valor que arroja el gráfico es de unos 260 bar, que vienen a ser 26 MPa. Sin embargo, aún queda aplicar un factor corrector debido a la viscosidad del polímero. Para los polietilenos se encuentra entre 1 y 1,3, decidiendo aplicar un valor de 1,3 exactamente. Dicho esto, la presión final recabada es de **33,8 MPa**.

### 4.3. Fuerza de cierre

Una vez conocida la presión de inyección, ya es posible calcular la fuerza de cierre que debe ejercer la inyectora para evitar que el molde se abra durante el proceso de inyección. Este valor se puede obtener a partir de la fórmula siguiente:

$$F_c = P \cdot S = 33,8 \frac{N}{mm^2} \cdot 1294,62 \text{ mm}^2 \approx 43,76 \text{ kN} \approx \mathbf{4,46 T}$$

Siendo:

- P: presión de inyección máxima, obtenida en el apartado anterior y cuyo valor es 33,8 MPa.
- S: área proyectada, es decir, la superficie de la pieza que se observa ortogonalmente desde el plano de partición del molde en la cavidad del plato hembra. En este caso, su cantidad se obtiene cuantificando el área encerrada dentro del diámetro de mayor dimensión que contiene el tapón. Entonces, siendo el diámetro máximo de 40,6 mm, el área alcanza unos 1.294,62 mm<sup>2</sup>.

El valor de fuerza de cierre obtenido es para una única pieza, al igual que la presión de inyección. Por lo tanto, estas cantidades dependen del número de cavidades del molde y deberán ser multiplicadas según las decisiones que se tomen posteriormente.

### 4.4. Tiempo de inyección total

Para poder obtener el tiempo de inyección total hay que dividir el ciclo de inyección en sus diferentes fases, calcular el intervalo temporal de cada una de ellas y realizar el sumatorio.

#### 4.4.1. Tiempo de vacío

Dentro de este período se considera la apertura y cierre del molde. Sin embargo, son datos regulables y que dependen directamente de la máquina inyectora, por lo que es imposible conocer su valor exacto.

#### 4.4.2. Tiempo de inyección

El tiempo de inyección es el plazo que transcurre desde que la boquilla de la inyectora expulsa el polímero líquido hasta que se llena completamente la cavidad o cavidades del molde. Para calcularlo se suele aplicar una de las siguientes ecuaciones:

$$t_{inyección} = \frac{m_p}{v_i}$$
$$t_{inyección} = \frac{\left(S \cdot \frac{F_m}{FI}\right)^3}{8 \cdot \left(\frac{T_x - T_m}{T_c - T_m}\right)^3}$$

Siendo:

- m<sub>p</sub>: masa de la pieza (g).
- v<sub>i</sub>: velocidad de inyección (g/s).
- S: espesor mínimo de la pieza (cm).
- F<sub>m</sub>: longitud que recorre el polímero fundido en el interior del molde (cm).
- FI: relación entre el recorrido del polímero y el espesor de pared mínimo.

- $T_x$ : temperatura de deformación al calor (HDT) del polímero (°C).
- $T_m$ : temperatura del molde (°C).
- $T_c$ : temperatura del polímero fundido (°C).

Como se puede ver, para usar cualquiera de las dos fórmulas hace falta conocer las dimensiones del molde o características concretas de la máquina inyectora. Dicho esto, tras observar la ficha técnica de la inyectora (Anexo 2), se puede aplicar la primera ecuación, siendo la velocidad de inyección promedio de 7,2 kg/h.

$$t_{inyección} = \frac{m_p}{v_i} = \frac{3,09 \text{ g}}{7,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1.000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}}} \approx 1,55 \text{ s}$$

Por lo tanto, el tiempo mínimo de inyección para una pieza es de 1,55 segundos, pudiendo ser algo superior.

#### 4.4.3. Tiempo de compactación

Durante este período es cuando tiene lugar la segunda presión, cuya función es continuar inyectando material mientras la pieza se enfría y contrae. No existe ninguna manera teórica de conocer este dato, debe ser obtenido de manera experimental cambiando parámetros desde el panel de control de la propia inyectora.

#### 4.4.4. Tiempo de enfriamiento

Una vez que se ha inyectado todo el polímero en la cavidad, el molde debe mantenerse cerrado hasta que la pieza alcance una temperatura adecuada para su desmoldeo. Este ciclo temporal sí que es posible calcularlo de manera teórica, a través de la fórmula que se muestra a continuación:

$$t_{enf.} = \frac{S^2}{\pi^2 \cdot \alpha} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{T_H - T_W}{T_E - T_W}\right) =$$
$$\frac{(1,25 \text{ mm})^2}{\pi^2 \cdot 0,077 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{210 - 40}{60 - 40}\right) = 3,97 \text{ s}$$

Siendo:

- S: espesor máximo de la pieza, en este caso 1,25 mm.
- $\alpha$ : difusividad térmica del material, se puede obtener a partir de la densidad, calor específico y conductividad térmica. El valor que le corresponde por ser HDPE es de 0,077 mm<sup>2</sup>/s aproximadamente.
- $T_H$ : **temperatura del polímero fundido**. Tras mirar en la ficha técnica del HDPE escogido, esta ronda los 190-230 °C, pero que se establecerá un valor de **210°C**.
- $T_W$ : **temperatura del molde**, que para el HDPE suele encontrarse sobre los **40-60 °C**, escogiendo en este caso el valor más bajo.
- $T_E$ : **Temperatura de desmoldeo**, que por ser polietileno de alta densidad se sitúa alrededor de 60-110 °C, seleccionando para este conflicto **60 °C**.

#### 4.4.5. Tiempo total

No es posible conocer el tiempo de inyección total, ya que se desconoce el tiempo de apertura y cierre del molde, además del de compactación. Pese a ello, se pudo hacer

una estimación, ya que se sabe que el tiempo de enfriamiento suele ocupar de un 50% al 80% del tiempo de inyección total.

Por lo tanto, el caso más favorable es que sea del 50%, por lo que el tiempo total pasaría a ser de 7,94 segundos. Sin embargo, como las fórmulas que se usan para calcular los tiempos proporcionan valores aproximados, habría que aplicar un factor de seguridad. Entonces, se va a suponer que el **tiempo de inyección total** se situará alrededor de los **8 segundos**.

De igual manera, en el siguiente apartado se realizará un análisis del proceso de inyección mediante un software especializado. Esto corroborará la certeza de las suposiciones realizadas.

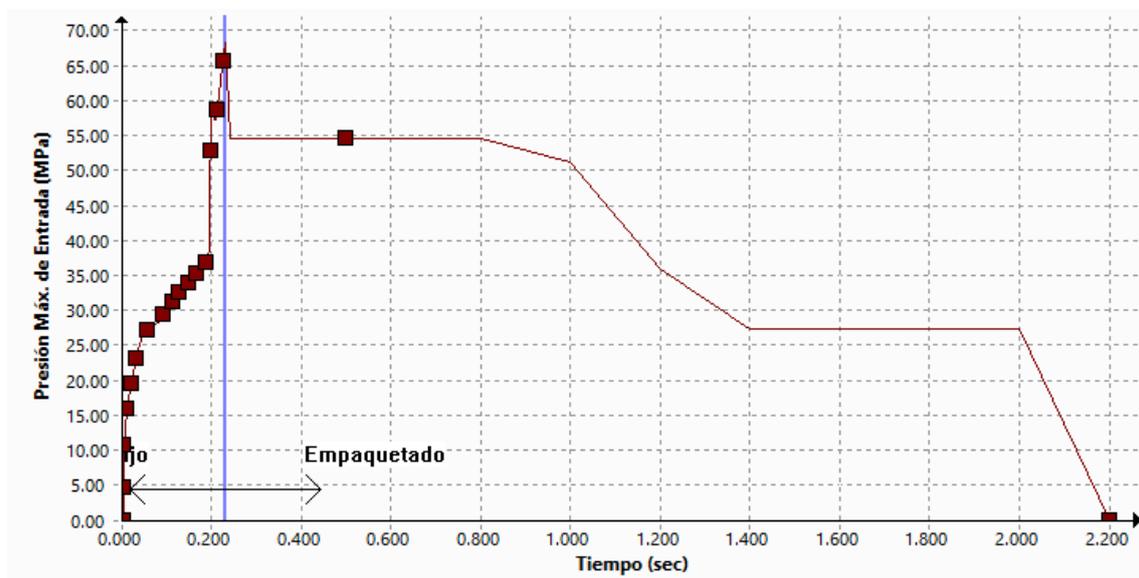
## 5. Simulación

Aquí se pretenden mostrar todos los resultados obtenidos de la simulación del proceso de inyección, pero únicamente para una sola pieza, por lo que los datos que se recaben hay que extrapolarlos para el número de cavidades que tenga el molde finalmente.

Dicha simulación se ha realizado mediante un complemento de SolidWorks llamado SolidWorks Plastics. En él se ha introducido el material con el que se ha decidido elaborar la pieza, indicando todas sus características. También se ha colocado una serie de datos del molde y de la máquina inyectora, como es el diámetro del punto de inyección o la presión de inyección máxima. Sin embargo, estos datos no se van a explicar aquí, ya que corresponden a otros documentos del proyecto.

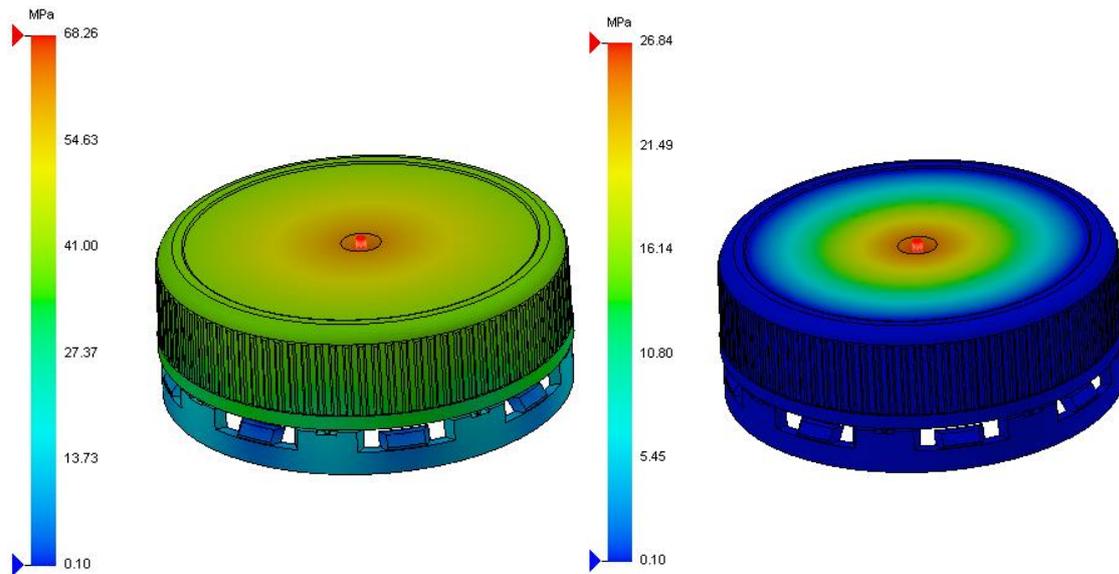
### 5.1. Presión de inyección

En primer lugar, los resultados que arroja el software sobre la presión de inyección se resumen en la siguiente gráfica (*Figura 5.1*).



*Figura 5.1. Evolución de la presión. Fuente: SolidWorks.*

Como se puede apreciar la presión de inyección máxima que se llega a alcanzar es de 68,26 MPa, mientras que la presión al final del empaquetado es de 26,84 MPa. Todo esto hace un **promedio** que se sitúa alrededor de **30 MPa a 35 MPa**, siendo la obtenida a través de cálculos tradicionales de 33,8 MPa. A continuación, se observa cómo se distribuyen estos valores por la geometría de la pieza (*Figura 5.2*).

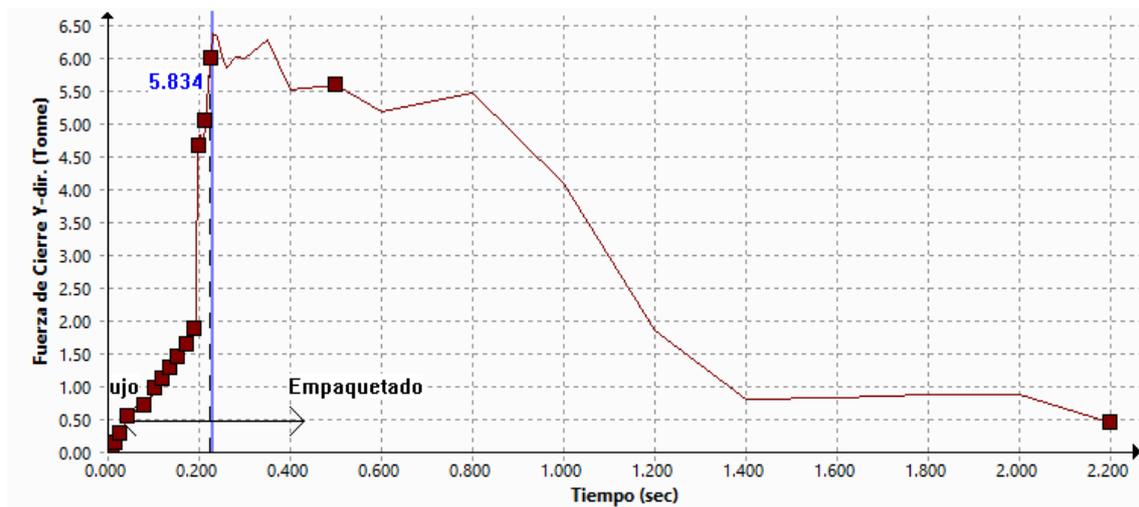


*Figura 5.2. Izquierda: presión al final del llenado en cada punto del tapón. Derecha: presión al final del empaquetado en cada punto del tapón. Fuente: SolidWorks.*

La parte más crítica de la pieza coincide con el punto de inyección, lo que es lógico, ya que es la última zona de la cavidad en llenarse. Además, la mayor parte del tapón comprende los valores promedios, lo que es un buen indicativo.

## 5.2. Fuerza de cierre

Respecto a la fuerza de cierre, estos son los esfuerzos que debe soportar la máquina de inyección para cada una de las cavidades que tenga la pieza a lo largo del ciclo de inyección (Figura 5.3). Añadir que estos valores hacen referencia a la fuerza en el sentido de apertura y cierre del molde.



*Figura 5.3. Evolución de la fuerza de cierre en el sentido de apertura de la inyectora. Fuente: SolidWorks.*

La **máxima** fuerza que debe ser aplicada ocurre al inicio del empaquetado, con un valor de **6,4 toneladas**. Sin embargo, la fuerza de cierre máxima de la inyectora que se seleccionará en el próximo anexo, es de 500 kN, o lo que es lo mismo, 50 toneladas, por lo que no genera ningún problema. Es más, se puede avanzar que el número de cavidades que tendrá el molde serán cuatro, alcanzando una fuerza mínima necesaria de la máquina de 25,6 toneladas, poco más de la mitad del máximo que puede ejercer.

### 5.3. Tiempos de inyección

El período de inyección, SolidWorks lo divide en tres partes: tiempo de llenado, tiempo de compactación o empaquetado, que se subdivide en tiempo de mantenimiento de la presión y tiempo de refrigeración puro y, por último, tiempo de vacío o de apertura del molde.

Si se suman todos los valores que se expondrán a continuación, se alcanza un **tiempo total de 7,45 segundos**, muy próximo al calculado de manera tradicional, que se acerca a los 8 segundos.

#### 5.3.1. Tiempo de llenado

En primer lugar, el tiempo de llenado abarca únicamente **0,23 segundos**, que se supone que será superior en función de las cavidades.

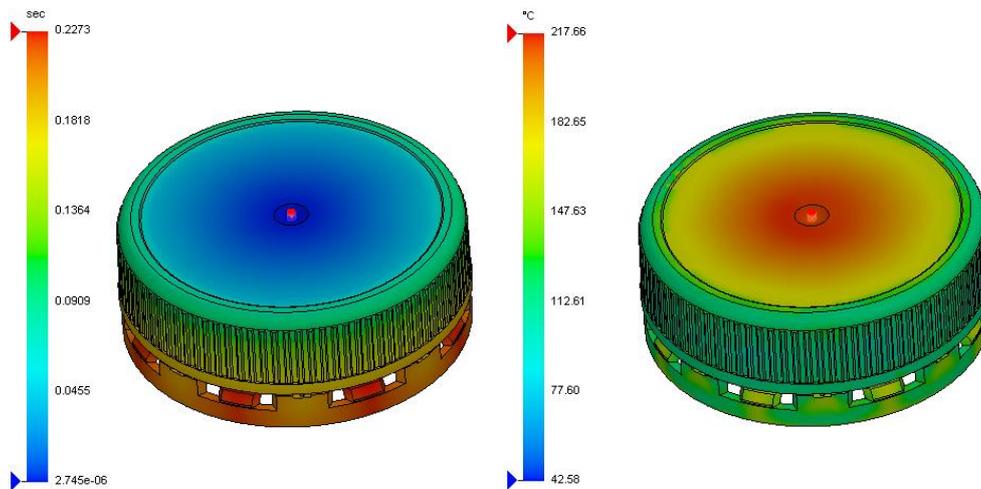


Figura 5.4. Tiempo de llenado y temperatura al final del llenado de la pieza. Fuente: SolidWorks.

#### 5.3.2. Tiempo de compactación

Posteriormente, el tiempo de compactación alcanza una cifra de **2,22 segundos** y, como se acaba de decir, se divide en dos partes. El mantenimiento de la presión sucede durante 1,97 segundos, mientras que el tiempo de refrigeración puro únicamente 0,25 segundos.

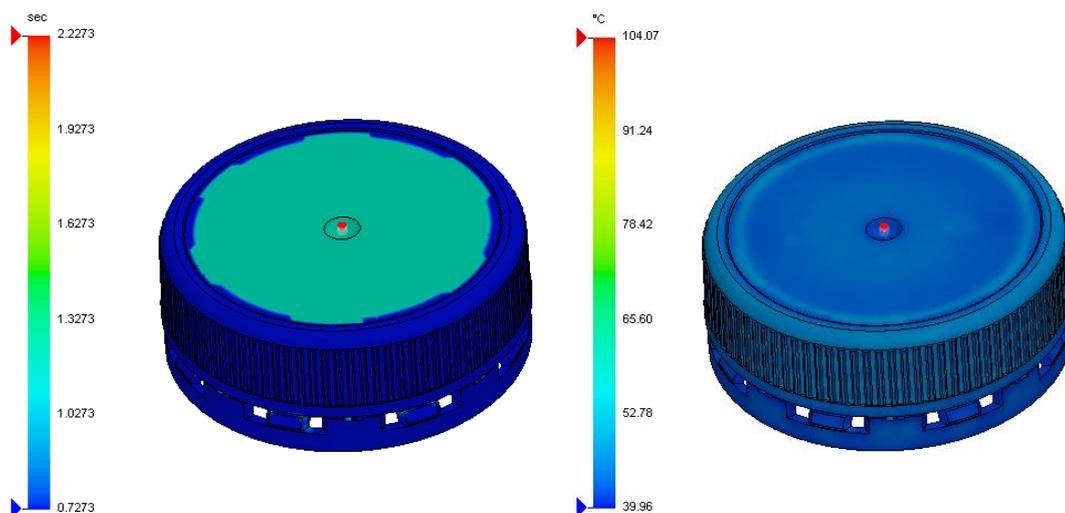


Figura 5.5. Tiempo de refrigeración junto con la temperatura al final del refrigerado. Fuente: SolidWorks.

### 5.3.3. Tiempo de vacío

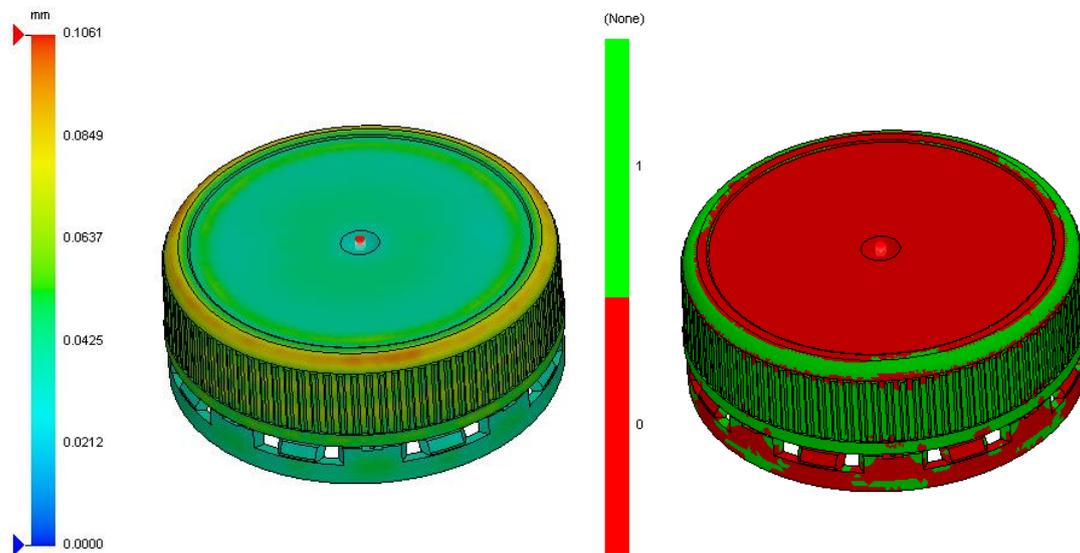
Por último, el tiempo de vacío, que abarca la apertura, cierre del molde y expulsión de las piezas, tarda **5 segundos**.

## 5.4. Otros datos

Aquí se van a mostrar otros datos recabados de gran importancia, sobre todo respecto a posibles problemas y defectos que pudieran ocurrir durante la inyección o sobre el tapón final.

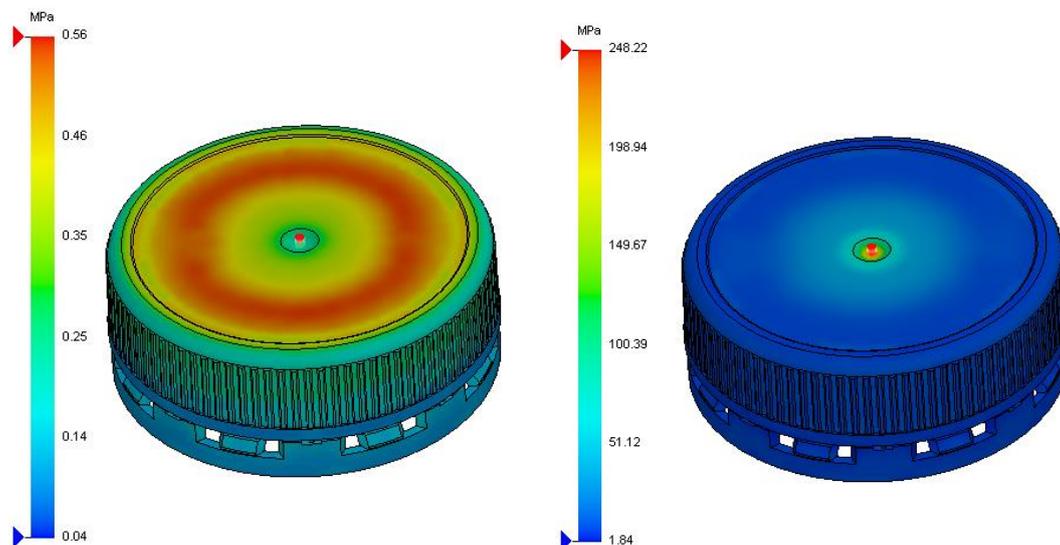
### 5.4.1. Rechupes y zonas solidificadas al final del llenado

En las dos imágenes siguientes (*Figura 5.6*) se aprecian las zonas con mayor probabilidad de generar rechupes, así como las partes que quedan solidificadas al final de la etapa de llenado. Como se puede ver, el mayor grosor del **rechupe** que se podría generar es de **0,1 mm**, alrededor de todo lo que es el borde superior del tapón.



*Figura 5.6. Rechupes y zonas solidificadas al final del llenado. Fuente: SolidWorks.*

### 5.4.2. Tensiones de cizalla y residuales



*Figura 5.7. Tensiones de cizalla y residuales al final del empaquetado y post-llenado respectivamente. Fuente: SolidWorks.*

La cara superior del tapón es la zona más problemática en cuanto a **tensiones de cizalladura**, con valores máximos de **0,56 MPa**. Por otro lado, las tensiones residuales únicamente afectan al área próxima al punto de inyección.

### 5.4.3 Contracción volumétrica y densidad al final del empaquetado

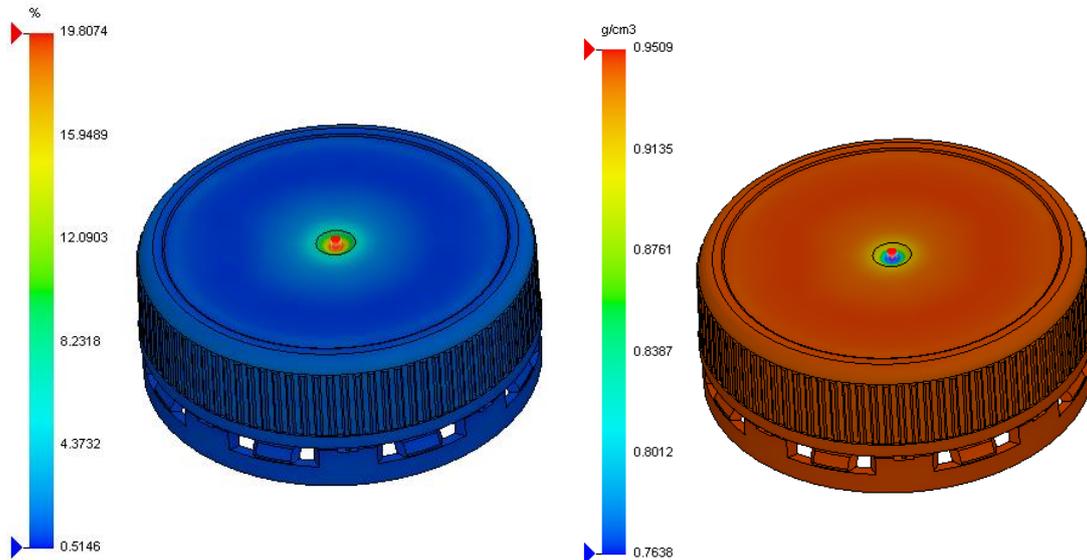


Figura 5.8. Contracción volumétrica y densidad al final del empaquetado. Fuente: SolidWorks.

El único problema de contracción volumétrica tiene lugar en el punto de inyección, pero es improbable que dificulte las funciones del tapón, así como la estética final. Dicho problema está muy relacionado con la falta de densidad en la misma zona, pero de nuevo, no se cree que esto genere problemas.

## 5.5. Resumen

Para acabar, a modo de resumen se va a adjuntar una tabla con los datos de mayor importancia obtenidos a través de la simulación (Tabla 5.1), separando la fase de flujo y empaquetado.

Flujo	
Fuerza de cierre (T)	5,95
Temperatura real máx. (°C)	217,81
Presión de inyección máx. (MPa)	68,26
Tensiones de cizalla máx. (MPa)	1,07
Tiempo de llenado (s)	0,23
Tiempo de compactación (s)	2,22
Tiempo de vacío (s)	5,00
Tiempo total de inyección (s)	7,45

Empaquetado	
Fuerza de cierre (T)	6,4
Temperatura real máx. (°C)	145,31
Tensiones de cizalla máx. (MPa)	0,56
Tensiones residuales máx. (MPa)	248,22

Tabla 5.1. Resumen de la simulación. Fuente: SolidWorks.

## Technical Data Sheet

### Purell GC 7260 G

High Density Polyethylene



#### Product Description

Purell GC7260 G is a HDPE material which exhibits good flow ability and high rigidity. It contains an additive package for improved performance at higher extrusion temperatures and faster cycle times.

Exceptional organoleptic properties and a good balance of stiffness, toughness and processability make Purell GC7260 G the choice of customers for the production of closures for still mineral water and many other types of food and non-food caps and closures.

#### Regulatory Status

For regulatory compliance information, see Purell GC 7260 G [Product Stewardship Bulletin \(PSB\) and Safety Data Sheet \(SDS\)](#).

<b>Status</b>	Commercial: Active
<b>Availability</b>	Africa-Middle East; Asia-Pacific; Australia and New Zealand; Europe; North America; South & Central America
<b>Application</b>	Caps & Closures; Caps & Closures (Healthcare); Collapsible Tubes; Collapsible Tubes (Healthcare); Healthcare Applications; Medical Devices
<b>Market</b>	Consumer Products; Healthcare; Rigid Packaging
<b>Processing Method</b>	Injection Molding
<b>Attribute</b>	Autoclavable; Ethylene Oxide Sterilisation; Good Flow; Good Thermal Stability; High Rigidity; Low Warpage

Typical Properties	Nominal Value	Units	Test Method
<b>Physical</b>			
Melt Flow Rate			
(190 °C/2.16 kg)	8	g/10 min	ISO 1133-1
(190 °C/5.0 kg)	23	g/10 min	ISO 1133-1
Density	0.960	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183-1
<b>Mechanical</b>			
Tensile Modulus	1350	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield	30	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Strain at Yield	10	%	ISO 527-1, -2
FNCT, (6.0 MPa, 2% Arkopal N100, 50 °C)	2.5	hr	ISO 16770
<b>Impact</b>			
Charpy Impact Strength - Notched			
(23 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	4	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179
(-30 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	2.5	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179
<b>Hardness</b>			
Shore Hardness, (Shore D)	64		ISO 868
Ball Indentation Hardness, (H 132/30)	57	MPa	ISO 2039-1
<b>Thermal</b>			
Vicat Softening Temperature, (B50)	72	°C	ISO 306

## Notes

These are typical property values not to be construed as specification limits.

## Processing Techniques

Recommended melt temperatures: 190 °C to 230 °C.

Specific recommendations for resin type and processing conditions can only be made when the end use, required properties and fabrication equipment are known.

### Health and Safety:

The resin is manufactured to the highest standards, but special requirements apply to certain applications such as food end-use contact and direct medical use. For specific information on regulatory compliance contact your local representative.

Workers should be protected from the possibility of skin or eye contact with molten polymer. Safety glasses are suggested as a minimal precaution to prevent mechanical or thermal injury to the eyes.

Molten polymer may be degraded if it is exposed to air during any of the processing and off-line operations. The products of degradation may have an unpleasant odor. In higher concentrations they may cause irritation of the mucus membranes. Fabrication areas should be ventilated to carry away fumes or vapours. Legislation on the control of emissions and pollution prevention should be observed.

The resin will burn when supplied with excess heat and oxygen. It should be handled and stored away from contact with direct flames and/or ignition sources. While burning, the resin contributes high heat and may generate a dense black smoke.

Recycled resins may have previously been used as packaging for, or may have otherwise been in contact with, hazardous goods. Converters are responsible for taking all necessary precautions to ensure that recycled resins are safe for continued use.

For further information about safety in handling and processing please refer to the Safety Data Sheet.

### Conveying:

Conveying equipment should be designed to prevent production and accumulation of fines and dust particles that are contained in polymer resins. These particles can under certain conditions pose an explosion hazard. Conveying systems should be grounded, equipped with adequate filters and regularly inspected for leaks.

### Storage:

The resin is packed in 25 kg bags, octabins or bulk containers protecting it from contamination. If it is stored under certain conditions, i. e. if there are large fluctuations in ambient temperature and the atmospheric humidity is high, moisture may condense inside the packaging. Under these circumstances, it is recommended to dry the resin before use. Unfavorable storage conditions may also intensify the resin's slight characteristic odor.

Resin should be protected from direct sunlight, temperatures above 40°C and high atmospheric humidity during storage. Higher storage temperatures may reduce the storage time.

The information submitted is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application, these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments; neither do they imply any legally binding assurance of certain properties or of suitability for a specific purpose. This information does not remove the obligation of the customer to inspect the material on arrival and notify us of any faults immediately. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed.

## Company Information

For further information regarding the LyondellBasell company, please visit <http://www.lyb.com/>.

© LyondellBasell Industries Holdings, B.V. 2018

## **Disclaimer**

Information in this document is accurate to the best of our knowledge at the date of publication. The document is designed to provide users general information for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and does not constitute any warranty or quality specification, either express or implied, including any warranty of merchantability or fitness for any particular purpose. Users shall determine whether the product is suitable for their use and can be used safely and legally.

In addition to any prohibitions of use specifically noted in this document, LyondellBasell may further prohibit or restrict the sale of its products into certain applications. For further information, please contact a LyondellBasell representative.

## **Trademarks**

The Trademark referenced within the product name is owned or used by the LyondellBasell family of companies.



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 - ANEXOS
<b>ANEXO 2 – N° CAVIDADES E INYECTORA</b>	

## Tabla de contenido

1. Máquina inyectora .....	2
2. Número de cavidades .....	2
2.1. Cálculo teórico del número de cavidades .....	3
2.1.1. Método 1 .....	3
2.1.2. Método 2 .....	4
2.1.3. Método 3 .....	4
2.2. Cálculo económico de cavidades .....	4
2.3. Conclusiones .....	6

El número de cavidades y la máquina inyectora tienen una dependencia recíproca, debido a que la relación existente entre molde y máquina es muy estrecha. A modo de resumen, los parámetros que influyen en ambos son los siguientes:

- Las singularidades de la inyectora, destacando la fuerza de cierre, la capacidad de inyección o la frecuencia de los ciclos de inyección.
- El coste de la máquina por hora, teniendo en cuenta gastos directos e indirectos como el consumo energético, salario del operario o mantenimiento.
- Características de la pieza, ya sean dimensiones, masa e incluso propiedades del material con el que se fabrica, como la viscosidad.
- El número de piezas a producir y en cuanto tiempo deben estar fabricadas.

## 1. Máquina inyectora

Antes que nada, destacar que no se va a seleccionar una máquina inyectora. Con el objetivo de acercarse más a la realidad, se considerará una preexistente y, a partir de aquí, se adaptará el diseño del molde a las características de la máquina.

Dicho esto, la máquina de la que se dispondrá pertenece al fabricante alemán Arburg, uno de los líderes mundiales en lo que a elaboración de inyectoras de alta calidad se refiere. El modelo concreto es Allrounder 370 S (*Figura 1.1*), con una unidad de inyección tipo 100 y un diámetro de husillo de 30 mm.



*Figura 1.1. Arburg Allrounder 370 S. Fuente: [Arburg](#).*

Entre sus características principales destaca una fuerza de cierre de 500 kN y una distancia entre barras de 370 mm de ancho y 370 mm de alto. Para más detalle de especificaciones y dimensiones de la máquina, ver la ficha técnica que se encuentra adjunta al final de este documento.

## 2. Número de cavidades

Sería lógico pensar que a mayor cantidad de piezas que se obtengan por ciclo de inyección mejor y, por consecuencia, cuantas más cavidades mejor. Sin embargo, esto no es del todo cierto, ya que a más cavidades mayor es la complejidad del molde. El sistema de refrigeración, expulsión y llenado sería más intrincado, pudiendo llegar a generar defectos en las piezas.

Además, un gran número de cavidades supone un elevado costo de fabricación del molde y la cantidad se ve restringida por la capacidad de la máquina inyectora.

Por otra parte, existen diversos cálculos, tanto teóricos como económicos, para estimar el número máximo posible e idóneo de cavidades, respectivamente. A continuación, se realizarán varios de ellos y se escogerá el más apropiado, según se considere.

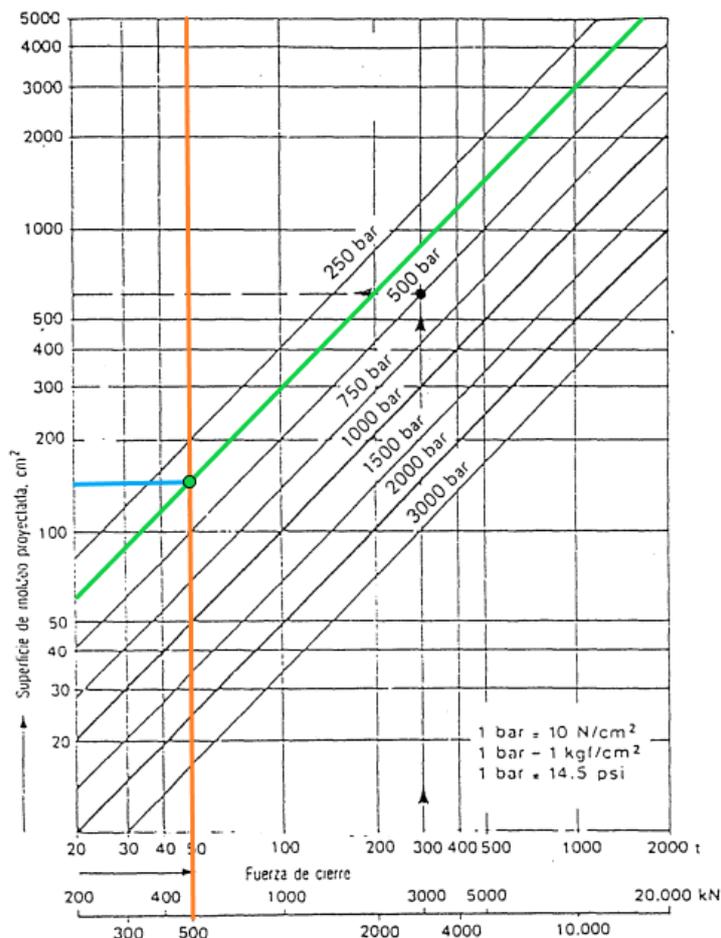
## 2.1. Cálculo teórico del número de cavidades

El cálculo teórico puede ser realizado de tres maneras diferentes, arrojando cada uno de ellos valores relativamente cercanos. Todos consideran las características tanto de la pieza como de la inyectora.

### 2.1.1. Método 1

La primera opción para obtener las cavidades máximas posibles es a partir de la fuerza de cierre de la inyectora, la presión de inyección máxima que requiere una pieza para ser moldeada y su superficie proyectada. En orden, los valores son 500 kN, 338 bar y 12,95 cm<sup>2</sup>. El primer dato ha sido obtenido de la ficha técnica de la máquina y los otros dos han sido calculados en el Anejo 1.

Lo primero que hay que hacer es observar la superficie proyectada máxima que permitiría la máquina, sabiendo la fuerza de cierre y la presión de inyección (*Figura 2.1*).



*Figura 2.1.* Diagrama que relaciona la fuerza de cierre, presión de inyección y superficie proyectada. Fuente: Moldes y máquina de inyección para la transformación de plásticos [4].

Ahora, conociendo el valor teórico del área proyectada máxima ( $S_{m\acute{a}x}$ ), que es de  $150\text{ cm}^2$ , y con el área proyectada de una pieza ( $S_{pieza}$ ), se obtiene el número de cavidades:

$$N_1 = \frac{S_{m\acute{a}x}}{S_{pieza}} = \frac{150\text{ cm}^2}{12,95\text{ cm}^2} = 11,58 \rightarrow \mathbf{11\text{ cavidades}}$$

### 2.1.2. Método 2

En este segundo caso, se tiene en cuenta la fuerza de cierre máxima de la máquina ( $F_C$ ) y la fuerza que ejerce la presión de inyección ( $F_I$ ). Al numerador le corresponden  $500\text{ kN}$  según la ficha técnica y al denominador, que ha sido calculado en el Anexo 1,  $43,76\text{ kN}$ .

$$N_2 = \frac{F_C}{F_I} = \frac{500\text{ kN}}{43,76\text{ kN}} = 11,43 \rightarrow \mathbf{11\text{ cavidades}}$$

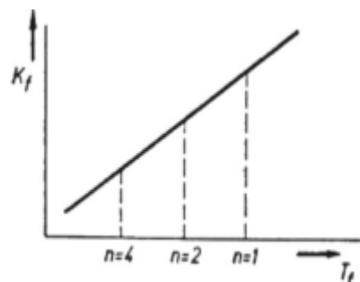
### 2.1.3. Método 3

Aquí se relaciona el volumen máximo de inyección de la máquina ( $V_I$ ) con el volumen que presenta la pieza ( $V_P$ ), que son  $71\text{ cm}^3$  y  $3,22\text{ cm}^3$  respectivamente.

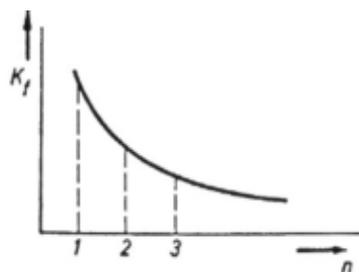
$$N_3 = \frac{V_I}{V_P} = \frac{71\text{ cm}^3}{3,22\text{ cm}^3} = 22,05 \rightarrow \mathbf{22\text{ cavidades}}$$

## 2.2. Cálculo económico de cavidades

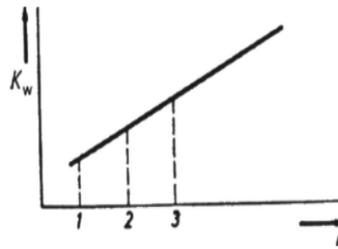
Para obtener el número de cavidades más rentable económicamente hablando, se deben examinar los costes del molde (material y fabricación), el tiempo de inyección, la mano de obra, los costes fijos (alquiler, depreciación de la inyectora, gasto energético) y la cantidad de piezas a producir. Seguidamente, se van a mostrar varias gráficas donde se relacionan los parámetros mencionados, para ver su evolución según aumenta el número de cavidades.



**Figura 2.2.** Relación entre el coste de proceso y la cantidad de cavidades. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. [9]



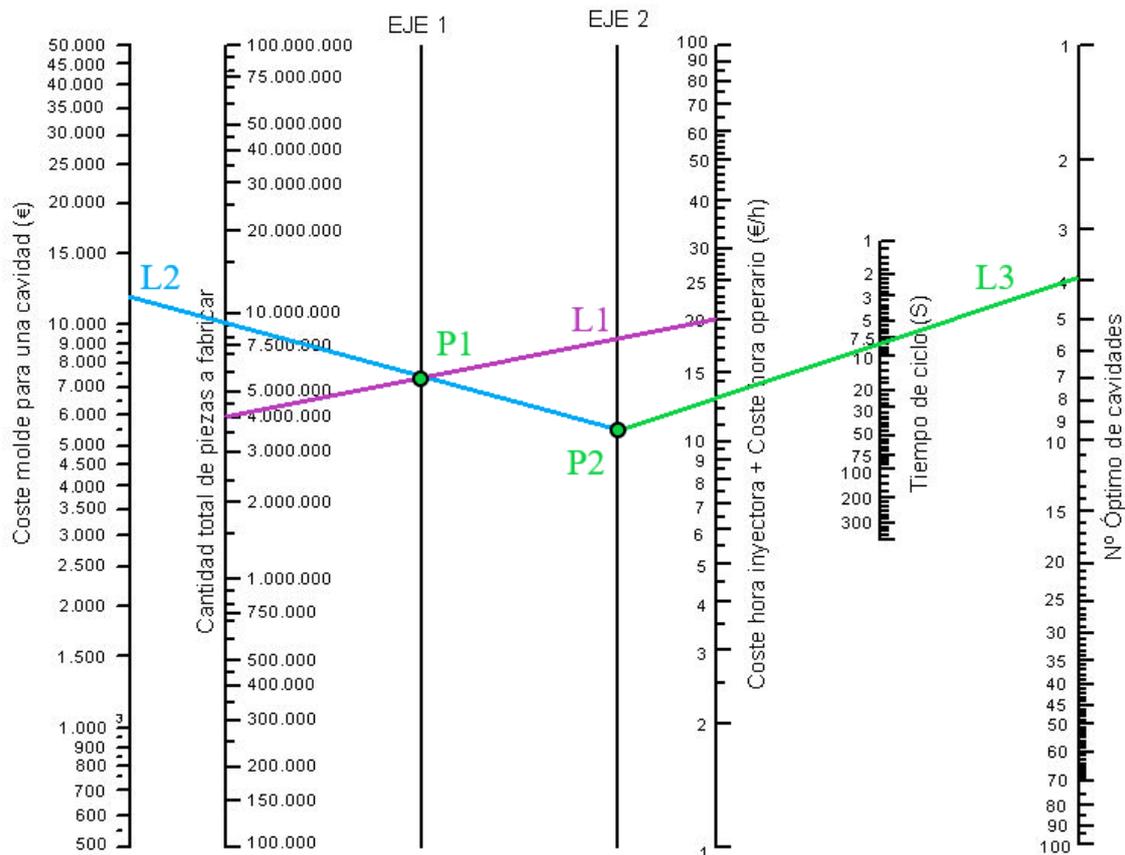
**Figura 2.3.** Relación entre el coste de proceso y el tiempo de producción. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. [9]



**Figura 2.4.** Relación entre el coste del molde y el número de cavidades. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales.[9]

Como puede verse (Figura 2.2 y 2.3), por lógica, el coste del proceso aumenta a medida que disminuye la cantidad de cavidades, creciendo también el tiempo del proceso. Además, conforme crece el número de cavidades, los costes de fabricación aumentan, elevándose el precio del molde (Figura 2.4).

Al haber muchos factores a tener en cuenta, es complejo calcular la cantidad óptima de cavidades desde el punto de vista de la rentabilidad económica. Por ello, existe un nomograma empírico desarrollado a través de la experiencia (Figura 2.5), cuya finalidad es aproximarse lo mejor posible al número de cavidades adecuado.



**Figura 2.5.** Nomograma del número de cavidades. Fuente: El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales [9].

El funcionamiento del nomograma es muy sencillo. En primer lugar, hay que posicionarse en la cantidad total de piezas que se quiere fabricar y unirlo mediante una primera recta (Línea 1) con el coste por hora del operario más la inyectora. El número de **piezas** a fabricar era una condición inicial y, por tanto, se conoce su valor, que es de **4.000.000**. En cambio, el coste horario del operario y la inyectora no se conoce, pero se supone un valor aproximado de **20 €/h**.

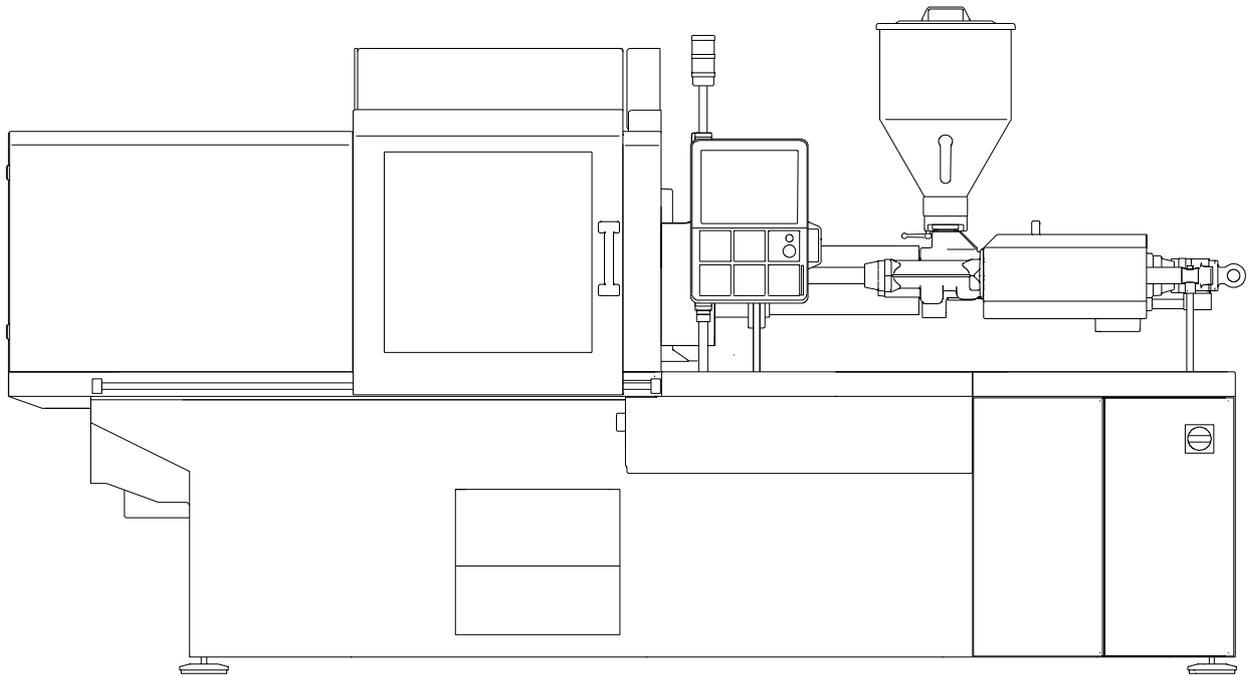
Luego, hay que trazar una segunda recta (Línea 2) desde el coste estimado del molde para una cavidad, hasta el eje 2, pero pasando por el corte que se ha generado entre la línea 1 y el eje 1 (Punto 1). Se cree, tras realizar varias consultas, que el **coste del molde** con una única cavidad se sitúa en torno a los **12.000 €**.

Por último, hay que unir el punto de corte 2, es decir, el que surge de cortar la línea 2 con el eje 2, con el **tiempo** que dura un **ciclo** de inyección, cuyo valor se ha estimado en el Anexo 1, siendo de **8 segundos**. Luego, se alarga esta línea 3 hasta cortar con el eje que determina el número óptimo de cavidades, que en este caso son **cuatro**.

### 2.3. Conclusiones

Como se acaba de explicar hay dos maneras de obtener la cantidad de cavidades. Los cálculos teóricos obtienen valores que hacen referencia a la cuantía máxima que soporta la máquina inyectora. Sin embargo, estos números no tienen por qué ser los más rentables económicamente, es más, es poco probable que esto suceda.

Por ello, se ha aplicado también un método que sí que tiene en cuenta la viabilidad económica, siendo este al que hay que aferrarse. Por lo tanto, la **cantidad de cavidades** de las que dispondrá el molde será de **cuatro**.



## ALLROUNDER 370 S

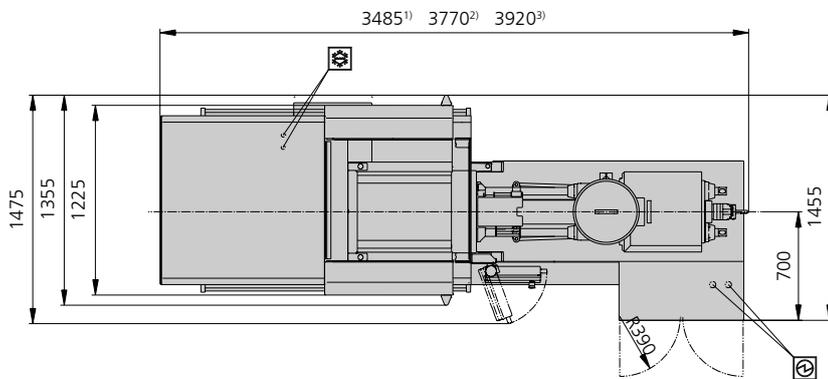
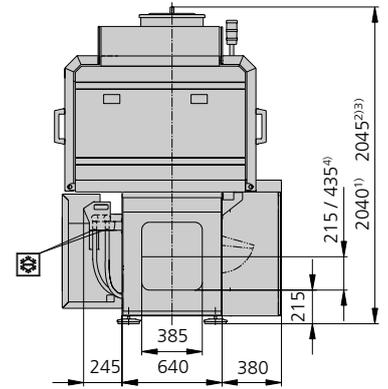
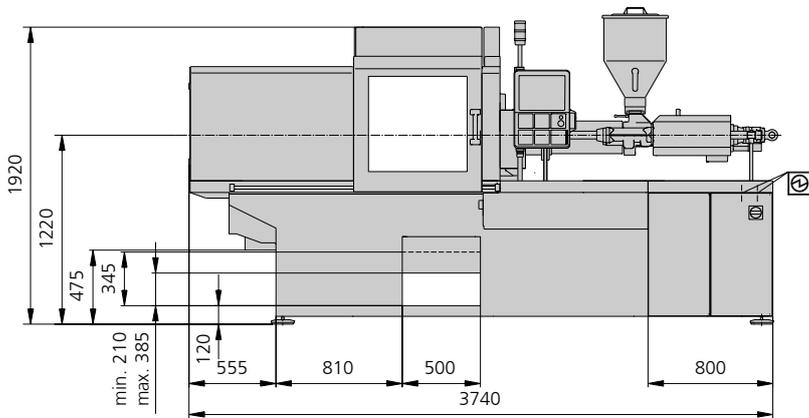
Distance between tie bars: 370 x 370 mm

Clamping force: 500, 600, 700 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 100, 170, 290

**ARBURG**

# MACHINE DIMENSIONS | 370 S



Electrical connection



Cooling water connection

- 1) injection unit 100
- 2) injection unit 170
- 3) injection unit 290
- 4) Conveyor belt

# TECHNICAL DATA | 370 S

Clamping unit			370 S		
with clamping force	max. kN		500	600	700
Opening force   stroke	max. kN   mm		160   400		
Mould height, fixed   variable	min. mm		200   ---		
Platen daylight fixed   variable	max. mm		600   ---		
Distance between tie bars (w x h)	mm		370 x 370		
Mould mounting platens (w x h)	max. mm		510 x 510		
Weight of movable mould half	max. kg		360		
Ejector force   stroke	max. kN   mm		30   125		
Dry cycle time EUROMAP <sup>2</sup>	1 pump	min. s - mm	2,1   1,9 - 259		
	2 pumps	min. s - mm	1,4 - 259		
	Accum.	min. s - mm	1,3 - 259		

Injection unit			100			170			290		
with screw diameter	mm		20	25	30	25	30	35	30	35	40
Effective screw length	L/D		25	20	16,7	24	20	17	23,3	20	17,5
Screw stroke	max. mm		100			120			150		
Calculated stroke volume	max. cm <sup>3</sup>		31	49	71	59	85	115	106	144	188
Shot weight	max. g PS		29	45	65	54	77	105	97	132	172
Material throughput	max. kg/h PS		5,5	8	9,5	10	13,5	16	17	20,5	24,5
	max. kg/h PA6.6		2,8	4	4,9	5	7	8	8,5	10,5	12,5
Injection pressure	max. bar		2500	2000	1390	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Holding pressure	max. bar		2500	2000	1390	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Injection flow <sup>2</sup>	1 pump	max. cm <sup>3</sup> /s	64   90	100   142	146   204	66   94	96   136	132   186	102	140	182
	2 pumps	max. cm <sup>3</sup> /s	64   90	100   142	146   204	66   94	96   136	132   186	102	140	182
	Accum.	max. cm <sup>3</sup> /s	172	268	388	216	312	424	316	430	562
Screw circumferential speed <sup>2</sup>	1 pump	max. m/min	28   39	35   49	42   59	35   49	42   59	49   69	46	54	62
	2 pumps	max. m/min	28   39	35   49	42   59	35   49	42   59	49   69	46	54	62
	Accum.	max. m/min	11	14	17	14	17	19	20	24	27
Screw torque	max. Nm		120	150	180	210	250	290	320	380	430
Nozzle contact force   retraction stroke	max. kN   mm		50   180			50   210			60   240		
Heating capacity   zones	kW		4,9   5			9,4   5			6,4   5		
Feed hopper	l		50			50			50		

Drive and connection			1 pump			2 pumps			Accum.		
with injection unit			100	170	290	100	170	290	100	170	290
Net weight of machine	kg		3200	3250	3300	3200	3250	3300	---		
Sound press. level   Insecurity <sup>4</sup>	dB(A)		67   3			67   3			67   3		
Oil filling	l		135			135			135		
Drive power <sup>2</sup>	max. kW		15			15			15		
Electrical connection <sup>3</sup>	kW		22	27	24	22	27	23	22	27	23
	Total	A	63	80	80	63	80	80	63	80	80
	Machine	A	---			---			---		
	Heating	A	---			---			---		
Cooling water connection	max. °C		30			30			30		
	min. Δp bar		1,5   DN 25			1,5   DN 25			1,5   DN 25		

Machine type	
with EUROMAP size designation <sup>1</sup>	Drive
370 S 500-100   170   290	1   2   -
370 S 600-100   170   290	1   2   -
370 S 700-100   170   290	-   2   Accum.

### Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.

All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar).

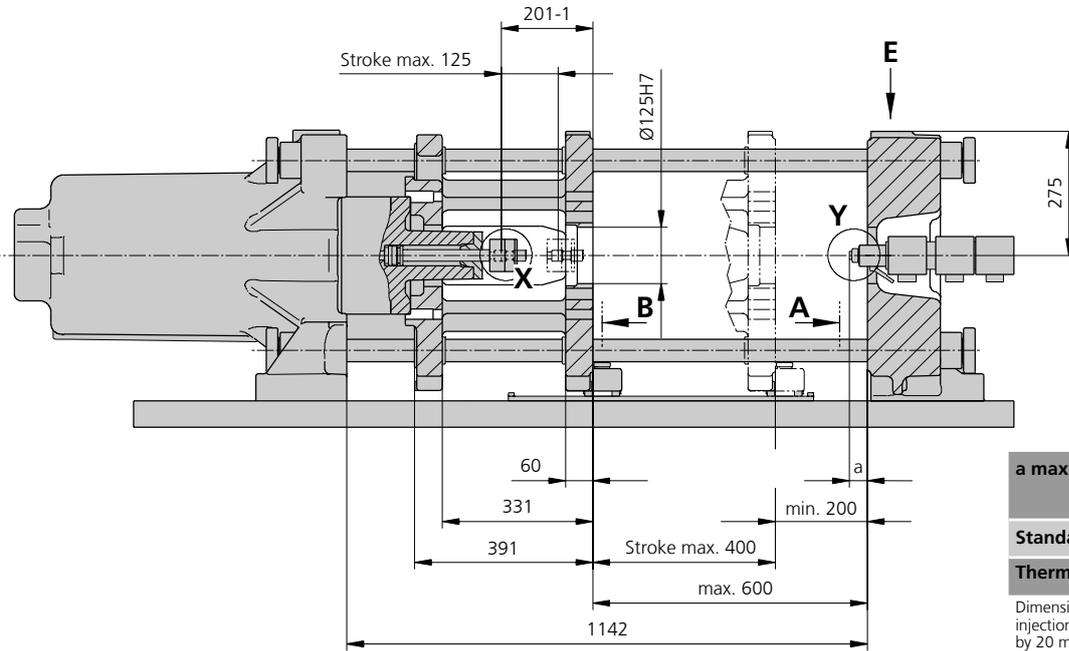
2) Specifications depend on the drive config. - 1st value applies to the lowest clamping force.

3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.

4) Detailed info in the operating instr.

[ ] Specifications apply to alternative equipment.

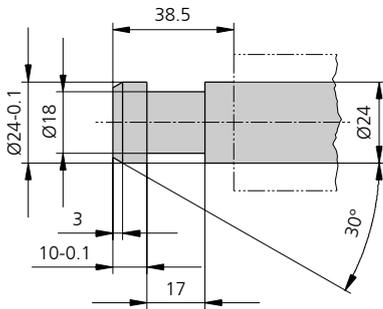
# MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 370 S



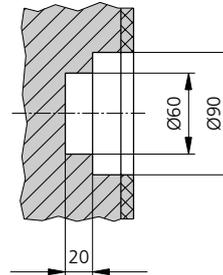
a max.	Injection unit
	100 / 170 / 290
<b>Standard</b>	40
<b>Thermoset</b>	20

Dimensions for horizontally displaceable injection unit (VARIO principle) reduced by 20 mm

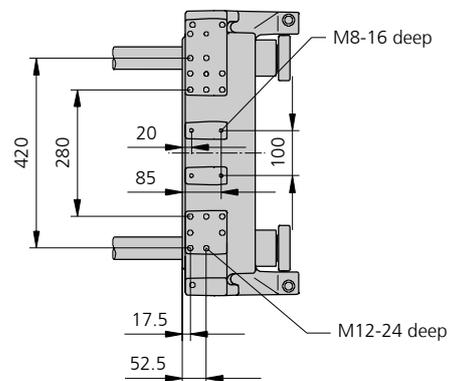
## Ejector bolt | X



## Bore in mould (if required) | Y

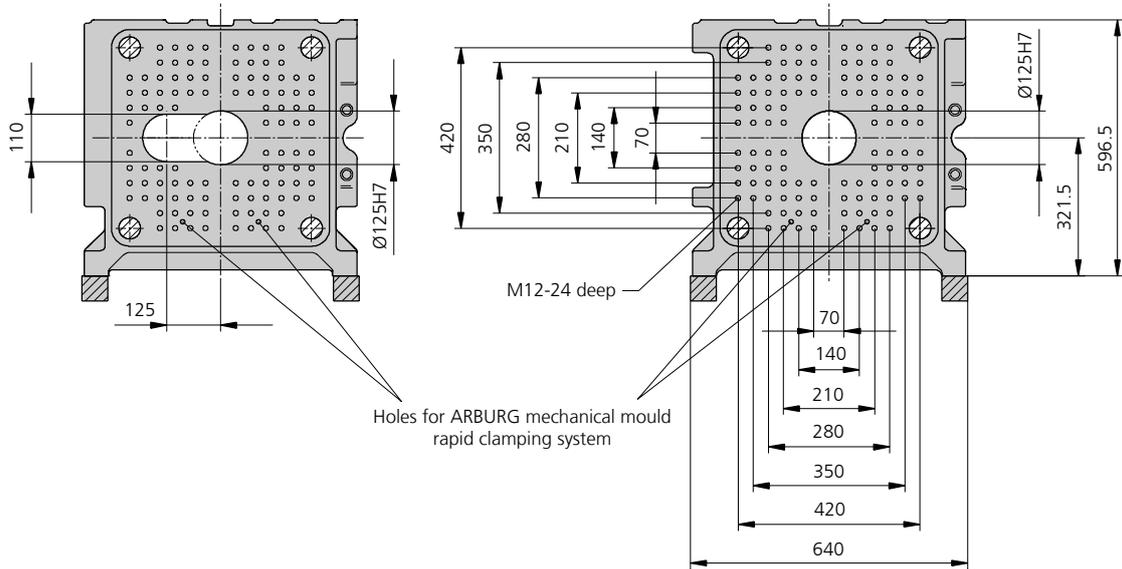


## Robotic system mounting | E

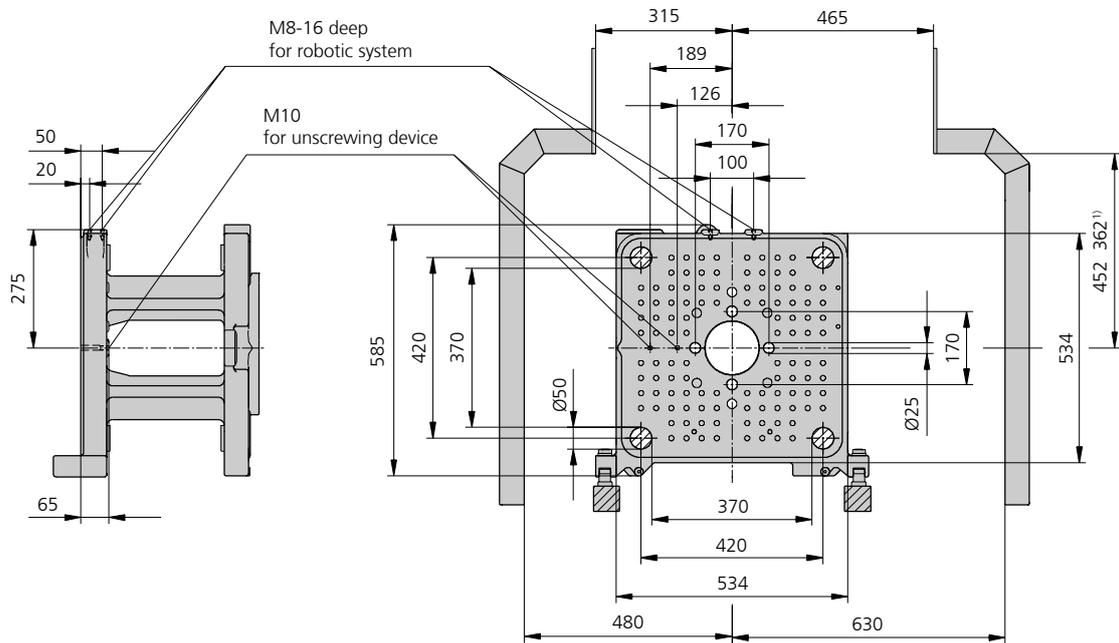


# MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 370 S

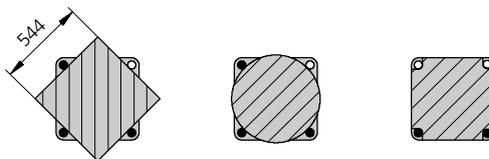
## Fixed mould mounting platen | A



## Moving mould mounting platen | B



## Useful clamping surface when pulling the tie rods



1) Pivoting clamping unit – guard closed at the top

# SHOT WEIGHTS | 370 S

## Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		100			170			290		
Screw diameter	mm	20	25	30	25	30	35	30	35	40
Polystyrene	max. g PS	29	45	65	54	77	105	97	132	172
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	28	44	63	53	76	103	95	129	168
	max. g SAN, ABS <sup>1)</sup>	27	43	62	52	74	101	93	126	165
Cellulose acetate	max. g CA <sup>1)</sup>	32	50	73	61	87	119	109	148	194
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB <sup>1)</sup>	30	47	68	56	81	110	101	138	180
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	30	46	67	56	80	109	100	136	178
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	27	42	60	50	72	98	90	122	160
Polycarbonate	max. g PC	30	47	68	57	81	111	102	139	181
Polysulphone	max. g PSU	31	49	70	58	84	115	105	143	187
Polyamides	max. g PA 6.6   PA 6 <sup>1)</sup>	28	44	64	53	77	104	96	131	171
	max. g PA 6.10   PA 11 <sup>1)</sup>	26	41	60	50	72	98	90	122	160
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	35	55	80	66	96	130	120	163	213
Polyethylene terephthalate	max. g PET	34	53	77	64	92	126	115	157	205
Polyethylene	max. g PE-LD	22	34	49	41	59	80	73	100	130
	max. g PE-HD	22	35	50	42	60	82	76	103	134
Polypropylene	max. g PP	23	36	51	43	62	84	77	105	137
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	46	72	103	86	124	169	155	211	276
	max. g ETFE	40	63	91	76	109	148	136	185	242
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	35	54	78	65	94	127	117	159	208
	max. g PVC-P <sup>1)</sup>	32	50	72	60	87	118	108	147	192

1) average value

**ARBURG GmbH + Co KG**  
 Arthur-Hehl-Strasse  
 72290 Lossburg  
 Tel.: +49 7446 33-0  
 www.arburg.com  
 contact@arburg.com



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 - ANEXOS
<b>ANEXO 3 – DISEÑO DEL MOLDE</b>	

## Tabla de contenido

1. Forma de ejecución del molde.....	2
1.1. Número de placas.....	2
1.1.1. Moldes de tres placas .....	2
1.1.2. Moldes de dos placas .....	3
1.1.3. Conclusión .....	3
1.2. Tipo de canal.....	3
1.2.1. Colada fría.....	3
1.2.2. Canal caliente .....	3
1.2.3. Conclusión .....	3
2. Posición de las cavidades .....	3
3. Sistema de colada .....	4
3.1. Boquilla.....	4
3.2. Cámara caliente.....	5
4. Sistemas de regulación de temperatura .....	6
4.1. Sistema de refrigeración .....	6
4.1.1. Calor a disipar .....	6
4.1.2. Fluido .....	7
4.1.3. Caudal .....	7
4.1.4. Diámetro y posicionamiento .....	8
4.2. Resistencias de la cámara caliente .....	9
4.2.1. Cálculo de la potencia necesaria .....	9
4.2.2. Resistencias empleadas .....	10
5. Desmoldeo.....	10
5.1. Rosca interior.....	10
5.2. Precinto de seguridad.....	11
5.2.1. Correderas .....	11
5.2.2. Mecanismo de desplazamiento de las correderas.....	12
5.3. Sistema de expulsión .....	14
6. Salidas de aire.....	16

Este es el documento de mayor importancia del proyecto, ya que en él se describirá el diseño concreto que tendrá el molde. El desarrollo se llevará a cabo en diferentes fases, explicando en cada una las posibles alternativas existentes, junto con la selección de la más idónea y su justificación.

## 1. Forma de ejecución del molde

Lo primero a establecer es la tipología de molde a utilizar, concretando la cantidad de placas y la modalidad del canal, ya sea caliente o frío.

### 1.1. Número de placas

Existen dos formas de llevar a cabo un molde, cada una con sus ventajas, inconvenientes, objetivos y peculiaridades. Se puede emplear un único plano de partición o varios, lo que conlleva el uso de dos o tres placas.

#### 1.1.1. Moldes de tres placas

Los moldes de tres placas se usan cuando las piezas tienen tan gran superficie que imposibilitan inyectar desde un lado por la excesiva longitud de los canales de colada, o lo que es lo mismo, cuando algunos tramos de los canales de colada deben estar situados en planos diferentes al punto de inyección, porque de esta manera se puede automatizar el proceso. En otras palabras, se requieren varios planos de partición con un desplazamiento desfasado para poder separar la mazarota de la pieza de manera automática. Esta apertura escalonada se consigue a partir de un sistema de tirantes.

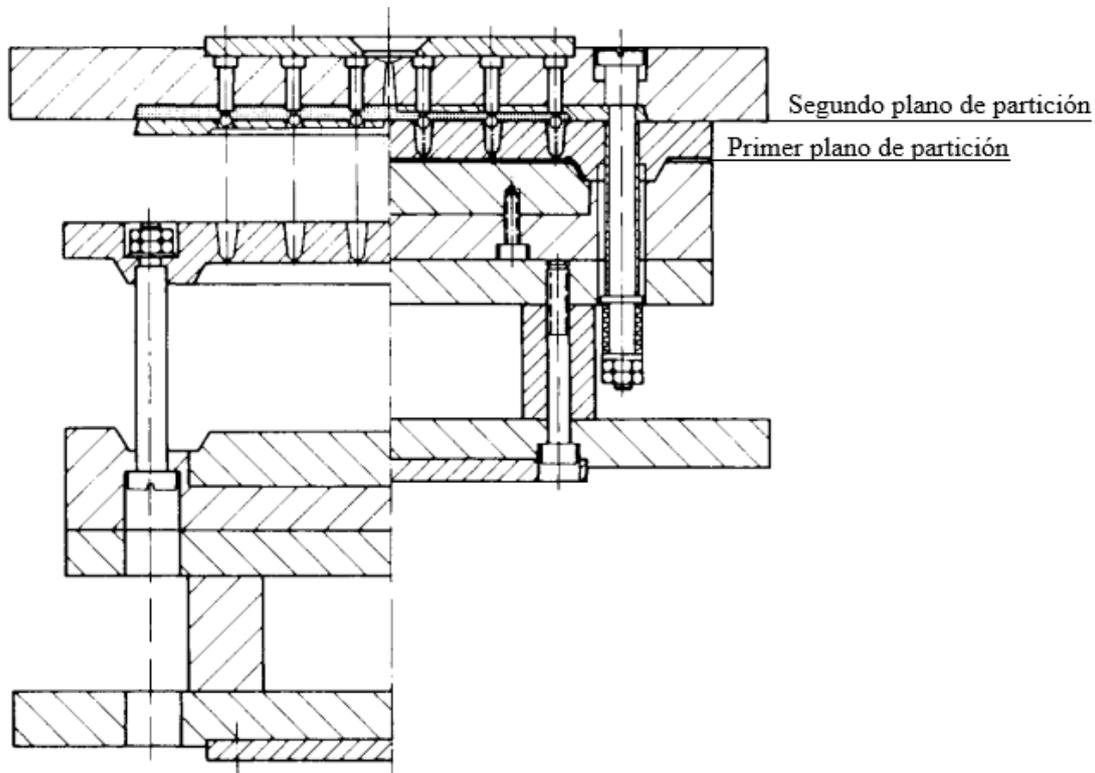


Figura 1.1. Molde de tres placas. Izquierda: abierto. Derecha: cerrado. Fuente: How to make injection molds [7].

Su principal ventaja es que no es necesario utilizar sistemas de canal caliente, lo que los hace más baratos y menos propensos a romperse. Sin embargo, su ciclo de inyección tiene una duración superior, se necesita más presión de inyección y se desperdicia material, debido a la expulsión del bebedero.

### 1.1.2. Moldes de dos placas

Por el otro lado, los moldes de dos placas son los más comunes y conocidos, presentando un único plano de partición. Tras abrirse el molde, se expulsa la pieza y el bebedero, o no, en función de que tengan canal caliente o frío.

### 1.1.3. Conclusión

Dicho todo esto, como la pieza a inyectar es pequeña y se pretende que el canal de colada esté en el mismo plano que el punto de inyección, que es lo habitual, **se escoge el molde de dos placas**. Además, como seguramente se requerirá de sistemas de expulsión especiales debido a las contrasalidas que tiene la pieza, la complejidad del molde aumentaría considerablemente si se opta por el molde de tres placas.

## 1.2. Tipo de canal

Como se ha explicado en el apartado 3.4.5 del Documento N°2 - Memoria, existen sistemas de colada fría y de canal caliente. Por lo tanto, aquí no se van a volver a repetir las descripciones, únicamente se hará un breve resumen a modo de recordatorio.

### 1.2.1. Colada fría

El principal inconveniente de este sistema es que se obtiene, a parte de la pieza, el sistema de colada. Esto ocurre porque el plástico se solidifica por la disminución de temperatura, teniendo que ser extraído para evitar un tapón en el interior del molde, lo que supone un desperdicio de material.

### 1.2.2. Canal caliente

En cambio, con el sistema de canal caliente se mantiene la temperatura del polímero, evitando que se solidifique en los canales de colada. De esta manera, se evita la expulsión del bebedero y el consecuente desecho de material. Además, se reduce el ciclo de inyección, pero aumenta el precio del molde.

### 1.2.3. Conclusión

Como lo primordial es la rentabilidad económica, hay que **decantarse** por usar un **sistema de canal caliente**, ya que supone un ahorro en material, reducción de tiempos y se anulan los residuos. El inconveniente es el aumento de precio del molde, pero como se pretende fabricar una cantidad prominente de unidades, no hay problema.

## 2. Posición de las cavidades

Una vez conocida la cantidad de cavidades óptima que debe contener el molde (Anexo 2 – N° de cavidades e inyectora), hay que colocarlas de la manera más ingeniosa posible, sabiendo que la posición del bebedero está en el eje central del plato. Es más, lo más conveniente es que se cumplan las siguientes condiciones:

- Todas las cavidades tienen que llenarse a la vez, con el polímero a igual temperatura.
- La longitud de los canales de colada debe ser lo más corta posible.
- La separación entre cavidades tiene que ser la suficiente para la colocación de los conductos de refrigeración y los expulsores, como también soportar las fuerzas que ejerce la presión de inyección.
- Las fuerzas de reacción deben tener lugar en el centro del plato.

A parte, e intentando cumplir con todos los requisitos anteriores, existen diferentes disposiciones, todas ellas mostradas a continuación (*Tabla 2.1*).

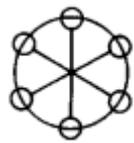
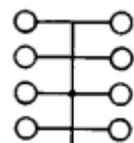
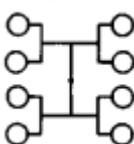
Disposición	Ventajas	Desventajas
<p>Circular</p> 	<p>Misma longitud de los canales de colada para todas las cavidades Fácil desmoldeo para piezas roscadas</p>	<p>Número de cavidades limitado</p>
<p>En serie</p> 	<p>Mayor cantidad de cavidades respecto a la disposición circular</p>	<p>Longitud de los canales de colada desiguales, solo es posible el llenado uniforme de las cavidades corrigiendo los diámetros</p>
<p>Simétrica</p> 	<p>Misma longitud de los canales de colada, sin necesidad de corrección de los diámetros</p>	<p>Obligado emplear canal caliente, la longitud de los canales es elevada, lo que provoca un rápido enfriamiento del polímero</p>

Tabla 2.1. Comparación entre disposiciones de las cavidades. Fuente: How to make injection molds [7].

Aclarado todo esto, la **mejor opción** es establecer una **disposición circular**, ya que se cumplen todas las condiciones mencionadas y es la que tiene una mayor facilidad de desmoldeo de piezas roscas, característica que tiene la pieza que se pretende inyectar. Además, como solo se van a realizar cuatro cavidades, no es preocupante la separación que hay entre ellas.

### 3. Sistema de colada

Como se ha concluido anteriormente, se emplearán canales distribuidores con calefacción, es decir, una **cámara caliente**. En ella, el plástico fundido entra por el bebedero y se transporta mediante los canales de distribución calentados hasta las boquillas, que lo trasladan a la cavidad. Para conservar un estado fluido del polímero desde que se llena la cavidad hasta que empieza el siguiente ciclo de inyección, se calienta el polímero por conducción térmica a través de resistencias. La temperatura de estas tiene que ser la adecuada, ya que si es muy baja se puede solidificar el plástico y si es muy alta, se deteriora.

Este elemento será adquirido a un proveedor, concretamente a la empresa Thermoplay. Por lo tanto, es necesario establecer los parámetros para su selección y escoger los elementos de los que se compondrá.

#### 3.1. Boquilla

De entre todas las posibles boquillas existentes, la que mejor combina con un proceso de inyección con canal caliente es la que dispone de entrada de colada puntiaguda, porque se consigue fabricar de manera automática piezas de elevada calidad. El modelo exacto elegido es el **TD 22 086-1-JG**.

Su principal ventaja es evitar la formación de rechupes frente al punto de entrada, sobre todo cuando la pieza presenta paredes finas, a causa de la contracción del polímero. Además, cabe destacar que esta opción solamente se puede aplicar para ciclos de inyección de corta duración (de dos a tres ciclos por minuto como mínimo) y con materiales con un notable rango de reblandecimiento a baja temperatura, como el polietileno o poliestireno.

En cuanto a sus dimensiones, hay que tener en cuenta que el diámetro de la salida es función del espesor de la pared de la pieza, así como del polímero; escogiendo un valor de 1,1 mm. Luego, como longitud se ha decidido coger la de 76 mm, mientras que su diámetro exterior será de 22 mm. Finalmente, la potencia máxima que puede a portar su resistencia es de 240 W.

### 3.2. Cámara caliente

Lo primero para poder determinar la tipología concreta de cámara caliente es establecer sus **características principales**. Muchas de ellas ya son conocidas, como son el espesor promedio de la pieza, la masa de polímero por inyectada, las temperaturas del molde y del polímero, así como el termoplástico concreto. Las que quedan por decidir son las siguientes (*Tabla 3.1*):

<b>Cambio de color</b>	Sí
<b>Tipo de inyección</b>	Directa
<b>Termopar</b>	Conectado a tierra
<b>Cavidades</b>	4
<b>Controladores de temperatura</b>	Sí

*Tabla 3.1. Características principales de la cámara aún no definidas.*

Como se puede ver, se debe posibilitar el cambio de color; la inyección no se realizará en un bebedero, si no que será directa; los termopares deberán estar conectados a tierra y se necesita, además de las boquillas, el distribuidor y los controladores de temperatura.

Luego, de entre las formas que puede adoptar una cámara caliente de cuatro boquillas, hay que escoger la que se adecue a la **disposición** circular de las cavidades. Por consiguiente, la colocación de las boquillas debe ser **cuadrangular**, es decir, la separación entre ellas es igual, tanto en el eje X como en el Y, de **150 mm** exactamente (*Figura 3.1*). Además, comentar que el distribuidor llevará almohadillas de presión y las resistencias irán revestidas.



*Figura 3.1. Distribuidor y boquillas de la cámara caliente.*

Posteriormente, hay que seleccionar el **casquillo** o “precámara”, que es lo que une el distribuidor con la boquilla de la inyectora. Su longitud será de 40 mm, con un canal de 7 mm de diámetro y con una entrada avellanada de 70°. También llevará un separador de 10 mm de grosor.

Por otro lado, para **evitar la transmisión térmica** de la cámara al molde, se mecanizarán ranuras de 3 a 5 mm por los dos lados, generando una cámara de aire aislante. Además, hay que tener en cuenta sus posibles dilataciones por los cambios de temperatura.

A parte, habrá que conocer el calor que debe aportar la cámara caliente, que depende del tamaño del molde y del material a inyectar, pero que se sitúa en torno a 1 o 2 W por cm<sup>3</sup> de acero de la cámara caliente. Para pequeños moldes, los valores rondan desde 250 a 400 W por cavidad, mientras que, para los grandes, está entre 600 y 900 W. Sin embargo, este cálculo no se realizará aquí, se obtendrá en apartados posteriores y se comprobará que las resistencias que lleva incorporadas la cámara cumplen con el calor necesario a aportar.

Finalmente, el **diámetro de los canales distribuidores** de la cámara se suele encontrar entre 6 y 10 mm para moldes de pequeñas dimensiones. Por el contrario, para moldes de mayor tamaño, el diámetro de la sección alcanza los 15 mm. Así pues, los de esta cámara serán de **8 mm**.

## 4. Sistemas de regulación de temperatura

Este apartado engloba el diseño de los sistemas de enfriamiento y el tipo de fluido refrigerante a emplear, así como las resistencias del canal caliente.

### 4.1. Sistema de refrigeración

Lo primero a conocer para poder detallar el sistema de refrigeración es el **tiempo de enfriamiento** de la pieza. Sin embargo, esto ya se ha calculado en el Anexo 1 – Características de la pieza, obteniendo un valor de **3,97 segundos**.

#### 4.1.1. Calor a disipar

Ahora, hay que cuantificar la cantidad de calor que debe extraerse de la pieza ( $Q_P$ ) y que es función de la temperatura de desmoldeo, del polímero utilizado y de su temperatura de inyección.

$$Q_P = \frac{\Delta h \cdot m}{t_{\text{ciclo}}} = \frac{635 \frac{\text{J}}{\text{g}} \cdot 12,36 \text{ g}}{8 \text{ s}} = 981,1 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{ ó } W$$

Siendo:

- $m$ : masa de la cantidad de plástico utilizado en cada ciclo de inyección, que al haber cuatro figuras y ser la masa de un tapón de 3,09 gramos, llega hasta los **12,36 gramos**.
- $t_{\text{ciclo}}$ : tiempo de inyección total, que es de **8 segundos** aproximadamente.
- $\Delta h$ : variación de entalpía entre la temperatura del HDPE fundido ( $T_M$ ) y la temperatura de desmoldeo ( $T_E$ ), que son 210 °C y 60 °C respectivamente.

La **variación de entalpía** depende de la temperatura, por lo que se deberá hacer uso de la siguiente gráfica (*Figura 4.1*). En ella se muestran los diferentes valores de entalpía que adquieren los polímeros a medida que aumenta o disminuye su temperatura.

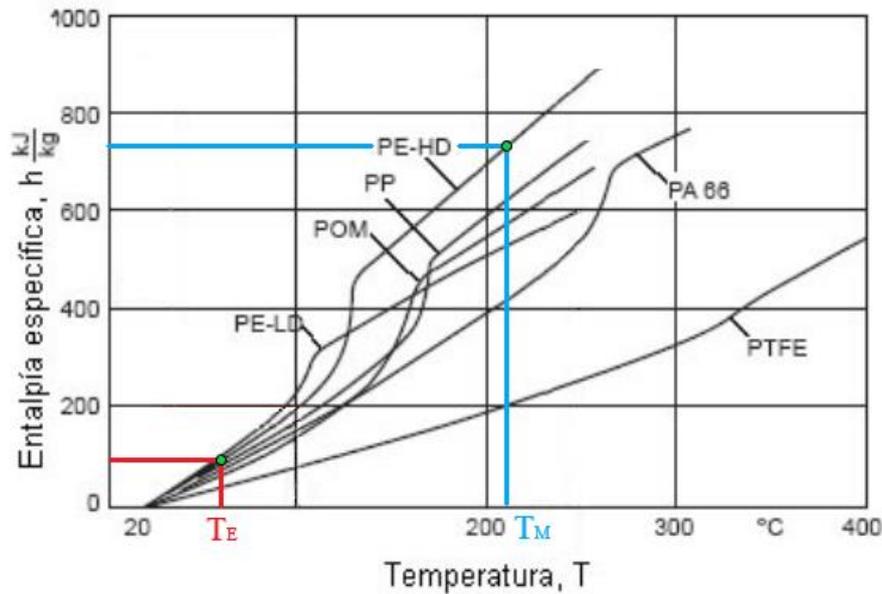


Figura 4.1. Entalpía de varios polímeros termoplásticos. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].

La entalpía que pertenece al HDPE a 210 °C es de 730 kJ/kg, mientras que a 60 °C son 95 kJ/kg. Dicho esto, la diferencia entre ambas es de **635 kJ/kg** o 635 J/g.

Tras realizar todos los cálculos, se concluye que el **calor que debe desprenderse** de las cuatro figuras juntas es de **981,1 W**.

#### 4.1.2. Fluido

La variación de temperatura entre el fluido refrigerante y la pared del canal de refrigeración se debe a la transmisión térmica, que depende de las propiedades del líquido y de las condiciones del flujo. Por lo tanto, para poder continuar se debe seleccionar el tipo de fluido que se quiere emplear como refrigerante.

Fluido	Rango de temperaturas (°C)
Agua	5 – 90
Agua/alcohol	< 5
Salmuera	< 5
Aceite	> 90 – 300

Tabla 4.1. Lista de fluidos refrigerantes. Fuente: Moldes para inyección de plásticos [6].

Sea cual sea el que se escoja, siempre debe aplicarse en régimen turbulento ( $Re > 2300$ ). Además, a más elevada sea la velocidad del fluido y menor la viscosidad, mejor será la transmisión térmica.

Dicho esto, y según los posibles líquidos (Tabla 4.1), el agua o aceite son los dos más adecuados a aplicar, pero es preferible decantarse por el **agua** debido a su menor viscosidad.

#### 4.1.3. Caudal

Aunque se dimensionaran correctamente los canales, no se distribuiría de manera correcta la temperatura por todo el molde. Para lograr esto, se requiere que la diferencia de temperatura del fluido refrigerante entre su entrada y salida del molde no sea superior a los 6 °C. En consecuencia, habrá que establecer una mínima velocidad al flujo.

El valor de caudal puede obtenerse a partir de la cantidad de calor que debe absorber el refrigerante:

$$Q_p = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = \rho \cdot Q \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Siendo:

- $Q_p$ : cantidad de calor que debe disiparse; obtenido anteriormente, 981,1 J/s.
- $\dot{m}$ : caudal másico:

$$\dot{m} = \rho \cdot Q = \rho \cdot v \cdot S$$

- $c_p$ : calor específico del fluido, que por tratarse de agua y estar a 20 °C, su valor es de 4180 J/kg·°C.
- $\Delta T$ : diferencia de temperatura del refrigerante entre su entrada y salida del molde. Se impone un valor de 6 °C.
- $\rho$ : densidad del refrigerante, que por ser agua a 20 °C es de 997 kg/m<sup>3</sup>.
- $Q$ : caudal mínimo que debe tener el líquido refrigerante.
- $v$ : velocidad del líquido refrigerante.
- $S$ : sección del conducto del líquido refrigerante.

De la primera ecuación se conocen todos los parámetros excepto el caudal, que es lo que se quiere obtener:

$$Q = \frac{Q_p}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} = \frac{981,1 \frac{J}{s}}{997 \frac{kg}{m^3} \cdot 4,18 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 6 ^\circ C} = 2,35 \text{ l/min}$$

Se concluye que se necesita un caudal mínimo de 2,35 l/min.

#### 4.1.4. Diámetro y posicionamiento

Una vez conocido el caudal mínimo que debe circular por el circuito de refrigeración, es hora de dimensionarlo en función del espesor máximo de la pieza (*Tabla 4.2*). Además, hay que tener en cuenta que son recomendaciones, no es de obligado cumplimiento.

Espesor de pieza (mm)	Diámetro (mm)
≤1,5	4 – 7
≤3	7 – 11
≤6	11 - 15

*Tabla 4.2. Diámetro del canal refrigerante en función del espesor de la pieza. Fuente: R. Baeza.*

Como el grosor máximo de la pieza es de 2 mm aproximadamente, el diámetro de los canales de distribución debería encontrarse por encima de 7 mm, no siendo superior a 11 mm. Por lo tanto, se considera que lo mejor es imponer un **diámetro de 8 mm**, excepto cuando no sea posible, donde se reducirá hasta los 4 o 5 mm.

Ahora solo queda instaurar provisionalmente la separación que debe haber entre conductos y con la cavidad (*Figura 4.2*). El espacio entre los centros de los canales (A) es aconsejable que no sea superior a tres veces el diámetro del canal, mientras que el trecho respecto a la cavidad (B) tendría que ser, a grosso modo, de dos veces y medio el diámetro.

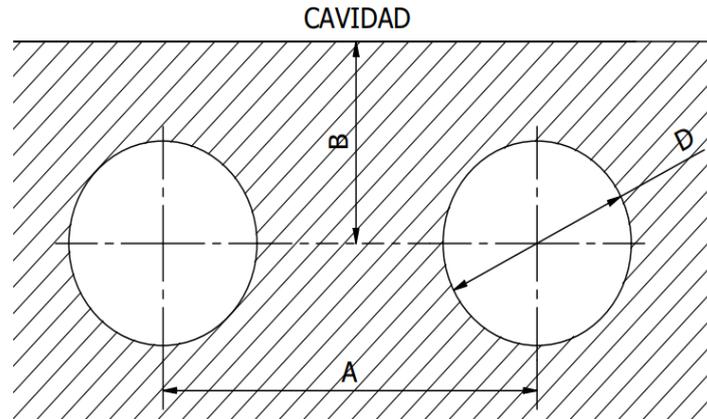


Figura 4.2. Separación entre canales y con la cavidad.

Así pues, la **separación ideal máxima entre conductos** es de **24 mm** y **respecto a la cavidad de 20 mm**. Sin embargo, estos valores se podrán incumplir en el caso en que las dimensiones del molde y la disposición de sus elementos no lo permitan. En tal caso, puede haber una mínima posibilidad de que aparezcan defectos en la pieza.

## 4.2. Resistencias de la cámara caliente

La cámara caliente lleva instaladas varias resistencias para mantener el polímero a la temperatura requerida. En este caso concreto existen tres ejemplares diferentes; una colocada en la precámara, otra en la cámara distribuidora y un último tipo en las boquillas.

### 4.2.1. Cálculo de la potencia necesaria

Las resistencias instaladas deben poder aportar la suficiente potencia para conservar el polímero a una cierta temperatura. Entonces, se tiene que comprobar que todas ellas sobrepasan holgadamente el valor mínimo necesario, que es el que se pretende calcular.

#### CÁMARA DISTRIBUIDORA

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{t \cdot \eta_{total}} = \frac{4,75 \text{ kg} \cdot 510 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (190 + 273,15) \text{ K}}{15 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot 0,6} = 2077,74 \text{ W}$$

Siendo:

- m: masa de la cámara distribuidora, que se encuentra sobre los 4,75 kg.
- c: calor específico del acero inoxidable, cuyo valor es de 510 J/kg·K.
- ΔT: diferencia entre la temperatura de la cámara al inicio del calentamiento (T<sub>ambiente</sub> = 20 °C) y la de fusión del polímero (210 °C), que es de 190 °C.
- t: tiempo de calentamiento de la cámara distribuidora; se cree aceptable un período de 15 minutos.
- η<sub>total</sub>: eficiencia térmico-eléctrica total, que mayoritariamente suele ser de 0,6.

#### PRECÁMARA

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{t \cdot \eta_{total}} = \frac{0,61 \text{ kg} \cdot 510 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (190 + 273,15) \text{ K}}{15 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot 0,6} = 266,83 \text{ W}$$

Siendo:

- m: masa de la precámara, que tiene un valor de 0,61 kg.
- c: calor específico del acero inoxidable, cuyo valor es de 510 J/kg·K.
- $\Delta T$ : diferencia entre la temperatura de la precámara al inicio del calentamiento ( $T_{\text{ambiente}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y la de fusión del polímero ( $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), que es de  $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- t: tiempo de calentamiento de la precámara; se cree aceptable un período de 15 minutos.

BOQUILLA

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{t \cdot \eta_{\text{total}}} = \frac{0,243 \text{ kg} \cdot 510 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (190 + 273,15)\text{K}}{15 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot 0,6} = 106,29 \text{ W}$$

Siendo:

- m: masa de una boquilla, que son 0,243 kg.
- c: calor específico del acero inoxidable, cuyo valor es de 510 J/kg·K.
- $\Delta T$ : diferencia entre la temperatura de la boquilla al inicio del calentamiento ( $T_{\text{ambiente}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y la de fusión del polímero ( $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), que es de  $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- t: tiempo de calentamiento de la boquilla; se cree aceptable un período de 15 minutos.

#### 4.2.2. Resistencias empleadas

Tras haber calculado las cantidades necesarias, hay que compararlas con las teóricas que soportan las resistencias instauradas (*Tabla 4.3*).

Resistencia	Potencia teórica máxima (W)	Potencia mínima requerida (W)
Cámara	2400	2077,74
Precámara	700	266,83
Boquilla	240	106,29

*Tabla 4.3. Comparativa entre potencia máxima y requerida de las resistencias.*

Como se ha podido comprobar, todas y cada una de las resistencias cumplen con la potencia mínima que se necesita aportar, por lo que no hay inconveniente.

## 5. Desmoldeo

Es sabido que el tapón posee dos contrasalidas anteriormente explicadas, la rosca interior y las uniones y uñas del precinto de seguridad, las cuales pueden complicar el diseño del molde. En este punto se explicará cómo se pretenden confeccionar y de qué manera será extraída la pieza, exponiendo diferentes posibilidades y seleccionando la que mejor se adecue a las circunstancias.

### 5.1. Rosca interior

La rosca interior no presenta ningún inconveniente en lo que a elaboración se refiere. La cavidad estará conformada por una parte macho y otra hembra. El macho, que se situará en el plato móvil, simplemente tendrá mecanizada dicha rosca en negativo, es decir, hacia su interior, generándose la primera contrasalida (*Figura 5.1*).

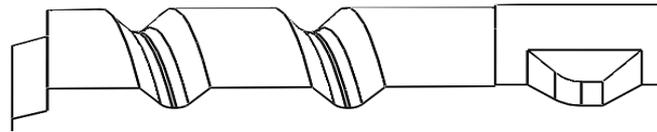


Figura 5.1. Perfil del macho, contrasalidas ocasionadas por la ña y la rosca.

En consecuencia, la única dificultad se halla a la hora de expulsar la pieza una vez el molde se ha abierto, ya que el tapón queda amarrado en el macho debido a la rosca, pero esto será tratado posteriormente.

## 5.2. Precinto de seguridad

A diferencia de la rosca, el precinto de seguridad es un estorbo tanto en su confección como es su desmoldeo. Respecto a la generación de su geometría, se tiene que diseñar un sistema mediante el cual se puedan moldear todas sus contrasalidas, así como posibilitar el desmoldeo de la pieza sin romperla.

Para ello, será necesario usar planos de partición extra que permitan que parte del molde se desplace de manera perpendicular a su dirección de apertura. Este o estos elementos de desplazamiento lateral, conocidos como correderas, podrán ser accionados aprovechando la apertura del molde u oleohidráulicamente con la ayuda de cilindros de doble efecto.

Optando por el **aprovechamiento de apertura de la inyectora**, ya que aumenta la simplicidad del molde, sólo queda determinar el mecanismo que transformará en un movimiento lateral de las correderas el desplazamiento del plato móvil de la máquina. A su misma vez, también habrá que definir cuántas correderas serán necesarias y su diseño.

### 5.2.1. Correderas

Lo primero para decidir cómo van a ser las correderas es saber la forma de la pieza y la geometría de las contrasalidas. El tapón, simplificándolo y geoméricamente hablando, es un cilindro; sus características y las de las contrasalidas se detallan en mayor profundidad en el Anexo 1 – Características de la pieza. También hay que tener en cuenta el número de cavidades y su disposición, ya que las correderas, junto a su recorrido, tienen que coger en un molde de dimensiones razonables y cuyo espacio debe de optimizarse lo mejor posible.

Entonces, y sabiendo que el precinto es simétrico para todos los planos que pasen por su centro y sean perpendiculares a la cara superior del tapón, se cree que la mejor opción es establecer **cuatro correderas para cada cavidad**. Todas ellas tendrán la misma geometría, siendo esta de un cuarto de círculo por su parte interior, para de esta manera ser **concéntricas a la cavidad** (Figura 5.2).

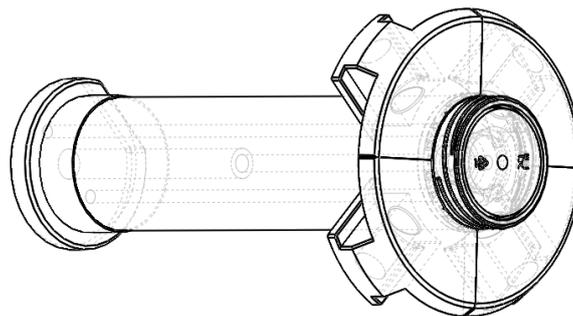


Figura 5.2. Correderas alrededor del macho de la cavidad.

Además, lógicamente tendrán mecanizadas por su parte interna la forma requerida para generar perfectamente la geometría de las contrasalidas del precinto, es decir, las uñas y uniones. Para más detalles, ver el Documento N°4 – Planos.

### 5.2.2. Mecanismo de desplazamiento de las correderas

Para desplazar las correderas lateralmente y tan sólo a través de la apertura del molde se pueden usar varios elementos, comúnmente pernos inclinados o correderas acodadas. Su funcionamiento se observa en las imágenes siguientes (Figura 5.3 y 5.4).

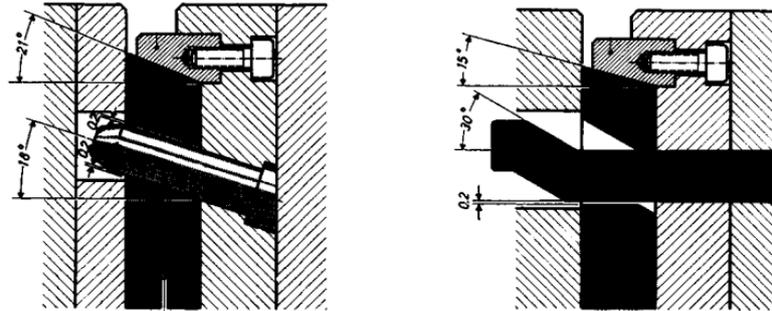


Figura 5.3. Izquierda: pernos inclinados. Derecha: correderas acodadas. Fuente: How to make injection molds [7].

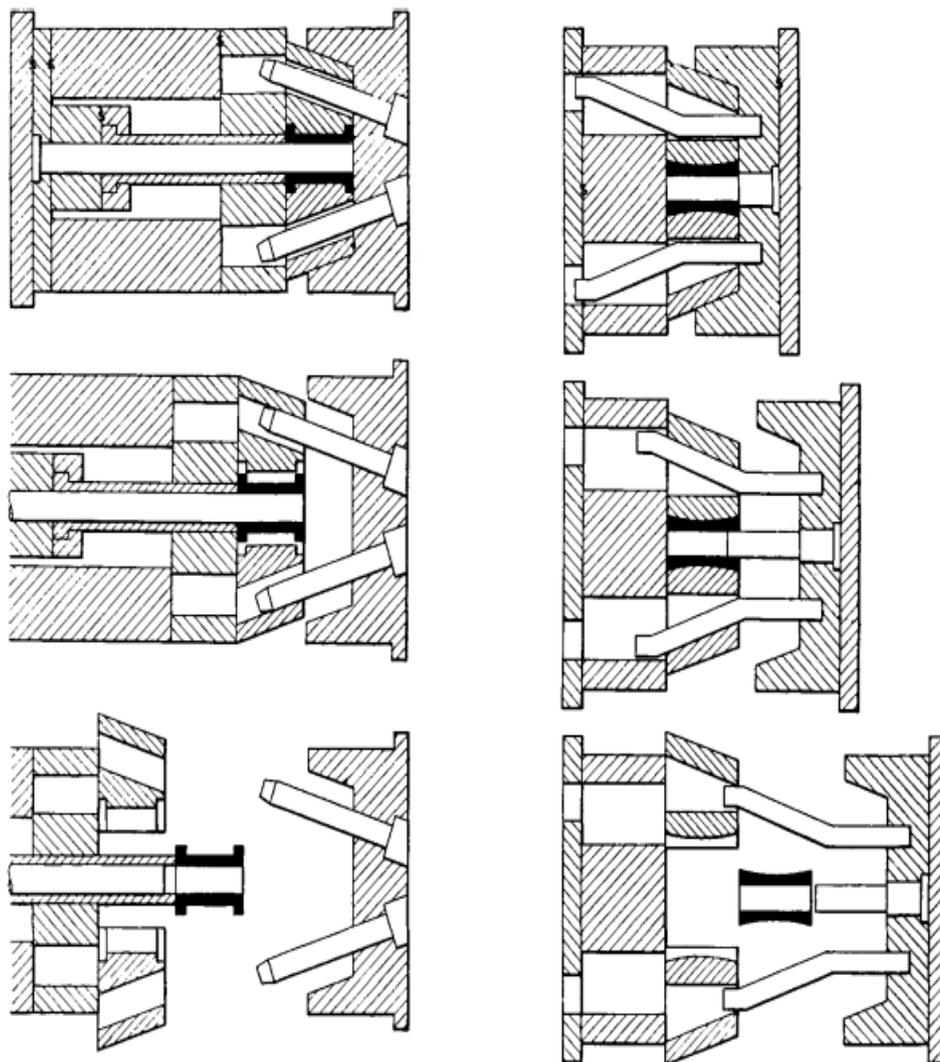
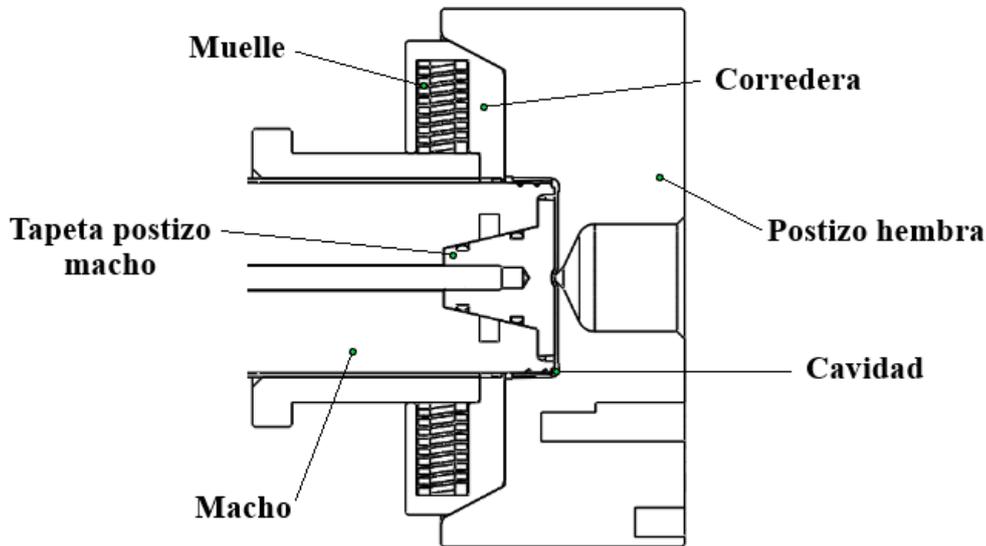


Figura 5.4. Izquierda: pernos inclinados. Derecha: correderas acodadas. Fuente: How to make injection molds [7].

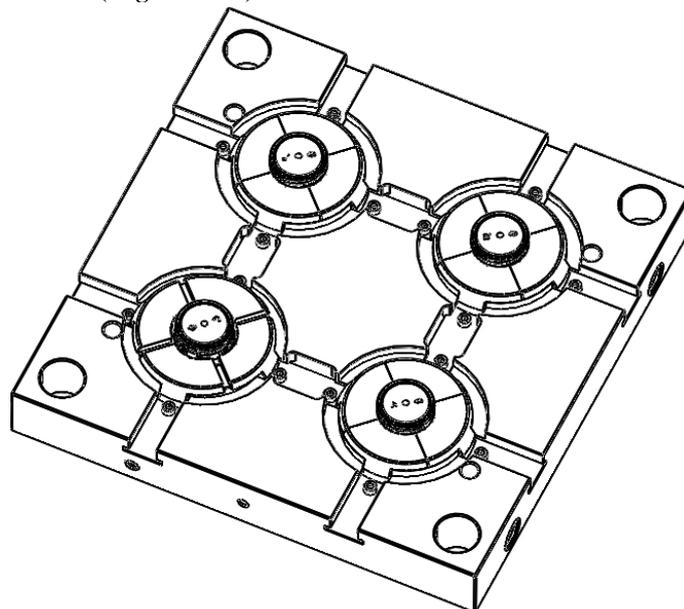
Sin embargo, con tal de reducir el número de elementos del molde y simplificarlo, se optará por emplear **correderas con muelles** que se encontrarán **sujetas al macho**. A continuación, se muestra un esquema a modo de ejemplo (*Figura 5.5*). Igualmente, existe un plano donde se puede apreciar con mayor claridad como es la corredera, ya que esto es tan sólo un boceto.



*Figura 5.5. Sistema de correderas con muelles.*

A medida que el molde vaya abriéndose y alejándose el macho de la hembra, las correderas se irán separando del macho gracias a la acción de los muelles. En cambio, cuando el molde se cierre, las correderas se verán forzadas a volver a acercarse al macho a causa de la inclinación que presenta el postizo hembra.

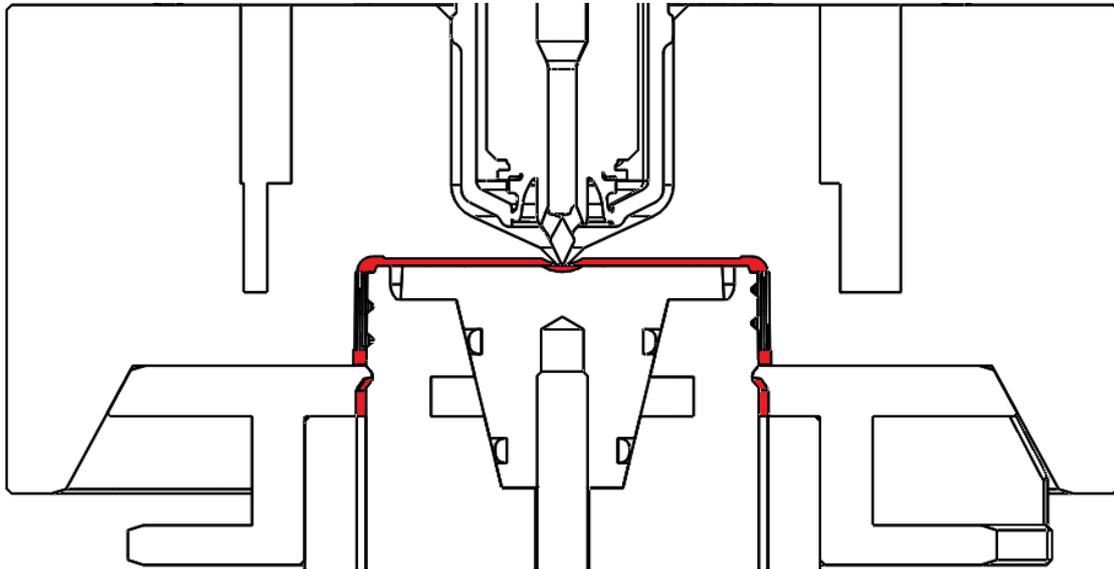
Aún más, para que las correderas sigan una trazada determinada en su rango de movimiento, que es de 3,5 mm, se encuentran sujetas al plato macho por medio de unas ranuras. Dichas ranuras tienen unos tornillos que actúan como topes, cuya función es evitar que la corredera se aleje excesivamente del macho y se desmonte el muelle, dejando de funcionar el sistema. (*Figura 5.6*).



*Figura 5.6. Guiado de las correderas sobre el plato macho.*

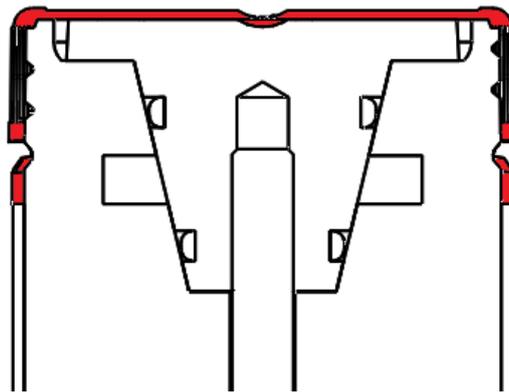
### 5.3. Sistema de expulsión

En cuanto al sistema de expulsión, hay que preocuparse por los hilos de la rosca interior. Todo ello sin pasar por alto las uñas del precinto de seguridad, que, aunque queden liberadas exteriormente al abrirse el molde y desplazarse las correderas, siguen formando parte de una contrasalida sobre el macho (*Figura 5.1 y 5.8*).



*Figura 5.7. Vista seccionada del molde cerrado.*

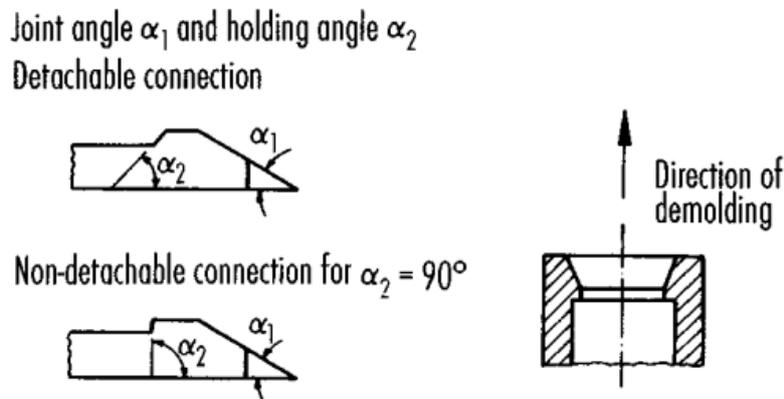
Una vez el molde se abre por completo, el tapón se mantiene sujeto al macho por la rosca, siendo necesaria una fuerza o mecanismo externo para su expulsión (*Figura 5.8*). Como se explica en los antecedentes del Documento N°2 – Memoria, existen múltiples métodos de extracción, siendo el más simple y barato el **desmoldeo a presión**. Sin embargo, esta metodología está restringida a aquellas piezas que cumplan unas características concretas.



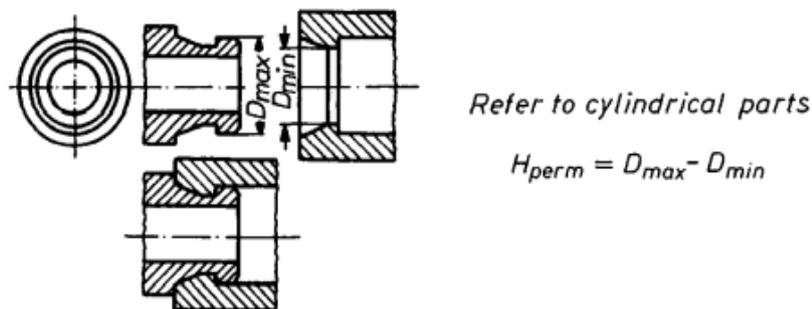
*Figura 5.8. Vista seccionada del macho una vez se ha abierto el molde y se han separado las correderas.*

Los factores más importantes a tener en consideración son el material y la forma de los hilos. Como es obvio, este desmoldeo se debe producir por deformación de la pieza hasta superar la contrasalida. Por lo tanto, no se puede superar el límite elástico del material en ningún momento. Los materiales más propensos a ser desmoldeados de esta manera son aquellos con bajos módulos de elasticidad, estando el polietileno de alta densidad (HDPE) entre ellos, con una deformación elástica máxima admisible que ronda el 3%, siempre y cuando la forma de la rosca lo permita.

En cuanto a la geometría, como ya se ha comentado en los antecedentes, no existe ningún contratiempo siempre que tenga una profundidad menor a 0,3 mm. Sin embargo, la rosca que presenta el tapón tiene una profundidad de 0,65 mm, pero tiene un ángulo de 50,5° respecto a la dirección de desmoldeo y los cantos están redondeados (*Figura 5.9*). Gracias a esto y a que se trata de una pieza con forma cilíndrica, es posible expulsarla mediante este método (*Figura 5.10*).

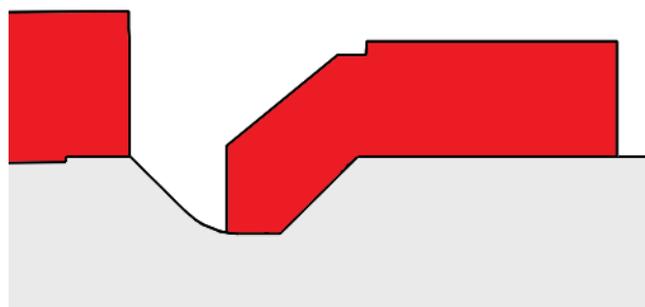


*Figura 5.9.* Angulación para expulsiones a presión. Fuente: How to make injection molds [7].



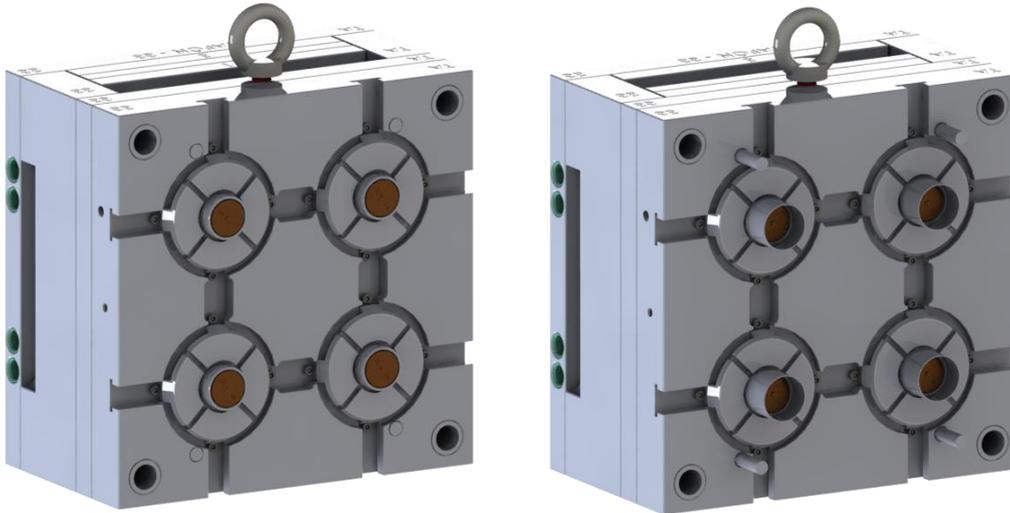
*Figura 5.10.* Cálculo de la profundidad de rosca para expulsión a presión. Fuente: How to make injection molds [7].

Posteriormente, surge la duda de que las uñas del precinto no puedan expulsarse adecuadamente de la cavidad en la que se encuentran. Entonces, para asegurarse de que no salgan defectuosas y eliminar el riesgo de partirse, se ha decidido que el macho disponga de una rampa de 40° con un radio de curvatura sobre la cavidad de la uña (*Figura 5.11*). Dicha geometría también la contemplarán las correderas, para que al cerrarse el molde no exista ninguna colisión. Esta solución obligará a la uña a posicionarse paralelamente respecto al resto del precinto cuando empiece a desmoldarse el tapón. Luego, por deformación elástica del material, volverá su posición original.



*Figura 5.11.* Vista seccionada de la cavidad de las uñas del precinto de seguridad.

Por último, los expulsores de varilla que se usan comúnmente para el desmoldeo por presión pueden marcar el tapón, algo que empeoraría su aspecto final. Entonces, en su lugar se prefiere fabricar unas **camisas expulsoras** que rodeen los machos y empujen el tapón desde la parte inferior del precinto de seguridad, por toda su superficie (*Figura 5.12*).



*Figura 5.12. Camisas expulsoras. Izquierda: placa expulsora contraída. Derecha: placa expulsora extendida.*

## 6. Salidas de aire

Regularmente, el aire que se encuentra en el interior de la cavidad una vez se empieza a introducir el polímero fundido **no** requiere de **medidas especiales de extracción**. Esto se debe a que, de por sí, ya existen puntos de fuga de aire como, por ejemplo, el plano de partición o los expulsores.

Dicho esto, no se considera necesario realizar ningún tipo de ayuda extra para extraer el aire, ya sea mecanizando canales o manteniendo el molde ligeramente abierto durante el proceso de inyección.



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	DOCUMENTO N°3 - ANEXOS
<b>ANEXO 4 – ELEMENTOS DEL MOLDE, MATERIALES Y FABRICACIÓN</b>	

## Tabla de contenido

1. Tornillería.....	2
2. Cámara caliente .....	2
2.1 Elementos calefactores .....	3
2.1.1. Inyectores y distribuidor .....	3
2.1.2. Conector .....	3
2.2. Elementos normalizados .....	3
2.2.1 Disco centrador .....	3
2.3. Sobreplato .....	3
2.4. Plato cámara.....	4
3. Parte hembra.....	4
3.1. Elementos normalizados .....	4
3.2. Plato hembra .....	5
3.3. Postizos .....	5
3.3.1 Material .....	5
3.3.2. Procesos de fabricación.....	6
4. Parte macho .....	6
4.1. Elementos normalizados .....	7
4.1.1. Recuperadores .....	7
4.2. Plato macho.....	7
4.3. Machos interiores.....	8
4.3.1. Material .....	8
4.3.2. Procesos de fabricación.....	8
4.4. Casquillos guía y camisas expulsoras .....	9
4.5. Sufridera.....	9
4.6. Regles.....	9
4.6. Placas expulsoras y de fijación de los machos .....	10
4.7. Sobreplato .....	10
4.8. Topes calzo .....	10
4.9. Tapetas postizo macho.....	10
4.9.1 Material .....	10
4.9.2. Procesos de fabricación.....	11
4.10. Correderas .....	11
4.10.1. Material .....	11
4.10.2. Procesos de fabricación.....	12
5. Elementos de seguridad.....	12
5.1. Placa de seguridad de apertura.....	13

En este documento se pretenden definir todos los elementos de los que se compone el molde diseñado, junto con el material y proceso de fabricación más idóneo. Eso sí, el método de fabricación se determinará a grandes rasgos, ya que depende de la maquinaria disponible en cada empresa y de sus preferencias.

En cuanto al esquema seguido en las páginas siguientes, se ha considerado dividir el documento en cinco grandes partes; la cámara caliente, la parte hembra, la parte macho y los elementos de seguridad, separando la tornillería en un quinto apartado.

## 1. Tornillería

Como es lógico, toda la tornillería se trata de elementos normalizados, por lo que no tiene cabida estudiar su material ni procedimiento de fabricación. Únicamente hay que especificar la cantidad, que se separará según el bloque al que pertenezcan para facilitar su visualización.

Cámara caliente	
Elemento	Cantidad
ISO 10642 - M8 x 16 - 16C	2
ISO 4762 M12 x 35 - 35N	4
ISO 4762 M5 x 30 - 22N	4
ISO 4762 M5 x 25 - 25N	4
ISO 4762 M4 x 16 - 16N	8

*Tabla 1.1. Tornillería de la cámara caliente.*

Parte hembra	
Elemento	Cantidad
ISO 4762 M8 x 25 - 25N	16
ISO 4762 M12 x 70 - 36N	6

*Tabla 1.2. Tornillería de la parte hembra.*

Parte macho	
Elemento	Cantidad
ISO 4762 M8 x 30 - 30N	6
ISO 4762 M8 x 40 - 28N	8
ISO 4762 M12 x 160 - 36N	4
ISO 4762 M5 x 100 - 22N	4
ISO 4026 - M12 x 35-N	1
ISO 4762 M5 x 10 - 10N	16
ISO 4762 M8 x 16 - 16N	2

*Tabla 1.3. Tornillería de la parte macho.*

## 2. Cámara caliente

El conjunto cámara caliente está formado por una pequeña lista de elementos, algunos de ellos normalizados y otros prefabricados, que deben ser mecanizados a posteriori.

En lo que concierne a los procesos de fabricación de las piezas que deban ser mecanizadas, todas ellas pueden ser elaboradas empleando únicamente taladros y fresados CNC.

## 2.1 Elementos calefactores

Todos los elementos calefactores serán adquiridos a la empresa Thermoplay, que se encarga de fabricar cámaras calientes de manera prácticamente personalizada.

### 2.1.1. Inyectores y distribuidor

Las características de los inyectores y del distribuidor se han explicado en el Anexo 3 – Diseño del molde, por lo que no es necesario volver a repetir dicha información. Sin embargo, al final del documento se encuentra adjunta la ficha técnica de los inyectores, que es de gran importancia para poder realizar correctamente sus alojamientos en el plato cámara. Ídem para la lista de componentes del distribuidor.

### 2.1.2. Conector

A parte, se necesita conectar a la luz los elementos anteriores para que cumplan su función. Para ello, será obligatorio adquirir un conector, de 24 polos macho y 24 polos hembra, concretamente el modelo **E05137**.

## 2.2. Elementos normalizados

Los elementos normalizados no requieren de ninguna explicación, por lo que a continuación se expone el correspondiente listado (*Tabla 2.1*). Añadir que todos ellos han sido adquiridos a la empresa BruyRubio.

Elemento	Cantidad
Tapón refrigeración BR94 G 1/8	2
Boquilla refrigeración BR84 G 1/4	4
Casquillo guía BR10 $\varnothing_1=22$ , $\varnothing_2=30$ , L=22	4

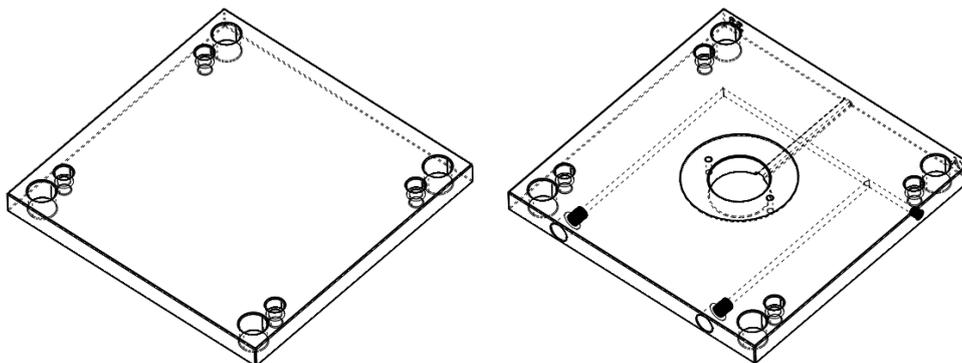
*Tabla 2.1. Elementos normalizados de la cámara caliente.*

### 2.2.1 Disco centrador

El disco centrador también es un elemento normalizado comprado a BruyRubio; modelo BRDC con diámetro exterior de 125 mm y 8 mm de espesor. Sin embargo, se le ha tenido que hacer una operación de fresado y taladrado para poder adaptarlo al molde y colocar tornillos avellanados ISO 10642, especificados en el apartado de tornillería.

## 2.3. Sobreplato

El sobreplato de la cámara caliente sirve para amarrar la parte hembra al plato fijo de la máquina inyectora, además de cubrir una de las caras del distribuidor. Por lo tanto, no requiere de ningún requisito especial en lo que a selección de materiales se refiere.



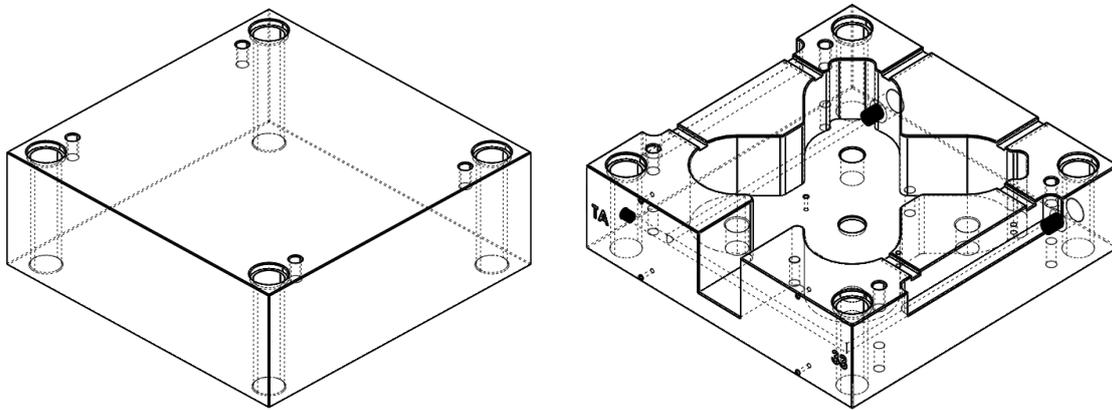
*Figura 2.1. Sobreplato de la cámara caliente antes y después del mecanizado.*

Es suficiente con adquirir un sobreplato prefabricado cualquiera y realizarle las geometrías correctas (*Figura 2.1*). El que puede proporcionar BruyRubio y que mejor se adapta a las dimensiones de la inyectora es el sobreplato **PBAS-EU de 346x346x27 mm**, elaborado con acero para herramientas **1.1730**.

## 2.4. Plato cámara

Respecto al plato cámara, su única función es alojar el distribuidor y los inyectores, es decir, todos los elementos calefactores. Entonces, tampoco presenta otro requisito más allá de una respetable conductividad térmica y dureza. Dicho esto, de los platos prefabricados disponibles que hay en BruyRubio se escogerá aquel cuyo material sea más favorable.

Para el plato que interesa, cuyo modelo y dimensiones son **PC 346x346x96**, existen cuatro posibilidades, estas son: 1.1730, 1.2311, 1.2312 y 1.2085. Los dos de mayor conductividad térmica son el primero y el tercero, con unos valores de 50 W/(m·K) y 34 W/(m·K) a 20°C respectivamente. Sin embargo, es preferible decantarse por el **1.2312** debido a su mayor dureza, de 300 HB frente a los 190 HB del 1.1730.



*Figura 2.2. Plato de la cámara caliente antes y después del mecanizado.*

## 3. Parte hembra

Es el turno de la parte hembra del molde, que únicamente está formada por un plato, cuatro postizos y elementos normalizados. El plato se fabricará con los mismos elementos utilizados en la cámara caliente, pero los postizos es posible que requieran de otro tipo de instrumentos.

### 3.1. Elementos normalizados

Todos los elementos mostrados en la lista siguiente (*Tabla 3.1*) han sido adquiridos a la empresa BruyRubio.

Elemento	Cantidad
Pasador PAS Ø6, L=16	4
Mechón BR00 m=66, L=55, Ø <sub>2</sub> =30, Ø <sub>1</sub> =22	4
Boquilla refrigeración BR84 G 1/4	8
Junta tórica de Viton Ø75 x 3,5	4
Junta tórica de Viton Ø37 x 3,5	4
Cáncamo CAN M16	1

*Tabla 3.1. Elementos normalizados de la parte hembra.*

## 3.2. Plato hembra

El plato hembra se encargará de contener los postizos que llevan mecanizada parte de la figura, por lo que las condiciones son las mismas que para el plato cámara, una buena dureza y conductividad térmica. Además, este plato también vendrá prefabricado y será del mismo modelo, cambiando solo el espesor; **PC 346x346x66**. Como los materiales son los mismos, al igual que los requisitos, se escoge el **1.2312** por los mismos aspectos.

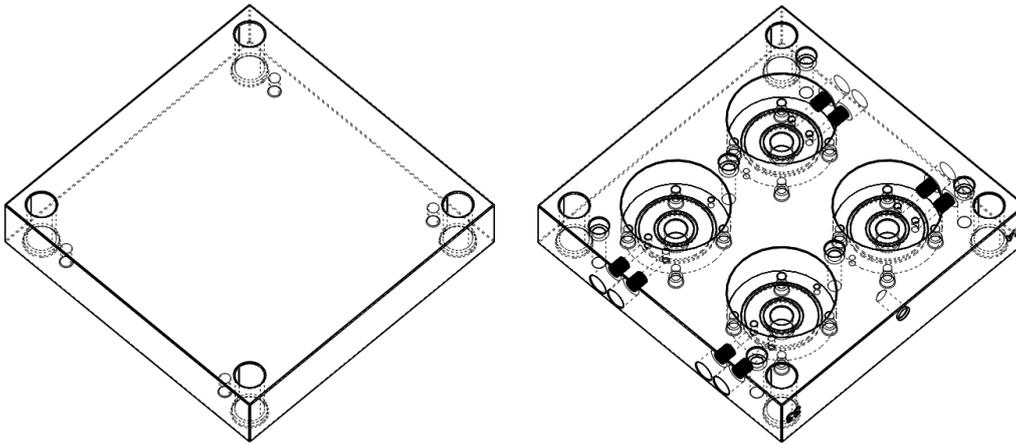


Figura 3.1. Plato hembra antes y después del mecanizado.

## 3.3. Postizos

Los postizos de la hembra son piezas de mayor complejidad, ya que constituyen una parte de la cavidad. Es por ello que sus características serán más exigentes y la dificultad de mecanizado aumentará considerablemente.

### 3.3.1 Material

#### REQUISITOS

Para poder determinar correctamente el material de estos elementos, primero se deben establecer sus exigencias. Antes que nada, es preferible que tenga una excelente **resistencia a la corrosión**, ya que por su interior habrán mecanizados canales de refrigeración por los que pasará agua. Además, es obligatorio que sea **compatible con alimentos**, es decir, que pueda estar en contacto con productos alimentarios.

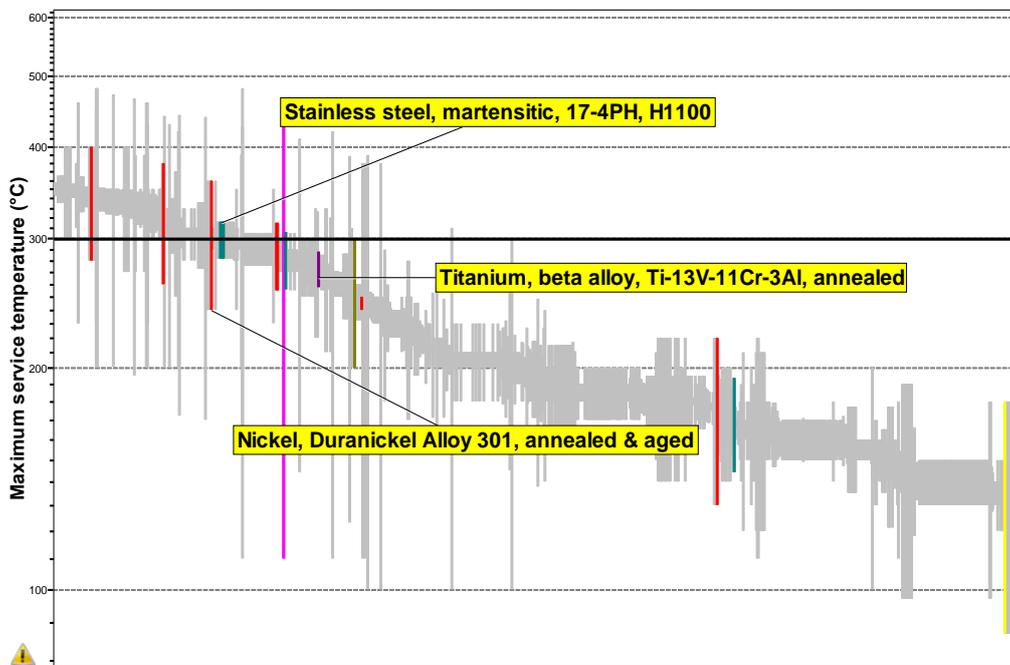
Posteriormente, debe poderse **mecanizar fácilmente** y con acabados de alta calidad, ya que de lo contrario aumentarían los costes de fabricación y la geometría del tapón no sería la correcta. Luego, debe tener una alta **resistencia al desgaste** y, en consecuencia, una **alta dureza**, porque el sistema de correderas diseñado deslizará por el postizo en cada ciclo de inyección. Más aún, como es obvio, debe poder **soportar polímero fundido** a elevadas temperaturas (del orden de 210°C), por lo que debe ser **estable microestructuralmente** hablando. También es necesario que tenga una considerable **tenacidad** y, por consiguiente, un buen límite elástico, debido a que las altas presiones pueden fracturar alguna parte de la figura si el material es muy frágil.

Finalmente, el **coeficiente de dilatación térmica** tiene que ser **bajo** y la **conductividad térmica elevada**, para transmitir fácilmente el calor hacia los conductos de refrigeración. Asimismo, el material tiene que ser **resistente a la fatiga termomecánica**.

## SELECCIÓN DEL MATERIAL

Con los requisitos ya establecidos se ha procedido a realizar una selección mediante el software Granta EduPack.

Lo primero que se ha hecho ha sido imponer tres límites; una excelente resistencia al agua, un coeficiente de expansión térmica máximo de  $15 \mu\text{strain}/^\circ\text{C}$  y una temperatura en servicio máxima de  $300^\circ\text{C}$ . Entre los materiales que restan (*Figura 3.2*), cabe destacar el acero inoxidable martensítico, el titanio y el níquel.



*Figura 3.2.* Gráfica de máxima temperatura en servicio ( $^\circ\text{C}$ ). Fuente: Granta EduPack.

Más tarde, de entre los que quedan se ha maximizado el Módulo de Young y la dureza (Vickers), dando como resultado tan sólo cinco materiales, todos ellos aceros inoxidables martensíticos muy similares, excepto uno semiaustenítico, que es el más caro. Por lo tanto, se concluye que lo ideal es empelar un **acero inoxidable martensítico**.

Sin embargo, el trabajo no acaba aquí, ahora queda buscar un proveedor. Tras realizar una búsqueda, se determina como mejor opción el fabricante Rovalma S.A., que puede proporcionar el material mencionado bajo el nombre comercial de **Fecroni-1400**, siendo una de sus aplicaciones moldes de inyección y cuya ficha técnica se adjunta al final del documento. Además, tras el mecanizado se realizará un tratamiento de **precipitado** a 48/50 HRC para aumentar aún más su dureza.

### 3.3.2. Procesos de fabricación

Los postizos de la hembra, además de fresado CNC y taladro, también necesitarán **electroerosión por penetración** para generar los nervios exteriores del tapón, ya que son muy delgados y se requiere de una elevada precisión.

## 4. Parte macho

Finalmente se llega a la porción de mayor importancia y complejidad de todo el molde, la parte macho. Esto es así por la gran cantidad de piezas de la que se compone y porque es donde se sitúa el mecanismo de expulsión y de correderas.

Al igual que en la cámara caliente y la parte hembra, todos los componentes que deban ser mecanizados se realizarán con taladros y fresadoras CNC, o tornos, excepto en las que se indique lo contrario.

#### 4.1. Elementos normalizados

Como siempre, lo primero es exponer (*Tabla 4.1*) y, a su vez, apartar todos los elementos normalizados que se han utilizado y adquirido a BruyRubio.

Elemento	Cantidad
Casquillo guía BR10 $\varnothing_1=22$ , $\varnothing_2=30$ , L=46	4
Casquillo guía BR10 $\varnothing_1=22$ , $\varnothing_2=30$ , L=22	4
Casquillo guía BR10 $\varnothing_1=22$ , $\varnothing_2=30$ , L=22	4
Boquilla refrigeración BR84 G 1/4	10
Tapón refrigeración BR94 G 1/8	2
Cáncamo CAN M16	1
Casquillo guía BRCV2 $\varnothing_1=16$ , L=2	2
Mechón guía BRGC 16x44x90	2
TGH M12 $\varnothing 20$ L=175	1
Muelle BRV $\varnothing 40$ L=127	1
Junta tórica de Viton $\varnothing 8$ x 2	8
Junta tórica de Viton $\varnothing 11$ x 2,5	4
Junta tórica de Viton $\varnothing 16$ x 2,5	4
Muelle BRV $\varnothing 10$ L=25	16
Arandela $\varnothing_{int} = 20$	1

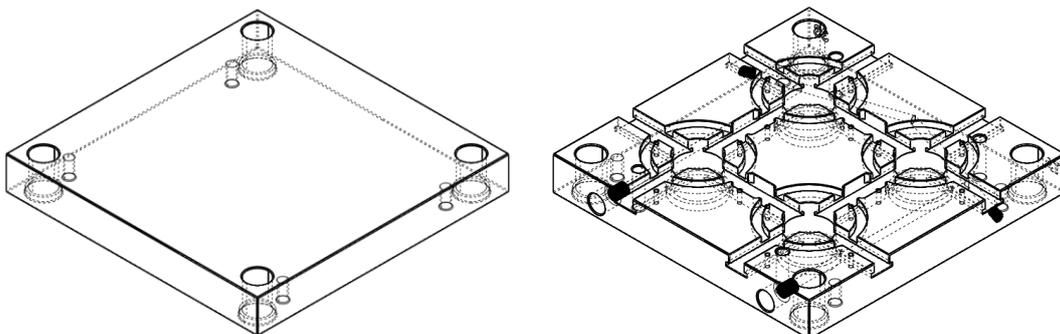
*Tabla 4.1. Elementos normalizados de la parte macho.*

##### 4.1.1. Recuperadores

Con los recuperadores existe un problema similar al del disco centrador. Se trata de un elemento normalizado, pero no hay ninguno de las dimensiones que se necesitan, ya que son demasiado largos o muy cortos. De modo que se ha optado por coger el más largo y recortarlo 30 mm, para conseguir la longitud precisa. El modelo concreto es el D, de 12 mm de diámetro y 160 mm de longitud.

#### 4.2. Plato macho

Para elaborar el plato macho se parte de uno ya prefabricado, el **PC 346x346x46** de BruyRubio. Por tratarse del mismo modelo que el de la hembra, los materiales disponibles son idénticos y, como los requisitos no van más allá de sujetar y permitir el desplazamiento de las correderas, se opta por el mismo material, el **1.2312**.



*Figura 4.1. Plato macho antes y después del mecanizado.*

### 4.3. Machos interiores

Los machos interiores son los que se encargarán de completar la cavidad, dotando al tapón de la rosca y formas interiores correspondientes. Así pues, no será suficiente con utilizar un material cualquiera.

#### 4.3.1. Material

##### REQUISITOS

Las exigencias de los machos no difieren mucho de las de los postizos de la hembra, ya que realizan funciones muy parecidas. Primero, debe ser capaz de **resistir** muy bien a **compresión**, ya que en el interior de la cavidad se alcanzan presiones elevadas. En consecuencia, también deberá ser **tenaz**, para evitar posibles fracturas del material. Pese a ello, **no** debe ser excesivamente **blando**, ya que debe poder **soportar** el **desgaste** que pueda provocar la camisa expulsora al deslizarse sobre el macho, incluso a altas temperaturas, por lo que tiene que ser **microestructuralmente estable**.

En lo que a propiedades térmicas se refiere, debe propiciar una **buena conductividad térmica** y un **bajo coeficiente de dilatación**. Por último, debe poder mecanizarse sin grandes dificultades y ser **alimenticiamente compatible**.

##### SELECCIÓN DEL MATERIAL

Tras analizar las exigencias, se podría elegir el mismo material que para los postizos. Sin embargo, se va a intentar elegir otro similar, aunque con la mayor conductividad térmica posible para que la pieza sea capaz de disminuir su temperatura más rápido, ya que este elemento es el que más superficie tiene en contacto con el tapón.

Finalmente, se ha decidido aprovechar el mismo proveedor, Roalma S.A. Entre sus opciones disponibles, la que más destaca es el material **PKT-117**, con unas propiedades similares a las del Fecroni-1400, pero con una conductividad térmica de 37 W/m·K, en lugar de 15,3 W/m·K. Se trata de un acero preendurecido con una gran resistencia a la compresión y una perfecta resistencia al desgaste a altas temperaturas, se adjunta la ficha técnica al final del documento.

Todavía más, el propio fabricante recomienda realizarle un **tratado de nitruración** a las áreas que se empleen como superficies deslizantes, para dotar al material de una mayor dureza superficial y, por lo tanto, una mejor resistencia al desgaste.

#### 4.3.2. Procesos de fabricación

Para realizar la geometría de los machos se necesitan cuatro procesos de fabricación, estos son el torno y la fresadora CNC, un taladro y **electroerosión por penetración**. Esta última para elaborar las cavidades de cierre del precinto, por la precisión que se requiere, así como la complejidad de la geometría

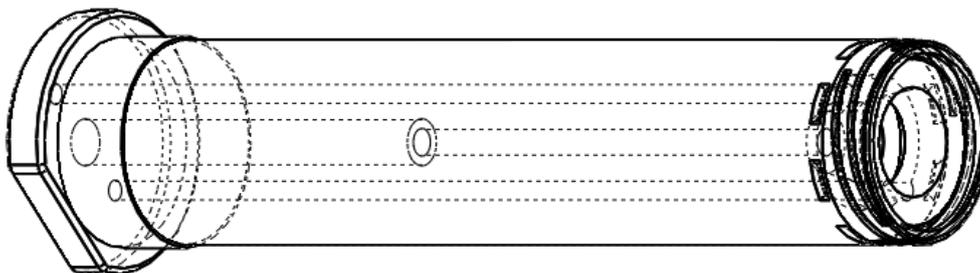


Figura 4.2. Geometría final del macho.

#### 4.4. Casquillos guía y camisas expulsoras

Por un lado, las camisas expulsoras son las que rodean a los machos y se encargan de expulsar el tapón una vez el molde está abierto, por medio de la placa expulsora. Por otro lado, y como su nombre indica, los casquillos guía se encargan de encaminar las camisas expulsoras en la dirección de desmoldeo.

Dicho esto, se puede deducir claramente que la camisa expulsora desliza sobre el macho y, a su vez, sobre el casquillo guía. Por lo tanto, se ha deliberado que la opción más viable es realizar los tres tipos de piezas del mismo material, **PKT-117 nitrurado**. Aunque en algunos casos, como son los casquillos, no sea del todo necesario, pero de esta manera se evitan, principalmente, problemas derivados de un excesivo desgaste.

#### 4.5. Sufridera

Este plato y todos de lo que se hable a continuación serán mecanizados a partir de modelos ya prefabricados, adquiridos a la empresa BruyRubio, como siempre. En este caso, el tipo elegido es el **PBAS-EU 346x346x27**, cuyo único material disponible es el **1.1730**, pero como no requiere de ninguna exigencia especial, es válido.

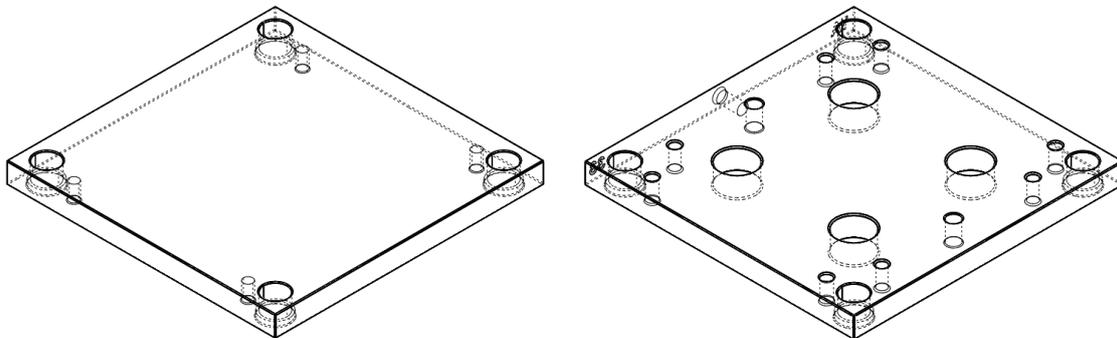


Figura 4.3. Sufridera antes y después del mecanizado.

#### 4.6. Regles

Los reglas son los elementos que sirven para enlazar el sobreplato con la sufridera lateralmente y permitir el desplazamiento de la placa expulsora entre ellos. En cuanto al mecanizado, sólo llevan una ranura en su extremo para poder sujetar la parte macho del molde al plato móvil de la inyectora y unos orificios en la parte interior a la altura de los agujeros guía para evitar que se genere un “efecto ventosa” al abrir y cerrar el molde.

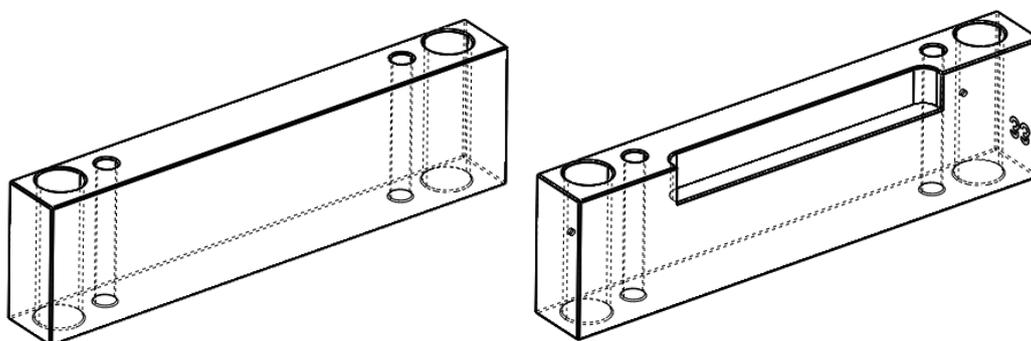


Figura 4.4. Regles antes y después del mecanizado.

El modelo elegido es el **ESP-EU 346x346x96** fabricado con el material **1.1730**, que es el único con el que se pueden adquirir.

## 4.6. Placas expulsoras y de fijación de los machos

Para formar el conjunto de la placa expulsora se precisa de tres platos **CPE P**, dos de **346x346x22** y uno de **346x346x17**. Los de mayor espesor son para la placa expulsora portacamisas y la placa de fijación de los machos, mientras que el más fino es para la placa expulsora de las camisas.

Respecto a los materiales, hay dos posibilidades, decantarse por el 1.1730 o escoger el 1.2311. Como la finalidad de estos platos no es más que empujar y/o sujetar otros elementos, se opta por el más barato, que es el **1.1730**.

En cuanto a dificultad de mecanizado, tampoco es necesario añadir ninguna imagen, ya que exclusivamente se han hecho agujeros pasantes y geometrías sencillas, para más detalles observar el Documento N°4 – Planos.

## 4.7. Sobreplato

Este es el último plato del que se compone el molde y, como no puede ser menos y al igual que el sobreplato de la cámara caliente, se trata de un **PBAS-EU 346x346x27** hecho con **1.1730**.

Esta vez sí que se adjunta imagen, en la cual se pueden apreciar los canales de refrigeración que comunican con los conductos de los machos, para poder enfriarlos adecuadamente.

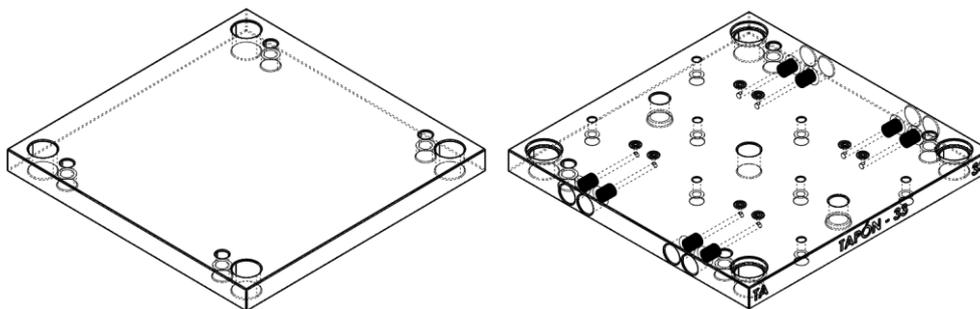


Figura 4.5. Sobreplato del macho antes y después del mecanizado.

## 4.8. Topes calzo

Los topes calzo son dos piezas cuya principal y única funcionalidad es complementar a los regles y evitar que pueda ceder el plato macho. A diferencia de los otros platos, tienen que ser mecanizados de cero, pero se fabricarán con **1.1730** para conservar la armonía y porque no contemplan ninguna condición especial.

## 4.9. Tapetas postizo macho

Las tapetas de los machos se sitúan, como es lógico, en la parte superior del macho, actuando como tapa y permitiendo generar la parte interna de la cara del tapón, otorgándole el etiquetado visto en el Anexo 1 – Características de la pieza.

### 4.9.1 Material

#### REQUISITOS

En cuanto al **material**, este es un tanto peculiar, ya que, por tratarse del núcleo y centro de la cavidad, su **conductividad térmica** tiene que ser mucho más **elevada respecto al resto** de piezas. Esto es debido a su localización, que está justo frente a la

boquilla del inyector y, por lo tanto, es el punto más caliente de la pieza y donde más rápido debe ser expulsado el calor.

A parte, también debe caracterizarse por una **buena dureza y resistencia mecánica**, para poder soportar todos los esfuerzos que puedan sufrirse en el interior de la cavidad.

#### SELECCIÓN DEL MATERIAL

A modo de recomendación y como se menciona en el Documento N°2 - Memoria, la mejor opción para una alta conductividad térmica son las aleaciones de **cobre-berilio**, incluso con un pequeño porcentaje de cobalto, presentando una resistencia a la corrosión aceptable.

Con todo esto, falta buscar una marca comercial del material mencionado. Una de las mejores opciones a modo de proveedor es Edro, que puede proporcionar dicha aleación bajo el nombre de **MoldMAX HH**. Este producto, según la ficha técnica, que se anexa al final del documento, alcanza una conductividad térmica de 130 W/m·K.

#### 4.9.2. Procesos de fabricación

La forma se puede generar fácilmente con la ayuda de tornos y taladros. Sin embargo, para generar el dibujo del etiquetado normativo será necesario emplear un **grabado láser**.

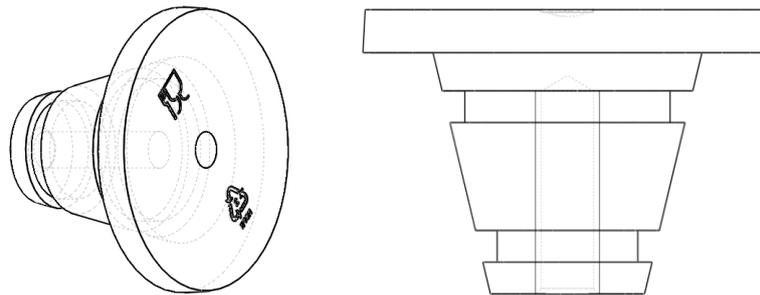


Figura 4.6. Tapetas para los machos.

#### 4.10. Correderas

Por último, y no por ello menos importante, quedan las correderas. Concretamente existen dieciséis correderas, cuya única función es generar las “uñas” y la geometría restante del precinto de seguridad.

##### 4.10.1. Material

###### REQUISITOS

Las exigencias del material de las correderas son casi idénticas a las de los machos o los postizos para la hembra, pero falta una muy importante, y es que sea **soldable**. Esto es debido a que, si por cualquier problema se rompe o se ocasiona algún pequeño desperfecto en la pieza, se pueda añadir material por medio de soldadura y volverla a mecanizar.

A modo de resumen, los requisitos restantes son una elevada **resistencia a la fatiga térmica**, buena **tenacidad** y **ductilidad**, estabilidad microestructural y fácil mecanizado. Además, una alta **resistencia al desgaste**, lo que conlleva cierto nivel de dureza, y un **bajo** coeficiente de **dilatación térmica**.

## SELECCIÓN DEL MATERIAL

En el programa Granta EduPack, lo primero que se ha hecho es imponer un límite inferior de máxima temperatura en servicio, conductividad térmica y coeficiente de expansión térmica, con unos valores de 300°C, 25 W/m·°C y 5µstrain/°C respectivamente.

Posteriormente, se ha buscado que fuesen lo más duros y baratos posibles, de tal manera que únicamente quedan dos opciones, un acero para herramientas AISI H13 o un acero de baja aleación AISI 4340. Ambos presentan propiedades muy similares, pero el **AISI H13** destaca un poco por encima en lo que a dureza y límite elástico se refiere, con unos valores máximos alcanzables de 53 HRC y 1.690 MPa. En consecuencia, se decide optar este último mencionado.

Como proveedor de dicho material se escoge Böhler-Uddeholm, bajo el nombre comercial de **Orvar Supreme**. Entre sus propiedades acentuar su alta resistencia al choque térmico, buena resistencia a altas temperaturas, una óptima tenacidad y ductilidad en cualquier dirección y una gran estabilidad dimensional, entre otras. Su ficha técnica se añade al final de este documento.

### 4.10.2. Procesos de fabricación

Finalmente, para obtener la geometría de las correderas, es necesario utilizar, además de fresado y torneado CNC, **electroerosión por penetración e hilo**.

A parte, la metodología de fabricación que se recomienda seguir en este caso es un tanto peculiar. En primer lugar, se tiene que seccionar la barra cilíndrica de la que se mecanizarán las correderas en seis trozos. Luego, se hace un desbastado con el material sin templar, dándole una preforma a las diferentes secciones. Tras ello, se realiza el **tratado de temple** a 48/50 HRC.

Posteriormente, mediante la electroerosión por penetración se le da el acabado final a la figura del precinto, ya que se necesita una alta precisión y la dificultad de la geometría es elevada. Finalmente, con la ayuda de la electroerosión por hilo, de cada uno de los trozos cilíndricos mecanizados se obtienen tres correderas y se crean los perfiles de cierre y guiado.

Esto se hace así porque si de cada sección se obtuviesen cuatro correderas, habría una de dimensiones menores, debido a la pérdida de material que ocasiona el corte.

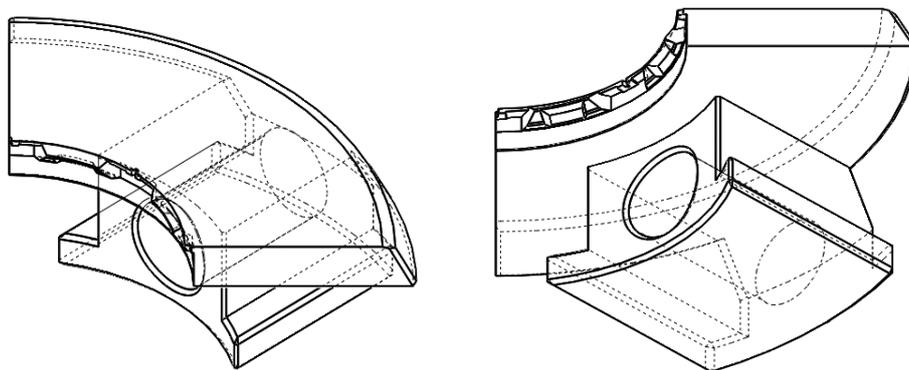


Figura 4.7. Correderas.

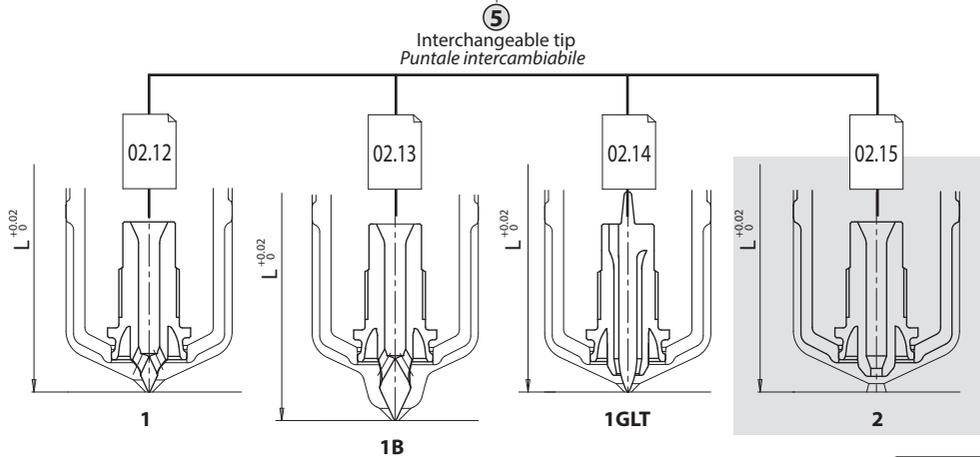
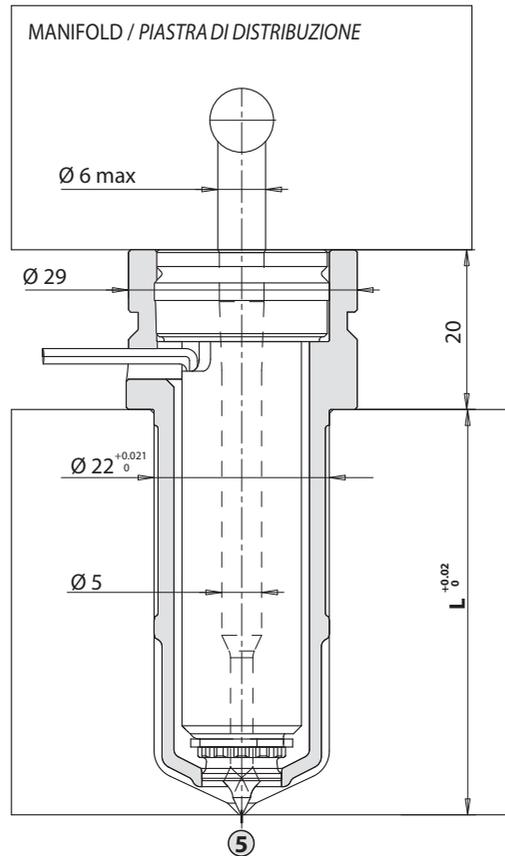
## 5. Elementos de seguridad

Este último apartado abarca todos los elementos de seguridad que se le han añadido al molde, con la única función de eliminar y/o disminuir riesgos para la seguridad de los trabajadores.

## **5.1. Placa de seguridad de apertura**

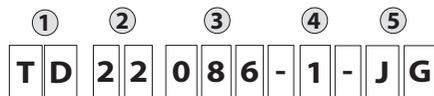
La placa de seguridad de apertura no es más que una pletina con dos ranuras. Esta se atornilla al plato macho y hembra cuando el molde está cerrado, para que durante su manejo o traslado no pueda abrirse.

Debido a la simple función y sencillez de la pieza, se fabricará con el material **1.1730**, mecanizándose mediante fresadora.



**NOZZLE TD / UGELLO TD**

Ordering code example / Esempio d'ordine ugello:



① TD Nozzle type / Tipo ugello (TD)

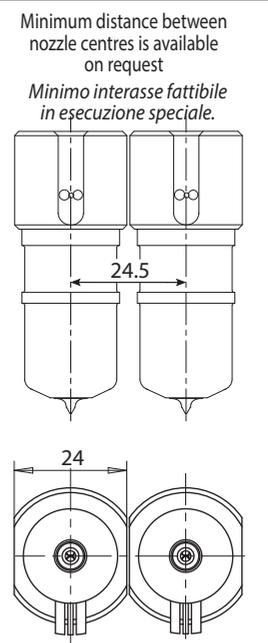
② 22 Ø nozzle / Diametro ugello (Ø22)

③ 086 Nozzle length / Lunghezza ugello (L=86)



④ 1 Tip type / Tipo puntale (1-1B-1GLT-2)

⑤ JG Thermocouple type (grounded)  
Tipo termocoppia (a massa)



In the highlighted types are not available on stock. Delivery times are to be agreed. All applications subjected to Thermoplay A.E. review  
Le tipologie evidenziate non sono a magazzino. I tempi di consegna sono da concordare. Tutte le applicazioni sono soggette a verifica in fase di offerta.



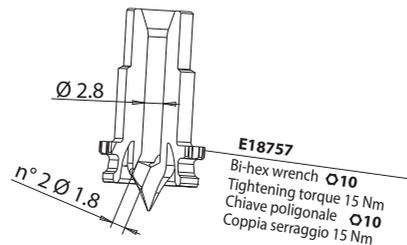


**TYPE 1:** Nozzle suitable for moulding parts where the injection vestige is important. The nozzle is suitable for filled and abrasive materials. If compared with TF series nozzles, TD nozzles have the sealing area on the external body rather than the tip and requires less accurate machining of the seat.

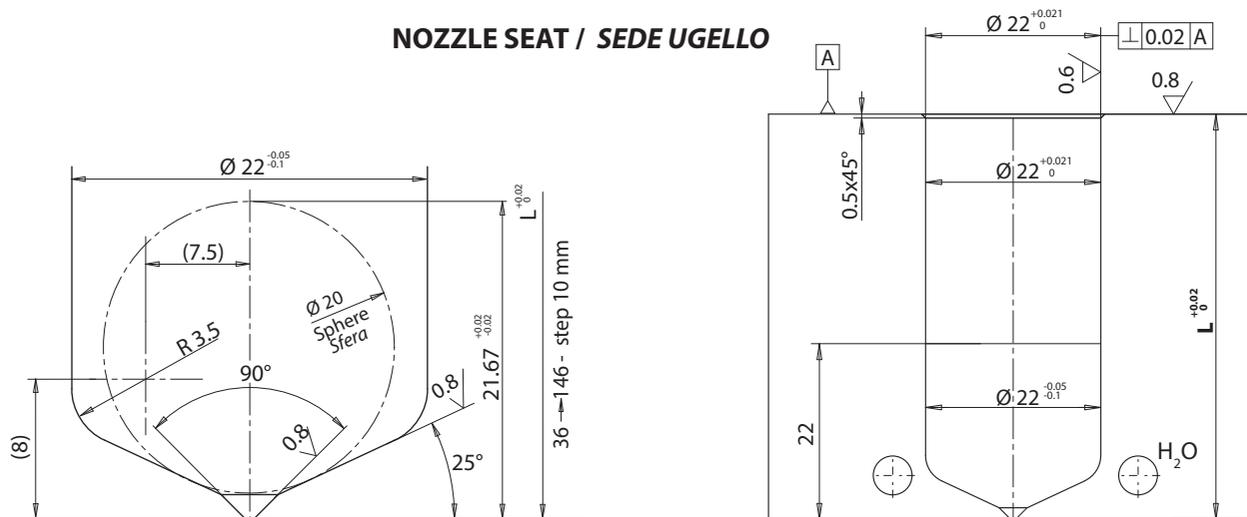
**TIPO 1:** L'ugello TD-1 è idoneo allo stampaggio di particolari dove è richiesto un buon aspetto estetico del punto di iniezione. A differenza degli ugelli serie TF la tenuta dell'ugello è fatta sul corpo dell'ugello anziché sul puntale. L'ugello è idoneo allo stampaggio di materiali con cariche abrasive.

**TIP GROUP / GRUPPO PUNTALE**

Type Tipo	④	Code Codice
	<b>1</b>	<b>E20880</b>



**NOZZLE SEAT / SEDE UGELLO**



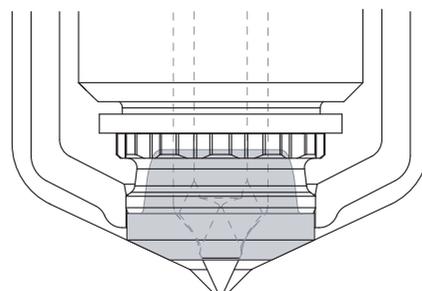
Gate diameter is approximate and could vary depending on injected volume and part wall thickness.  
 Il diametro d'iniezione è INDICATIVO e può variare in funzione del volume iniettato, del materiale termoplastico e dello spessore del pezzo stampato.

Ø 0.6<sup>+0.01</sup><sub>min</sub>  
 Ø 1.2<sup>+0.01</sup><sub>max</sub>

**COLOUR CHANGE BUSHING / BOCCOLA CAMBIO COLORE**

Available upon request / Disponibile su richiesta

Code / Codice
<b>E20892</b>

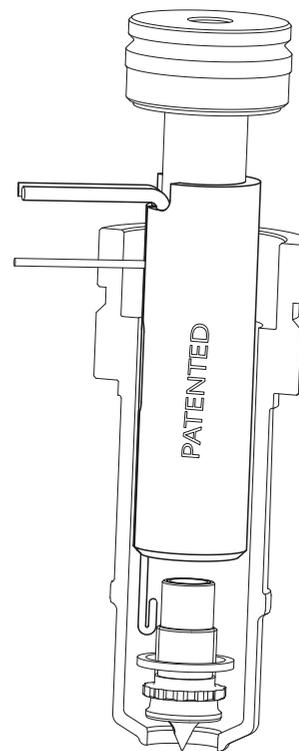




HEATER AND THERMOCOUPLE / RESISTENZA E TERMOCOPPIA UGELLO

L ③	L Type 1B35 Tipo 1B35	Heater code Resistenza ugello	Watt	Thermocouple / Termocoppia ugello ⑤	
				grounded/a massa .. - JG	insulated / isolata .. - JU
36	39.5	E09394	200	E05302	E16027
46	49.5	E09395	200		
56	59.5	E09310	200		
66	69.5	E09311	200		
76	79.5	E09312	240	E05504	E16029
86	89.5	E09313	200		
96	99.5	E09314	240		
106	109.5	E09315	200		
116	119.5	E09316	200	E05917	E16030
126	129.5	E09317	200		
136	139.5	E09318	220		
146	149.5	E09319	220		

- ⑥ .. - JG Grounded thermocouple with J type calibration  
Termocoppia ugello a massa tipo J
- ⑥ .. - JU Insulated thermocouple with J type calibration  
Termocoppia ugello isolata tipo J



Suffix Suffisso ⑥	Description Descrizione
.. - JG	Grounded thermocouple with J type calibration Termocoppia ugello a massa tipo J
.. - JU	Insulated thermocouple with J type calibration Termocoppia ugello isolata tipo J

HEATER / RESISTENZA	
White / Red-White Bianco / Rosso-Bianco	230 V
THERMOCOUPLE TERMOCOPPIA	
Red / Rosso	TC+
Blue / Blu	TC-

Ordering code example / Esempio d'ordine ugello:

① ② ③ ⑤ ⑥  
**T D 2 2 0 8 6 - 1 - J U**

- ① TD nozzle type / Tipo ugello (TD)
- ② 22 Nozzle diameter / Diametro ugello (Ø22)
- ③ 086 Nozzle length / Lunghezza ugello (L=086)
- ⑤ 1 Tip type / Tipo puntale (1)
- ⑥ JU Thermocouple type / Tipo termocoppia (insulated / isolata)

If not specified, grounded thermocouple are supplied / Se non specificato fornito termocoppia a massa

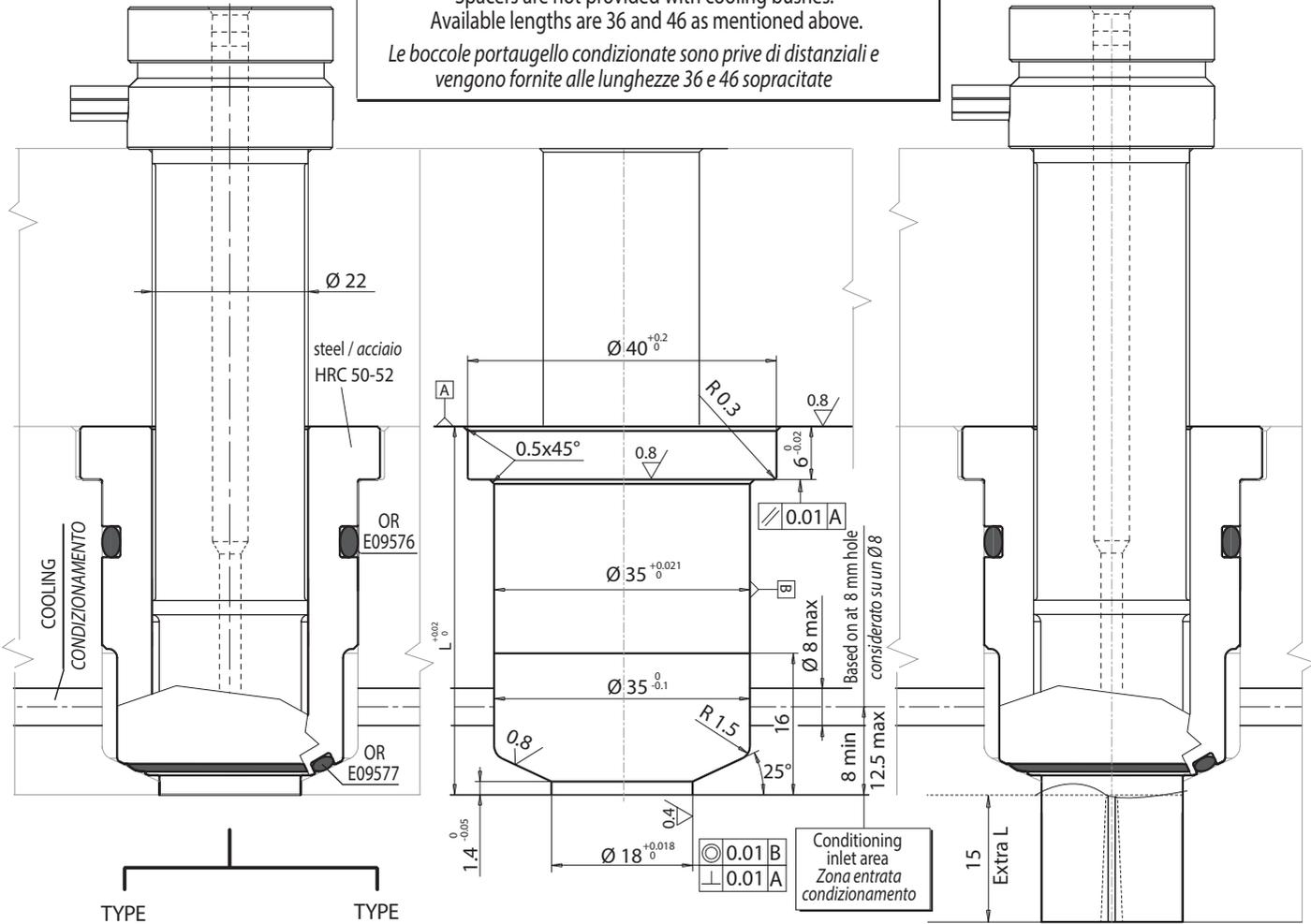
# COOLING BUSHING TD Ø 22 / BOCCOLA CONDIZIONATA TD Ø 22



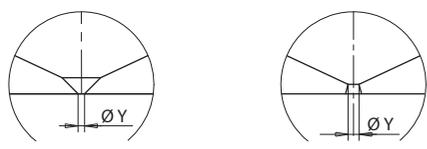
- COOLING BUSHING
- BOCCOLA CONDIZIONATA
- COOLING BUSHING SEAT
- SEDE BOCCOLA CONDIZIONATA
- COOLING BUSHING WITH EXTRA LENGTH
- BOCCOLA CONDIZIONATA CON EXTRALUNGHEZZA

Execution upon request / Eseguita su richiesta

Spacers are not provided with cooling bushes.  
Available lengths are 36 and 46 as mentioned above.  
*Le boccole portaugello condizionate sono prive di distanziali e vengono fornite alle lunghezze 36 e 46 sopracitate*



TYPE TIPO 1      TYPE TIPO 2



Code / Codice	L
E17575/ØY	36
E17576/ØY	46

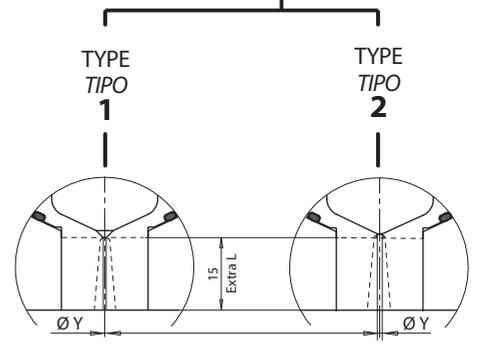
Code / Codice	L
E17788/ØY	36
E17789/ØY	46

\* To be used only for the tip E17864  
\* da utilizzare solo per il puntale E17864

Cooling bushings are supplied with OR  
*Le boccole portaugello condizionate vengono fornite comprensive di OR*

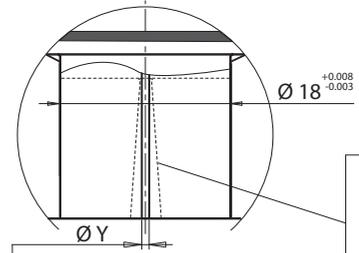
- INJECTION DIAMETER Ø Y
- DIAMETRO DI INIEZIONE Ø Y

Suffix Suffisso	Type Tipo 1	Type Tipo 2
	Ø Y	
06*	0.6*	
07*	0.7*	
08	0.8	--
09	0.9	--
10	1.0	1.0
11	1.1	1.1
12	1.2	1.2
13	--	1.3
14	--	1.4
15	--	1.5
16	--	1.6
17	--	1.7
18	--	1.8
19	--	1.9
20	--	2.0



Code / Codice	L
E17577/ØY	36
E17578/ØY	46

Code / Codice	L
E17790/ØY	36
E17791/ØY	46



DRAFT ANGLE IS AT CUSTOMERS CHARGE  
*SFORMATURA A CURA DEL CLIENTE*

**Ordering code example:**  
E17032/09 = Bushing for nozzles type 1; Bushing for nozzle total length (L) 36 mm, without extra length and with injection hole 0.9 mm.  
**Esempio d'ordine:**  
E17032/09 = Boccola portaugello condizionate per ugelli tipo 1; altezza totale (L) 36 mm, senza extralunghezza e con foro d'iniezione Ø 0.9 mm.

**EXECUTION UPON REQUEST:**  
THERMOPLAY RESERVES THE RIGHT TO EVALUATE THE FEASIBILITY OF THE GATE DIAMETER WITH RESPECT TO THE EXTRA LENGTH.  
**ESECUZIONE SU RICHIESTA:**  
THERMOPLAY SI RISERVA IN FASE D'ORDINE DI VALUTARE LA FATTIBILITÀ DEL DIAMETRO DEL FORO RISPETTO ALL'ALTEZZA DELL'EXTRALUNGHEZZA



**ROVALMA**

THE STEEL INNOVATOR



**FECRONI<sup>®</sup>-1400**

Premium Stainless Steel with Outstanding  
Corrosion Resistance and High Strength

# FECRONI<sup>®</sup>-1400

Fecroni<sup>®</sup>-1400 is a martensitic stainless steel, which combines high mechanical resistance, hardness and toughness with a very high corrosion resistance. It has good machinability and it is usually delivered in a pre-hardened condition at a typical hardness of 42 - 44 HRC, or ready for precipitation hardening, offering great opportunities to reduce the manufacturing costs and lead times.

## Applications

Typical application areas of Fecroni<sup>®</sup>-1400 are: fabrication of turbine blades and valves for the chemical, petrochemical and gas industries; moulds and inserts of PVC reducing maintenance, PVC extrusion and blowing moulds; equipment for the food and paper processing industries, axles and turbines for pumps; caps, axes, gears, screws, nuts and rivets that work in aggressive environments, as well as surgical devices, blades, springs and tail shafts for watercraft, or in accessories for nuclear and aerospace industries.

## Physical and Mechanical Properties

Properties	293 K	Unit
Density	7.806	$\times 10^3 \text{ kg/m}^3$
	0.282	Lb/in <sup>3</sup>
Elastic Modulus	197	$\times 10^3 \text{ MPa}$
	28.6	$\times 10^3 \text{ ksi}$
V-Notched Charpy Resilience	14	J
	10.3	ft.lb

The values given in the table are typical values (neither maximum nor minimum values), at a hardness level of 44 HRC.

## Thermal Properties

Properties	300 K	473 K	Unit
Linear Thermal Expansion Coefficient		10.95	$\times 10^{-6}/\text{K}$
Thermal Conductivity	15.3	19	W/m·K
Specific Heat Capacity	0.46		J/g·K

The values given in the table are typical values (neither maximum nor minimum values), at a hardness level of 44 HRC. Thermal conductivity values are calculated on the basis of thermal diffusivity values measured by laser flash.

## Polishability

- Very high levels of polishability can be obtained, observing best practice rules for polishing of stainless steels.
- Fecroni®-1400 is being used for example in the plastic industry, for applications in which high gloss finish surfaces are required, or in other applications, where mirror polish and superior levels of polishability are required.
- It is very important to keep best possible cleanliness during the polishing operation.
- Build-up of high surface temperatures during polishing should be avoided by adjusting the polishing speed.

## Heat Treatment

Fecroni®-1400 is supplied in pre-hardened condition with a typical hardness level of 42 – 44 HRc, or in ready for precipitation hardening state.

For pre-hardened material, in case of electrical-discharge-machining (EDM) or after welding, an additional heat treatment is recommendable.

In order to achieve maximal mechanical and corrosion resistance, the following heat treatment is recommended:

- Heat to 480 °C
- Hold for 1 hour
- Cool in air

Expected final hardness: 42 - 44 HRc.

For further detailed information, please contact Rovalma S.A. technical department.

## Surface Treatments

Surface treatments such as nitriding to increase friction or wear resistance can be applied, however the process temperature should not exceed 480 °C and may reduce the corrosion resistance.

For further detailed information, please contact Rovalma S.A.'s technical department.

## Welding

Fecroni®-1400 can be welded by the typically used methods, although the most satisfactory results in fusion welding are achieved with TIG or MIG using Fecroni®-1400 as filling material, and followed by a precipitation hardening. Coated electrodes are available for its correct welding.

For further detailed information, please contact Rovalma S.A.'s technical department.

# Designer & Provider of First-Class Tool Materials

ROVALMA, S.A. provides innovation in tool materials. Thanks to comprehensive research, innovative design and development, most recent production techniques as well as in depth quality control, we have achieved significant advances in the knowledge about material forming processes and generated important know-how regarding the production and optimal usage of our materials for a specific application. As a result, we can provide you with **first-class tool steels** for cold and hot work material forming processes and outstanding technical assistance.

We are proud to make our High Performance Tool Steels available to you for your specific applications. Do not hesitate to contact us for the latest information.

## Application Engineering Service

In order to fully exploit the advantages and the potentials of ROVALMA's High Performance Tool Steels, we offer our customers the support of our Application Engineering Service. Our highly qualified and dedicated engineers can assist you in selecting the optimized grade for your application and provide you with the corresponding technical recommendations. It is our mission to increase the competitive-advantage of our customers and support them in achieving the highest possible cost-effectiveness.

You can access our service directly by sending an email to: [ae-fast@rovalma.com](mailto:ae-fast@rovalma.com).



ROVALMA, S.A. carries out ongoing research for many applications regarding the usage of the materials here presented. This research often brings along significant advances in the knowledge of a given process and thus important information regarding the best possible usage of the materials for a specific application. We strongly recommend to get in contact with ROVALMA, S.A. for the latest information regarding a specific application.

**Rovalma S.A.**  
HT  
C/ Apol·lo, 51  
08228 Terrassa (Barcelona)  
SPAIN  
Tel. (+34) 935 862 949  
Fax (+34) 935 881 860

**Rovalma S.A.**  
Head Office  
C/ Collita, 1-3  
08191 Rubí (Barcelona)  
SPAIN  
Tel. (+34) 935 862 949  
Fax (+34) 935 881 860

**Rovalma GmbH**  
German Office  
Geibelstraße 5  
12205 Berlin  
GERMANY  
Tel. +49 (0)30 810 59 717  
Fax +49 (0)30 810 59 715

[www.rovalma.com](http://www.rovalma.com)

© ROVALMA, S.A. 2017. All rights reserved. This brochure may not be, entirely or partially, reproduced, copied, distributed or modified, without the explicit authorization by ROVALMA, S.A. In particular, it is prohibited to alter the contents and/or use, any information provided herein, out of context. **NOTICE:** All information provided herein is for general information purposes only. The optimal choice of a tool steel depends on many factors, including, but not limited to individual process parameters, allowable tolerances and other production process factors, work conditions and preferences. **DISCLAIMER:** All information provided in this datasheet is provided "AS IS" and "As available" and without warranty, express or implied, of any kind regarding completeness, faultlessness, accuracy, up-to-dateness, individual interpretations, merchantability or fitness for any purpose and no representation contained in this datasheet shall be binding upon ROVALMA, S.A. All information shall be provided and accepted at Reader's / Receiver's risk.

**ROVALMA**

THE STEEL INNOVATOR



PKT-117

Pre-Hardened Hot Work Tool  
Steel

# PKT-117

PKT-117 is a pre-heat treated hot work tool steel, supplied at 1500 MPa (nominal). It has a good toughness-to-hardness ratio, and very high compression strength. Furthermore, PKT-117 features good high temperature wear resistance, annealing resistance, as well as a thermal conductivity. Its additives confer a good machinability in hardened and tempered state.

## Applications

- Dies and molds for injection of thermoplastics, thermosets, zinc based alloys and in some conditions of aluminium based alloys (big dimension dies without excessively large pulls).
- Sliders, preferably nitrided, plate insert-carriers, dollies, die bases, hold-down plates, columns, and bushes for dies; jackets for hot banding of hard metal cores, forging stamps or steels at high hardness.
- Dies for hot and cold deburring, cutting dies for silver, alpaca and soft alloys.
- Punching tools and stamping dies; forging stamps, mandrels, pushers, and extrusion die holders; shear and folding blades, gears, shafts, pins, broaches and screws.
- Prototyping dies for hot stamping.

## Physical and Mechanical Properties

Properties	293 K	373 K	573 K	Unit
Density	7.82			g/cm <sup>3</sup>
Mechanical Resistance	1505	1490	1300	MPa
Yield Strength 0.2 %	1305	1290	1110	MPa
Elastic Modulus	214			GPa

The values given in the table are typical values (neither maximum nor minimum values), at a hardness level of 44-46 HRc.

## Thermal Properties

Properties	293 K	373 K	573 K	Unit
Linear Thermal Expansion Coefficient		11.0	12.7	x10 <sup>-6</sup> /K
Thermal Conductivity	37.0			W/m·K
Specific Heat Capacity	0.42			J/g·K

The values given in the table are typical values (neither maximum nor minimum values), at a hardness level of 44-46 HRc. Thermal conductivity values are calculated on the basis of thermal diffusivity values measured by laser flash method.

## Stress Relieving Guidelines

When the tools have suffered severe machining, with big working stresses and loss of balance because of important fibre cuts, it is convenient to relieve stress after rough machining.

- Heat until the core reaches the temperature of 520-550 °C
- Hold for 2-4 hours
- Slow cooling down inside the furnace.

# Designer & Provider of First-Class Tool Materials

ROVALMA, S.A. provides innovation in tool materials. Thanks to comprehensive research, innovative design and development, most recent production techniques as well as in depth quality control, we have achieved significant advances in the knowledge about material forming processes and generated important know-how regarding the production and optimal usage of our materials for a specific application. As a result, we can provide you with **first-class tool steels** for cold and hot work material forming processes and outstanding technical assistance.

We are proud to make our High Performance Tool Steels available to you for your specific applications. Do not hesitate to contact us for the latest information.

## Application Engineering Service

In order to fully exploit the advantages and the potentials of ROVALMA's High Performance Tool Steels, we offer our customers the support of our Application Engineering Service. Our highly qualified and dedicated engineers can assist you in selecting the optimized grade for your application and provide you with the corresponding technical recommendations. It is our mission to increase the competitive-advantage of our customers and support them in achieving the highest possible cost-effectiveness.

You can access our service directly by sending an email to: [ae-fast@rovalma.com](mailto:ae-fast@rovalma.com).



ROVALMA, S.A. carries out ongoing research for many applications regarding the usage of the materials here presented. This research often brings along significant advances in the knowledge of a given process and thus important information regarding the best possible usage of the materials for a specific application. We strongly recommend to get in contact with ROVALMA, S.A. for the latest information regarding a specific application.

**Rovalma S.A.**  
HT  
C/ Apol·lo, 51  
08228 Terrassa (Barcelona)  
SPAIN  
Tel. (+34) 935 862 949  
Fax (+34) 935 881 860

**Rovalma S.A.**  
Head Office  
C/ Collita, 1-3  
08191 Rubí (Barcelona)  
SPAIN  
Tel. (+34) 935 862 949  
Fax (+34) 935 881 860

**Rovalma GmbH**  
German Office  
Geibelstraße 5  
12205 Berlin  
GERMANY  
Tel. +49 (0)30 810 59 717  
Fax +49 (0)30 810 59 715

[www.rovalma.com](http://www.rovalma.com)

© ROVALMA, S.A. 2019. All rights reserved. This brochure may not be, entirely or partially, reproduced, copied, distributed or modified, without the explicit authorization by ROVALMA, S.A. In particular, it is prohibited to alter the contents and/or use, any information provided herein, out of context. **NOTICE:** All information provided herein is for general information purposes only. The optimal choice of a tool steel depends on many factors, including, but not limited to individual process parameters, allowable tolerances and other production process factors, work conditions and preferences. **DISCLAIMER:** All information provided in this datasheet is provided "AS IS" and "As available" and without warranty, express or implied, of any kind regarding completeness, faultlessness, accuracy, up-to-dateness, individual interpretations, merchantability or fitness for any purpose and no representation contained in this datasheet shall be binding upon ROVALMA, S.A. All information shall be provided and accepted at Reader's / Receiver's risk.

# Moldmax<sup>®</sup> HH

© UDDEHOLMS AB

No part of this publication may be reproduced or transmitted for commercial purposes without permission of the copyright holder.

MOLDMAX® is a trade mark registered by Materion Brush Performance Alloys, Ohio.

This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our products and their uses. It should not therefore be construed as a warranty of specific properties of the products described or a warranty for fitness for a particular purpose.

Classified according to EU Directive 1999/45/EC  
For further information see our "Material Safety Data Sheets".  
Edition 6, 09.2016



## GENERAL

Moldmax HH is a high-strength beryllium copper mould alloy, made by Materion Brush Performance Alloys, for plastics moulding applications. Its main properties include:

- high thermal conductivity
- good corrosion resistance
- good polishability
- good wear resistance
- good resistance to galling
- good machinability
- high strength and hardness
- excellent weldability

Typical analysis %	Be 1.9	Co + Ni 0.25	Cu Bal.
Delivery condition	Aged to ~40 HRC		
Colour code	Black/Gold		

Moldmax HH is widely used for injection moulding tools or as cores and inserts in steel moulds. When used in steel mould it effectively cools hot spots, reducing or eliminating the need for cooling channels.

Moldmax HH is available in wrought round and flat section, machined core pins, and welding wire.

Moldmax HH's high thermal conductivity, 3 to 5 times better than steel, ensures uniform, rapid heat removal, minimizing part distortion, warpage, poor replication of detail and similar defects. In many cases it can significantly reduce cycle times, even when used in a steel mould just for selected cores and inserts.



## APPLICATIONS

The special properties of Moldmax HH beryllium copper alloy make it a suitable mould/core/insert material for a wide variety of moulding situations but especially where a combination of high thermal conductivity, corrosion resistance and good polishability are needed.

- Blow moulds: pinch offs, neck rings and handle inserts
- Injection mould: moulds, cores, inserts
- Injection nozzles and manifolds for hot runner systems

## PROPERTIES

### PHYSICAL DATA

Data at room and elevated temperatures.

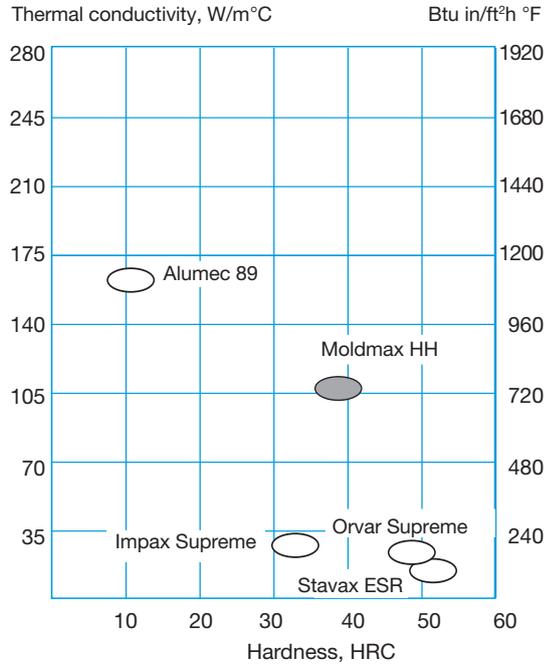
Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	300°C (570°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lb/in <sup>3</sup>	8 350 0.302	8 275 0.299	8 220 0.297
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	131 100 19 x 10 <sup>6</sup>	124 100 19 x 10 <sup>6</sup>	103 400 15 x 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion from °C to 20°C from °F to 68°F	– –	17 x 10 <sup>-6</sup> 9.7 x 10 <sup>-6</sup>	17.8 x 10 <sup>-6</sup> 9.9 x 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m°C Btu in/ft <sup>2</sup> h °F	105 754	145 994	155 1063
Specific heat J/kg°C Btu/lb °F	380 0.091	480 0.114	535 0.128

### TENSILE STRENGTH AT ROOM TEMPERATURE

The tensile values are to be considered as approximate only.

Hardness	40 HRC
Tensile strength, R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup> psi	1 280 185 000
Yield strength, R <sub>c0,2</sub> N/mm <sup>2</sup> psi	1 070 155 000
Elongation, A <sub>5</sub> %	6

### RELATION BETWEEN STRENGTH AND HEAT CONDUCTIVITY FOR DIFFERENT MOULD MATERIAL



*Note:* Increasing alloying content gives a higher strength, but a lower thermal conductivity. However, this is only valid when comparing material within one material group i.e. steel must be compared with steel and copper with copper alloys.

### HEAT TREATMENT

Moldmax HH is delivered in the heat treated condition—additional heat treatment is not normally required.



Cap die.

### MACHINING

Moldmax HH has a good machinability and can be machined with conventional cutting tools. Perform machining wet to avoid breathing metal dust.

The cutting data, in following tables, are to be considered as guiding values which must be adapted to existing local conditions.

#### TURNING

Cutting data parameters	Turning with carbide		Turning with high speed steel
	Rough turning	Fine turning	
Cutting speed, $v_c$ m/min f.p.m.	270–300 890–990	300–370 990–1220	60–90 200–300
Feed, $f$ mm/rev 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 0.08–0.23	–2 –0.08	–2 –0.08
Carbide designation ISO	K20	K20	–

Use tools with generous positive rake angles

#### MILLING

##### FACE AND SQUARE SHOULDER FACE MILLING

Cutting data parameters	Milling with carbide		Milling with high speed steel
	Rough milling	Fine milling	
Cutting speed, $v_c$ m/min f.p.m.	100–150 330–490	150–200 490–660	45–60 150–200
Feed, $f_z$ mm/tooth in/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 0.08–0.20	–2 –0.08	–2 –0.08
Carbide designation ISO	K20	K20	–

Use tools with positive rake angles when milling with carbide

**END MILLING**

Cutting data parameters	Type of milling		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed, $v_c$ m/min f.p.m.	80–100 260–330	150–200 490–660	45–60 <sup>1)</sup> 150–200
Feed, $f_z$ mm/tooth in/tooth	0.010–0.10 <sup>2)</sup> 0.0004–0.004	0.08–0.20 <sup>2)</sup> 0.003–0.008	0.05–0.35 <sup>2)</sup> 0.002–0.014
Carbide designation ISO	–	K20	–

<sup>1)</sup> For coated HSS end mill an increased cutting speed of ~30% can be used

<sup>2)</sup> Depending on radial depth of cut and cutter diameter

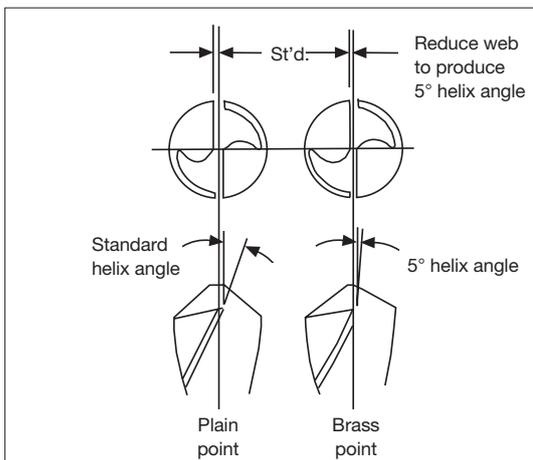
**DRILLING**

**HIGH SPEED STEEL TWIST DRILL**

Drill diameter		Cutting speed $v_c$		Feed	
mm	inch	m/min	f.p.m.	mm/r	i.p.r
–5	–3/16	30–40	100–130	0.03–0.08	0.001–0.003
5–10	3/16–3/8	30–40	100–130	0.08–0.15	0.003–0.006
10–15	3/8–5/8	30–40	100–130	0.15–0.20	0.006–0.008
15–20	5/8–3/4	30–40	100–130	0.20–0.25	0.008–0.010

When drilling holes deeper than 1 x drill diameter use “Peckdrilling” and retract the drill after each 5 mm drilled depth.

Standard HSS drills can be used but for best performance the tip should be altered to a “brass point” according to the figure below.



**THREADING WITH TAP**

When tapping Moldmax HH use taps with straight flutes. Use same kind of taps when tapping blind holes. Suitable cutting speed 6–8 m/min. Use cutting compound or cutting oil.

**GRINDING**

Conventional grinding wheels can be used when grinding Moldmax HH. Surface grinding, use A 54 LV-type of wheels. Cylindrical grinding, use A 60 LV-type of wheels.

All grinding should be done wet to avoid breathing metal dust.

**SURFACE TREATMENTS**

To enhance the surface properties of Moldmax HH, standard treatments can be applied.

Treatment	Benefits
Hard chrome	Wear resistance, corrosion resistance, hardness.
Electroless (chemical) Nickel	Hardness, wear resistance, surface release, corrosion resistance.
Electroless Nickel with Teflon	Hardness, wear resistance, surface release
PVD: Titanium Nitride Chromium Nitride	Superior wear resistance, surface release.

*Note:* Treatment temperature should not exceed 320°C (610°F).

**EDM**

While Moldmax HH’s high thermal conductivity makes it slower to EDM than mould steel, EDM’ing presents no significant problem. Proper ventilation with an effective exhaust system is essential to prevent fumes in the air.

## WELDING

Moldmax HH can easily be welded if good care is taken and good welding practices are followed. The area to be welded should be thoroughly cleaned with a degreasing solvent. The always present oxidized layer should be removed using aggressive brushing, sand blasting or acid pickling immediately prior to the welding.

For best results TIG (GTAW) or MIG (GMAW) is recommended. Suitable welding consumables are available for welding Moldmax HH.

The weld and the surrounding area will show a lower hardness. If the strength of the weld is crucial, the whole part needs to be re-heat treated including solution annealing, quenching and age-hardening. After such a treatment the weld will have the same strength as the base material.

For more information, contact your local Uddeholm office.

*Welding operations should be carried out using properly designed local exhaust ventilation to draw all fumes away from the operator and through an appropriate filter before venting out-side of the work area.*

## POLISHING

Moldmax HH has very good polishability and highly glossy surfaces are readily achievable. The following steps can serve as guidelines:

1. After grinding, pre-polish using successively finer grit stones ending with a 600 grit.
2. Polish with diamond paste grade 15 to obtain a dull satin looking surface.
3. Polish with a grade 6 diamond paste.
4. Polish with a grade 3 diamond paste.
5. If necessary, hand finish with a #1 grade diamond paste.

As in all polishing, work thoroughness and cleanliness are of utmost importance. In order to avoid overpolishing, or “orange peel” effect, do not polish longer than necessary to achieve an even looking surface.

## SAFE HANDLING

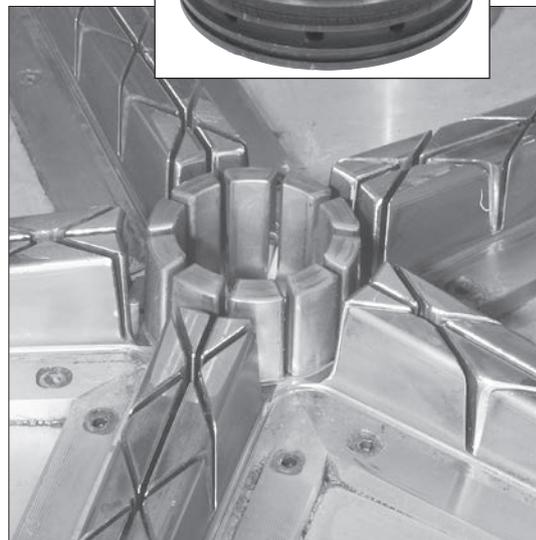
Moldmax HH is a copper-alloy with a content of ~2% Beryllium.

Make sure, during the machining of Moldmax HH, to avoid breathing metal dust fume or mist. Perform machining, grinding and polishing wet when possible. If dry operation is needed use ventilation to capture the dust.

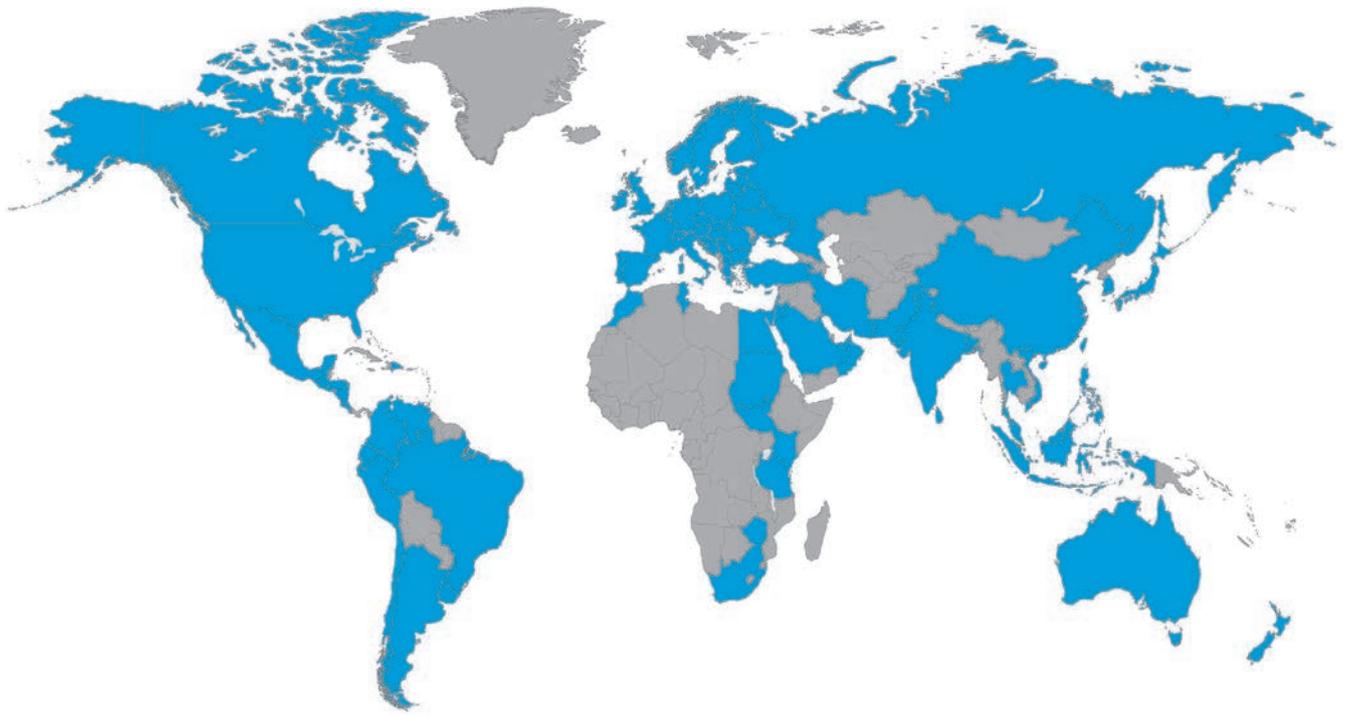
Further information can be found in our “Material Safety Data Sheets”.

## FURTHER INFORMATION

Contact your local Uddeholm office for additional information on selection, heat treatment, application and availability of Uddeholm tooling material.



*Chair mould.*



## **NETWORK OF EXCELLENCE**

Uddeholm is present on every continent. This ensures you high-quality Swedish tool steel and local support wherever you are. We secure our position as the world's leading supplier of tooling materials.

Uddeholm is the world's leading supplier of tooling materials. This is a position we have reached by improving our customers' everyday business. Long tradition combined with research and product development equips Uddeholm to solve any tooling problem that may arise. It is a challenging process, but the goal is clear – to be your number one partner and tool steel provider.

Our presence on every continent guarantees you the same high quality wherever you are. We secure our position as the world's leading supplier of tooling materials. We act worldwide. For us it is all a matter of trust – in long-term partnerships as well as in developing new products.

For more information, please visit [www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com)

# Uddeholm

# Orvar<sup>®</sup> Supreme

## Uddeholm Orvar® Supreme

Uddeholm Orvar Supreme can be regarded as an “all-round” steel used in several application areas. Except for hot work application areas the steel is also used in moulds for plastics and as a material in high stressed axles.

The high degree of purity and the very fine structure shows improvement in dies and components where high mechanical and thermal stresses are involved.

Uddeholm Orvar Supreme is produced using the Electro-Slag-Refining (ESR) technique. The ESR process gives Orvar Supreme a high level of homogeneity and cleanliness which results in a high performance hot work tool steel of the highest quality.

© UDDEHOLMS AB

No part of this publication may be reproduced or transmitted for commercial purposes without permission of the copyright holder.

---

This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our products and their uses. It should not therefore be construed as a warranty of specific properties of the products described or a warranty for fitness for a particular purpose.

Classified according to EU Directive 1999/45/EC  
For further information see our “Material Safety Data Sheets”.

Edition 12, 04.2021



## GENERAL

Uddeholm Orvar supreme is a Superior type ESR AISI H13 which fits in the NADCA#207, Grade B band. It is a chromium-molybdenum-vanadium-alloyed steel characterized by:

- High level of resistance to thermal shock and thermal fatigue
- Good high-temperature strength
- Uddeholm Orvar Supreme is rated to the higher level of cleanliness in NADCA#207 for Superior ESR AISI H13, Grade B.
- Excellent toughness and ductility in all directions
- Uddeholm Orvar Supreme is rated to Min/avg 16J/12ft-lbs in as delivered condition
- Good machinability and polishability
- Excellent through-hardening properties
- Good dimensional stability during hardening

Typical analysis %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0.39	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9
Standard specification	Superior AISI H13 per NADCA#207 Grade B					
Delivery condition	Soft annealed to approx. 180 HB					
Colour code	Orange					

## IMPROVED TOOLING PERFORMANCE

The name “Supreme” implies that by special processing techniques and close control, the steel attains high purity and a very fine structure. Further, Uddeholm Orvar Supreme shows significant improvements in isotropic properties compared to conventionally produced AISI H 13 grades.

These improved isotropic properties are particularly valuable for tooling subjected to high mechanical and thermal fatigue stresses, e.g. die casting dies, forging tools and extrusion tooling. In practical terms, tools may be used at somewhat higher working hardnesses (+1 to 2 HRC) without loss of toughness. Since in-creased hardness slows down the formation of heatchecking cracks, improved tool performance can be expected.

Uddeholm Orvar Supreme meets the North American Die Casting Association (NADCA) #207 requirements for Superior high quality H-13 die steel. This requires the steel to have a minimum average toughness of ≥10ft-lbs as tested in soft annealed delivered condition.

However, Uddeholm Orvar Supreme is rated higher in the Min/Avg test by Uddeholm. It exceeds the NADCA#207, Grade B, Min/Avg specification in soft annealed delivered toughness to 16 Joules or 12ft-lbs.

## APPLICATIONS

### TOOLS FOR DIE CASTING

Part	Tin, lead zinc alloys HRC	Aluminium, magnesium alloys, HRC	Copper alloys HRC
Dies	46–50	42–48	(QRO 90 S)
Fixed inserts			
cores	46–52	44–48	(QRO 90 S)
Sprue parts	48–52	46–48	(QRO 90 S)
Nozzles	35–42	42–48	(QRO 90 S)
Ejector pins (nitrided)	46–50	46–50	46–50
Plunger, shot-sleeve (normally nitrided)	42–46	42–48	(QRO 90 S)
Austenitizing temperature	1020–1030°C (1870–1885°F)		1040–1050°C (1900–1920°F)

### TOOLS FOR EXTRUSION

Part	Aluminium, magnesium alloys, HRC	Copper alloys HRC	Stainless steel HRC
Dies	44–50	43–47	45–50
Backers, die-holders, liners, dummy blocks, stems	41–50	40–48	40–48
Austenitizing temperature (approx.)	1020–1030°C (1870–1885°F)		1040–1050°C (1900–1920°F)

### TOOLS FOR HOT PRESSING

Material	Aust. temp. (approx.)	HRC
Aluminium, magnesium	1020–1030°C (1870–1885°F)	44–52
Copper alloys	1040–1050°C (1900–1920°F)	44–52
Steel	1040–1050°C (1900–1920°F)	40–50



### MOULDS FOR PLASTICS

Part	Austenitizing temp.	HRC
Injection moulds Compression/ transfer moulds	1020–1030°C (1870–1885°F)  Tempering 1. ≥ 550°C (1020°F) or 2. 250°C (480°F)	40–52 50–53

### OTHER APPLICATIONS

Application	Austenitizing temp.	HRC
Severe cold punching, scrap shears	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 250°C (480°F)	50–53
Hot shearing	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 1. 250°C (480°F) or 2. 575–600°C (1070–1110°F)	50–53 45–50
Shrink rings (e.g. for cemented carbide dies)	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 575–600°C (1070–1110°F)	45–50
Wear-resisting parts	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 575°C (1070°F) Nitriding	Core 50–52 Surface ~1000HV <sub>1</sub>

## PROPERTIES

All specimens are taken from the centre of a 407 x 127 mm (16" x 5") bar. Unless otherwise is indicated all specimens were hardened 30 minutes at 1025°C (1875°F), quenched in air and tempered 2 + 2 h at 610°C (1130°F). The hardness were 45 ± 1 HRC.

### PHYSICAL DATA

Data at room and elevated temperatures.

Temperature	20°C (68°F)	400°C (750°F)	600°C (1110°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/in <sup>3</sup>	7 800 0.281	7 700 0.277	7 600 0.274
Modulus of elasticity MPa psi	210 000 30.5 x 10 <sup>6</sup>	180 000 26.1 x 10 <sup>6</sup>	140 000 20.3 x 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C °F from 68°F	–	12.6 x 10 <sup>-6</sup> 7.0 x 10 <sup>-6</sup>	13.2 x 10 <sup>-6</sup> 7.3 x 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in/(ft <sup>2</sup> h °F)	25 176	29 204	30 211

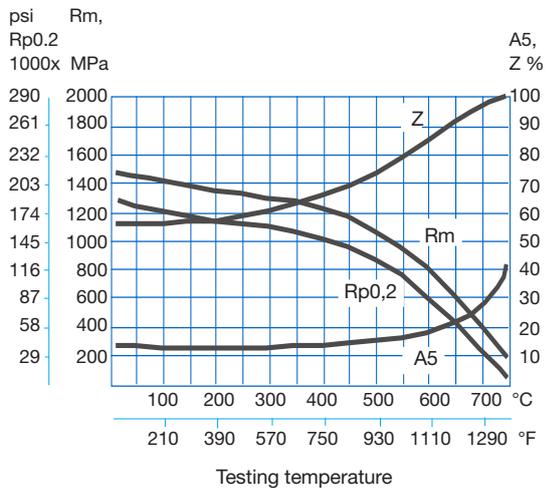
### MECHANICAL PROPERTIES

Approximate tensile strength at room temperature.

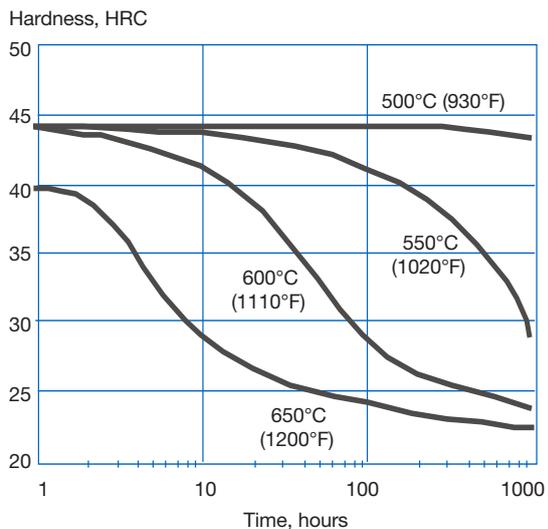
Hardness	52 HRC	45 HRC
Tensile strength Rm	1820 MPa 185 kp/mm <sup>2</sup> 117 tsi 263 000 psi	1420 MPa 145 kp/mm <sup>2</sup> 92 tsi 206 000 psi
Yield strength Rp0.2	1520 MPa 155 kp/mm <sup>2</sup> 98 tsi 220 000 psi	1280 MPa 130 kp/mm <sup>2</sup> 83 tsi 185 000 psi

### APPROXIMATE STRENGTH AT ELEVATED TEMPERATURES

Longitudinal direction.

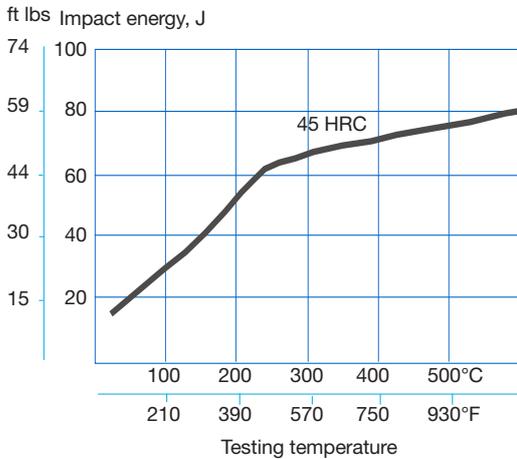


### EFFECT OF TIME AT HIGH TEMPERATURES ON HARDNESS



**EFFECT OF TESTING TEMPERATURE ON IMPACT ENERGY**

Charpy V specimens, short transverse direction.



**STRESS RELIEVING**

After rough machining the tool should be heated through to 650°C (1200°F), holding time 2 hours. Cool slowly to 500°C (930°F), then freely in air.

**HARDENING**

*Pre-heating temperature:* 600–850°C (1110–1560°F), normally in two pre-heating steps.  
*Austenitizing temperature:* 1020–1050°C (1870–1920°F), normally 1020–1030°C (1870–1885°F).

Temperature		Soaking* time minutes	Hardness before tempering
°C	°F		
1025	1875	30	53±2 HRC
1050	1920	15	54±2 HRC

\* Soaking time = time at hardening temperature after the tool is fully heated through

**HEAT TREATMENT – GENERAL RECOMMENDATIONS**

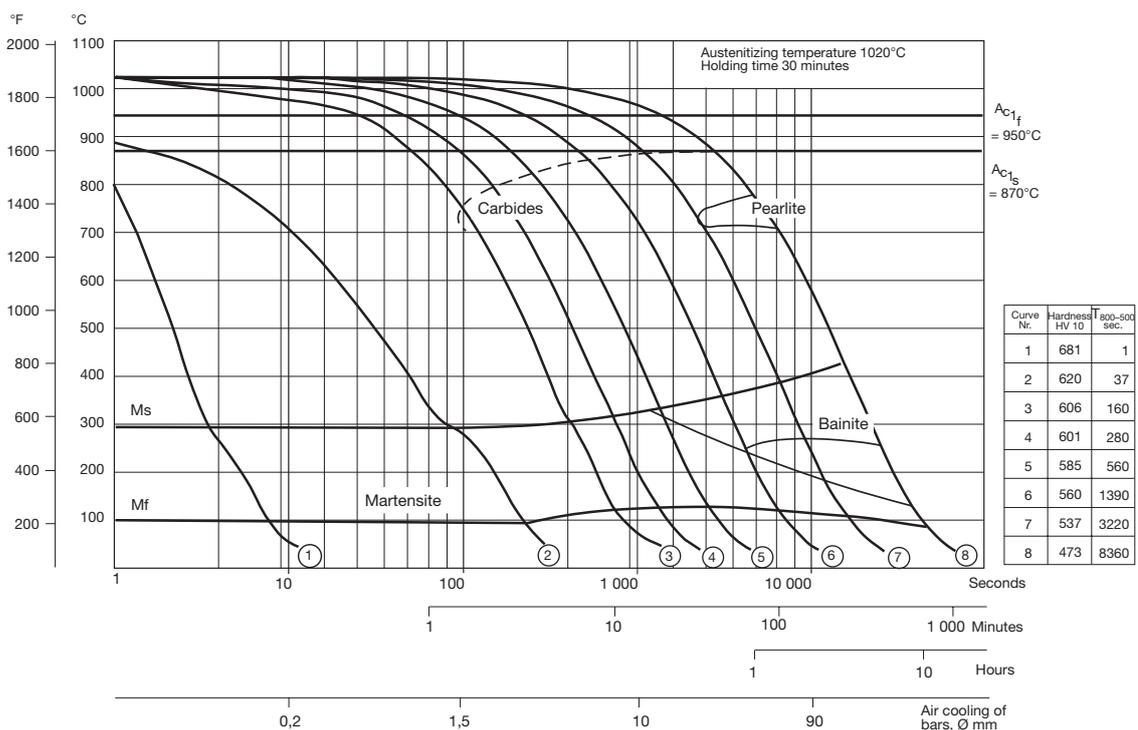
**SOFT ANNEALING**

Protect the steel and heat through to 850°C (1560°F). Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 650°C (1200°F), then freely in air.

*Protect the part against decarburization and oxidation during hardening.*

**CCT GRAPH**

Austenitizing temperature 1020°C (1870°F). Holding time 30 minutes.



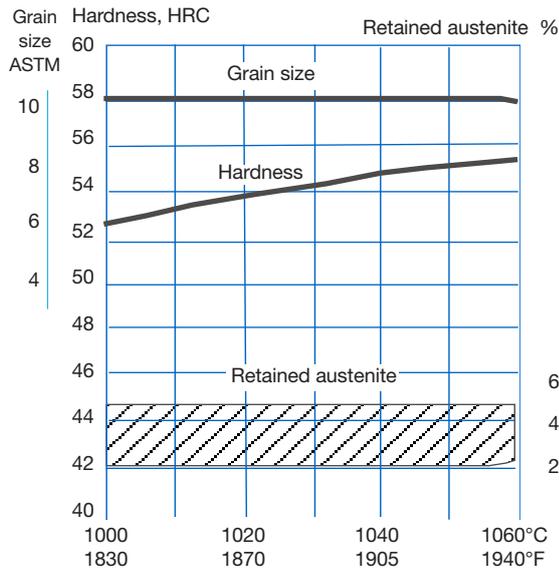
## QUENCHING MEDIA

- High speed gas/circulating atmosphere
- Vacuum (high speed gas with sufficient positive pressure). An interrupted quench is recommended where distortion control and quench cracking are a concern
- Martempering bath or fluidized bed at 450–550°C (840–1020°F), then cool in air
- Martempering bath or fluidized bed at approx. 180–220°C (360–430°F) then cool in air
- Warm oil

*Note 1:* Temper the tool as soon as its temperature reaches 50–70°C (120–160°F).

*Note 2:* In order to obtain the optimum properties for the tool, the cooling rate should be fast, but not at a level that gives excessive distortion or cracks.

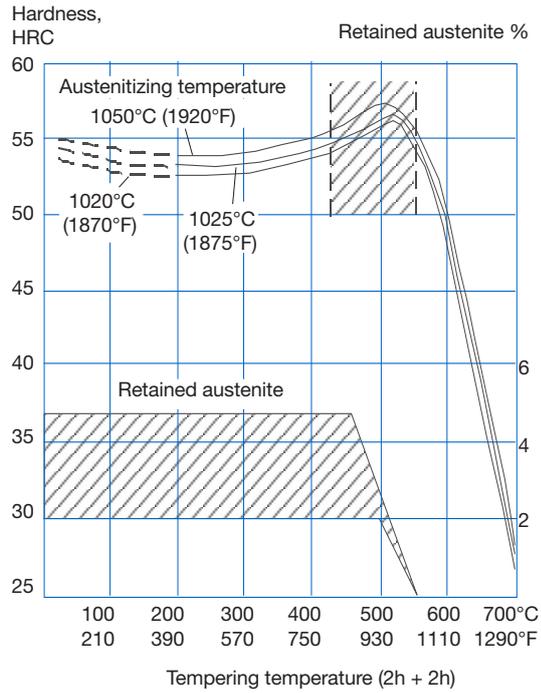
## HARDNESS, GRAIN SIZE AND RETAINED AUSTENITE AS FUNCTIONS OF AUSTENITIZING TEMPERATURE



## TEMPERING

Choose the tempering temperature according to the hardness required by reference to the tempering graph. Temper minimum twice with intermediate cooling to room temperature. Lowest tempering temperature 250°C (480°F). Holding time at temperature minimum 2 h. To avoid “temper brittleness”, do not temper in the range 425–550°C (800–1020°F), see graph.

## TEMPERING GRAPH

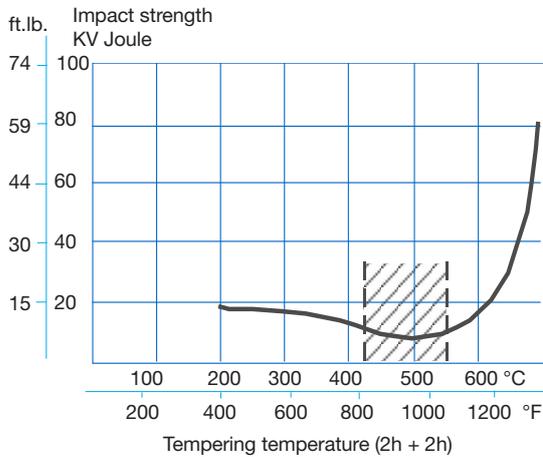


Above tempering curves are obtained after heat treatment of samples with a size of 15 x 15 x 40 mm, cooling in forced air. Lower hardness can be expected after heat treatment of tools and dies due to factors like actual tool size and heat treatment parameters.



**APPROXIMATE IMPACT STRENGTH AT DIFFERENT TEMPERING TEMPERATURES**

Charpy V specimens, short transverse direction.



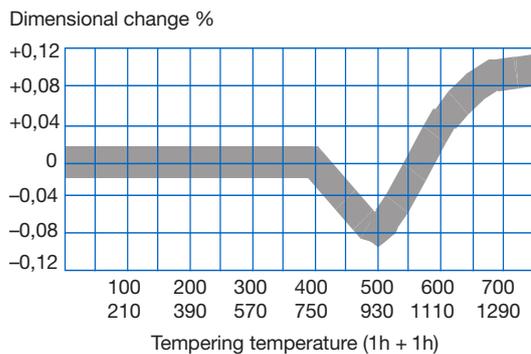
Tempering within the range 425–550°C (800–1020°F) is normally not recommended due to the reduction in toughness properties.

**DIMENSIONAL CHANGES DURING HARDENING**

Sample plate, 100 x 100 x 25 mm, 4" x 4" x 1".

		Width %	Length %	Thickness %
Oil hardened from	Min.	-0.08	-0.06	±0
	Max.	-0.15	-0.16	+0.30
Air hardened from	Min.	-0.02	-0.05	±0
	Max.	+0.03	+0.02	+0.05
Vac hardened from	Min.	+0.01	-0.02	+0.08
	Max.	+0.02	-0.04	+0.12

**DIMENSIONAL CHANGES DURING TEMPERING**



Note: The dimensional changes in hardening and tempering should be added.

**NITRIDING AND NITROCARBURIZING**

Nitriding and nitrocarburizing result in a hard surface layer which is very resistant to wear and erosion. The nitrided layer is, however, brittle and may crack or spall when exposed to mechanical or thermal shock, the risk increasing with layer thickness. Before nitriding, the tool should be hardened and tempered at a temperature at least 25–50°C (45–90°F) above the nitriding temperature.

Nitriding in ammonia gas at 510°C (950°F) or plasma nitriding in a 75% hydrogen/25% nitrogen mixture at 480°C (895°F) both result in a surface hardness of about 1100 HV<sub>0.2</sub>. In general, plasma nitriding is the preferred method because of better control over nitrogen potential; in particular, formation of the so-called white layer, which is not recommended for hot-work service, can readily be avoided. However, careful gas nitriding can give perfectly acceptable results.

Uddeholm Orvar Supreme can also be nitrocarburized in either gas or salt bath. The surface hardness after nitrocarburizing is 900–1000 HV<sub>0.2</sub>.

**DEPTH OF NITRIDING**

Process	Time	Depth	
		mm	inch
Gas nitriding at 510°C (950°F)	10 h	0.12	0.0047
	30 h	0.20	0.0079
Plasma nitriding at 480°C (895°F)	10 h	0.12	0.0047
	30 h	0.18	0.0071
Nitrocarburizing – in gas at 580°C (1075°F) – in salt bath at 580°C (1075°F)	2.5 h	0.11	0.0043
	1 h	0.06	0.0024

Nitriding to case depths >0.3 mm (>0.012 inch) is not recommended for hot work applications. Uddeholm Orvar Supreme can be nitrided in the soft-annealed condition. The hardness and depth of case will, however, be reduced somewhat in this case.

## MACHINING RECOMMENDATIONS

The cutting data below are to be considered as guiding values, which must be adapted to existing local conditions.

More information can be found in the Uddeholm publication "Cutting data recommendation".

### TURNING

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.	200–250 660–820	250–300 820–985	25–30 82–100
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.2–0.4 0.008–0.016	0.05–0.2 0.002–0.008	0.05–0.3 0.002–0.012
Depth of cut ( $a_p$ ) mm inch	2–4 0.08–0.16	0.5–2 0.02–0.08	0.5–2 0.02–0.08
Carbide designation ISO	P20–P30 Coated carbide	P10 Coated carbide or cermet	–

### DRILLING

#### HIGH SPEED STEEL TWIST DRILL

Drill diameter		Cutting speed, $v_c$		Feed, f	
mm	inch	m/min	f.p.m.	mm/r	i.p.r.
– 5	–3/16	16–18*	52–59*	0.05–0.15	0.002–0.006
5–10	3/16–3/8	16–18*	52–59*	0.15–0.20	0.006–0.008
10–15	3/8–5/8	16–18*	52–59*	0.20–0.25	0.008–0.010
15–20	5/8–3/4	16–18*	52–59*	0.25–0.35	0.010–0.014

\* For coated high speed steel drill  $v_c = 28–30$  m/min (92–98 f.p.m.)

#### CARBIDE DRILL

Cutting data parameters	Type of drill		
	Indexable insert	Solid carbide	Carbide tip <sup>1)</sup>
Cutting speed ( $v_c$ ) m/min f.p.m.	220–240 720–785	130–160 425–525	80–110 260–360
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.03–0.12 <sup>2)</sup> 0.001–0.005 <sup>2)</sup>	0.08–0.20 <sup>3)</sup> 0.003–0.008 <sup>3)</sup>	0.15–0.25 <sup>4)</sup> 0.006–0.010 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Drill with replaceable or brazed carbide tip

<sup>2)</sup> Feed rate for drill diameter 20–40 mm (0.8"–1.6")

<sup>3)</sup> Feed rate for drill diameter 5–20 mm (0.2"–0.8")

<sup>4)</sup> Feed rate for drill diameter 10–20 mm (0.4"–0.8")

### MILLING

#### FACE AND SQUARE SHOULDER MILLING

Cutting data parameters	Milling with carbide	
	Rough milling	Fine milling
Cutting speed ( $v_c$ ) m/min f.p.m.	180–260 590–850	260–300 850–985
Feed ( $f_z$ ) mm/tooth inch/tooth	0.2–0.4 0.008–0.016	0.1–0.2 0.004–0.008
Depth of cut ( $a_p$ ) mm inch	2–5 0.08–0.20	–2 –0.08
Carbide designation ISO	P20–P40 Coated carbide	P10–P20 Coated carbide or cermet

#### END MILLING

Cutting data parameters	Type of end mill		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed ( $v_c$ ) m/min f.p.m.	160–200 525–660	170–230 560–755	35–40 <sup>1)</sup> 115–130 <sup>1)</sup>
Feed ( $f_z$ ) mm/tooth inch/tooth	0.03–0.20 <sup>2)</sup> 0.001–0.008 <sup>2)</sup>	0.08–0.20 <sup>2)</sup> 0.003–0.008 <sup>2)</sup>	0.05–0.35 <sup>2)</sup> 0.002–0.014 <sup>2)</sup>
Carbide designation ISO	–	P20, P30	–

<sup>1)</sup> For coated high speed steel end mill  $v_c = 55–60$  m/min (180–195 f.p.m.)

<sup>2)</sup> Depending on radial depth of cut and cutter diameter

### GRINDING

A general grinding wheel recommendation is given below. More information can be found in the Uddeholm brochure "Grinding of Tool Steel" and can also be obtained from the grinding wheel manufacturer.

#### WHEEL RECOMMENDATION

Type of grinding	Soft annealed condition	Hardened condition
Face grinding straight wheel	A 46 HV	A 46 HV
Face grinding segments	A 24 GV	A 36 GV
Cylindrical grinding	A 46 LV	A 60 KV
Internal grinding	A 46 JV	A 60 IV
Profile grinding	A 100 KV	A 120 KV

## WELDING

Welding of tool steel can be performed with good results if proper precautions are taken regarding elevated temperature, joint preparation, choice of consumables and welding procedure.

Welding method	TIG	MMA
Working temperature	325–375°C 620–710°F	325–375°C 620–710°F
Filler metal	QRO 90 TIG-WELD DIEVAR TIG-WELD	QRO 90 WELD
Cooling rate	20–40°C/h (40–70°F/h) the first 2–3 h then freely in air.	
Hardness after welding	50–55 HRC	50–55 HRC
<i>Heat treatment after welding</i>		
Hardened condition	Temper at 10–20°C (20–40°F) below the original tempering temperature.	
Soft annealed condition	Soft-anneal the material at 850°C (1560°F) in protected atmosphere. Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 650°C (1200°F) then freely in air.	

More detailed information can be found in the Uddeholm brochure “Welding of Tool Steel”.

## ELECTRICAL-DISCHARGE MACHINING – EDM

If spark-erosion is performed in the hardened and tempered condition, the white re-cast layer should be removed mechanically e.g. by grinding or stoning. The tool should then be given an additional temper at approx. 25°C (50°F) below the previous tempering temperature.

## HARD-CHROMIUM PLATING

After plating, parts should be tempered at 180°C (360°F) for 4 hours within 4 hours of plating to avoid the risk of hydrogen embrittlement.

## POLISHING

Uddeholm Orvar Supreme has good polishability in the hardened and tempered condition because of a very homogeneous structure. This coupled with a low level of non metallic inclusions, due to ESR process, ensures good surface finish after polishing.

*Note:* Each steel grade has an optimum polishing time which largely depends on hardness and polishing technique. Overpolishing can lead to a poor surface finish, “orange peel” or pitting.

Further information is given in the Uddeholm publication “Polishing of mould steel”.

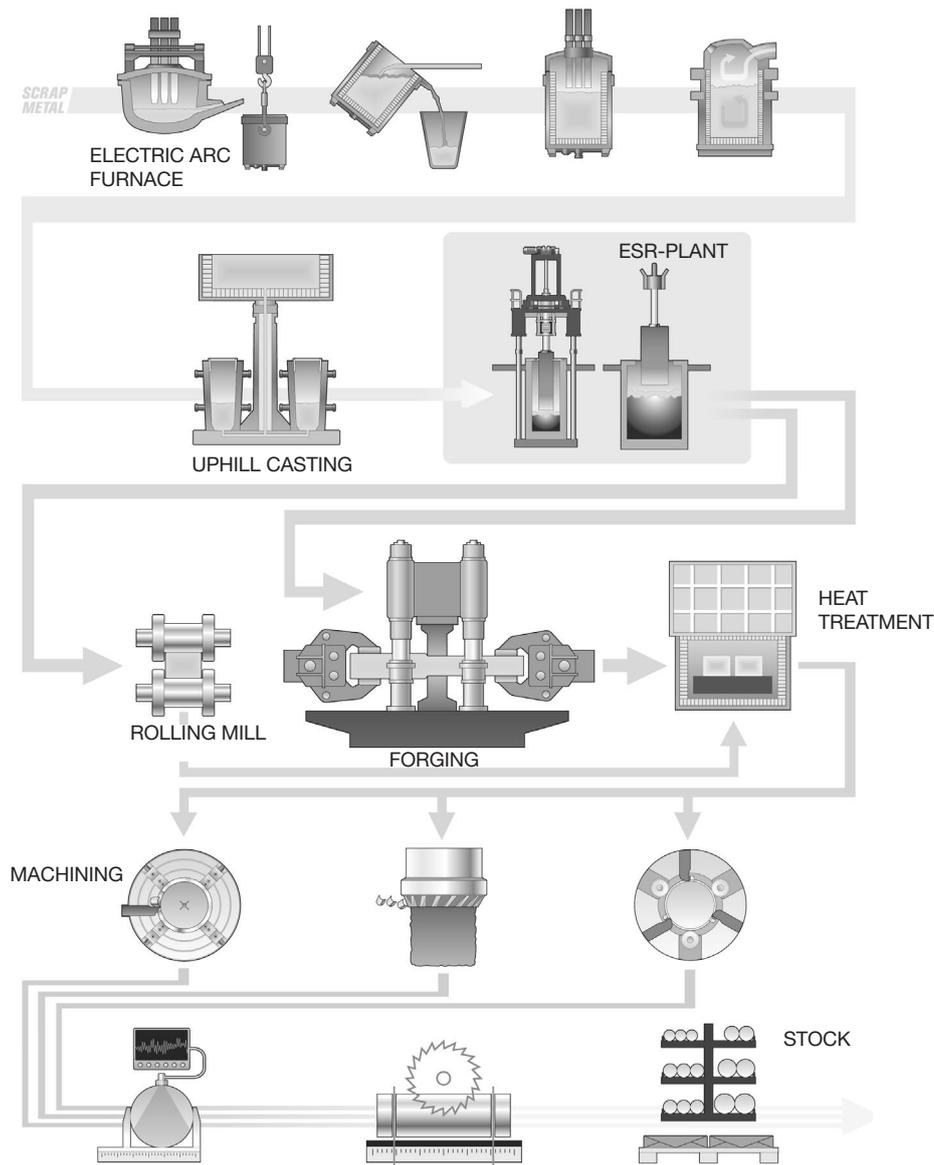
## PHOTO-ETCHING

Uddeholm Orvar Supreme is particularly suitable for texturing by the photo-etching method. Its high level of homogeneity and low sulphur content ensures accurate and consistent pattern reproduction.

## FURTHER INFORMATION

Please contact your local Uddeholm office for further information on the selection, heat treatment, application and availability of Uddeholm tool steel.





## THE ESR TOOL STEEL PROCESS

The starting material for our tool steel is carefully selected from high quality recyclable steel. Together with ferroalloys and slag formers, the recyclable steel is melted in an electric arc furnace. The molten steel is then tapped into a ladle.

The de-slagging unit removes oxygen-rich slag and after the de-oxidation, alloying and heating of the steel bath are carried out in the ladle furnace. Vacuum de-gassing removes elements such as hydrogen, nitrogen and sulphur.

### ESR PLANT

In uphill casting the prepared moulds are filled with a controlled flow of molten steel from the ladle. From this, the steel can go directly to our rolling mill or to the forging press, but also to our ESR furnace where our most sophisticated steel grades are melted once again in an electro slag remelting process. This is done by melting a consumable electrode immersed in an overheated slag bath. Controlled solidification in the steel bath results in an ingot of high homogeneity, thereby removing macro segregation. Melting under a protective atmosphere gives an even better steel cleanliness.

### HOT WORKING

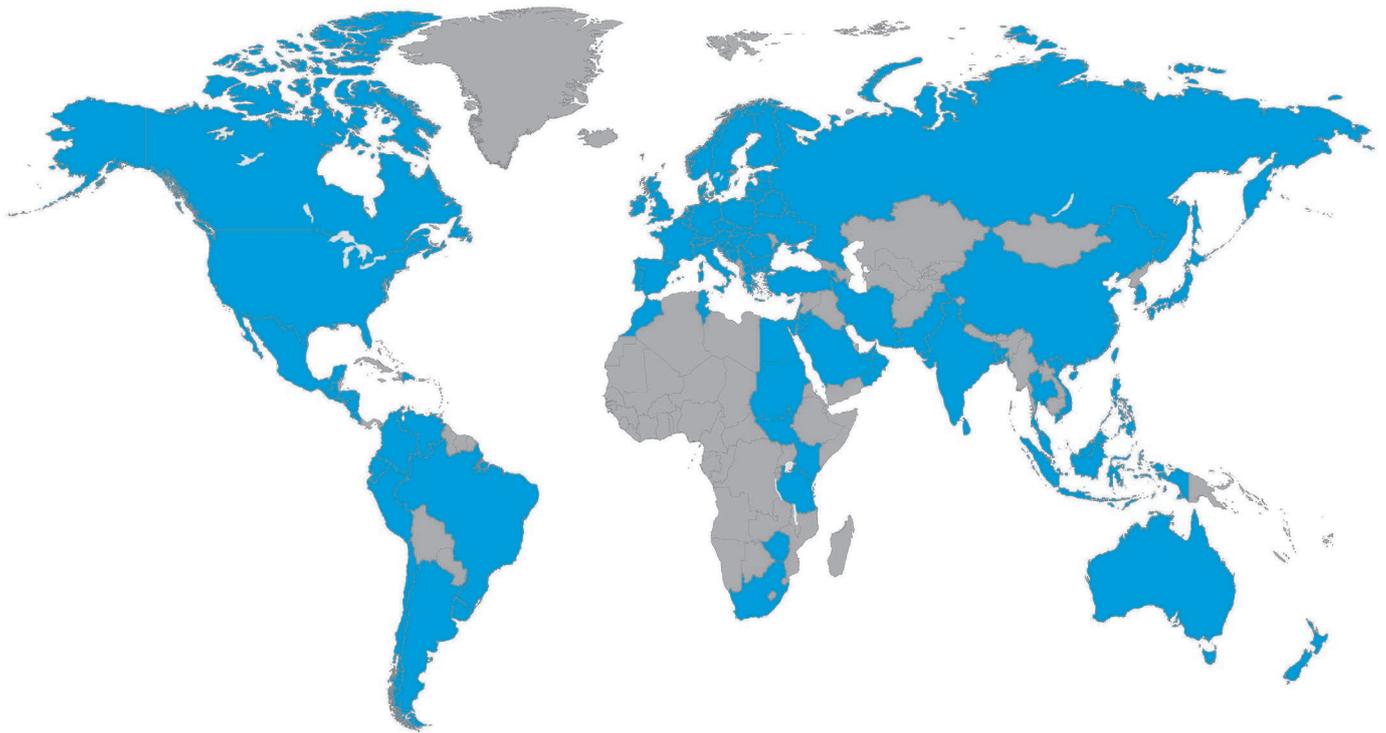
From the ESR plant, the steel goes to the rolling mill or to our forging press to be formed into round or flat bars.

Prior to delivery all of the different bar materials are subjected to a heat treatment operation, either as soft annealing or hardening and tempering. These operations provide the steel with the right balance between hardness and toughness.

### MACHINING

Before the material is finished and put into stock, we also rough machine the bar profiles to required size and exact tolerances. In the lathe machining of large dimensions, the steel bar rotates against a stationary cutting tool. In peeling of smaller dimensions, the cutting tools revolve around the bar.

To safeguard our quality and guarantee the integrity of the tool steel we perform both surface- and ultrasonic inspections on all bars. We then remove the bar ends and any defects found during the inspection.



## **NETWORK OF EXCELLENCE**

Uddeholm is present on every continent. This ensures you high-quality Swedish tool steel and local support wherever you are. Our goal is clear – to be your number one partner and tool steel provider.

Uddeholm is the world's leading supplier of tooling materials. This is a position we have reached by improving our customers' everyday business. Long tradition combined with research and product development equips Uddeholm to solve any tooling problem that may arise. It is a challenging process, but the goal is clear – to be your number one partner and tool steel provider.

Our presence on every continent guarantees you the same high quality wherever you are. We act worldwide. For us it is all a matter of trust – in long-term partnerships as well as in developing new products.

For more information, please visit [www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com)



## W 1.2312

### W 1.2312: A prehardened mold steel (300 HB/32 HRC) with improved machinability

#### Material properties

Prehardened Cr-Mn-Mo steel designed for plastic mold industry, with a specific sulfur addition to improve machinability. Compared to 1.2311 grade, 30% increase in milling speed and 300% increase in drilling speed can be expected.

#### For which tools, for which plastics

Plastic injection mould cores and cavities, extrusion dies for thermoplastics (PE, PP, PS), thermosetting plastics, transparent melts. Not suitable for polishing requirements.

### PROPERTIES

#### ACCORDING TO STANDARD

> AFNOR	40 CMD8S
> SYMBOL	40 CrMnMoS 8-6
> WERKSTOFF	1.2312
> AISI	≈ P20+S

#### CHEMICAL ANALYSIS

Typical values (weight%)

C	S	P max	Si	Mn	Cr	Mo
0.4	0.060	0.012	0.3	1.5	1.9	0.2

#### MECHANICAL PROPERTIES

1.2312 is delivered **quenched and double tempered to 280 - 325 HB (29 - 34 HRC)**.

Hardness	Rp 0.2 Yield Strength		Rm Tensile strength		Elongation	Reduction of area	KCV 20°C	Elastic modulus	
HB	MPa	ksi	MPa	ksi	%	Z%	J	GPa	ksi
300	850	123	960	139	10	45	20	205	29733

Typical values

#### PHYSICAL PROPERTIES

Thermal conductivity W.m-1.K-1	Thermal expansion Coefficient (10-6.K-1)				
20°C	20-100°C	20-200°C	20-300°C	20-400°C	Specific heat J/kg.°C
34	11.5	11.6	12.5	12.8	470

Typical values

## PROPERTIES

### METALLURGICAL PROPERTIES

W1.2312 has an excellent hardenability resulting in good uniformity of hardness and microstructure.

#### Internal soundness

All plates are ultrasonically tested according to EN 10160 S3 E4.

#### Grain size

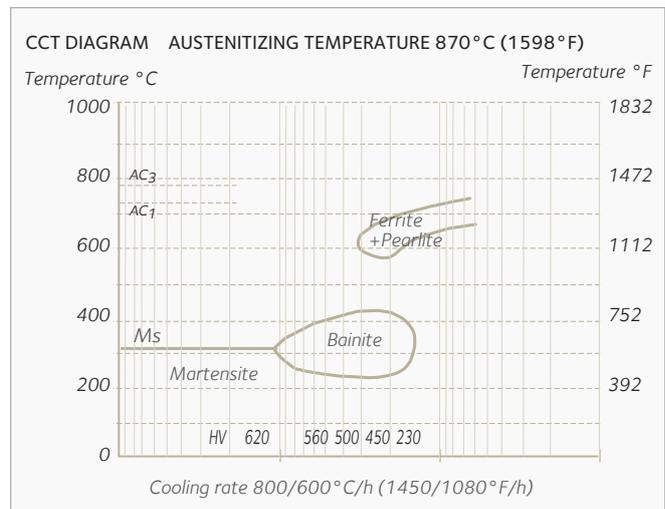
Uniform 7/8 grain size according to ASTM E112.



Homogeneous tempered bainite/martensite in prehardened condition (300 HB/32 HRC) Manganese sulfide inclusions (x 500).

### Metallurgical transformation points

AC <sub>1</sub>	AC <sub>3</sub>	M <sub>s</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
733°C 1351°F	780°C 1436°F	320°C 608°F	1000°C/h 1830°F/h	300°C/h 540°F/h



## PLATE PROCESSING

### HEAT TREATMENT

For specific applications where mechanical properties higher than 300HB are required, hardening can be performed in the following way:

- > heating (about 850°C - 1562°F) with a sufficient holding time (1 hour/inch)
- > water, oil or air quenching depending on thickness (see C.C.T diagram)
- > the tempering temperature controls the mechanical characteristics

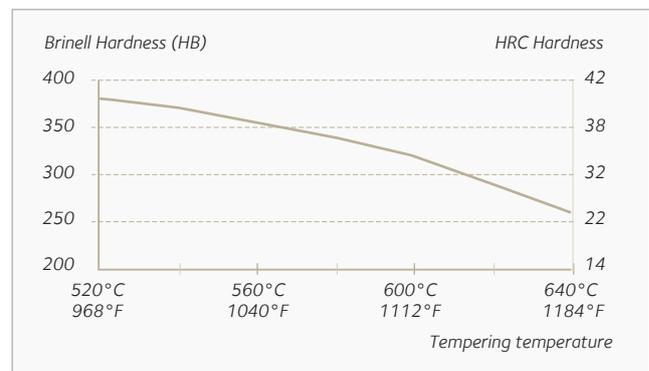
The following instructions must be followed to obtain an efficient tempering:

- > Uniform heating at the selected tempering temperature (see tempering curve)
- > Holding time of one hour per inch of total thickness
- > Double tempering with complete cooling to room temperature for each treatment

### Tempering curve

Test conditions:

- > austenitization 870°C (1598°F)
- > tempering/holding time 1h
- > air cooling



Note that complicated shapes require accurate control of steel temperature uniformity and sufficient holding

## PLATE PROCESSING

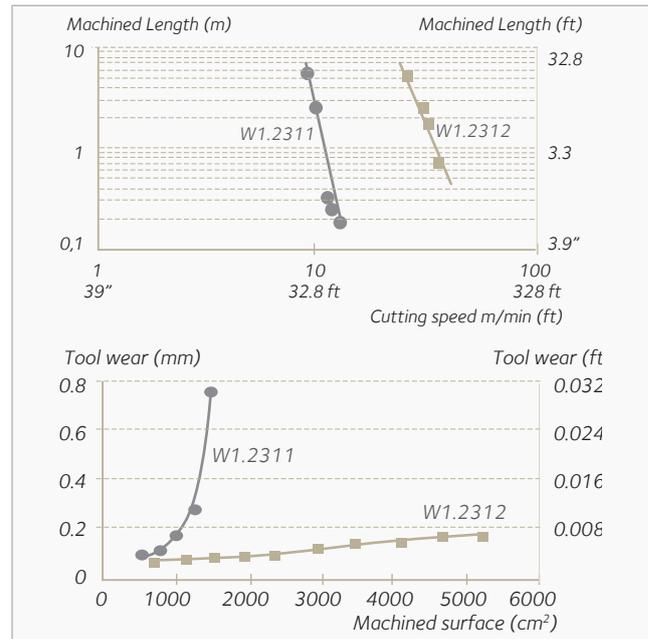
### MACHINING

W1.2312 grade shows high performance in drilling and in milling using high speed steel or carbide tools. The machinability of W1.2312 is increased (compared to W1.2311) by a controlled sulfur addition which aims at:

- > 500% increase in milling tool life (at constant cutting speed)
- > 300% increase in drilling speed
- > 30% increase in milling speed

Cutting conditions (cutting speed, feed rate...) depend on the tool, but those of 1.2311 could be applied taking into account:

- > 30% increase in milling speed with carbide inserts
- > 300% increase in drilling speed with high speed steel tools.



### WELDING

Welding of W1.2312 requires exceptional care due to the high sulfur level. High pre/postheating temperature should be used (350°C – 660°F) to avoid cold cracking.

## DELIVERY CONDITIONS

### DIMENSIONAL PROGRAM

Thickness	Width
7 - 120 mm (. 27" - 4.7")	1000 - 2500 mm (39 - 98.4")
120 - 610 mm (4.7" - 24")	1000 - 2100 mm (39" - 78.7")

## YOUR CONTACTS

**Perrine Lavalley**

Tel. +33 3 85 80 52 56

[perrine.lavalley@arcelormittal.com](mailto:perrine.lavalley@arcelormittal.com)

<https://industeel.arcelormittal.com>

**Industeel France**

Le Creusot Plant

56 rue Clemenceau

F - 71 201 Le Creusot Cedex

*Technical data and information are to the best of our knowledge at the time of printing. However, they may be subject to some slight variations due to our ongoing research programme on steels. Therefore, we suggest that information be verified at time of enquiry or order. Furthermore, in service, real conditions are specific for each application. The data presented here are only for the purpose of description, and considered as guarantees when written formal approval has been delivered by our company. Further information may be obtained from the address opposite.*

## 1.1730

**Material no.:** 1.1730

**Abbreviated DIN name:** C 45 U

**Chemical analysis (%):**

C	Si	Mn			
0,45	0,3	0,7			

**HASCO colour code:** white

**Hardness when supplied:** annealed to max. 190 HB (~ 650 N/mm<sup>2</sup>)

### Characteristics

#### Material properties:

Unalloyed mould steel, readily machinable, surface hardenable.

#### Uses:

In mould and apparatus construction where unhardened parts are used, e.g. mould frames and add-on parts.

This material is normally used in its supplied condition.

### Physical properties

**Thermal expansion coefficient** (10<sup>-6</sup>·m)/(m·K)

100	200	300	400	500	600	700	°C
11,0	12,0	13,0	13,5	14,0	14,2		

**Thermal conductivity** W/(m·K)

20	350	700	°C
50			

For parts subjected to higher stresses, we recommend our case-hardening and heat-treatable steel types as well as our fully hardened steel.

### Remarks

**Polishing:** Not usual.

**Graining:** Not usual.

**Nitriding:** Not usual.

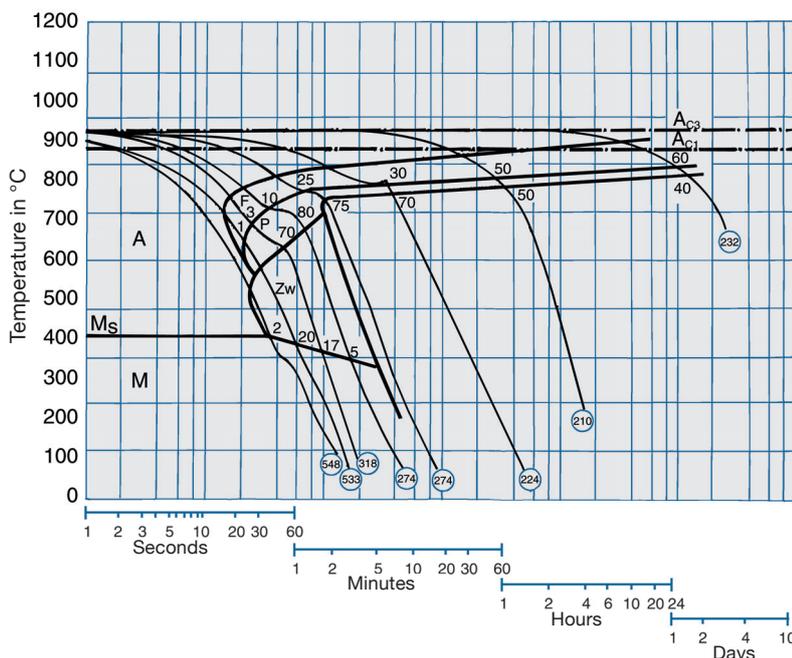
**Hardening:** Hardening is fundamentally not usual because the risk of stress cracking and hardness distortion is very large. Should a hardening treatment be necessary in exceptional cases, the figures from the time-temperature conversion and tempering charts should be consulted. The most suitable heat treatment for the relevant work piece should be fixed by the hardening shop.

The specified hardness should be prescribed by the hardening shop and checked on delivery.

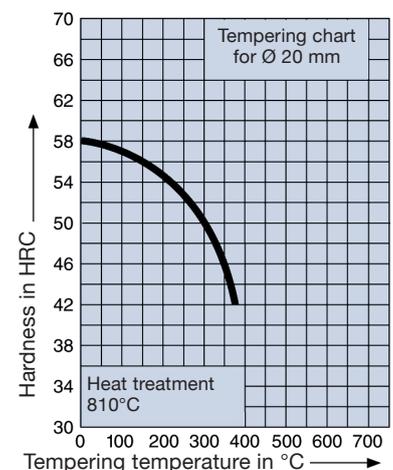
**Soft annealing:** 680°C – 710°C, approx. 3 h

**Stress-relief annealing:** To eliminate residual stress after coarse machining at approx. 620°C, approx. 4 h with slow furnace cooling.

### Time-temperature conversion chart



### Tempering chart

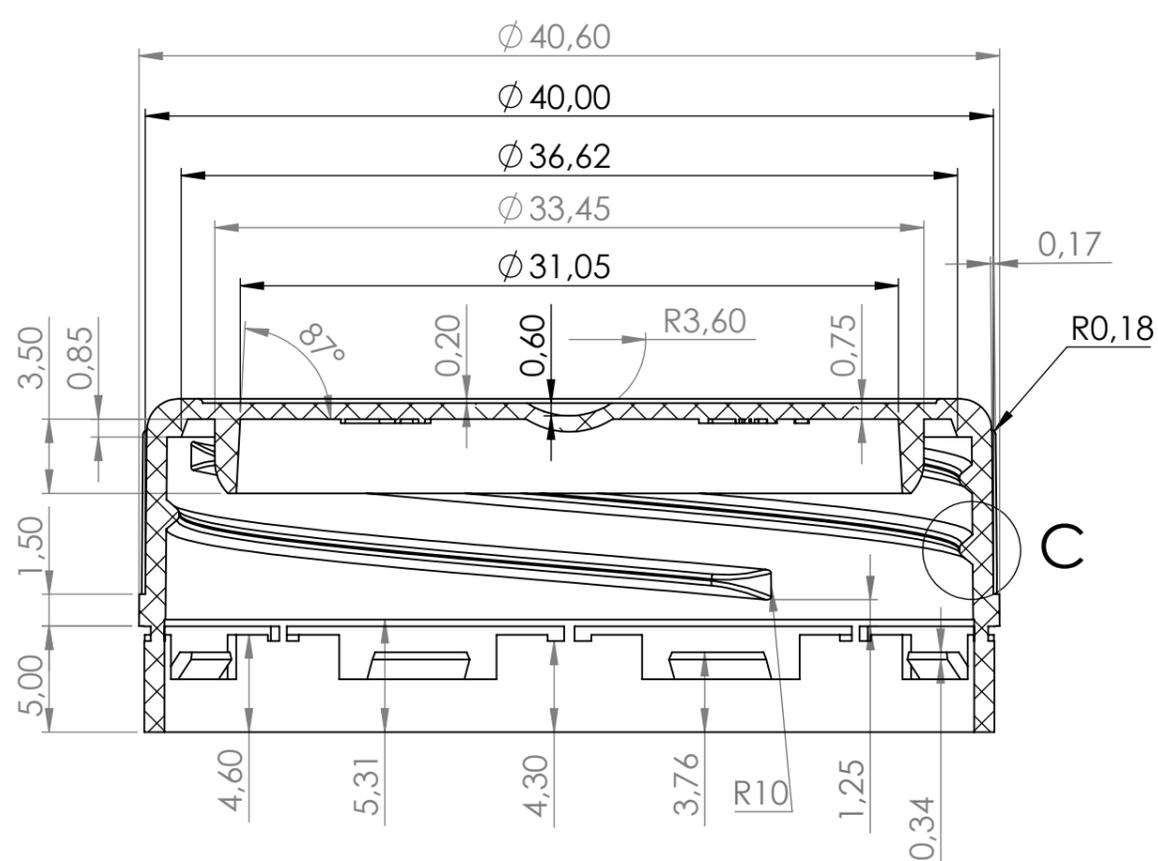




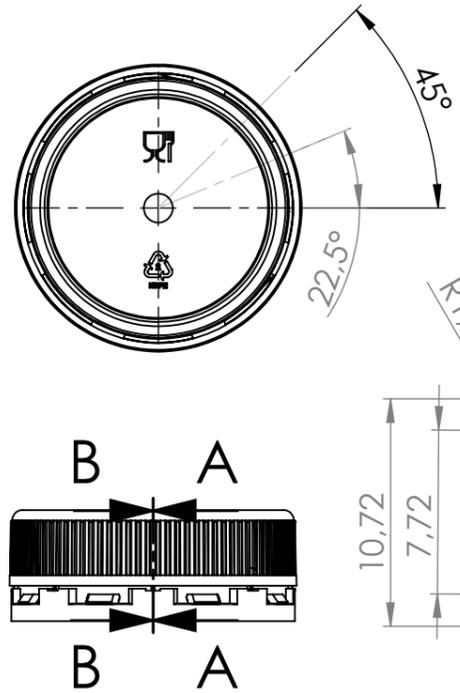
TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	<b>DOCUMENTO N°4 – PLANOS</b>

## Tabla de contenido

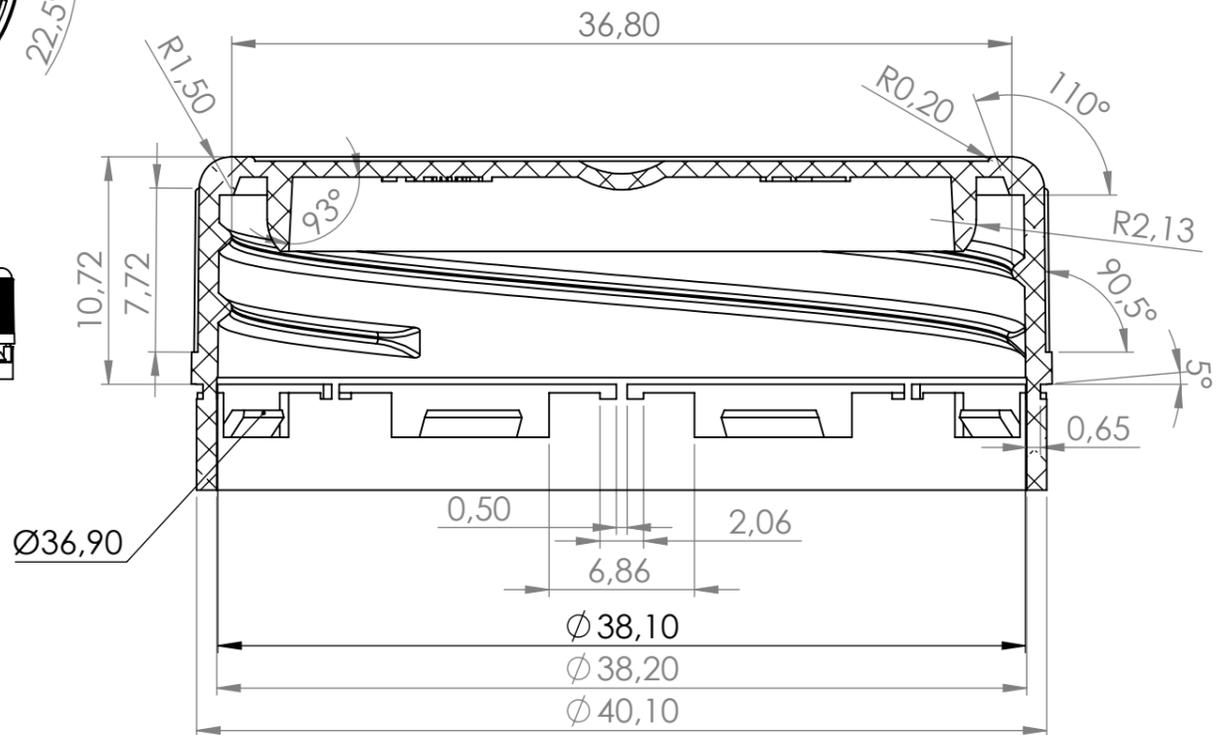
0. Dimensiones del tapón roscado con precinto .....	2
1. Vista seccionada del molde completo .....	3
1.1. Conjunto cámara caliente.....	4
1.1.1. Sobreplato de la cámara caliente.....	5
1.1.2. Disco centrador .....	6
1.1.3. Plato cámara .....	7
1.2. Conjunto plato hembra.....	8
1.2.1. Plato hembra.....	9
1.2.2. Postizos para la hembra.....	10
1.3. Conjunto plato macho .....	11
1.3.1. Plato macho .....	12
1.3.3. Casquillo guía para la camisa.....	13
1.3.4. Sufridera.....	14
1.3.6. Regles.....	15
1.3.7. Placa expulsora portacamisas.....	16
1.3.8. Placa expulsora camisas .....	17
1.3.9. Placa de fijación de los machos .....	18
1.3.10. Sobreplato del macho .....	19
1.3.13. Recuperador .....	20
1.3.14. Camisa expulsora .....	21
1.3.18. Tope calzo .....	22
1.3.20. Macho interior .....	23
1.3.21. Tapeta postizo macho.....	24
1.3.24. Corredera.....	25
1.4. Placa de seguridad de apertura.....	26



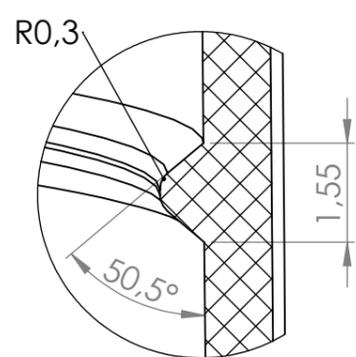
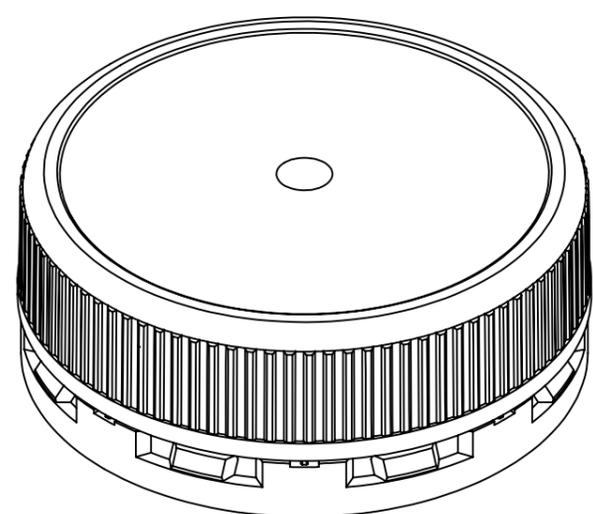
SECCIÓN A-A  
ESCALA 3 : 1



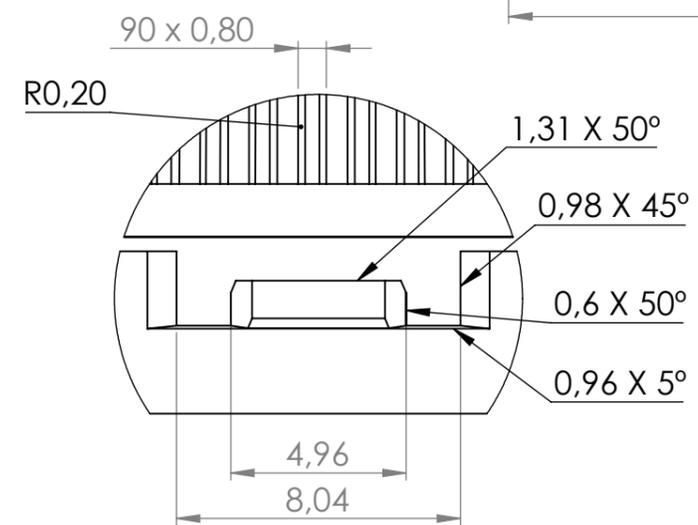
SECCIÓN B-B  
ESCALA 3 : 1



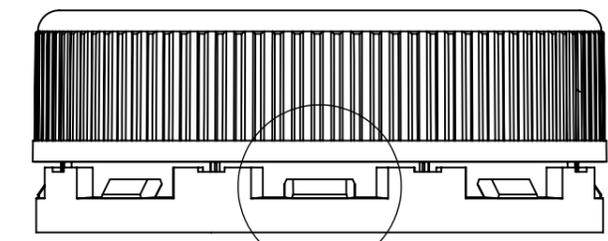
La **rosca** dispone de tres cuerdas de paso 10 mm, empezando cada una a 120° respecto de la otra y girando once decimotavos de revolución.



DETALLE C  
ESCALA 10 : 1

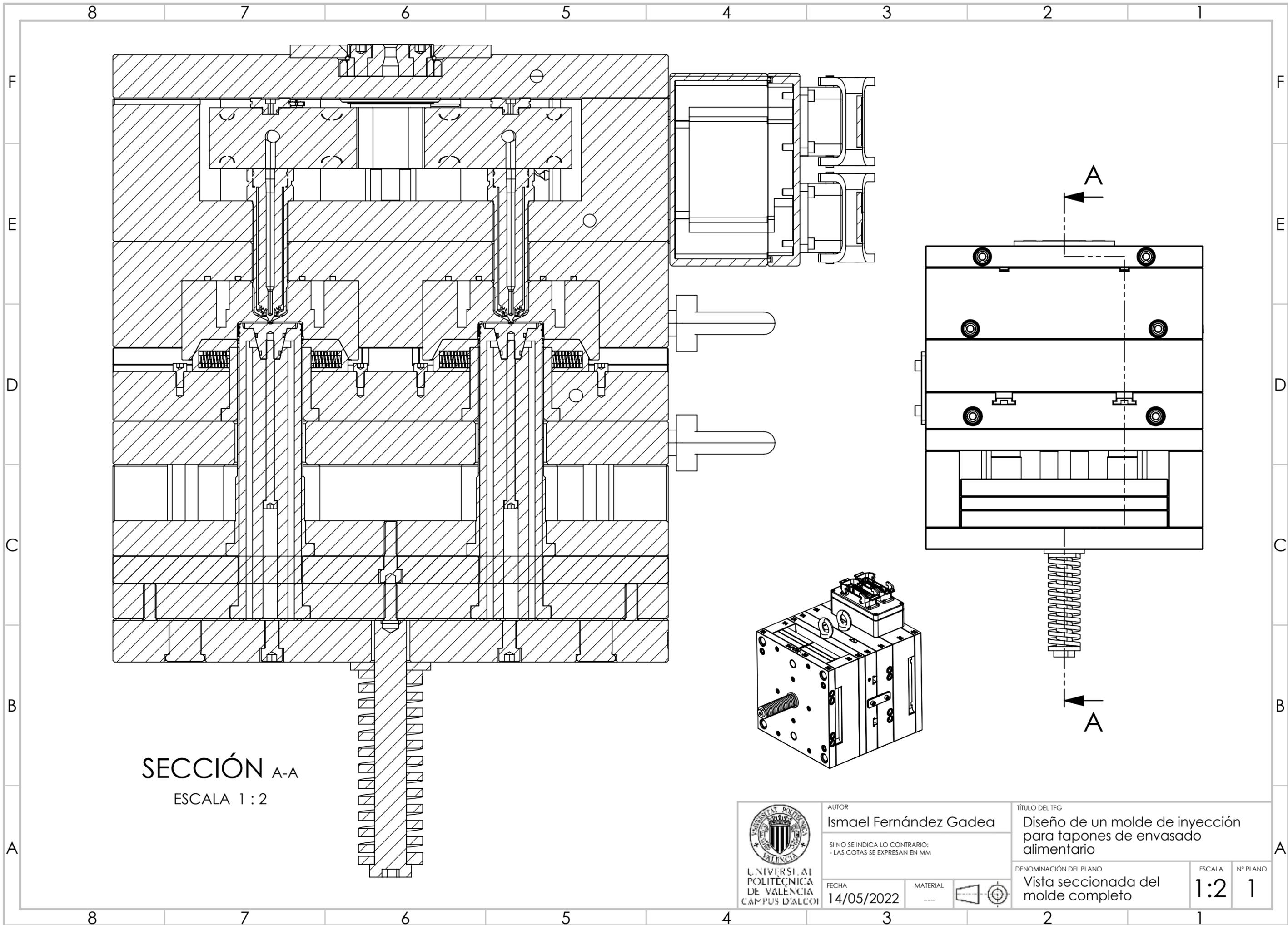


DETALLE P  
ESCALA 5 : 1



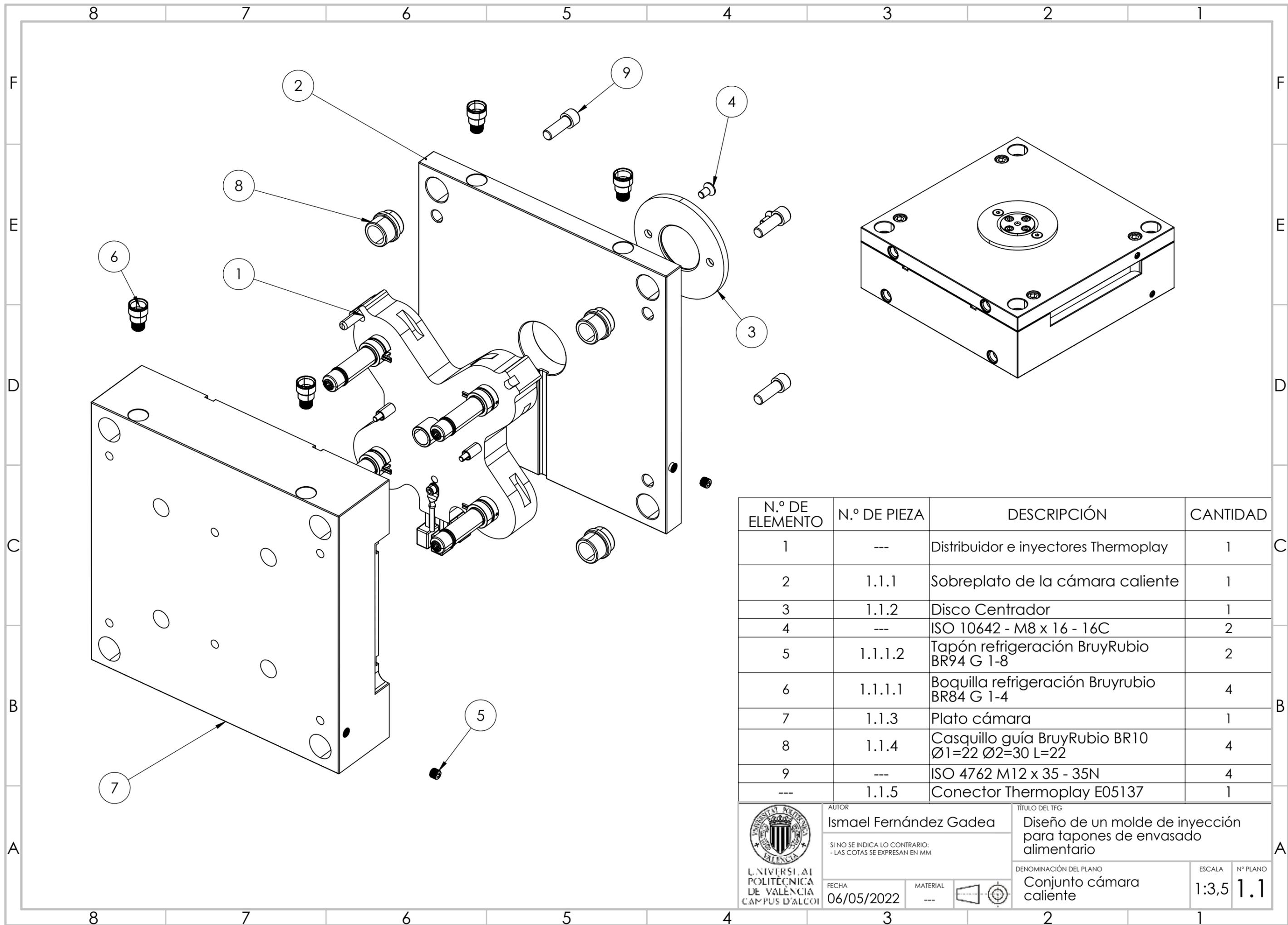
P  
ESCALA 2:1

	AUTOR Ismael Fernández Gadea	TÍTULO DEL TFG Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario
	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS SEGÚN LA NORMA DIN 16 901 - ACABADO REFINADO INDUSTRIAL	DENOMINACIÓN DEL PLANO Dimensiones del tapón roscado con precinto
FECHA 11/02/2022	MATERIAL HDPE	ESCALA 1:1
		Nº PLANO 0



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:2

<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	<p>AUTOR Ismael Fernández Gadea</p>	<p>TÍTULO DEL TFG Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</p>	
	<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM</p>	<p>FECHA 14/05/2022</p>	<p>MATERIAL ---</p>
		<p>ESCALA 1:2</p>	<p>Nº PLANO 1</p>

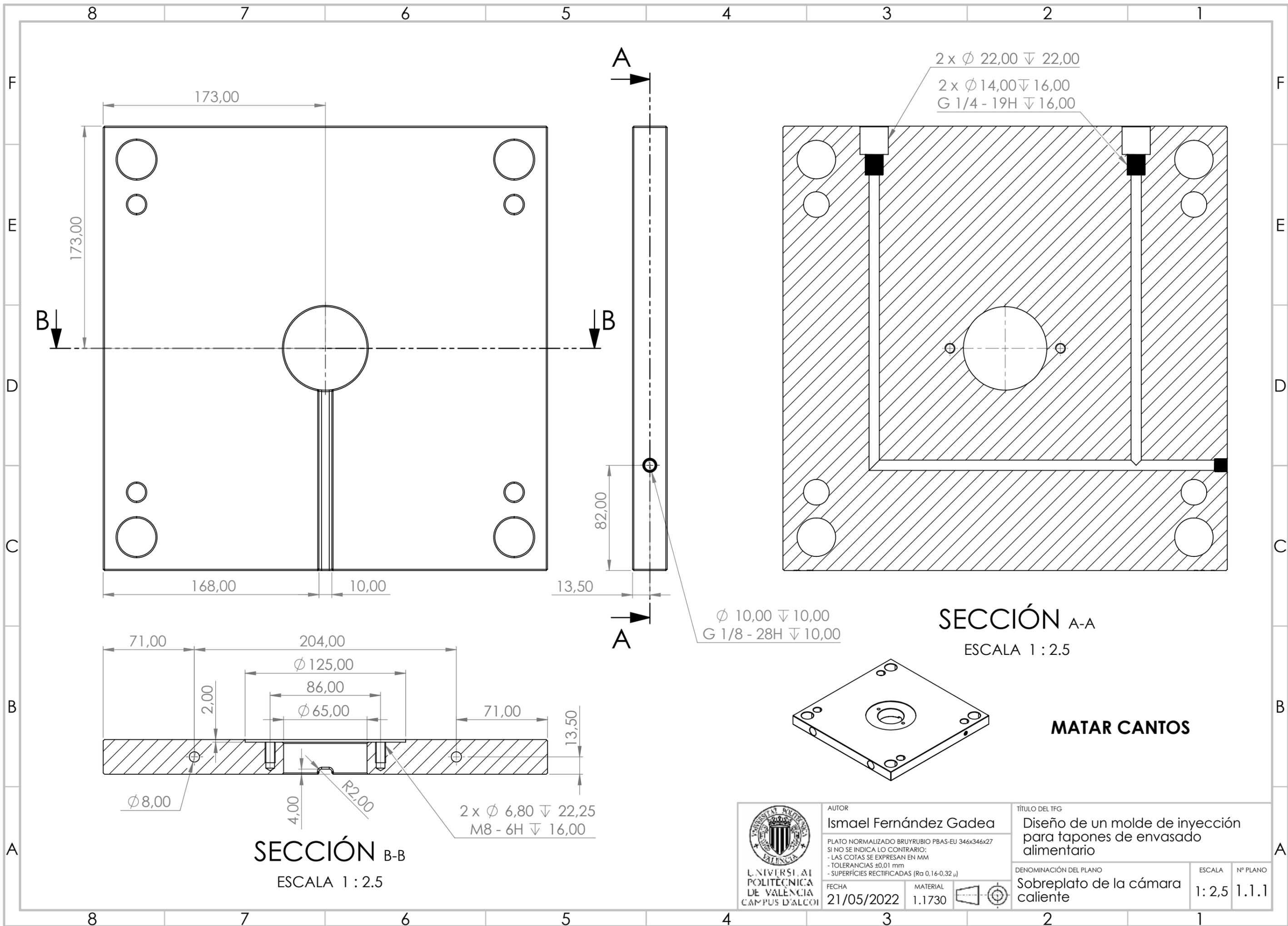


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	---	Distribuidor e inyectores Thermoplay	1
2	1.1.1	Sobreplato de la cámara caliente	1
3	1.1.2	Disco Centrador	1
4	---	ISO 10642 - M8 x 16 - 16C	2
5	1.1.1.2	Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G 1-8	2
6	1.1.1.1	Boquilla refrigeración Bruyrubio BR84 G 1-4	4
7	1.1.3	Plato cámara	1
8	1.1.4	Casquillo guía BruyRubio BR10 Ø1=22 Ø2=30 L=22	4
9	---	ISO 4762 M12 x 35 - 35N	4
---	1.1.5	Conector Thermoplay E05137	1



AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**  
 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 FECHA  
**06/05/2022**  
 MATERIAL  
 ---

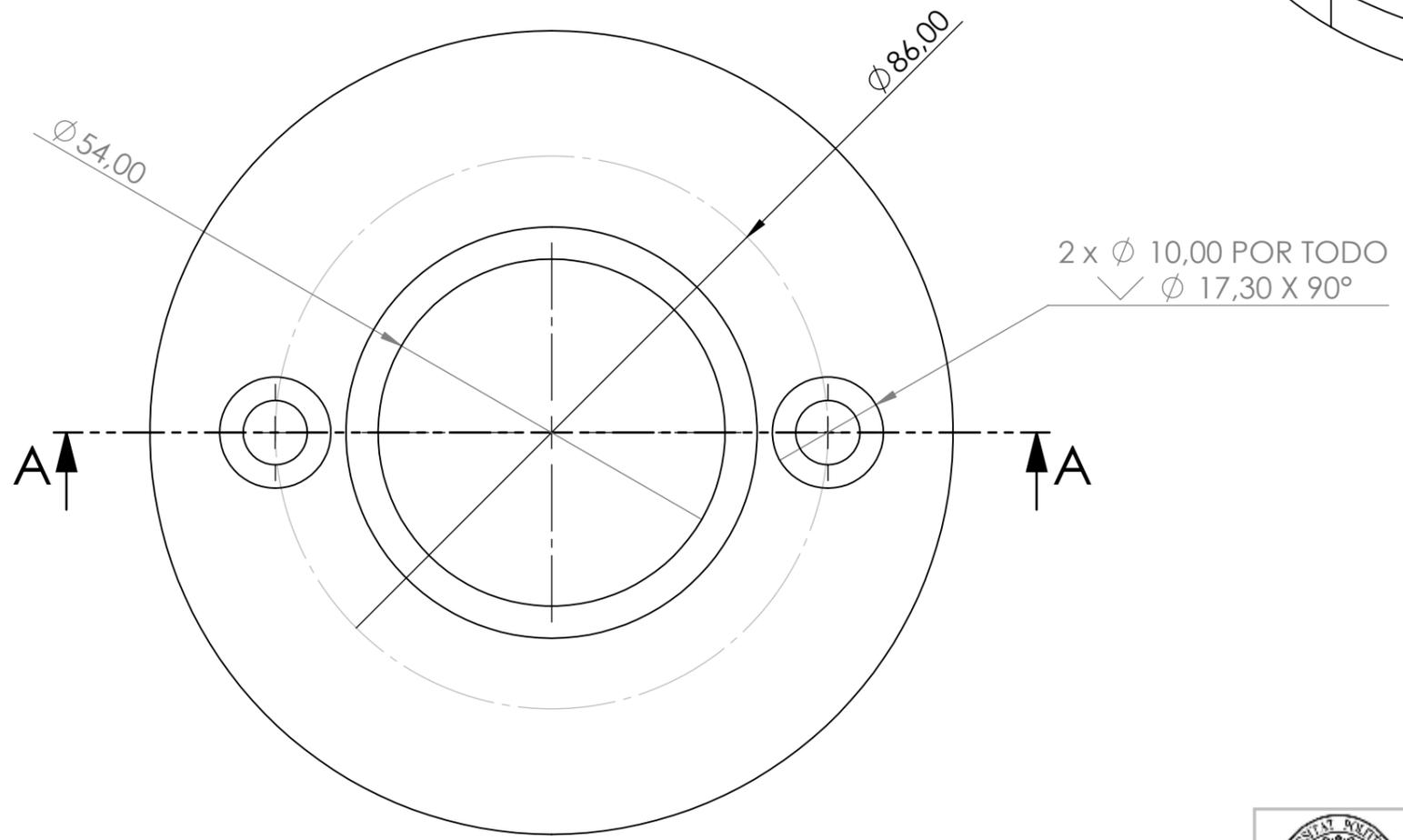
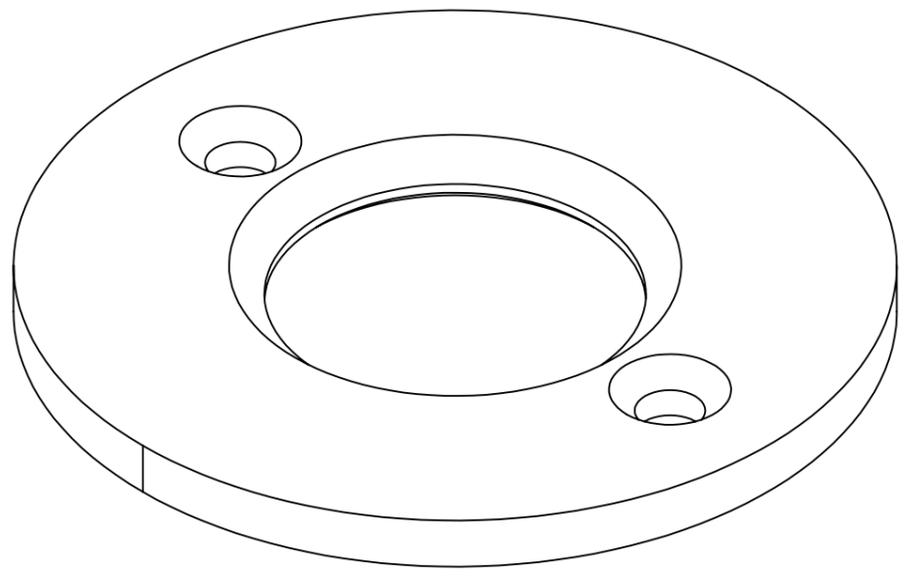
TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario**  
 DENOMINACIÓN DEL PLANO  
**Conjunto cámara caliente**  
 ESCALA  
**1:3,5**  
 Nº PLANO  
**1.1**



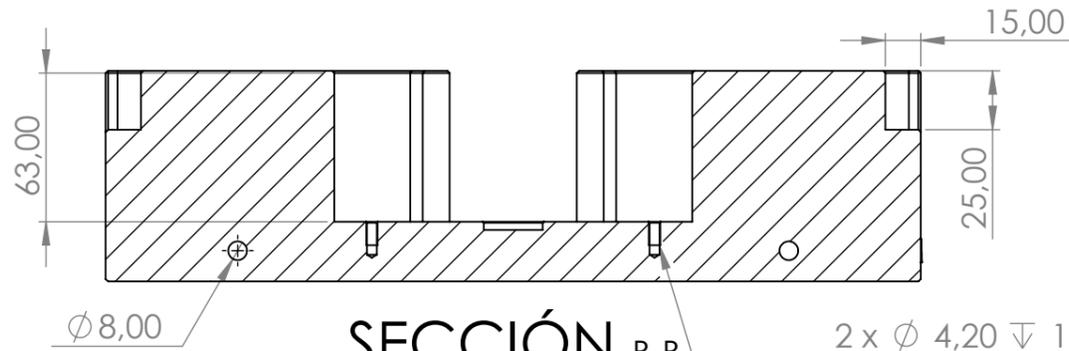
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b>	TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b>
	PLATO NORMALIZADO BRUYRUBIO PBAS-EU 346x346x27 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS $\pm 0,01$ mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 $\mu$ )	DENOMINACIÓN DEL PLANO <b>Sobreplato de la cámara caliente</b>
FECHA <b>21/05/2022</b>	MATERIAL <b>1.1730</b>	Nº PLANO <b>1.1.1</b>



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1



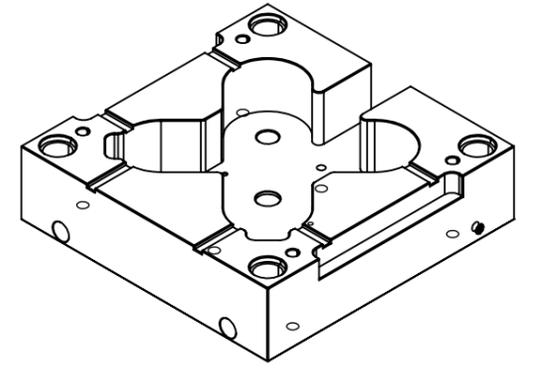
	AUTOR	Ismael Fernández Gadea		TÍTULO DEL TFG	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario	
	DISCO CENTRADOR NORMALIZADO BRUYRUBIO BRDC 125x8	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS ±0.01 mm		DENOMINACIÓN DEL PLANO	ESCALA	Nº PLANO
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	FECHA	21/05/2022	MATERIAL	1.1730	1:1	1.1.2



**SECCIÓN B-B**  
ESCALA 1 : 3

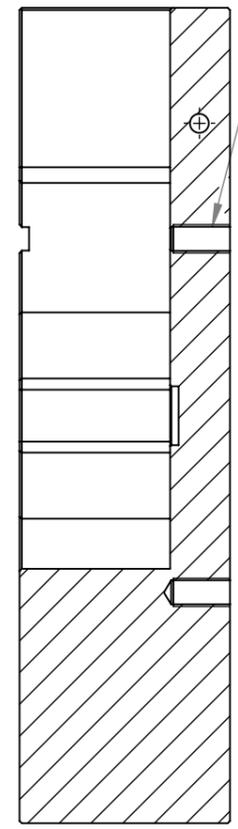
2 x  $\phi$  4,20  $\nabla$  14,00  
M5 - 6H  $\nabla$  10,00  
 $\surd$   $\phi$  5,05 X 90°, Lado cercano

**MATAR CANTOS**



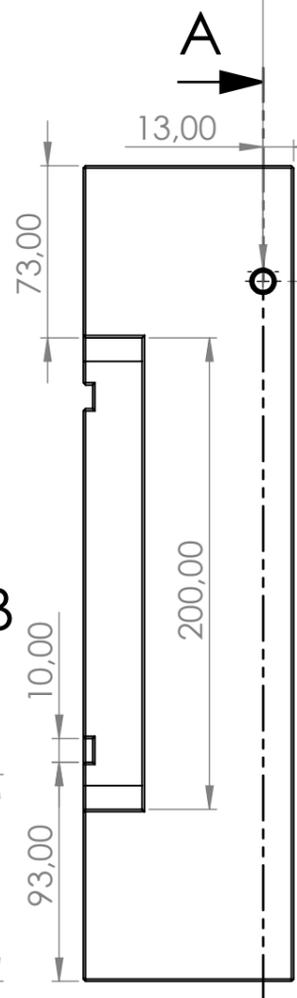
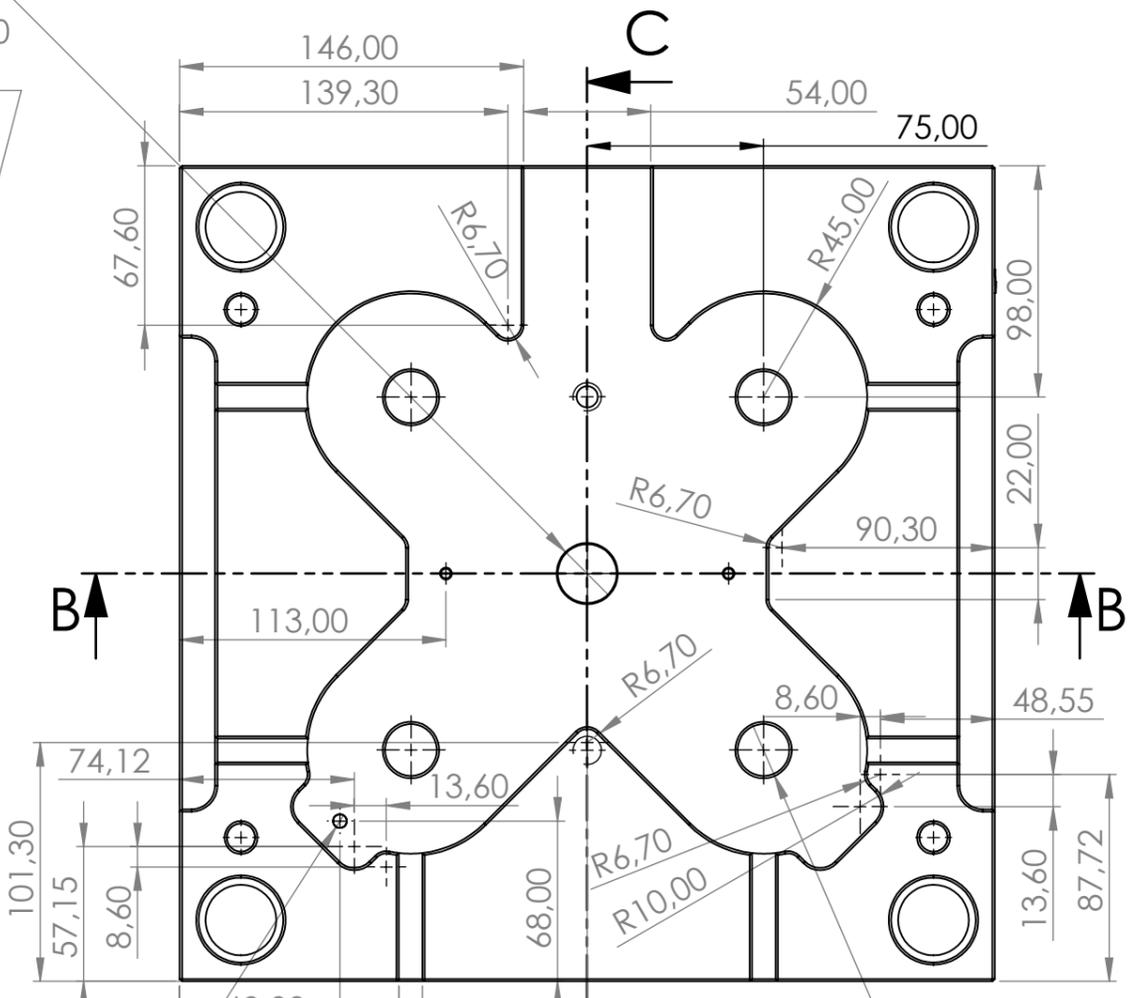
$\phi$  10,00  $\nabla$  10,00  
G 1/8 - 28H  $\nabla$  10,00

$\phi$  25,00  $\nabla$  3,50  
 $\surd$   $\phi$  26,00 X 90°  
6 x  $\phi$  10,20  $\nabla$  25,00  
M12 - 6H  $\nabla$  24,00



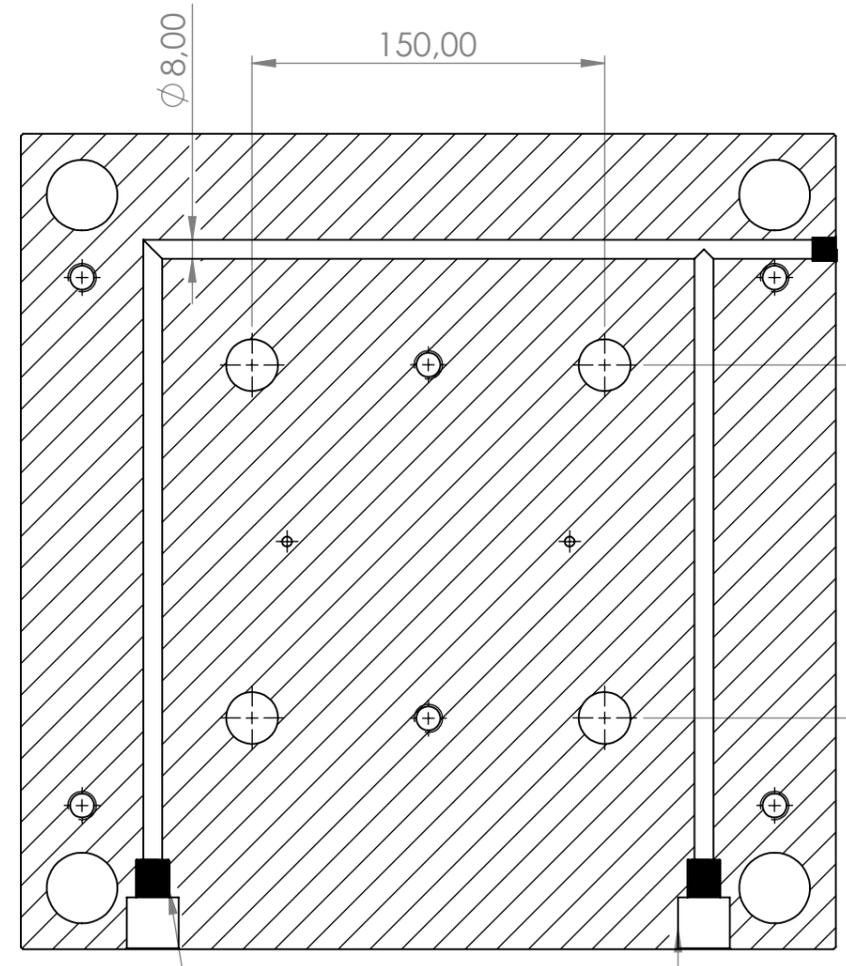
**SECCIÓN C-C**  
ESCALA 1 : 3

$\phi$  5,80  $\nabla$  8,50  
 $\surd$   $\phi$  5,85 X 90°, Lado cercano



**SECCIÓN A-A**  
ESCALA 1 : 3

2 x  $\phi$  14,00  $\nabla$  16,00  
G 1/4 - 19H  $\nabla$  16,00

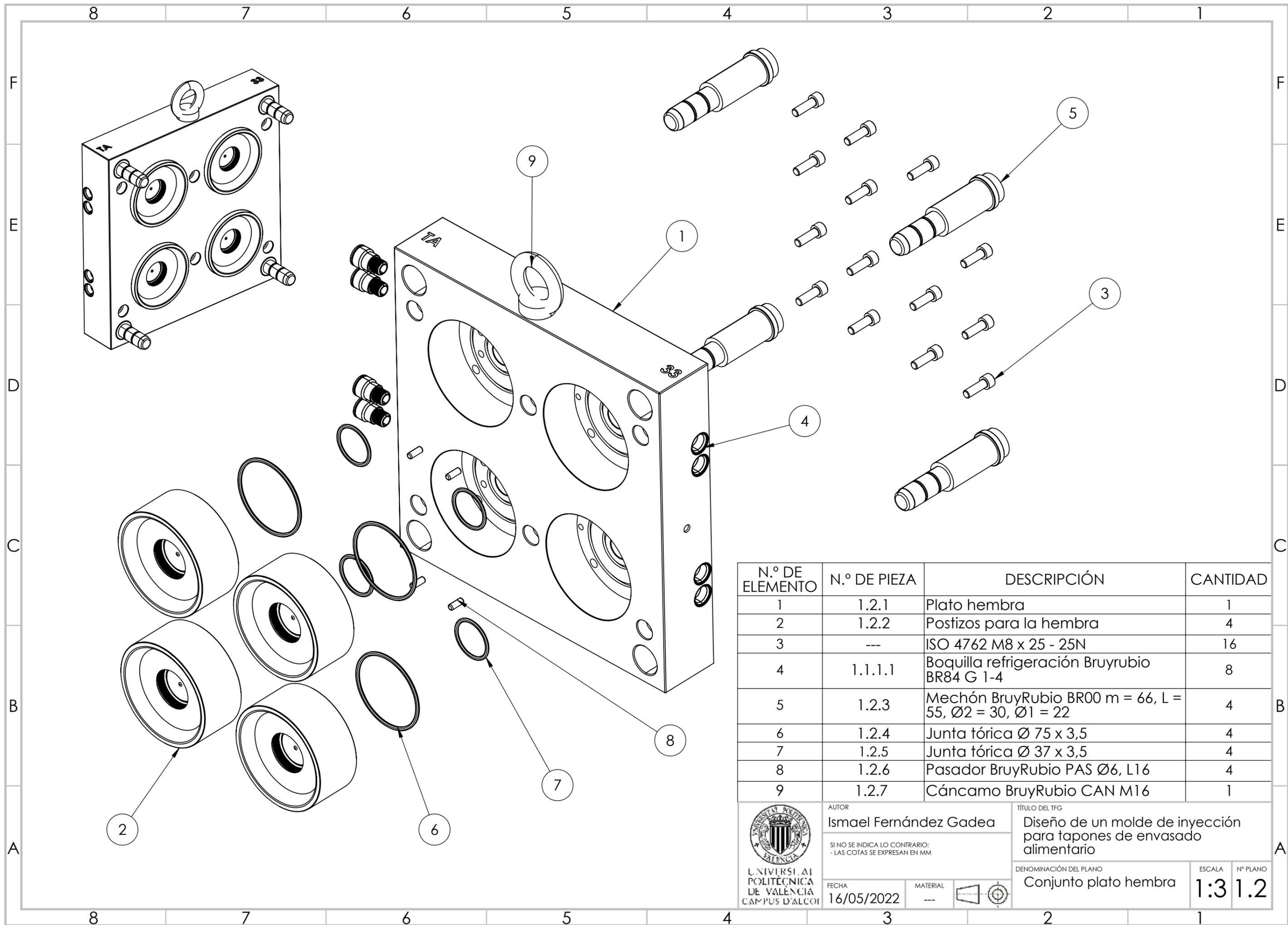


2 x  $\phi$  22,00  
 $\nabla$  22,00



AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**  
PLATO NORMALIZADO BRUYRUBIO PC.346x346x96  
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
- TOLERANCIAS  $\pm 0,01$  mm  
- SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32  $\mu$ )  
FECHA  
21/05/2022  
MATERIAL  
1.2312

TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario**  
DENOMINACIÓN DEL PLANO  
Plato cámara  
ESCALA  
**1:3**  
Nº PLANO  
**1.1.3**



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	1.2.1	Plato hembra	1
2	1.2.2	Postizos para la hembra	4
3	---	ISO 4762 M8 x 25 - 25N	16
4	1.1.1.1	Boquilla refrigeración Bruyrubio BR84 G 1-4	8
5	1.2.3	Mechón BruyRubio BR00 m = 66, L = 55, Ø2 = 30, Ø1 = 22	4
6	1.2.4	Junta tórica Ø 75 x 3,5	4
7	1.2.5	Junta tórica Ø 37 x 3,5	4
8	1.2.6	Pasador BruyRubio PAS Ø6, L16	4
9	1.2.7	Cáncamo BruyRubio CAN M16	1



AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

FECHA  
**16/05/2022**

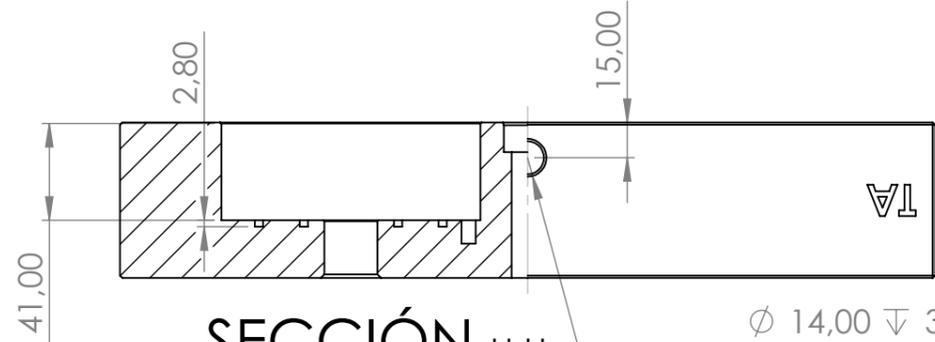
MATERIAL  
 ---

TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario**

DENOMINACIÓN DEL PLANO  
**Conjunto plato hembra**

ESCALA  
**1:3**

Nº PLANO  
**1.2**

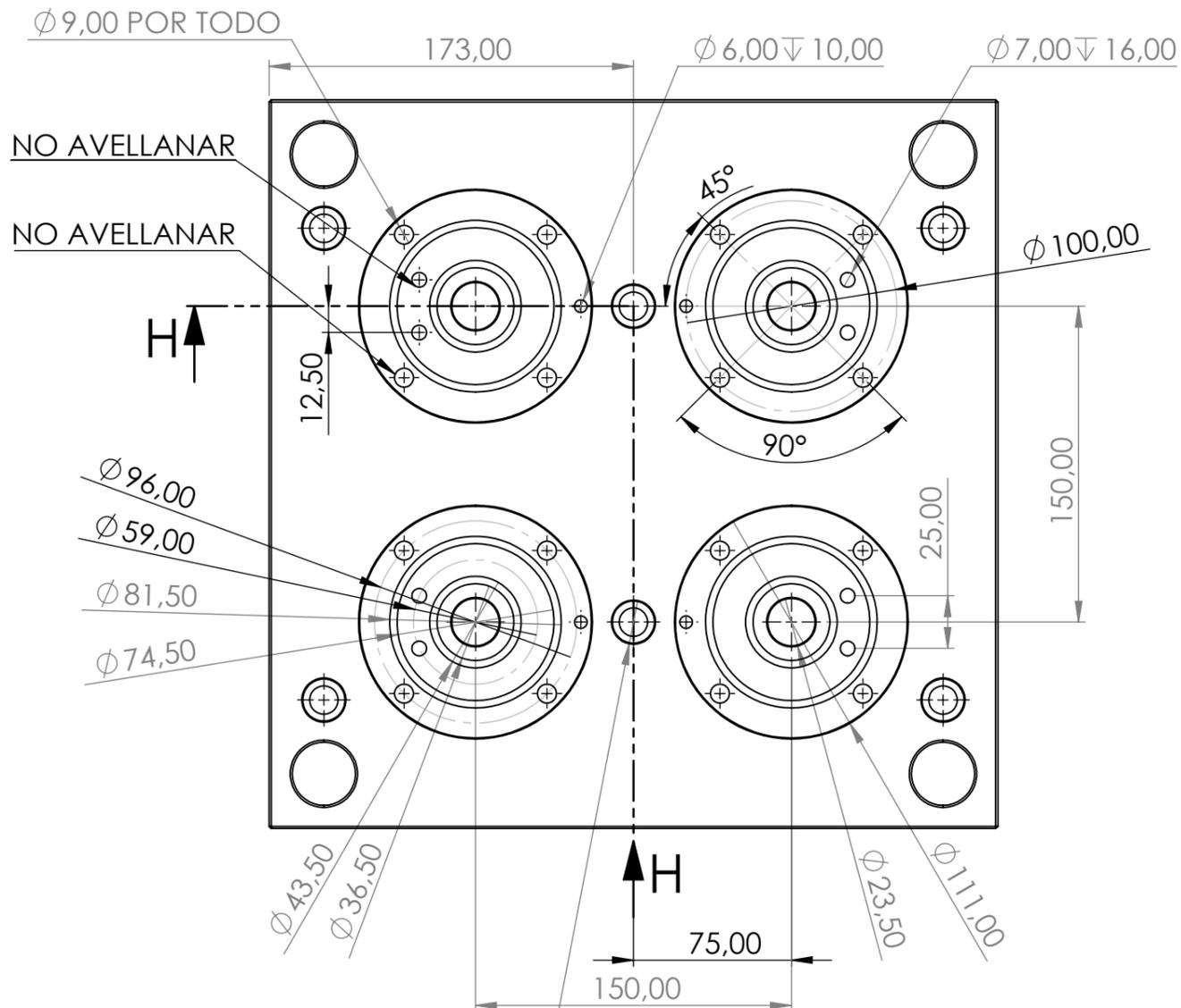
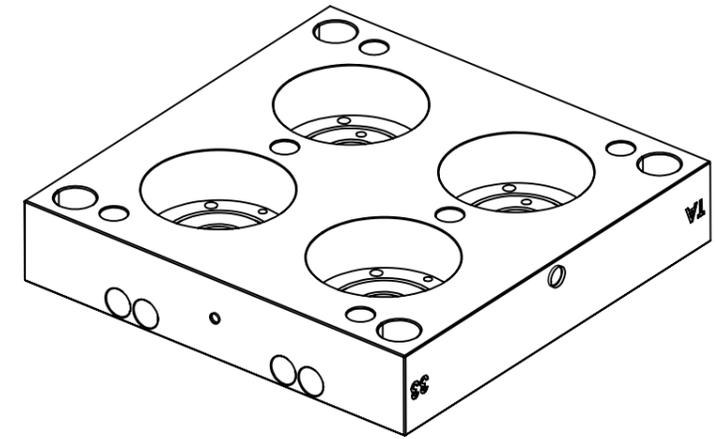


**SECCIÓN H-H**

ESCALA 1 : 3

$\phi$  14,00  $\nabla$  32,00  
M16 - 6H  $\nabla$  30,00

$\checkmark$   $\phi$  16,05 X 45°, Lado cercano



NO AVELLANAR

NO AVELLANAR

H

H

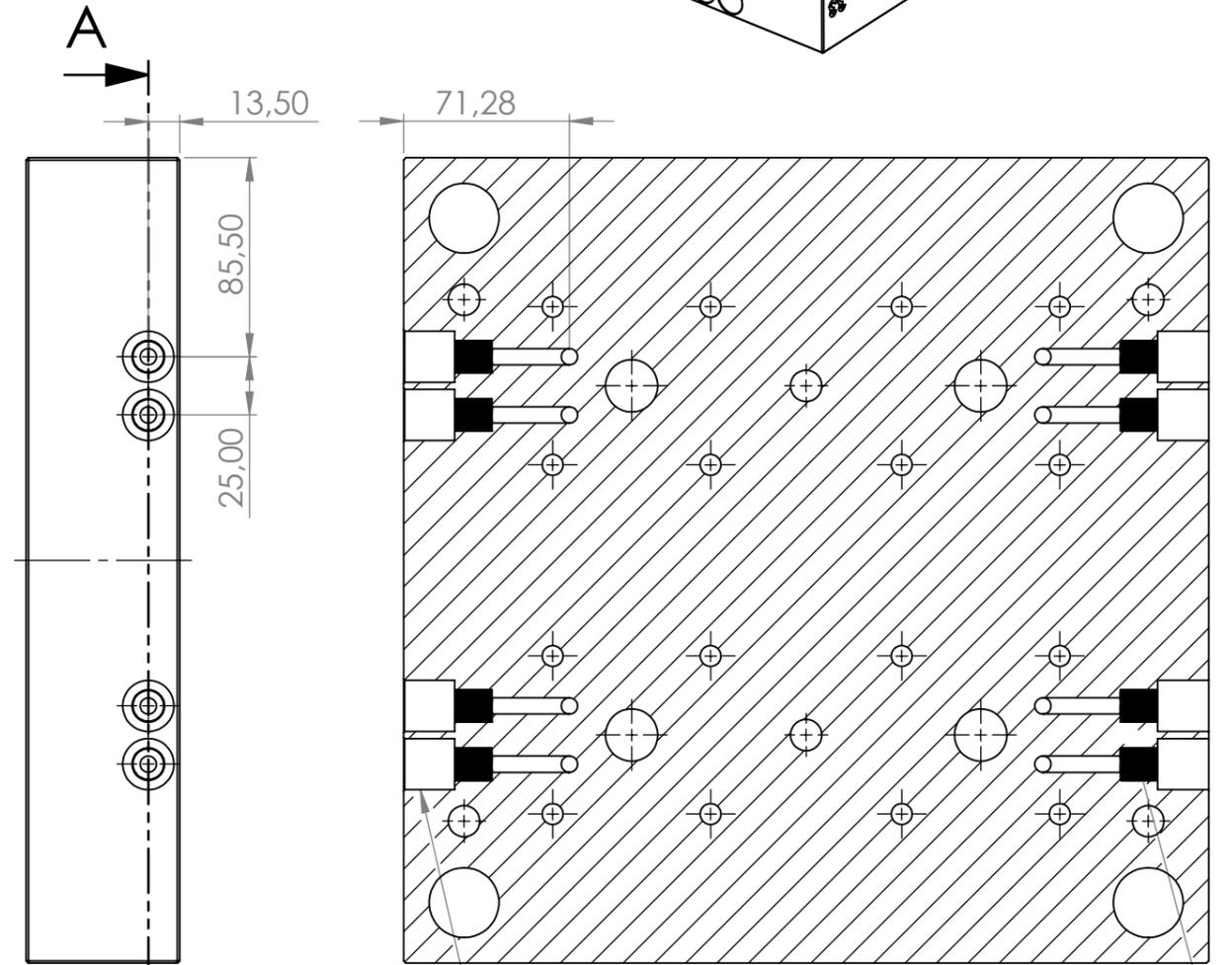
$\phi$  96,00  
 $\phi$  59,00  
 $\phi$  81,50  
 $\phi$  74,50

$\phi$  43,50  
 $\phi$  36,50

$\phi$  23,50  
 $\phi$  111,00

6 x  $\phi$  13,50  $\nabla$  66,00  
 $\square$   $\phi$  20,00  $\nabla$  12,60

$\checkmark$   $\phi$  21,00 X 45°, Lado cercano



**SECCIÓN A-A**

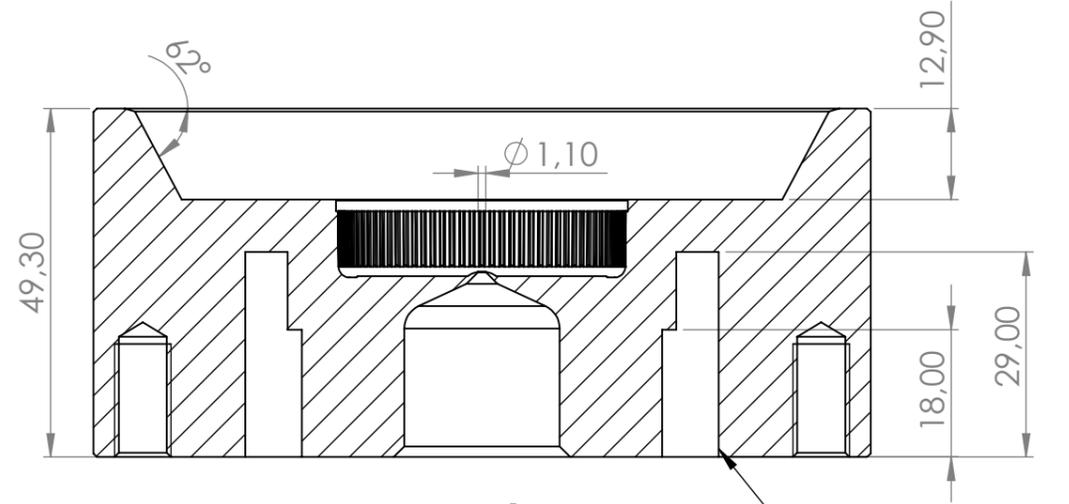
ESCALA 1 : 3

8 x  $\phi$  22,00  $\nabla$  22,00  
8 x  $\phi$  14,00  $\nabla$  16,00  
G 1/4 - 19H  $\nabla$  16,00

**MATAR CANTOS**

<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	<p>AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b></p> <p>PLATO NORMALIZADO BRUYRUBIO PC 346x346x66 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS <math>\pm 0,01</math> mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 <math>\mu</math>)</p>	<p>TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b></p>	
	<p>FECHA <b>21/05/2022</b></p>	<p>MATERIAL <b>1.2312</b></p>	<p>DENOMINACIÓN DEL PLANO <b>Plato hembra</b></p>
		<p>Nº PLANO <b>1.2.1</b></p>	

8 7 6 5 4 3 2 1

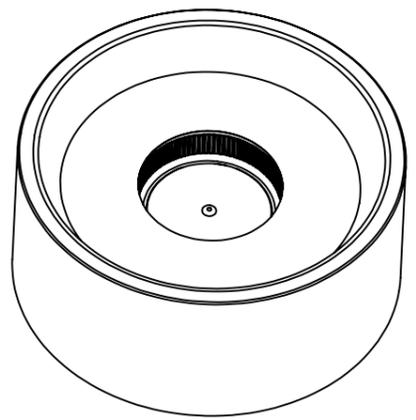


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:1

NO AVELLANAR

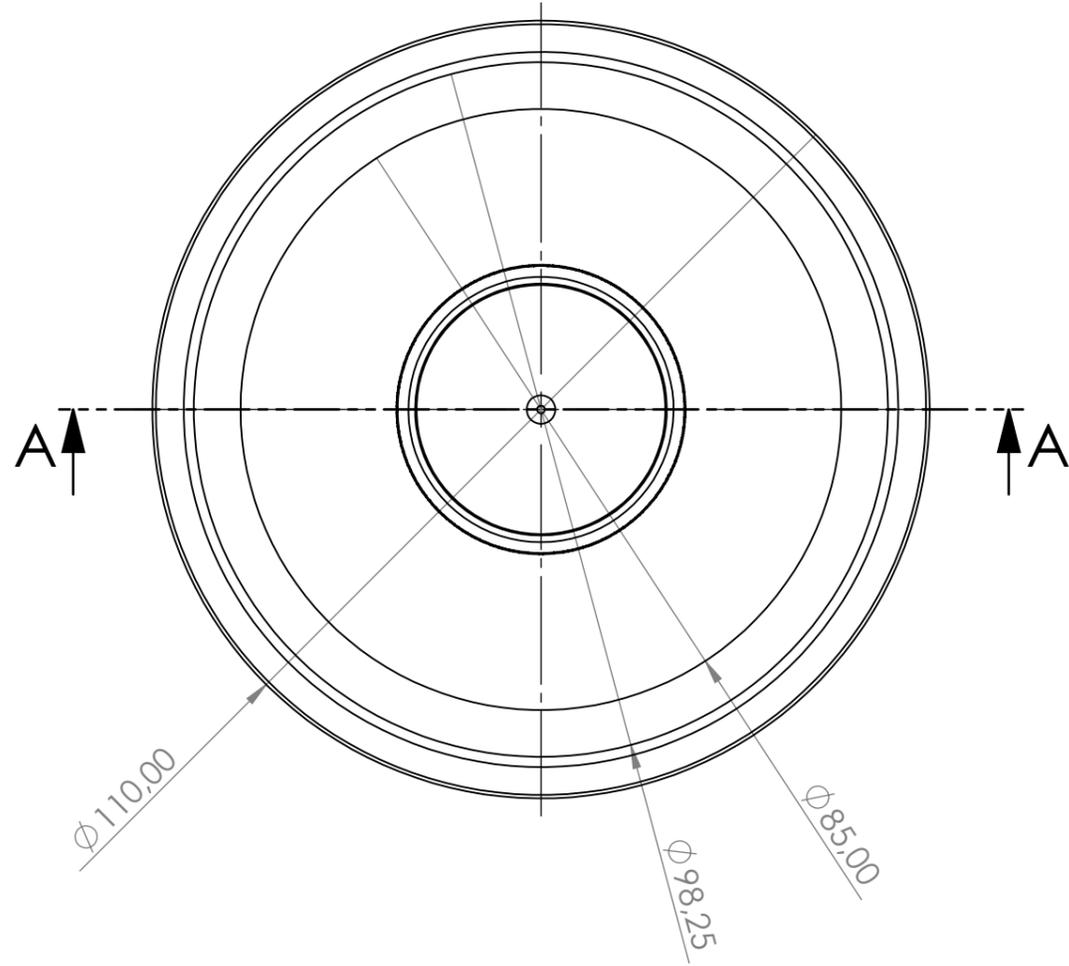
EL TAPÓN SE ENCUENTRA ACOTADO EN EL PLANO 0 - DIMENSIONES DEL TAPÓN ROSCADO CON PRECINTO

LAS DIMENSIONES DE LOS ALOJAMIENTOS DE LOS INYECTORES VIENEN EN SU PROPIA FICHA TÉCNICA, ADJUNTA EN EL ANEXO 3

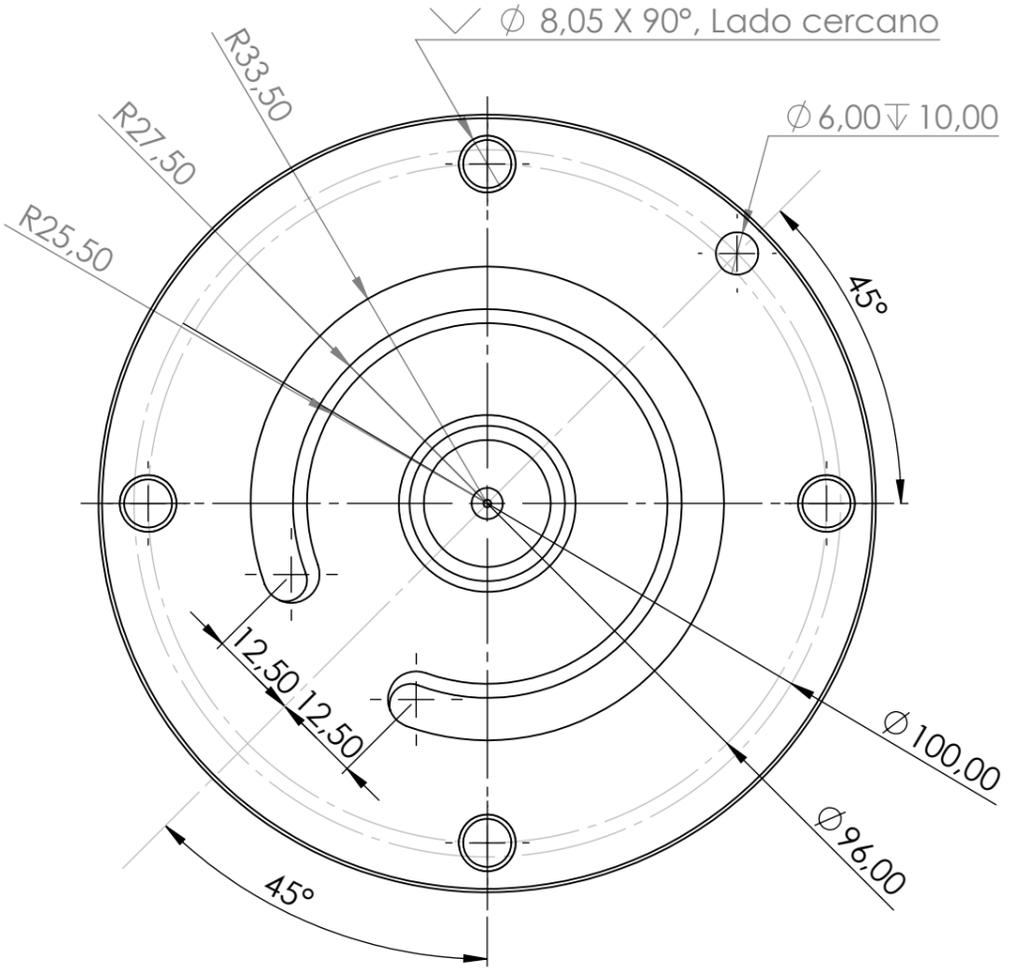
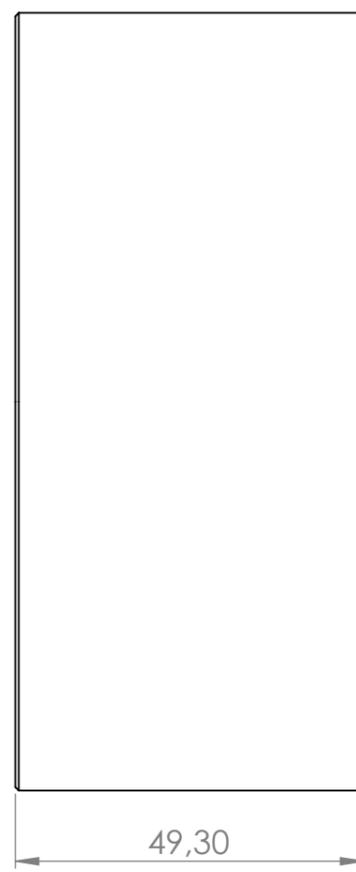


4 x  $\phi$  6,80  $\nabla$  17,00  
M8 - 6H  $\nabla$  16,00

$\checkmark$   $\phi$  8,05 X 90°, Lado cercano



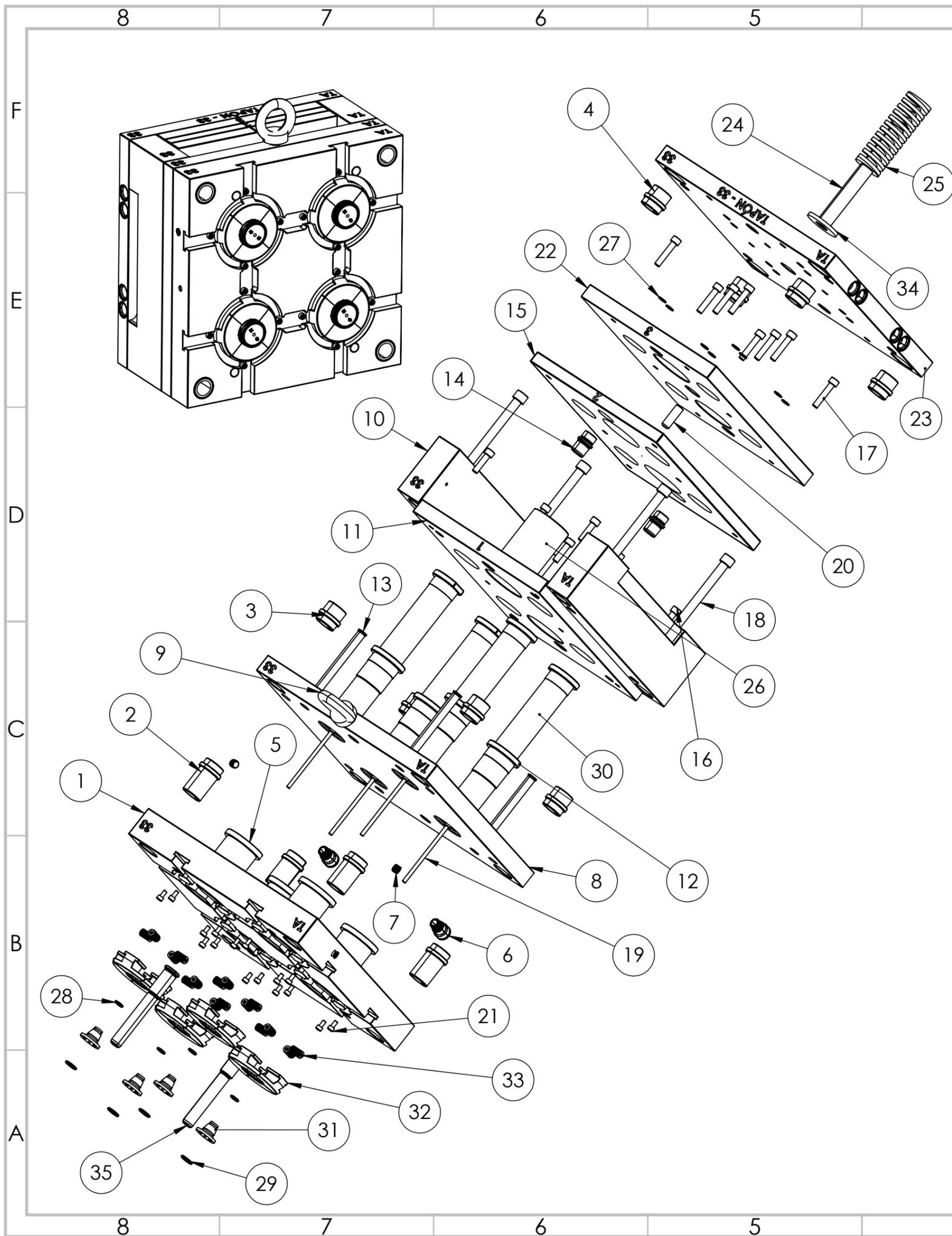
MATAR CANTOS // SUPERFÍCIES DE FIGURA CON ACABADO  
REFINADO INDUSTRIAL (Ra 0,07  $\mu$ )



AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**  
SE DEBEN FABRICAR CUATRO UNIDADES SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
- TOLERANCIAS  $\pm 0,01$  mm  
- SUPERFÍCIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32  $\mu$ )  
FECHA  
21/05/2022  
MATERIAL  
FECRONI -1.400  
PRECIPITADO 48/50 HRC

TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario**  
DENOMINACIÓN DEL PLANO  
Postizos para la hembra  
ESCALA  
1:1  
Nº PLANO  
1.2.2

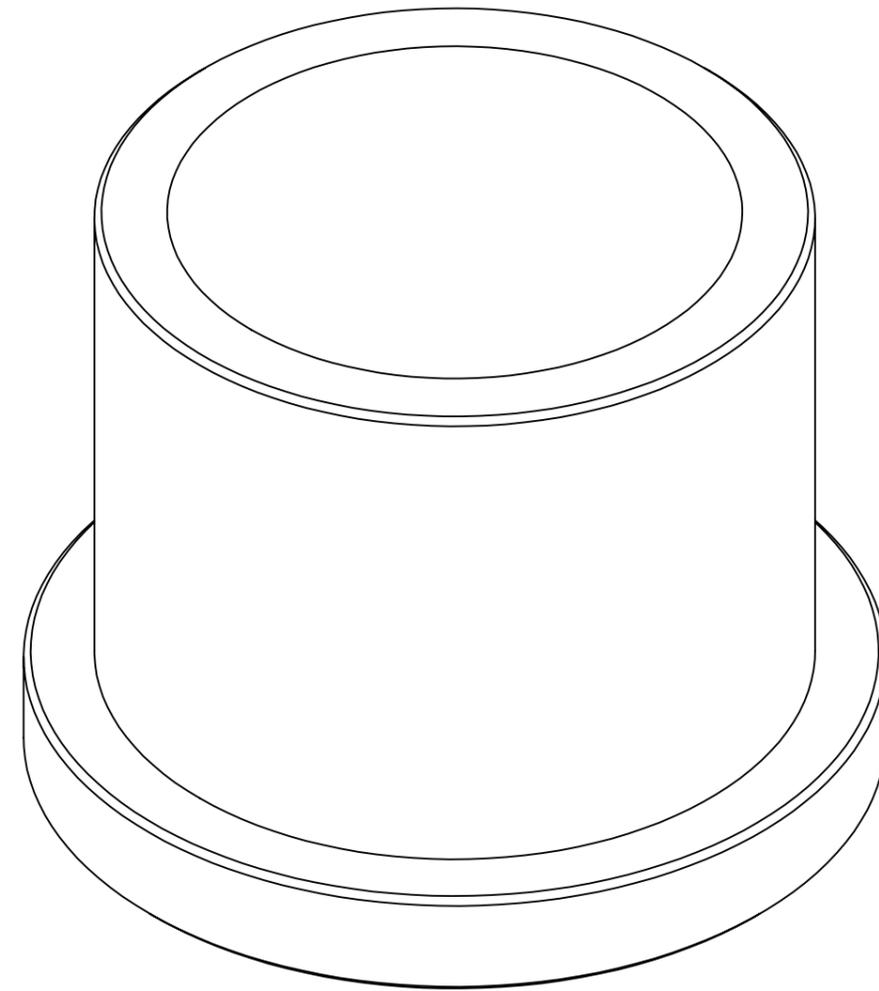
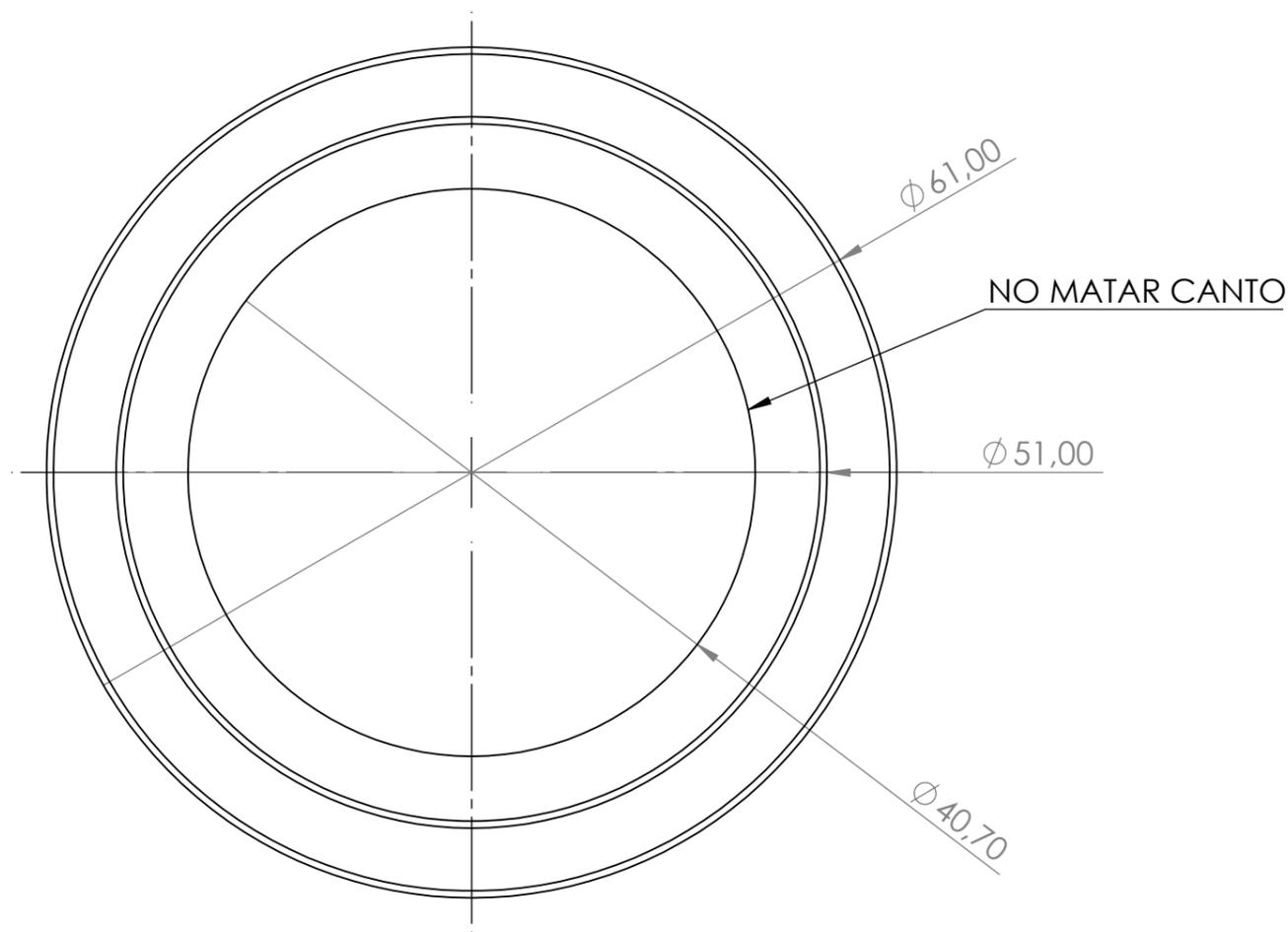
8 7 6 5 4 3 2 1



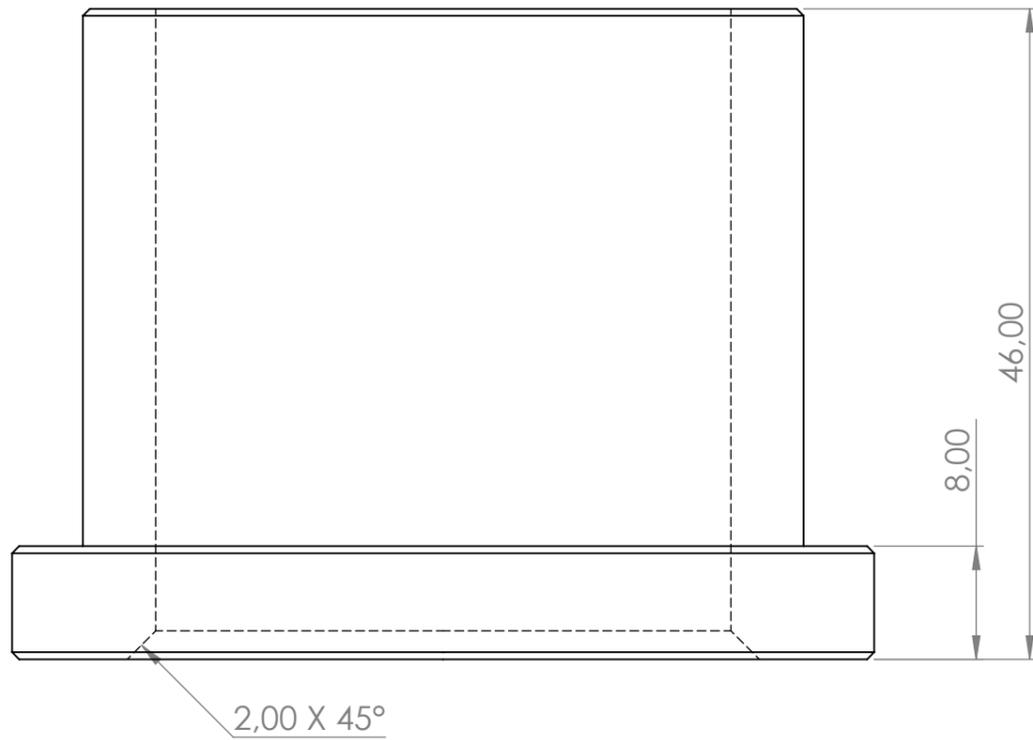
N.º	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	1.3.1	Plato macho	1
2	1.3.2	Casquillo guía BruyRubio BR10 Ø1=22 Ø2=30 L=46	4
3	1.3.5	Casquillo guía BruyRubio BR10 Ø1=22 Ø2=30 L=22	4
4	1.1.4	Casquillo guía BruyRubio BR10 Ø1=22 Ø2=30 L=22	4
5	1.3.3	Casquillo guía para la camisa	4
6	1.1.1.1	Boquilla refrigeración Bruyrubio BR84 G 1-4	10
7	1.1.1.2	Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G 1-8	2
8	1.3.4	Sufridera	1
9	1.2.7	Cáncamo	1
10	1.3.6	Regles	1
11	1.3.7	Placa expulsora portacamisas	1
12	1.3.14	Camisa expulsora	4
13	1.3.13	Recuperador	4
14	1.3.12	Casquillos guía p. expulsora BruyRubio BRCV2 Ø1=16 L=2	2
15	1.3.8	Placa expulsora camisas	1
16	---	ISO 4762 M8 x 30 - 30N	6
17	---	ISO 4762 M8 x 40 - 28N	8
18	---	ISO 4762 M12 x 160 - 36N	4
19	---	ISO 4762 M5 x 50 - 22N	4
20	---	ISO 4026 - M12 x 35-N	1
21	---	ISO 4762 M5 x 10 - 10N	16
22	1.3.9	Placa de fijación de los machos	1
23	1.3.10	Sobreplato del macho	1
24	1.3.17	TGH BruyRubio TGH M12 Ø20 L175	1
25	1.3.16	Muelle p. expulsora BruyRubio BRV Ø40 L127	1
26	1.3.18	Tope calzo	2
27	1.3.19	Junta tórica Ø8x2	8
28	1.3.22	Junta tórica tapeta postizo macho Ø11x2,5	4
29	1.3.23	Junta tórica tapeta postizo macho Ø16x2,5	4
30	1.3.20	Macho interior	4
31	1.3.21	Tapeta postizo macho	4
32	1.3.24	Corredera	16
33	1.3.25	Muelle corredera BruyRubio BRV Ø10 L25	16
34	1.3.27	Arandela TGH	1
35	1.3.11	Mechón guía placa expulsora (BruyRubio BRGC 16x44x90)	2

	AUTOR Ismael Fernández Gadea	TÍTULO DEL TFG Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario
	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM	DENOMINACIÓN DEL PLANO Conjunto plato macho
FECHA 21/05/2022	MATERIAL ---	ESCALA 1:6
		Nº PLANO 1.3





**MATAR CANTOS**



AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**

TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario**

SE DEBEN FABRICAR CUATRO UNIDADES SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 - TOLERANCIAS  $\pm 0,01$  mm  
 - SUPERFICIES RECTIFICADAS ( $Ra$  0,16-0,32  $\mu$ )

DENOMINACIÓN DEL PLANO  
**Casquillo guía para la camisa**

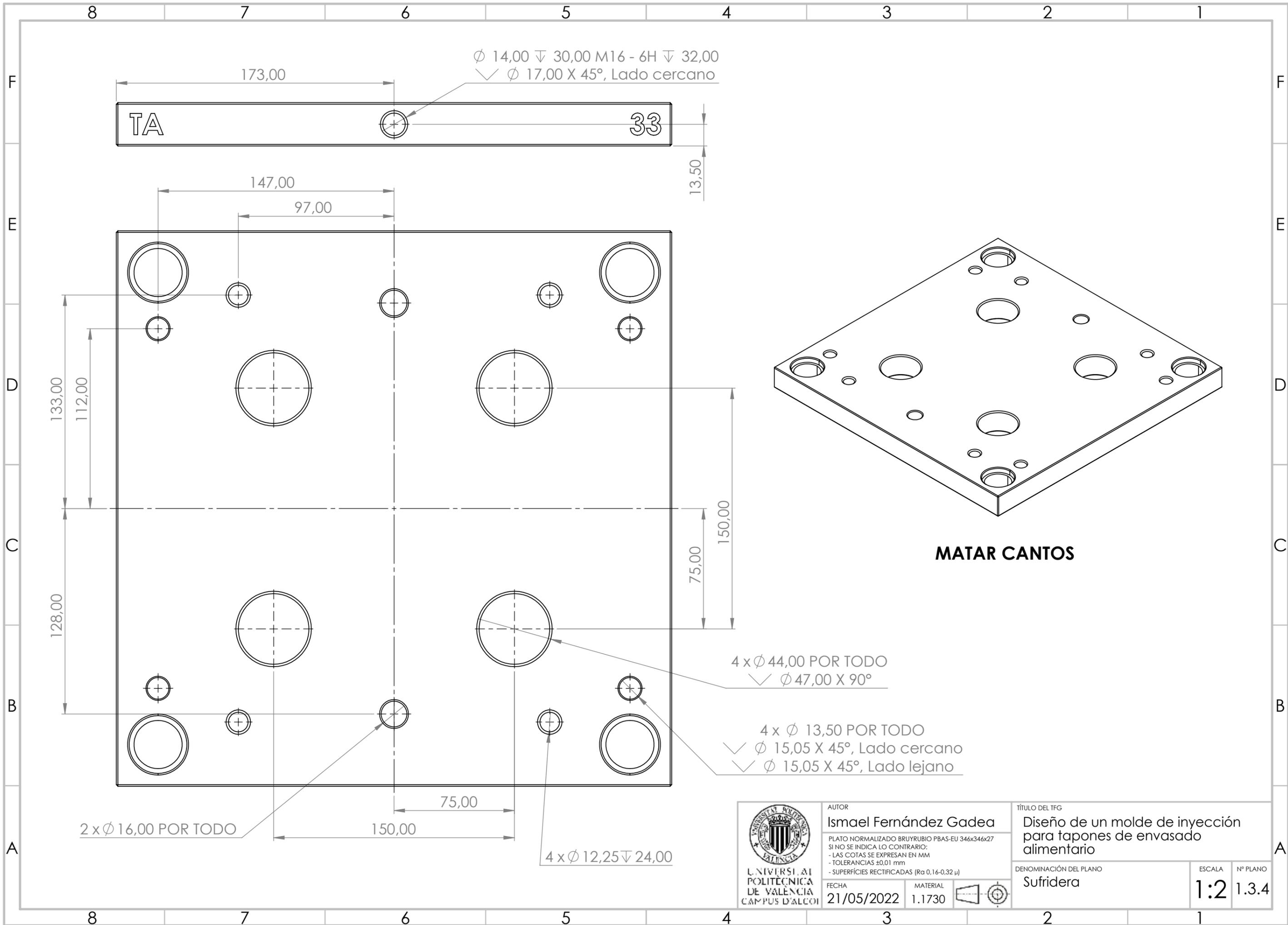
FECHA  
21/05/2022

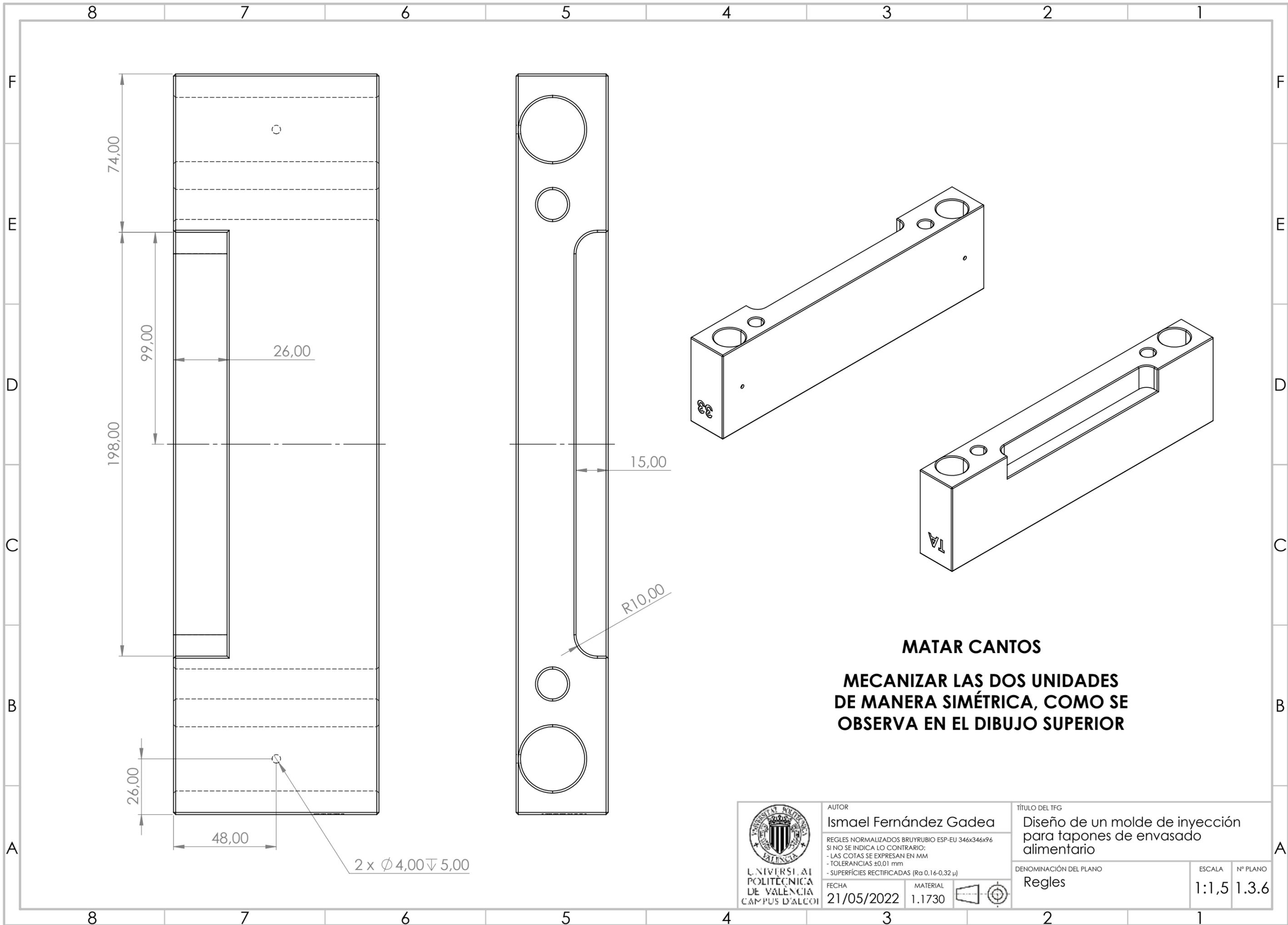
MATERIAL  
PKT-117 NITRURADO



ESCALA  
**2:1**

Nº PLANO  
**1.3.3**





AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**  
 REGLES NORMALIZADOS BRUYRUBIO ESP-EU 346x346x96  
 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 - TOLERANCIAS  $\pm 0,01$  mm  
 - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32  $\mu$ )

TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario**

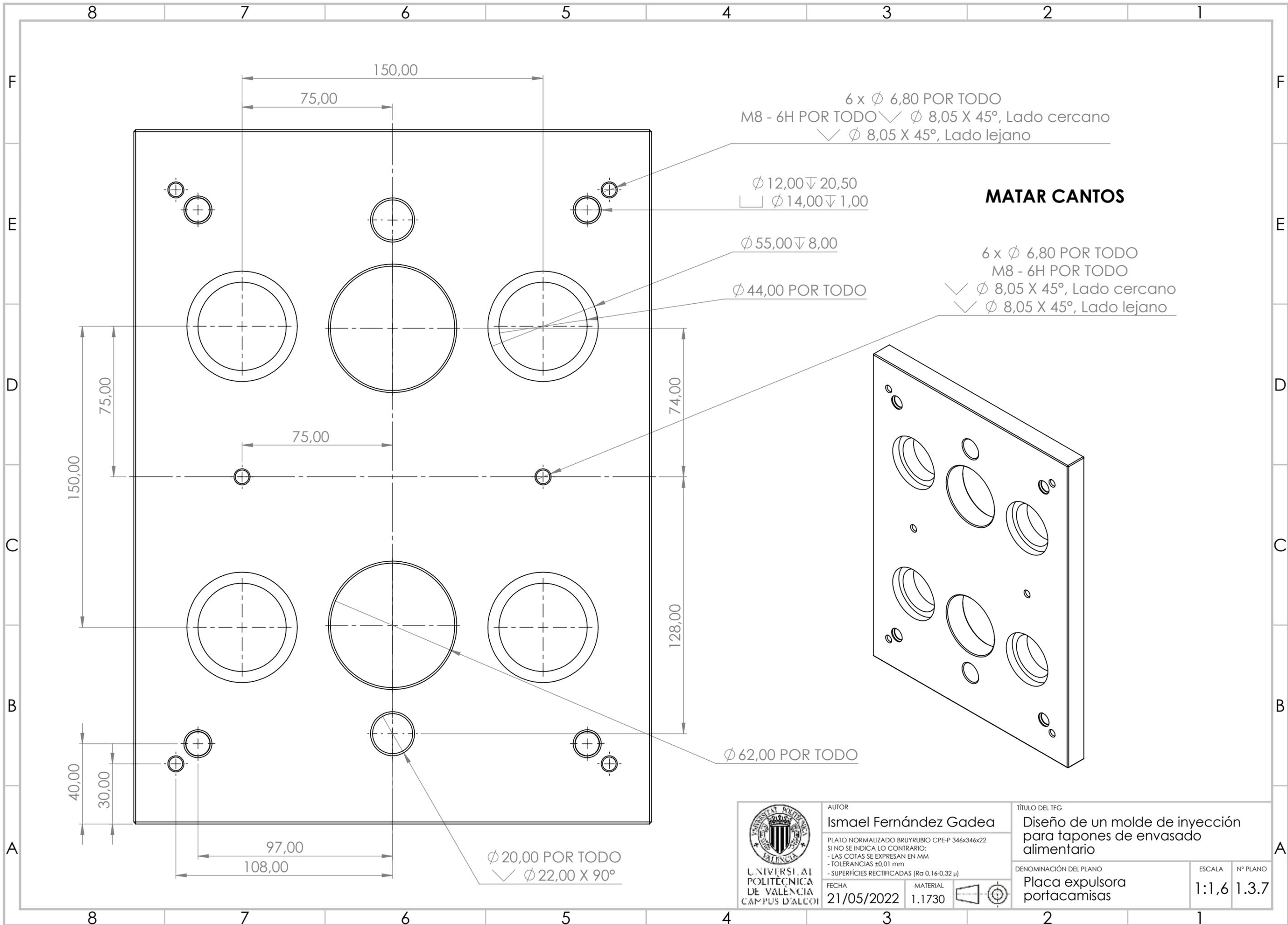
DENOMINACIÓN DEL PLANO  
**Regles**

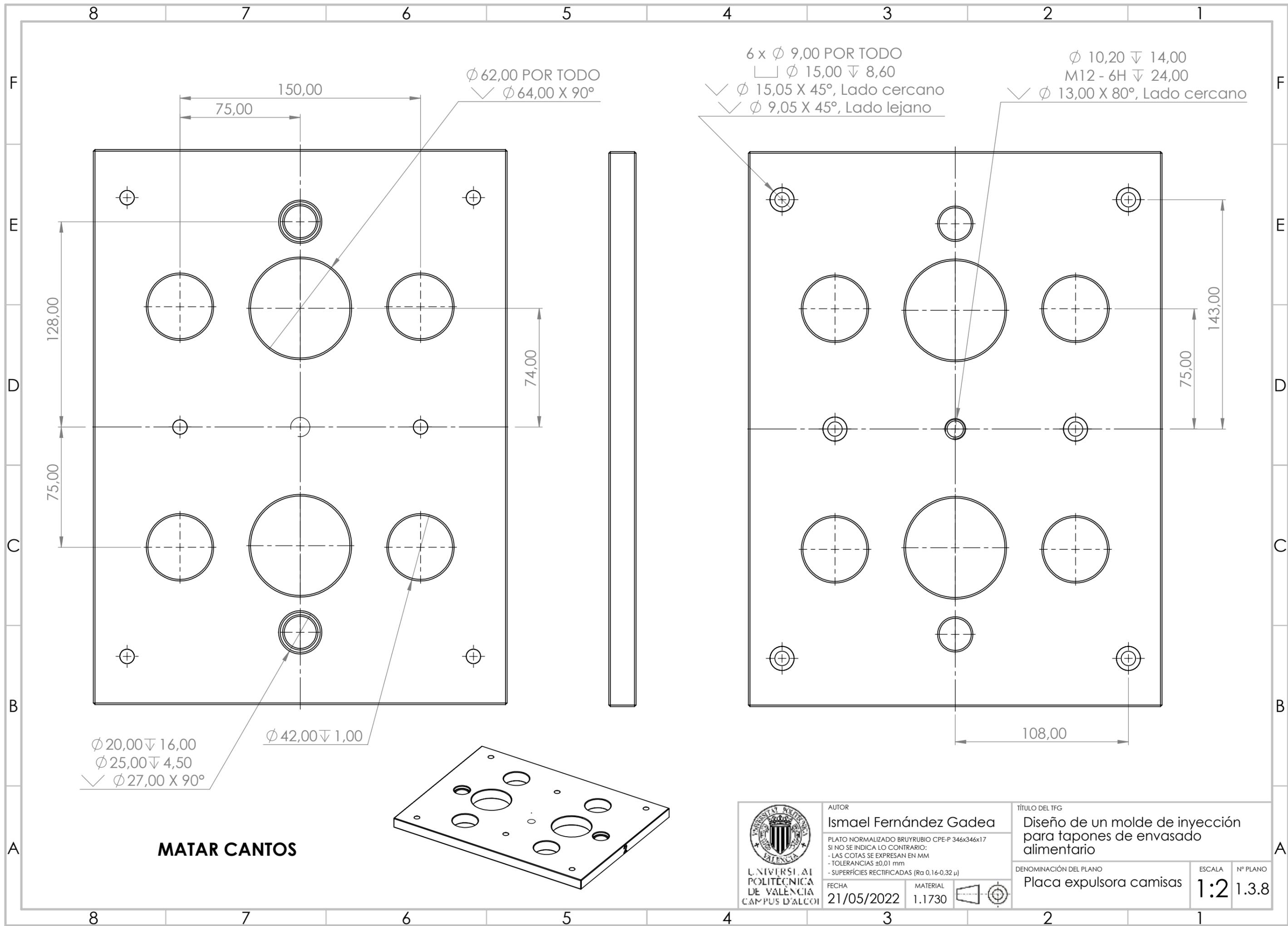
FECHA  
**21/05/2022**

MATERIAL  
**1.1730**

ESCALA  
**1:1,5**

Nº PLANO  
**1.3.6**

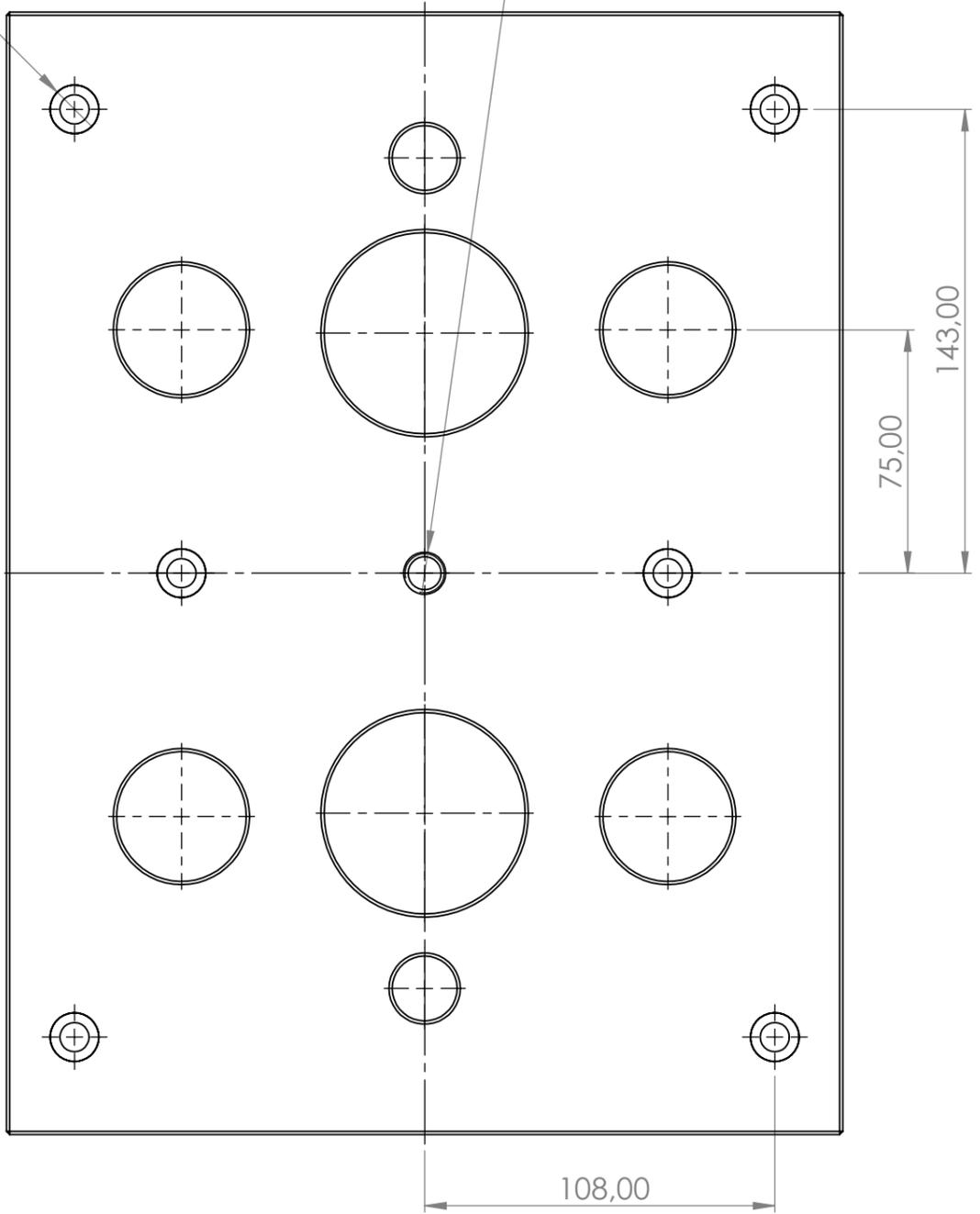
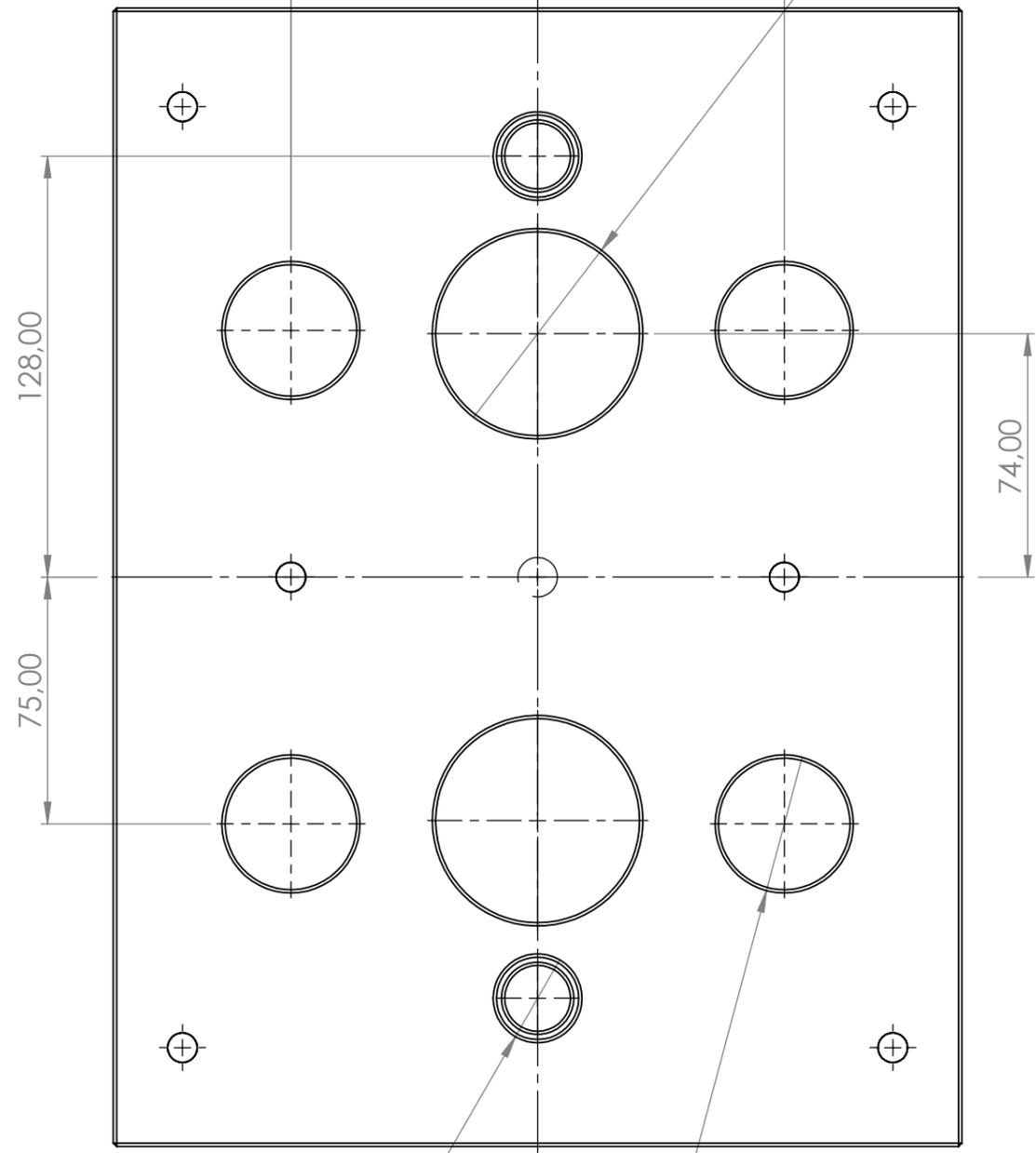




$\phi 62,00$  POR TODO  
 $\sphericalangle \phi 64,00 \times 90^\circ$

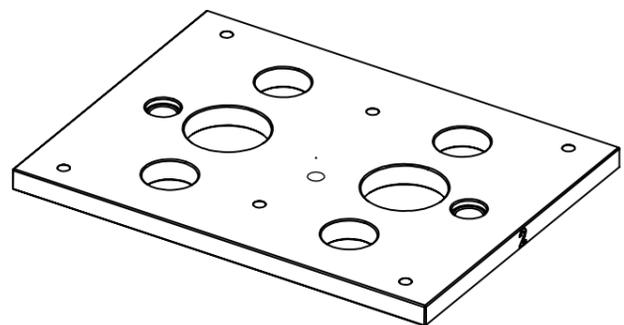
$6 \times \phi 9,00$  POR TODO  
 $\sphericalangle \phi 15,00 \nabla 8,60$   
 $\sphericalangle \phi 15,05 \times 45^\circ$ , Lado cercano  
 $\sphericalangle \phi 9,05 \times 45^\circ$ , Lado lejano

$\phi 10,20 \nabla 14,00$   
 $M12 - 6H \nabla 24,00$   
 $\sphericalangle \phi 13,00 \times 80^\circ$ , Lado cercano



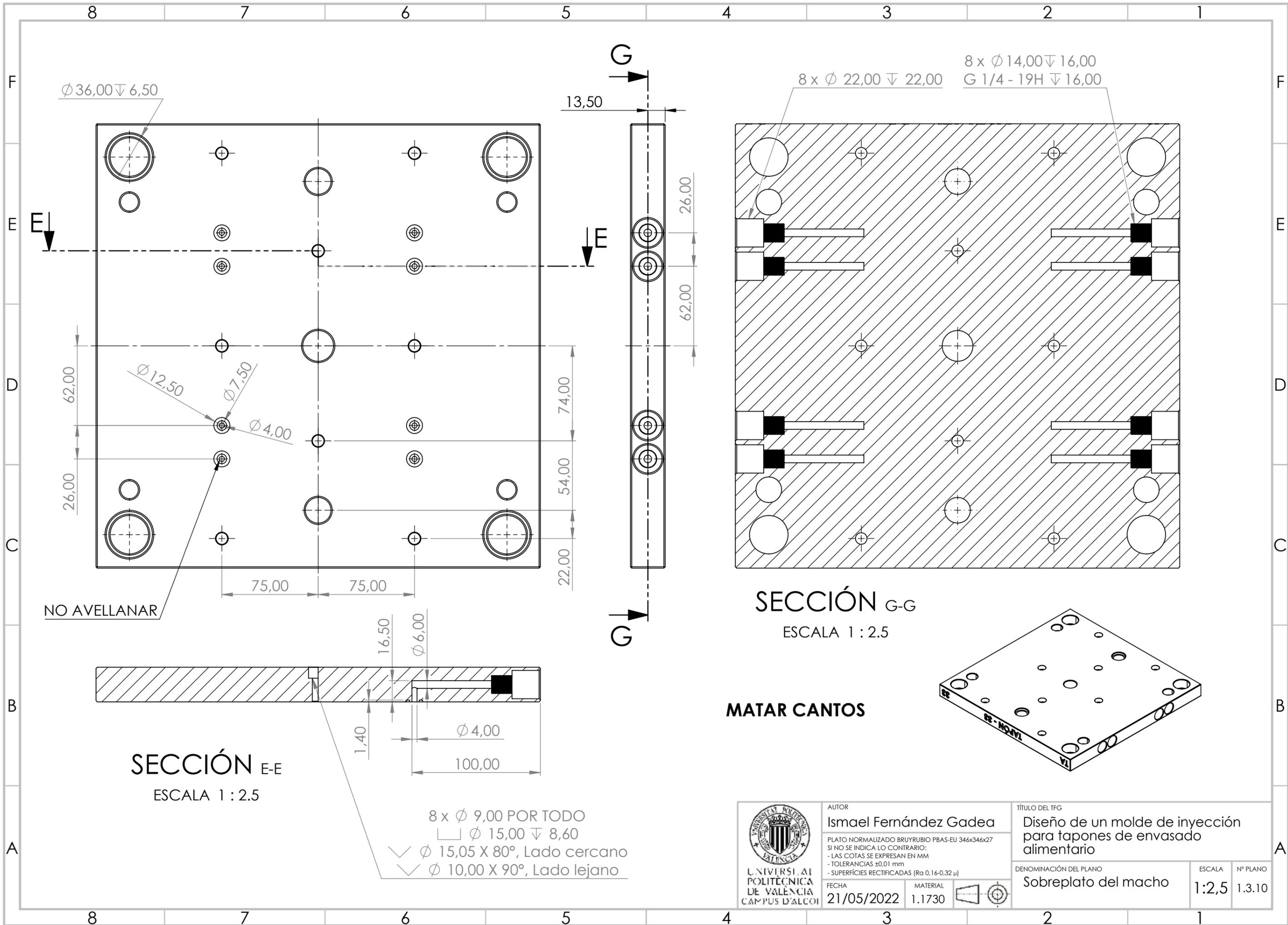
$\phi 20,00 \nabla 16,00$   
 $\phi 25,00 \nabla 4,50$   
 $\sphericalangle \phi 27,00 \times 90^\circ$   
 $\phi 42,00 \nabla 1,00$

**MATAR CANTOS**



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b>	TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b>
	PLATO NORMALIZADO BRUYRUBIO CPE-P 346x346x17 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS $\pm 0,01$ mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 $\mu$ )	DENOMINACIÓN DEL PLANO <b>Placa expulsora camisas</b>
FECHA <b>21/05/2022</b>	MATERIAL <b>1.1730</b>	Nº PLANO <b>1.3.8</b>





$\phi 36,00 \nabla 6,50$

$\phi 12,50$

$\phi 7,50$   
 $\phi 4,00$

NO AVELLANAR

SECCIÓN E-E  
ESCALA 1 : 2.5

8 x  $\phi 9,00$  POR TODO  
 $\square \phi 15,00 \nabla 8,60$   
 $\checkmark \phi 15,05 \times 80^\circ$ , Lado cercano  
 $\checkmark \phi 10,00 \times 90^\circ$ , Lado lejano

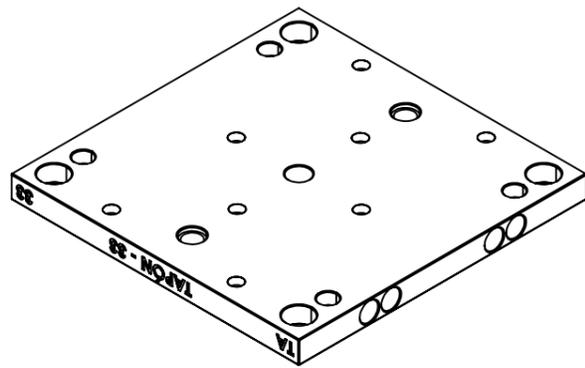
13,50

26,00  
62,00

SECCIÓN G-G  
ESCALA 1 : 2.5

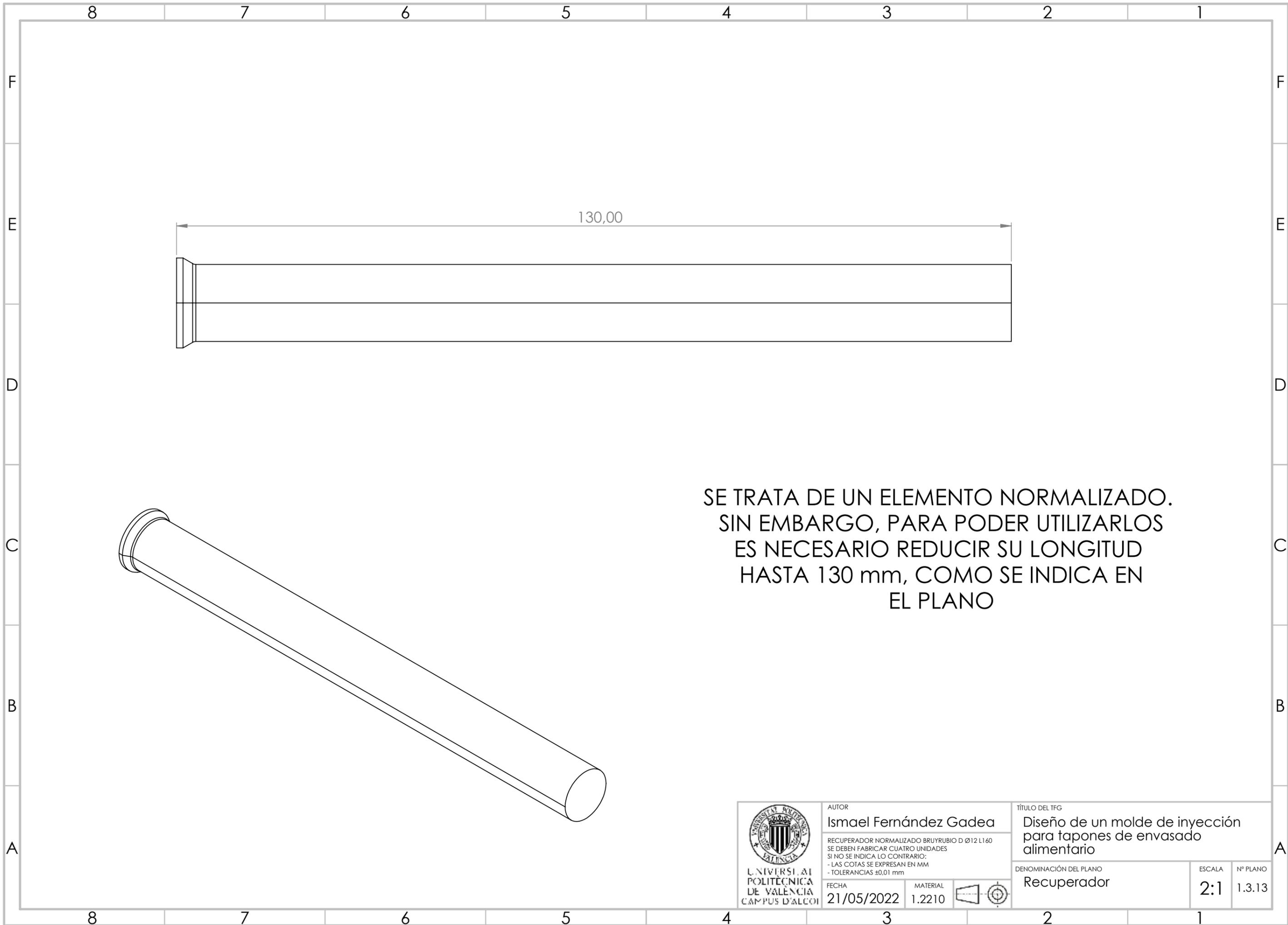
MATAR CANTOS

8 x  $\phi 22,00 \nabla 22,00$   
8 x  $\phi 14,00 \nabla 16,00$   
G 1/4 - 19H  $\nabla 16,00$



AUTOR  
Ismael Fernández Gadea  
PLATO NORMALIZADO BRUYRUBIO PBAS-EU 346x346x27  
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
- TOLERANCIAS  $\pm 0,01$  mm  
- SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32  $\mu$ )  
FECHA  
21/05/2022  
MATERIAL  
1.1730

TÍTULO DEL TFG  
Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario  
DENOMINACIÓN DEL PLANO  
Sobreplato del macho  
ESCALA  
1:2,5  
Nº PLANO  
1.3.10



SE TRATA DE UN ELEMENTO NORMALIZADO.  
 SIN EMBARGO, PARA PODER UTILIZARLOS  
 ES NECESARIO REDUCIR SU LONGITUD  
 HASTA 130 mm, COMO SE INDICA EN  
 EL PLANO



AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**  
 RECUPERADOR NORMALIZADO BRUYRUBIO D Ø12 L160  
 SE DEBEN FABRICAR CUATRO UNIDADES  
 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 - TOLERANCIAS ±0,01 mm

TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección  
 para tapones de envasado  
 alimentario**

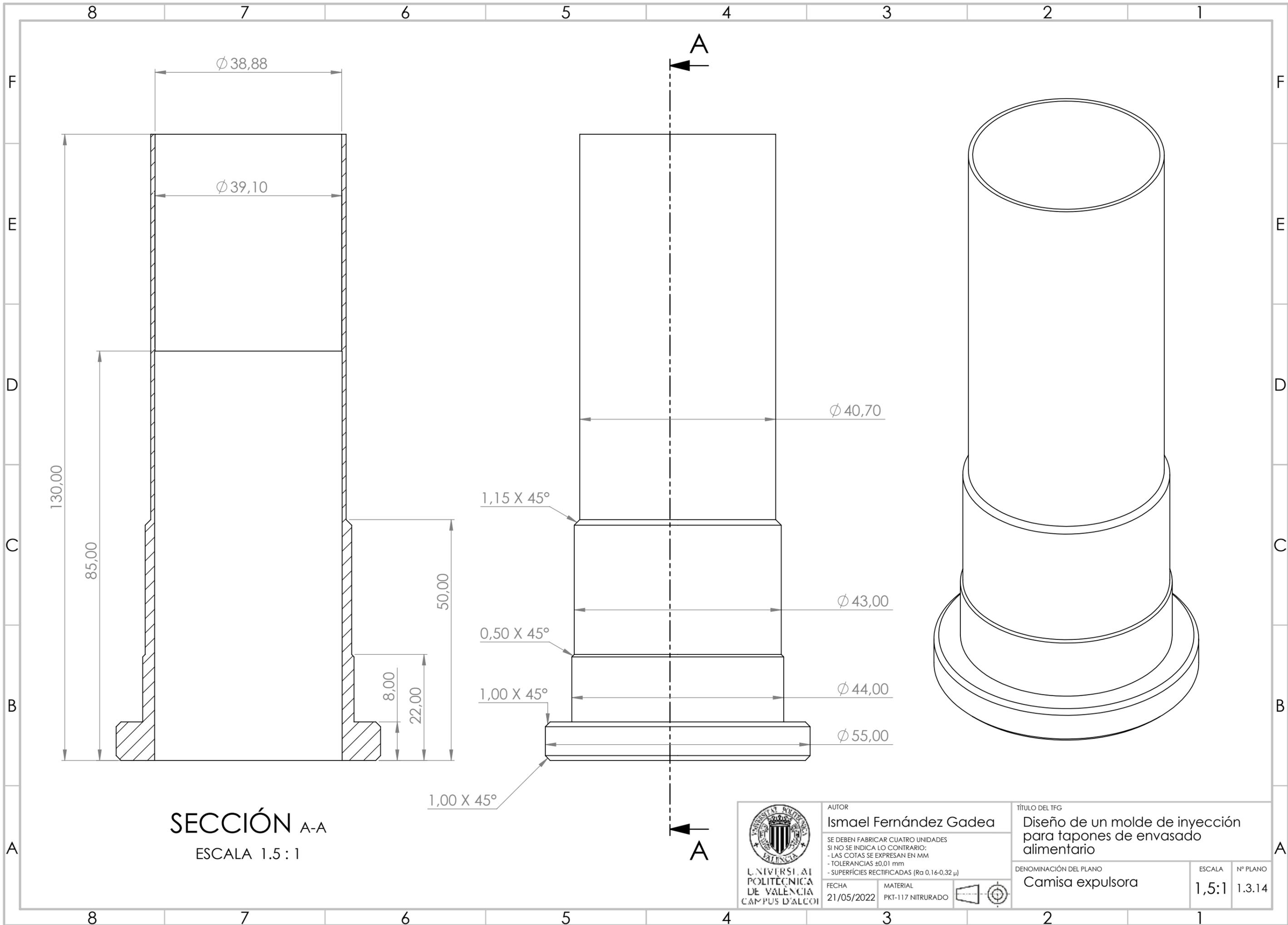
DENOMINACIÓN DEL PLANO  
**Recuperador**

ESCALA  
**2:1**  
 Nº PLANO  
**1.3.13**

FECHA  
**21/05/2022**

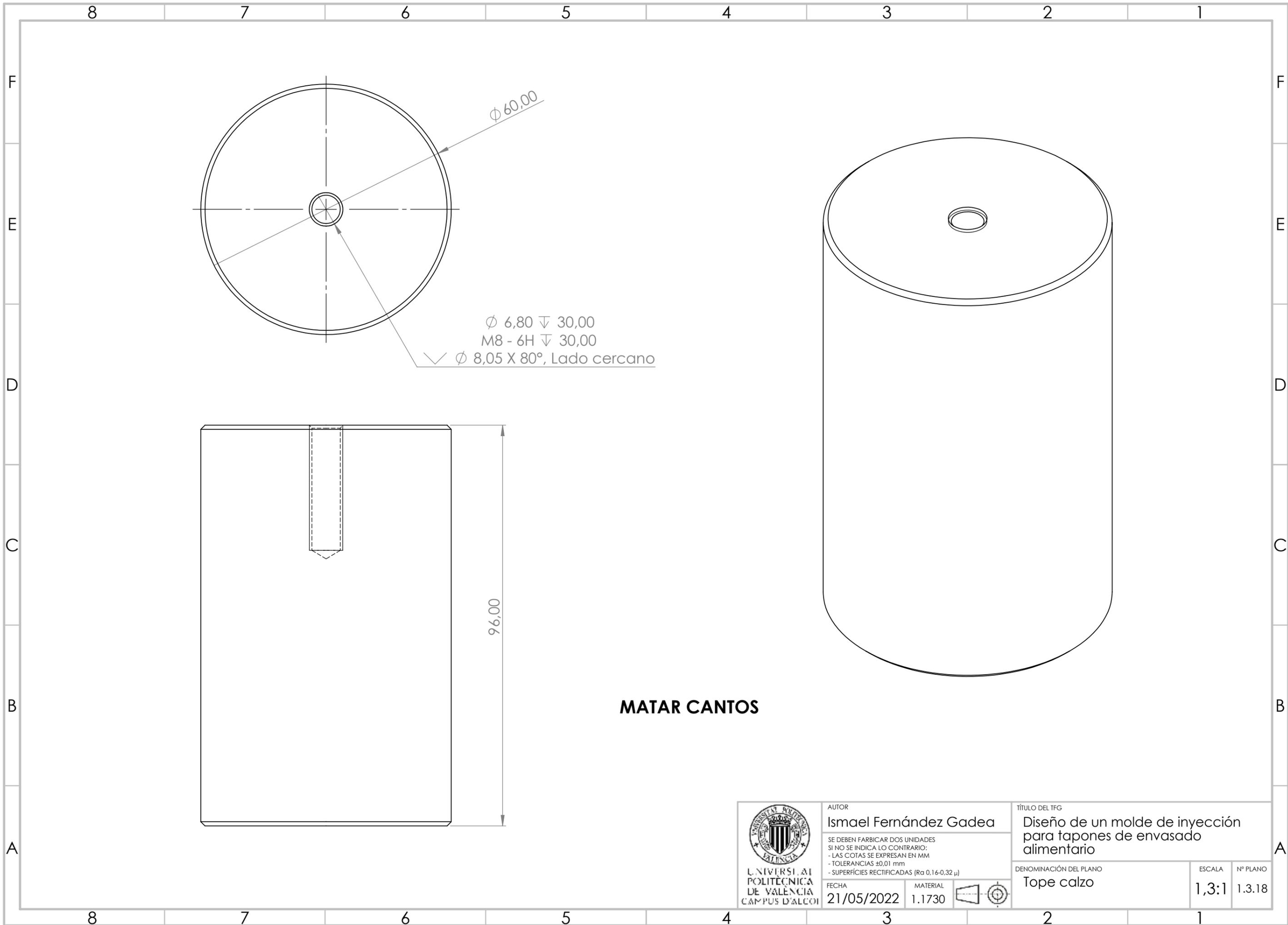
MATERIAL  
**1.2210**





**SECCIÓN A-A**  
ESCALA 1,5 : 1

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b>	TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b>	
	SE DEBEN FABRICAR CUATRO UNIDADES SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS ±0,01 mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 μ)	FECHA 21/05/2022	MATERIAL PKT-117 NITRURADO
		ESCALA <b>1,5:1</b>	Nº PLANO <b>1.3.14</b>

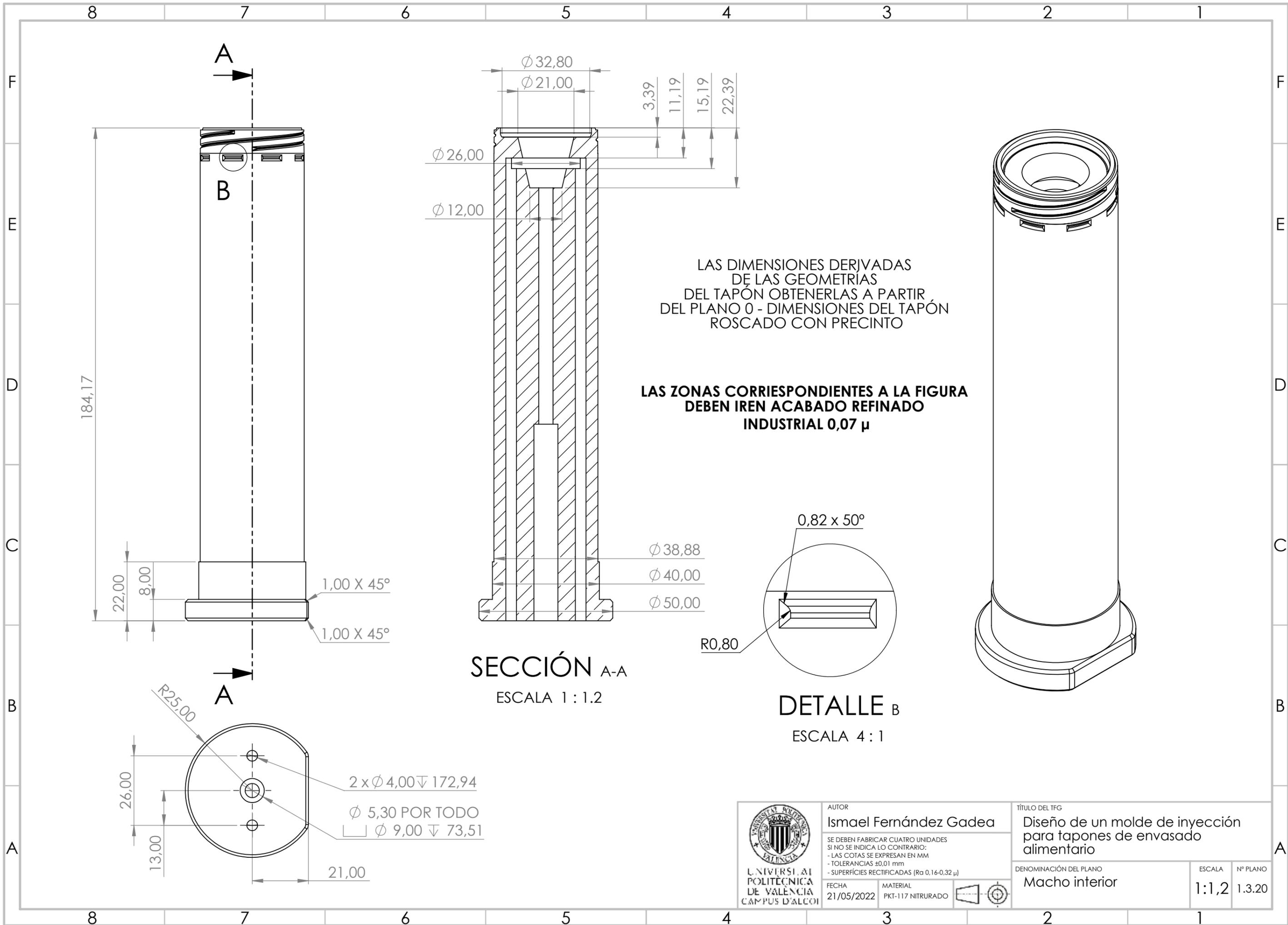


$\phi$  6,80  $\nabla$  30,00  
 M8 - 6H  $\nabla$  30,00  
 $\checkmark$   $\phi$  8,05 X 80°, Lado cercano

96,00

**MATAR CANTOS**

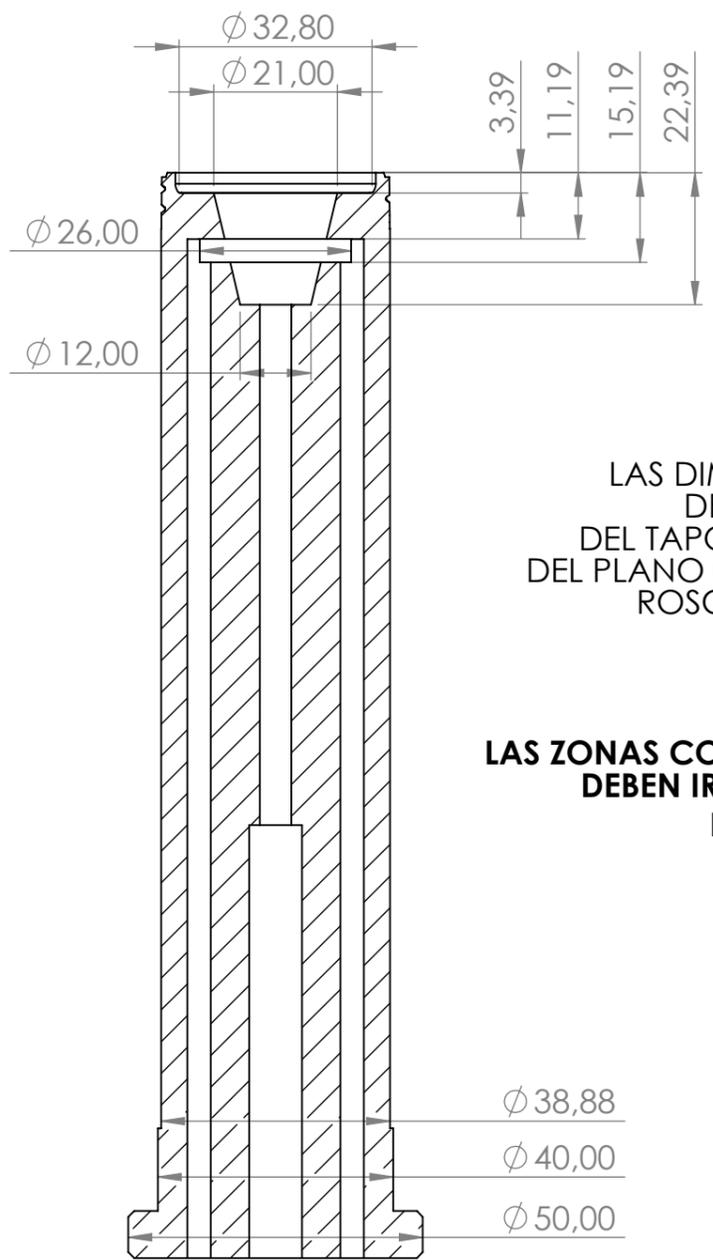
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b>	TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b>		
	SE DEBEN FABRICAR DOS UNIDADES SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS $\pm 0,01$ mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 $\mu$ )	FECHA <b>21/05/2022</b>	MATERIAL <b>1.1730</b>	DENOMINACIÓN DEL PLANO <b>Tope calzo</b>
			ESCALA <b>1,3:1</b>	Nº PLANO <b>1.3.18</b>



184,17

A

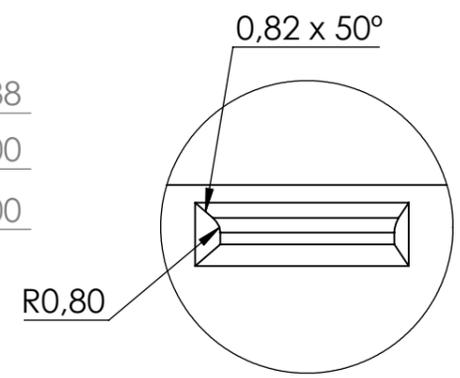
B



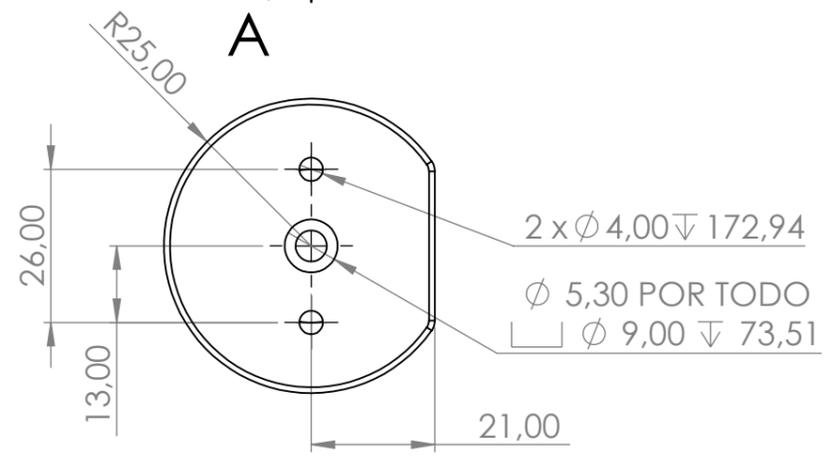
SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 1.2

LAS DIMENSIONES DERIVADAS DE LAS GEOMETRIAS DEL TAPÓN OBTENERLAS A PARTIR DEL PLANO 0 - DIMENSIONES DEL TAPÓN ROSCADO CON PRECINTO

LAS ZONAS CORRESPONDIENTES A LA FIGURA DEBEN IR ACABADO REFINADO INDUSTRIAL 0,07 μ



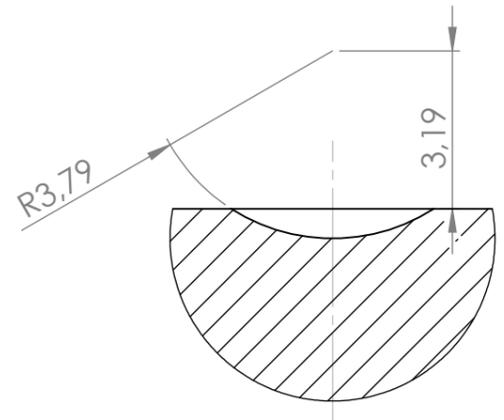
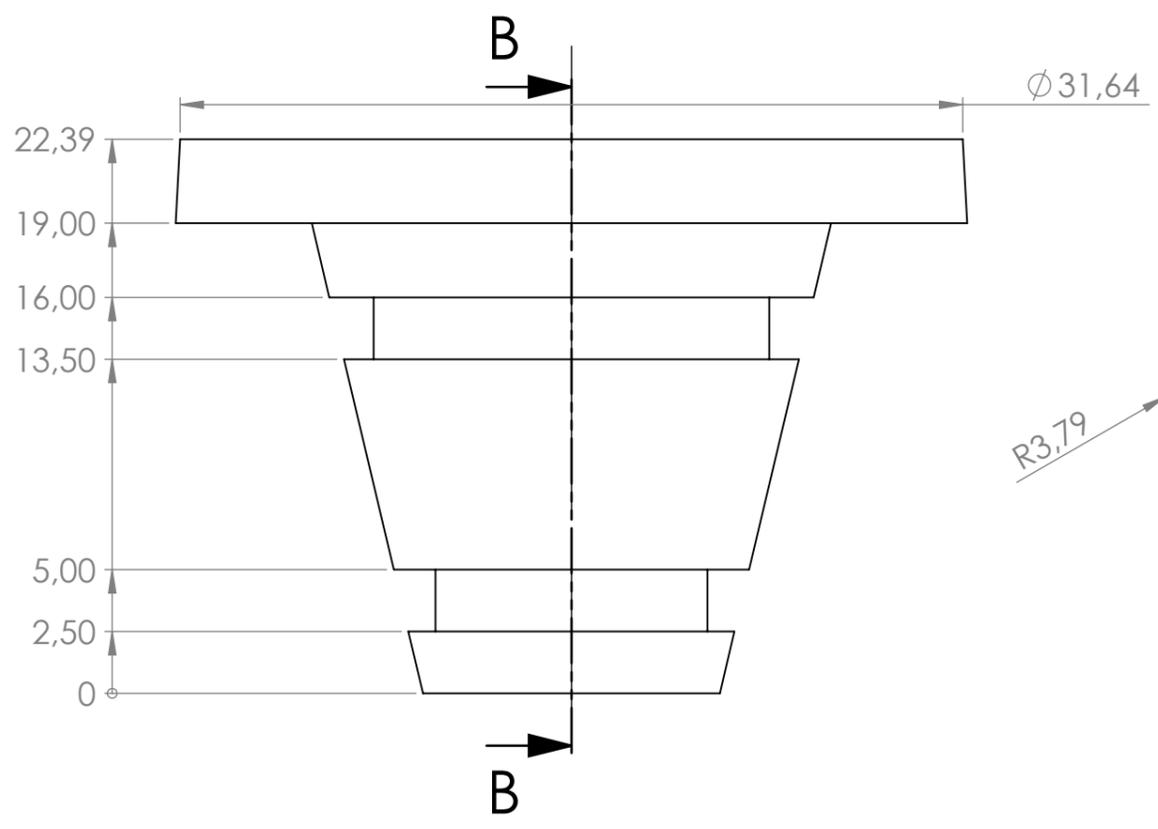
DETALLE B  
ESCALA 4 : 1



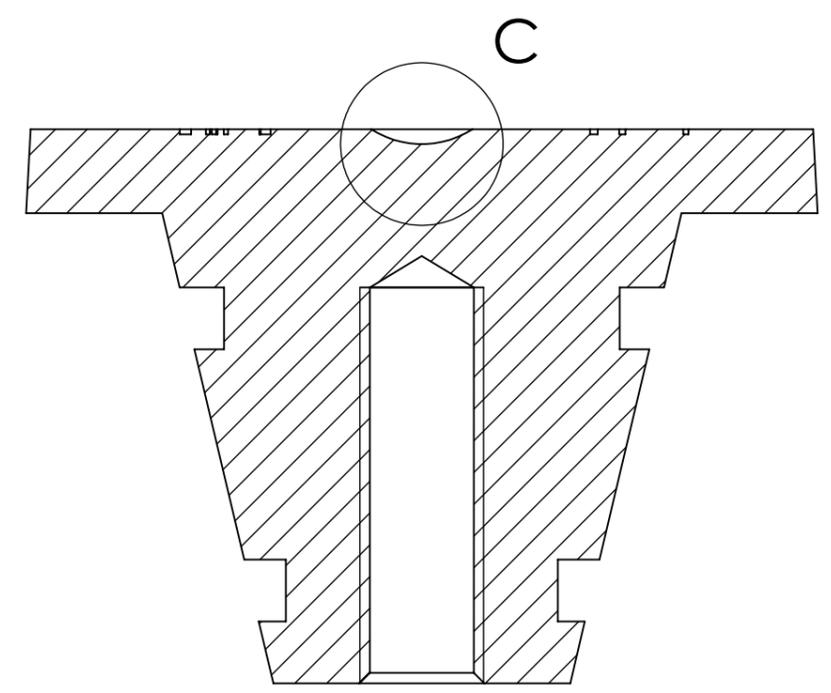
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	<p>AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b></p>	<p>TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b></p>	
	<p>SE DEBEN FABRICAR CUATRO UNIDADES SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS ±0,01 mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 μ)</p>	<p>DENOMINACIÓN DEL PLANO <b>Macho interior</b></p>	<p>ESCALA <b>1:1,2</b></p>
<p>FECHA 21/05/2022</p>	<p>MATERIAL PKT-117 NITRURADO</p>		

8 7 6 5 4 3 2 1

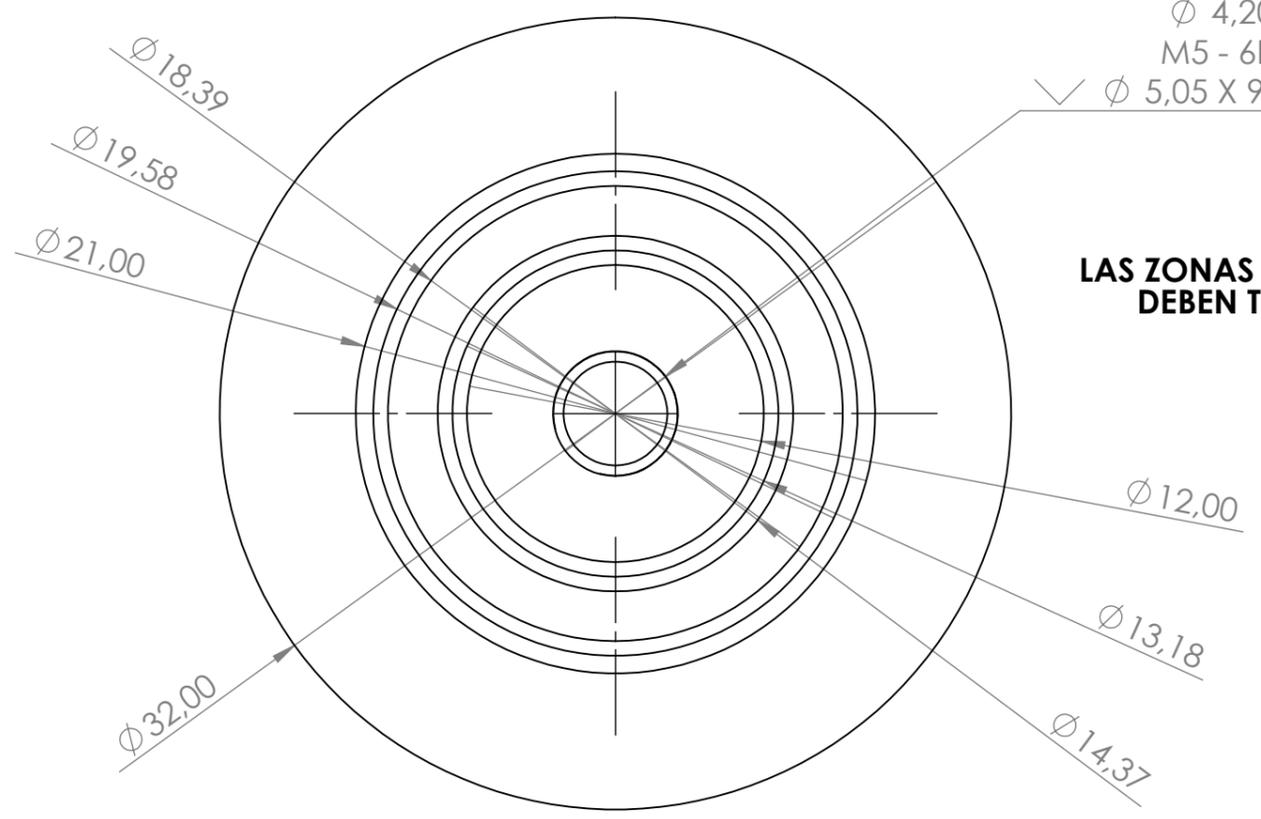
F  
E  
D  
C  
B  
A



**DETALLE C**  
ESCALA 7 : 1



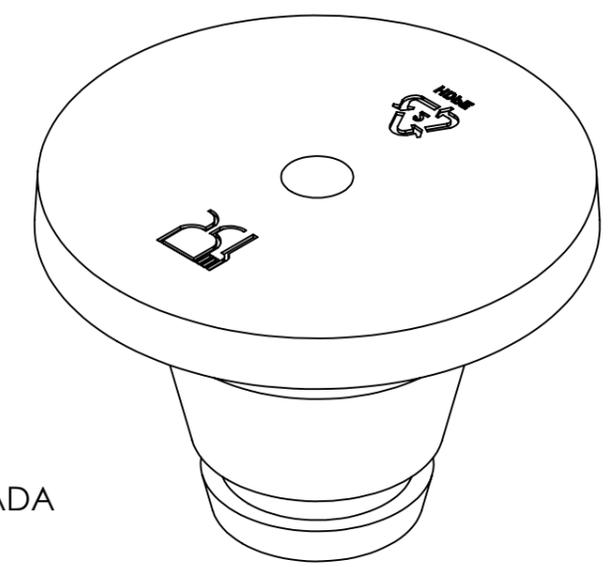
**SECCIÓN B-B**  
ESCALA 3.5 : 1



$\varnothing 4,20 \nabla 16,00$   
 $M5 - 6H \nabla 16,00$   
 $\checkmark \varnothing 5,05 \times 90^\circ$ , Lado cercano

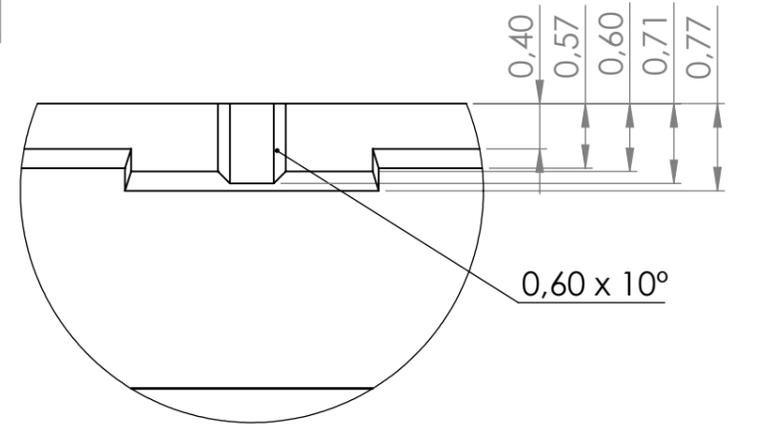
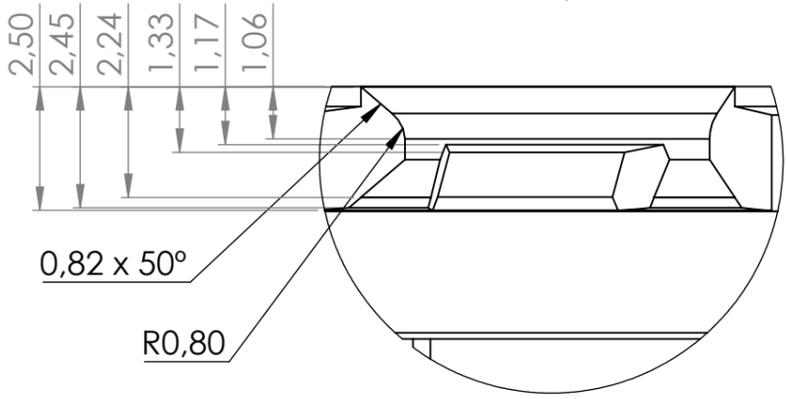
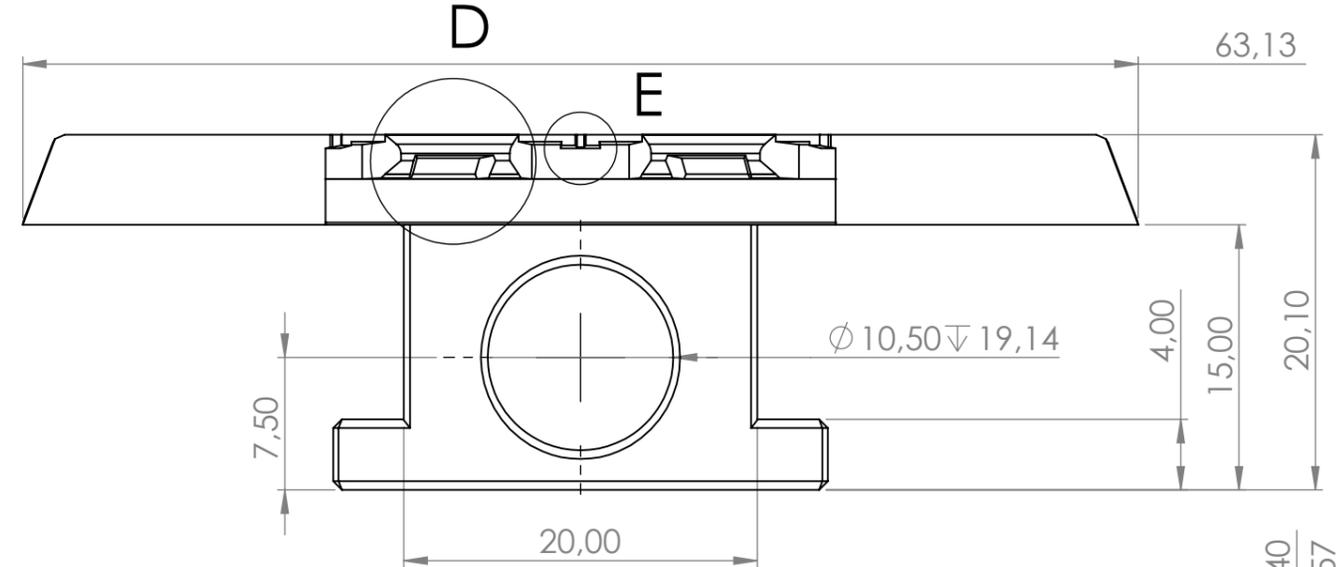
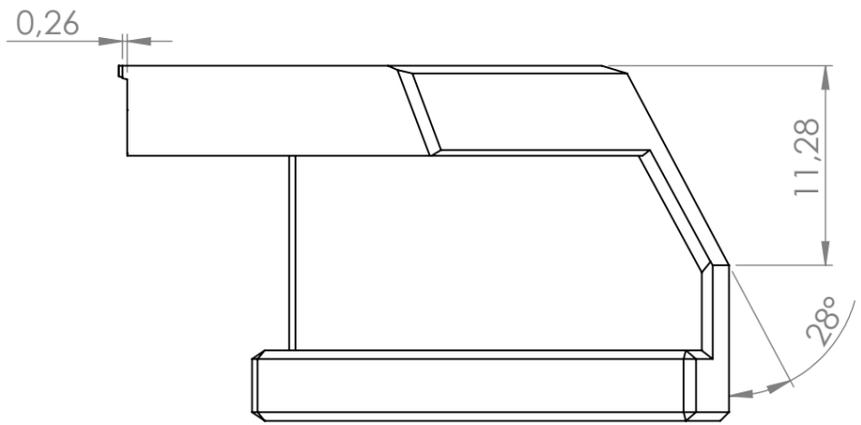
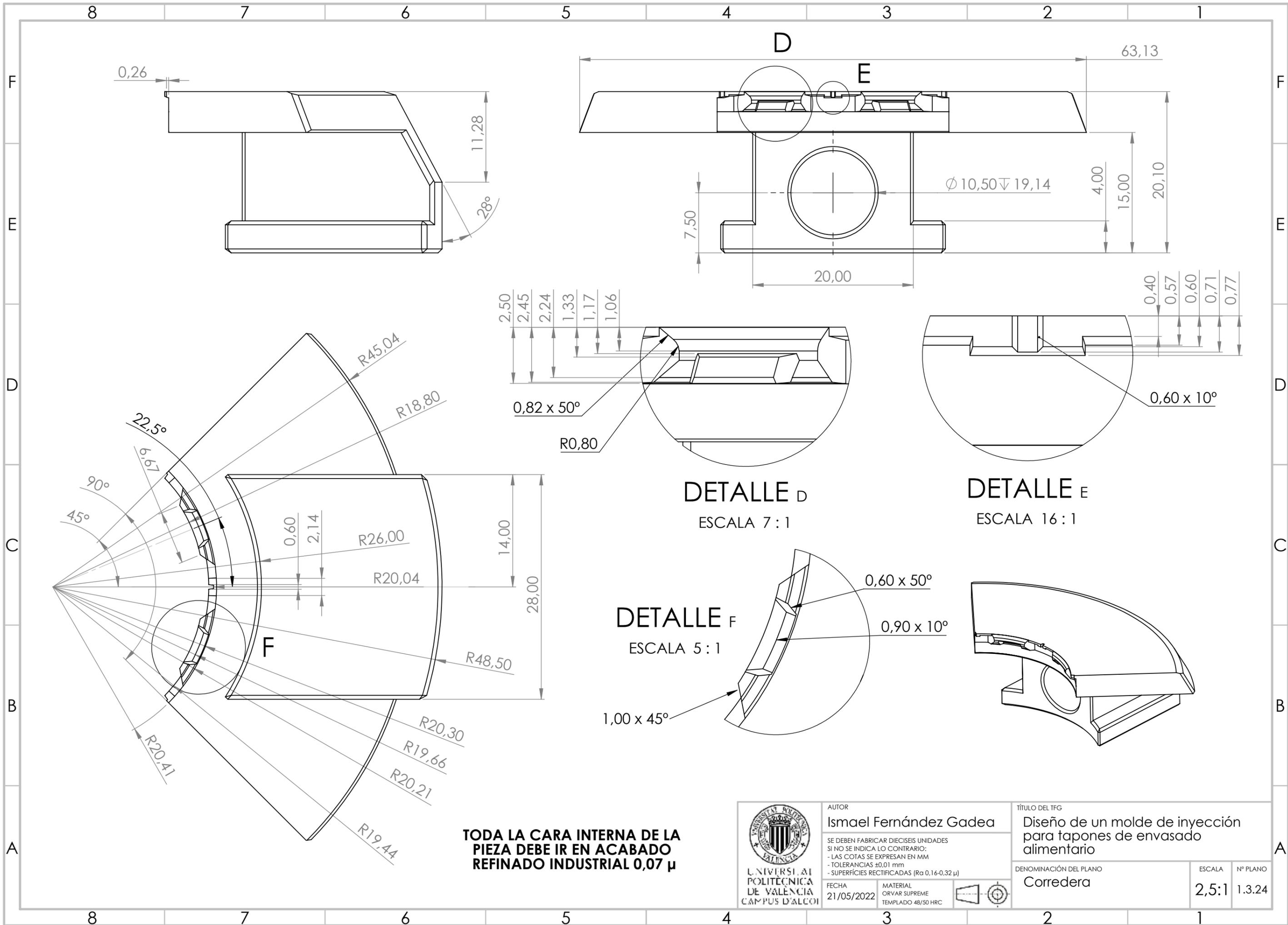
**LAS ZONAS CORRESPONDIENTES A LA FIGURA DEBEN TENER UN ACABADO REFINADO INDUSTRIAL 0,07  $\mu$**

ETIQUETADO SUPERIOR CON LAS DIMENSIONES QUE SE CONSIDEREN, PERO DE OBLIGADA IMPOSICIÓN



<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b>	TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b>	
	SE DEBEN FABRICAR CUATRO UNIDADES SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS $\pm 0,01$ mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 $\mu$ )	FECHA 21/05/2022	MATERIAL MoldMAX HH
		ESCALA <b>3,5:1</b>	Nº PLANO 1.3.21

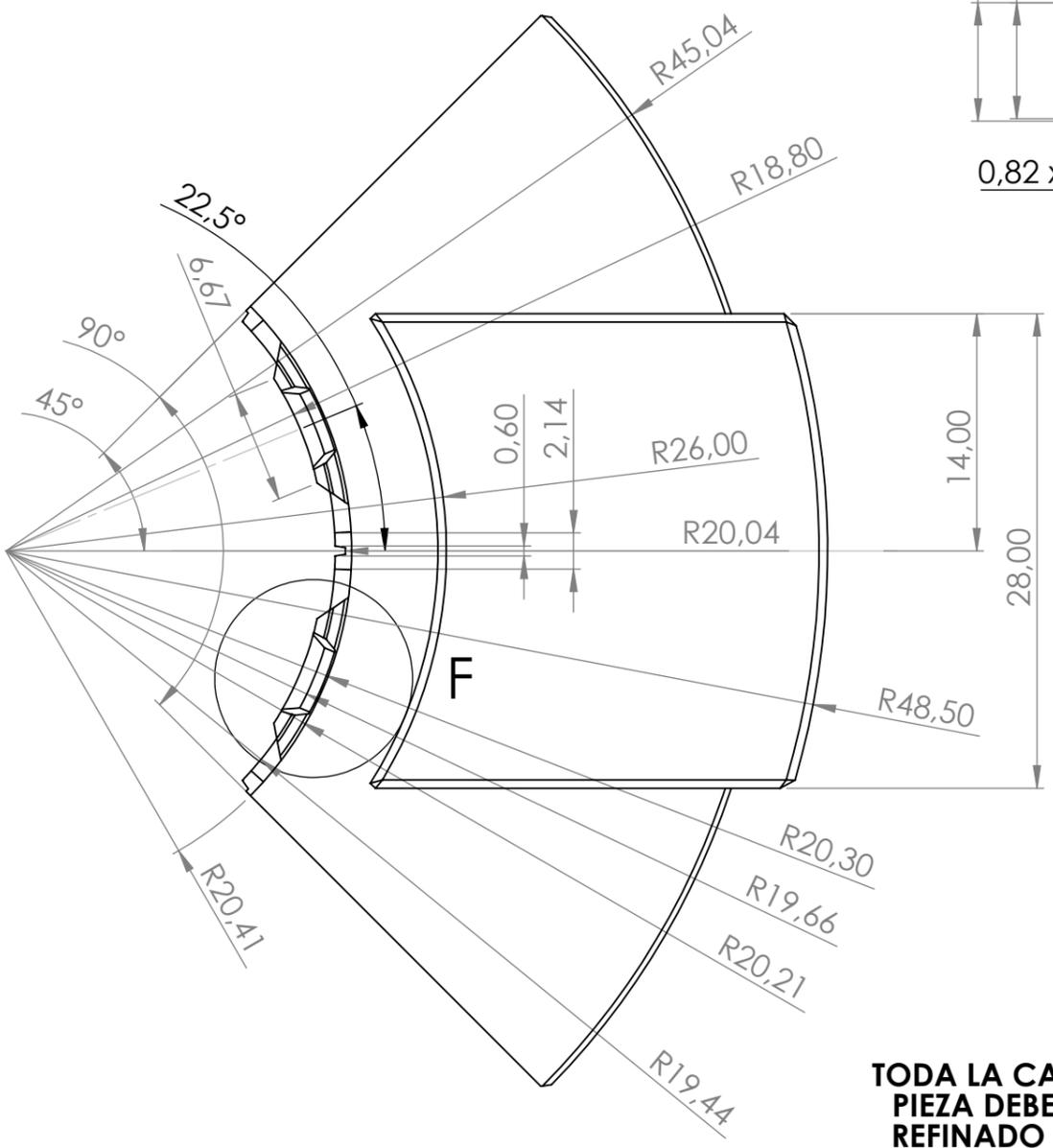
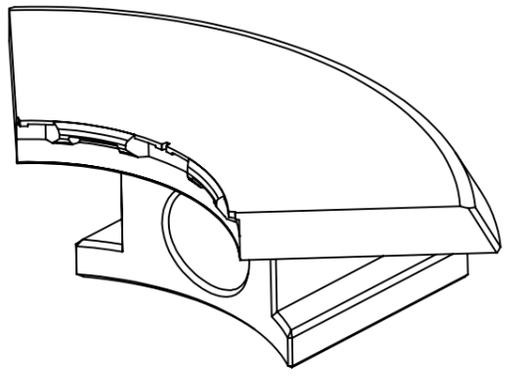
8 7 6 5 4 3 2 1



**DETALLE D**  
ESCALA 7 : 1

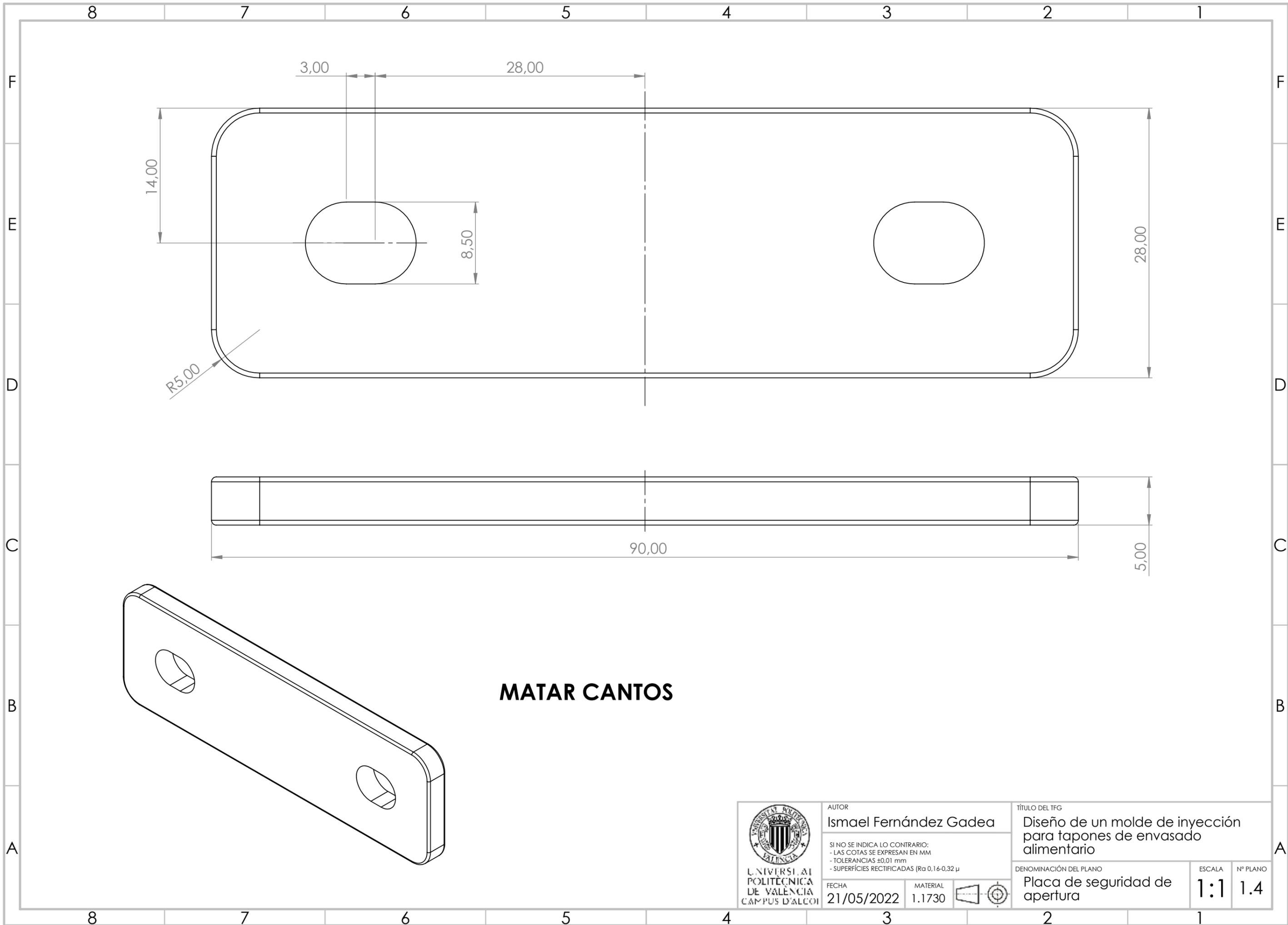
**DETALLE E**  
ESCALA 16 : 1

**DETALLE F**  
ESCALA 5 : 1



**TODA LA CARA INTERNA DE LA  
PIEZA DEBE IR EN ACABADO  
REFINADO INDUSTRIAL 0,07 μ**

<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	<p>AUTOR <b>Ismael Fernández Gadea</b></p> <p>SE DEBEN FABRICAR DIECISEIS UNIDADES SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM - TOLERANCIAS ±0.01 mm - SUPERFICIES RECTIFICADAS (Ra 0.16-0.32 μ)</p>	<p>TÍTULO DEL TFG <b>Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario</b></p>	
	<p>FECHA 21/05/2022</p> <p>MATERIAL ORVAR SUPREME TEMPLADO 48/50 HRC</p>	<p>DENOMINACIÓN DEL PLANO <b>Corredera</b></p>	
		<p>Nº PLANO <b>1.3.24</b></p>	



14,00

3,00

28,00

8,50

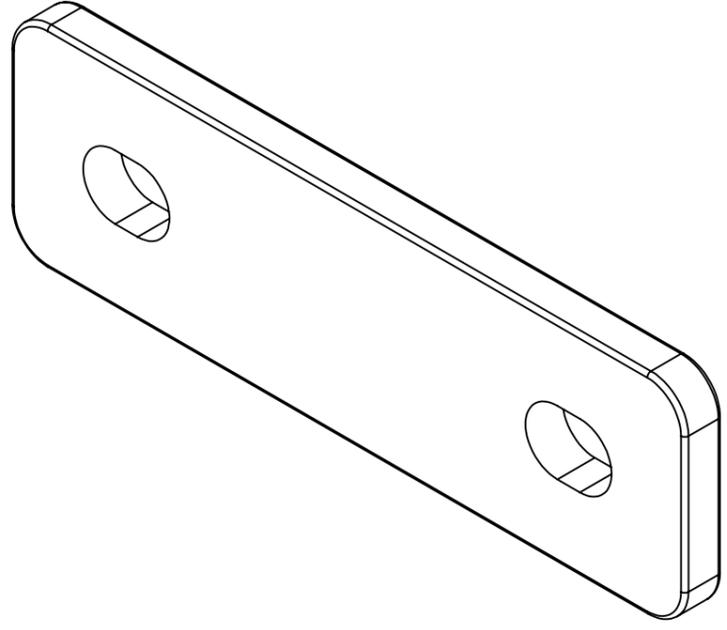
R5,00

28,00

90,00

5,00

**MATAR CANTOS**



AUTOR  
**Ismael Fernández Gadea**

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
 - LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
 - TOLERANCIAS ±0,01 mm  
 - SUPERFÍCIES RECTIFICADAS (Ra 0,16-0,32 μ)

FECHA  
**21/05/2022**

MATERIAL  
**1.1730**

TÍTULO DEL TFG  
**Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado alimentario**

DENOMINACIÓN DEL PLANO  
**Placa de seguridad de apertura**

ESCALA  
**1:1**

Nº PLANO  
**1.4**



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	<b>DOCUMENTO Nº5 – PLIEGO DE CONDICIONES</b>

## Tabla de contenido

1. Descripción del proyecto .....	2
2. Pliego de condiciones generales .....	2
2.1. Normativa aplicable .....	2
2.2. Almacenamiento .....	3
2.3. Suministro .....	3
2.4. Ejecución de las tareas .....	3
2.5. Seguridad .....	3
3. Pliego de condiciones técnicas .....	4
3.1. Materiales.....	4
3.2. Fabricación.....	4
3.3. Marcado .....	5
3.4. Manual de montaje.....	5
3.4.1 Montaje .....	5
3.4.2. Colocación en máquina .....	7
3.5. Manual de mantenimiento .....	7
4. Pliego de condiciones económicas .....	8

El objeto de este documento, llamado pliego de condiciones, es determinar las constrictiones que se deben seguir para lograr finalizar el presente proyecto con las garantías suficientes.

## 1. Descripción del proyecto

Este proyecto estriba en el diseño y desarrollo de un molde de inyección enfocado en la fabricación de cuatro millones de tapones para el envasado de productos líquidos alimentarios. Dicho esto, el material que se pretende inyectar será compatible con alimentos, así como los elementos del molde que estén en contacto con el polímero fundido.

## 2. Pliego de condiciones generales

En este primer capítulo se exponen todas y cada una de las condiciones generales, que no técnicas, que deben cumplirse a la hora de su ejecución.

### 2.1. Normativa aplicable

A parte de las condiciones que se estipulen en este documento, también se van a contemplar la totalidad de normas de obligado y no obligado cumplimiento, así como las disposiciones legales que se han considerado a lo largo de la realización del presente proyecto.

**Reglamento (UE) nº 10/2011 de la Comisión**, de 14 de enero de 2011, sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos, texto pertinente a efectos del EEE.

**Reglamento (CE) nº 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE, artículo 15.

**DIN 16 901**, noviembre 1982, tolerancias de los moldes de plástico y condiciones de aceptación de las dimensiones lineales.

**ASTM D7611/D7611M-21**. Práctica estándar para la codificación de artículos fabricados en plástico para la identificación de la resina.

**UNE-EN ISO 1043-1:2011**. Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 1: Polímeros de base y sus características especiales.

**UNE 157 001:2014**, criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

**UNE EN 201:2010**, maquinaria de plásticos y caucho. Máquinas de moldeo por inyección. Requisitos de seguridad.

**UNE EN 22768-1:1994**, tolerancias generales. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.

**DIN 16742:2012-10**. Moldeo de plásticos – Tolerancias y condiciones de aceptación.

**DIN E 16 750**, julio 1988. Moldes de inyección para materiales plásticos.

**DIN 24450:1987-02**. Máquinas para la transformación de plásticos y caucho; definiciones.

**Real Decreto 866/2008**, de 23 de mayo, por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo.

**Real Decreto 1644/2008**, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

## 2.2. Almacenamiento

Respecto al **almacenamiento** del molde, este debe situarse siempre alejado del suelo y en zonas lo menos húmedas posibles, preferiblemente en estanterías o, en su defecto, sobre un palé. Si en el área de almacenaje existen los mínimos indicios de humedad, lo mejor es cubrirlo mediante una capa de spray antihumedad. Además, previamente a su almacenamiento, debe limpiarse y engrasarse debidamente.

## 2.3. Suministro

En cuanto al **suministro**, el molde debe colocarse en la zona de carga del vehículo correctamente amarrado, de manera que se anulen sus posibilidades de desplazamiento. Aún más, este debe ir correctamente empaquetado sobre un palé o, preferiblemente, en el interior de un cajón de madera. Durante el trayecto de suministro deben evitarse giros bruscos y/o a alta velocidad que puedan provocar el vuelco del molde, ya que, debido a su masa, existe una alta probabilidad de volcar el vehículo de transporte.

## 2.4. Ejecución de las tareas

Todas las tareas impuestas en el presente proyecto deberán ser ejecutadas tal y como se describen en los diferentes documentos. De la misma forma, los materiales y las dimensiones de los diferentes elementos deberán adecuarse a lo que se detalla en los planos.

En el remoto caso en el que aparezcan **fallos** en el molde debido a una incorrecta realización o al empleo de materiales erróneos, el fabricante será el único responsable de tales actos.

Por otra parte, previamente al montaje y utilización del molde, las **dimensiones** de los elementos que lo componen deben ser **revisadas** y verificadas a conciencia una vez se han fabricado. Si se detectase algún defecto, debe comunicarse al proyectista, el cual se encargará de volver a revisar el componente y enmendar el error cometido. Bajo ningún concepto se debe intentar reparar la equivocación sin haberlo consultado previamente con el ingeniero.

En el transcurso de la fabricación o el montaje, el proyectista deberá, en todo momento, facilitar **aclaramientos o instrucciones** adicionales que clarifiquen posibles confusiones en los planos u otros documentos del proyecto.

Finalmente, cualquier **cambio o mejora** que se considere conveniente realizar, deberá ser consultada con el ingeniero encargado del proyecto, el cual estudiará el caso y tomará una decisión al respecto.

## 2.5. Seguridad

Existen dos grandes riesgos que hay que tener en cuenta y para los cuales existen elementos de seguridad. Uno de ellos se encasilla en la parte de manipulación y otro dentro de la de mantenimiento.

El primero es el peligro a que se **abra el molde** durante su manejo. Para solventar el problema, existe una pletina que debe atornillarse en uno de los laterales de la máquina previamente a su manipulación, llamada placa de seguridad de apertura. Dicho elemento une el plato macho con el plato hembra, impidiendo su separación. Esta es recomendable que se pinte de color rojo, para que, una vez colocado el molde en máquina, antes de abrirlo, se vea fácilmente si está presente.

El segundo no es un riesgo a la hora de su utilización, pero debe cumplirse por normativa, ya que se trata de un **peligro para la salud**. Consiste en el engrasado del molde, cuya tarea debe realizarse empleando siempre, de manera obligatoria, grasa compatible con alimentos. Esto es debido a la finalidad del producto que se está inyectando, que, como se ha mencionado anteriormente, es el envasado de productos alimenticios.

### 3. Pliego de condiciones técnicas

A diferencia del capítulo anterior, aquí se hallan todas las condiciones técnicas de obligado cumplimiento que deben considerarse previamente a la elaboración del proyecto.

#### 3.1. Materiales

En todo momento deberán utilizarse los materiales indicados a lo largo del proyecto. En el caso de que no fuese posible encontrar alguno de los materiales impuestos, deberá ser reemplazado por otro cuyas características sean iguales o superiores, pero nunca inferiores. Igualmente, dicha selección deberá ser realizada o, por lo menos, verificada por el ingeniero proyectista.

Todos y cada uno de los materiales empleados a lo largo de este proyecto tienen su ficha técnica, la cual se encuentra adjunta en el Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación. En dichas fichas, están especificadas todas las **características** que los definen.

#### 3.2. Fabricación

Las **velocidades de avance y corte** a utilizar serán las recomendadas por el fabricante del material que se esté mecanizando. Estas se localizan, al igual que antes, en la ficha técnica correspondiente a cada material, Anexo 4 – Elementos del molde, materiales y fabricación. Pese a ello, podrán seleccionarse en todo momento otros parámetros de mecanizado, siempre y cuando previamente se haya consultado con el proyectista y este haya dado el visto bueno.

En cuanto a la propia fabricación de cada componente, todos los **cantos** deberán matarse, es decir, redondearse, tal y como se indica en los planos, salvo donde se indique lo contrario.

Respecto al **acabado**, todas las superficies de los componentes mecanizados del molde deberán ser rectificadas, a excepción de la parte interior de las correderas y la figura, que deberán tener un acabado de refinado industrial. La rugosidad (Ra) para los elementos rectificadas debe girar en torno a los 0,16-0,32  $\mu$ , mientras que los refinados deben alcanzar unos valores de 0,07  $\mu$ .

Las **tolerancias** generales para los componentes del molde serán de  $\pm 0,01$  mm. Para los elementos que deslizan unos sobre otros de manera ajustada, se utilizará el sistema de ajuste h7/H7, según la normativa UNE-EN ISO 8015 y UNE EN 22768 1:1993. Además,

las partes de las piezas que forman parte de las figuras del molde seguirán las reglas de tolerancias establecidas en la norma DIN 16 901.

### 3.3. Marcado

Todos y cada una de los platos que componen el molde deberán llevar un **grabado** en el canto superior, indicando mediante un código o referencia de que molde se trata; en este caso “TA – 33” o “TAPÓN – 33”. Esto permite, aparte de identificarlo, facilitar su montaje. Encima, las placas expulsoras deberán ir numeradas según el orden de colocación.

El posicionamiento del grabado será de tal forma que, desde la posición de lectura, el sobreplato de la parte macho quede en la parte inferior. Es más, la profundidad del grabado nunca debe ser superior a 0,5 mm.

Opcionalmente, se podrá incorporar una **placa identificativa** donde quede grabado adecuadamente el número de cavidades de las que se compone el molde, el material que debe ser inyectado y la referencia identificativa. Del mismo modo, se podrá colocar el anagrama de la empresa.

### 3.4. Manual de montaje

Previamente a su montaje, hay que asegurarse de que se dispone de todos los elementos y que estos son de las dimensiones correctas. De lo contrario, será imposible realizar una montura adecuada.

#### 3.4.1 Montaje

Las instrucciones de montaje se dividen en casi tantas partes como platos existen, montando sobre cada uno de ellos sus correspondientes elementos para su posterior ensamblaje. Lo más recomendable es seguir el orden de montaje que aquí se desarrolla, pero existe una infinidad de posibilidades.

#### PLATO CÁMARA

El primer paso a realizar es colocar el disco y el pasador de centrado de la cámara caliente en la cavidad del plato cámara. Posteriormente, se deben colocar los inyectores y, sobre estos, el distribuidor con dos tornillos de cabeza hueca hexagonal M5x60, teniendo en cuenta que el cableado debe salir por la correspondiente ranura que lleva mecanizada el plato.

Luego, se tiene que colocar el tornillo de toma tierra y los casquillos centradores, asegurándose siempre de que se encuentran en la orientación correcta. Finalmente, se sitúan en las entradas de los canales de refrigeración las dos boquillas para facilitar la conexión de las mangueras; en el orificio restante se coloca el tapón.

#### SOBREPLATO

Ahora hay que colocar el sobreplato sobre el plato cámara, haciendo coincidir el marcado de cada plato y cubriendo de esta manera el distribuidor junto con el cableado, todo ello mediante cuatro tornillos de cabeza hueca hexagonal M12x35. A posteriori, se posiciona el disco centrador y se atornilla mediante dos tornillos avellanados M8x16.

#### CONECTOR

Lo siguiente a realizar es montar el conector de la cámara caliente y unirlo al plato cámara con cuatro tornillos de cabeza hueca hexagonal M5x30, conectando previamente

todo el cableado. A parte, el conector consta de varios elementos, que deben unirse entre ellos con la ayuda de ocho tornillos M4x16 y cuatro tornillos M5x25, todos ellos de cabeza hueca hexagonal.

### PLATO HEMBRA

Lo primero a realizar sobre el plato hembra es posicionar los mechones en sus cavidades. Más tarde, se colocan los pasadores de fijación para los postizos hembra.

Inmediatamente después, se ponen todas las juntas tóricas de diámetro 75 mm y 37 mm en sus respectivos huecos, para evitar fugas del líquido refrigerante. A posteriori, se ponen los cuatros postizos atornillados, cada uno con cuatro tornillos de cabeza hueca hexagonal M8x25. Por último, se sitúan, igual que en el plato cámara, las boquillas de refrigeración, pero en este caso también se posiciona un cáncamo en la parte superior.

Una vez ensamblado todo el plato hembra, hay que juntarlo al plato cámara con seis tornillos de cabeza hueca hexagonal M12x70. Sin embargo, esta vez se une desde la cara molde, para facilitar su desmontaje y limpieza de los inyectores ante una posible obstrucción.

### PLATO MACHO

Respecto al plato macho, antes que nada, se tienen que colocar sus dos boquillas y el tapón de refrigeración. Después, se ponen los casquillos guía de las camisas, no sin antes haberlos engrasado, y los casquillos guía del plato.

### SUFRIDERA, REGLAS Y PLACAS EXPULSORAS

Ahora se debe emplazar la placa **sufridera** en la parte trasera del macho, habiéndole colocado sus correspondientes casquillos guía y el cáncamo. Tras ella, se tiene que posicionar la placa expulsora de las camisas, también llamada **primera placa expulsora**. Sobre esta, se insertan los casquillos guía de la placa expulsora, los recuperadores y las camisas, habiéndolas engrasado previamente.

Más tarde, se sitúa la **segunda placa expulsora**, que se atornilla a la primera con la ayuda de seis tornillos de cabeza hueca hexagonal M8x30. Además, no hay que olvidarse de colocar también el espárrago con hexágono interior M12x35.

Luego, a los laterales de las dos primeras placas expulsoras y contra la sufridera tienen que posicionarse los **regles**, encajándolos en los casquillos guía de la sufridera y colocando otros cuatro, dos para cada regle.

Posteriormente, se pone la **tercera** y última **placa expulsora** a continuación de las dos anteriores. En ella se tienen que insertar los machos, pero antes hay que ponerles las juntas tóricas de Ø16 y Ø11 a las tapetas de los machos y atornillarlas con cuatro tornillos de cabeza hueca hexagonal M5x100.

### SOBREPLATO

Por otro lado, al último sobreplato hay que colocarle sus ocho juntas tóricas Ø8 y otras ocho boquillas de refrigeración. También se tienen que poner dos mechones guía de la placa expulsora y atornillar los dos topes calzo con dos tornillos de cabeza hueca hexagonal M8x40.

Seguidamente, se posiciona tras la última placa expulsora y los regles, para amarrar la última placa expulsora con seis tornillos de cabeza hueca hexagonal M8x40 al

sobreplato. Luego, se une el sobreplato con el macho atravesando los regles con cuatro tornillos del mismo tipo que los anteriores, pero esta vez M12x120.

Ya solo queda roscar el TGH, con su muelle de  $\varnothing 40 \times 127$  y arandela, al espárrago de la segunda placa expulsora.

### CORREDERAS Y MONTAJE FINAL

Como últimos pasos, queda colocar las dieciséis **correderas** en el plato macho y ponerle sus dieciséis tornillos que actúan de topes, que son de cabeza hueca hexagonal M5x10. Sin embargo, antes de posicionar las correderas, hay que engrasarlas y ponerle a cada una su propio muelle BRV  $\varnothing 10$ , de 25 mm de longitud. Finalmente, se cierra el molde y se atornilla la placa de seguridad de apertura para manipulación en uno de los laterales.

#### 3.4.2. Colocación en máquina

Respecto a la colocación en máquina, únicamente se deben seguir unos sencillos pasos. Lo primero a realizar es, habiendo ensamblado todo el molde, acercarlo a la máquina de inyección. Una vez allí, hay que colocar el molde entre las barras guía de la inyectora, pero por la parte superior. Esto puede hacerse con la ayuda de un carro de translación manual o un torito, sujetando el molde por los cáncamos en todo momento.

Luego, se debe hacer coincidir, en una misma altura, el disco centrador del molde con el orificio del plato fijo de la inyectora. Tras ello, se amarra la parte hembra y la cámara caliente al plato fijo de la máquina con la ayuda de garras.

Posteriormente, se debe desplazar el plato móvil de la máquina hasta que toque con la cara posterior de la parte macho. Una vez realizado este paso, se sujeta esta parte del molde de la misma manera que se ha amarrado la hembra.

Más tarde, se deben conectar todas las mangueras de refrigeración, así como el conector, que debe enchufarse a un controlador de temperatura. Aún más, hay que asegurarse de retirar la placa de seguridad para apertura.

Por último, pero no menos importante, se tiene que cerrar la máquina completamente y configurar en el panel de control la fuerza de cierre y todos los parámetros restantes que hagan funcionar el molde correctamente.

#### 3.5. Manual de mantenimiento

Respecto al mantenimiento del molde, tan sólo se deben seguir las premisas que a continuación se exponen, teniendo cada una de ellas un período de repetición distinto.

- Desmontar el molde y limpiar todos sus componentes cada vez que se retire de la inyectora. Tras ello, proceder a engrasar todos sus componentes deslizantes y cubrirlo con una capa de sprayado anticorrosión. Asimismo, limpiar debidamente los conductos de refrigeración, debido a la cal que puede acumularse en su interior. La grasa que se emplee será obligatoriamente compatible con alimentos.
- Verificar posibles daños que pueda haber sufrido el molde, únicamente tras haber completado cada pedido.
- Engrasar los mechones de manera diaria o, en el caso de que no trabaje de manera continua, cada veinticuatro horas de trabajo. La grasa que se emplee será obligatoriamente compatible con alimentos.

## 4. Pliego de condiciones económicas

Los **precios** establecidos en el proyecto, perfectamente detallados en el Documento Nº6 – Presupuesto, engloban el coste de los materiales y la mano de obra, así como todos los costes de ingeniería relacionados con el estudio y diseño del molde de inyección. También se incluye en dicho presupuesto el beneficio industrial.

En el caso de que se requiriese de alguna **operación** para dar por finalizado el proyecto y esta **no** estuviese **incluida** de manera explícita en el presupuesto, se comprenderá como obligación del fabricante.

Si apareciese fijado un **precio contradictorio** y no se rectificase previamente a la realización de la tarea a la que debía ser aplicado, se entenderá que el propio fabricante queda conforme con el indicado en un principio, sin ningún derecho a realizar reclamaciones.



TÍTULO	Diseño de un molde de inyección para tapones de envasado a alimentario
GRADO	Ingeniería mecánica
AUTOR	Ismael Fernández Gadea
TUTOR	Miguel Ángel Peydró Rasero
FECHA	JUNIO 2022
VOLUMEN	<b>DOCUMENTO N°6 – PRESUPUESTO</b>

---

## **Tabla de contenido**

1. Mediciones
2. Presupuestos parciales
3. Cuadro de precios
4. Resumen

## 1. Mediciones

**Medición nº 1 Tornillería**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición Ud</b>
1.1	ISO 10642 - M8 x 16 - 16C	2,00 ---
1.2	ISO 4762 M12 x 35 - 35N	4,00 ---
1.3	ISO 4762 M5 x 30 - 22N	4,00 ---
1.4	ISO 4762 M5 x 25 - 25N	4,00 ---
1.5	ISO 4762 M4 x 16 - 16N	8,00 ---
1.6	ISO 4762 M8 x 25 - 25N	16,00 ---
1.7	ISO 4762 M12 x 70 - 36N	6,00 ---
1.8	ISO 4762 M8 x 30 - 30N	6,00 ---
1.9	ISO 4762 M8 x 40 - 28N	8,00 ---
1.10	ISO 4762 M12 x 160 - 36N	4,00 ---
1.11	ISO 4762 M5 x 100 - 22N	4,00 ---
1.12	ISO 4026 - M12 x 35-N	1,00 ---
1.13	ISO 4762 M5 x 10 - 10N	16,00 ---
1.14	ISO 4762 M8 x 16 - 16N	2,00 ---

**Medición nº 2 Elementos cámara caliente**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición Ud</b>
2.1	Cámara caliente Thermoplay Los componentes de la cámara caliente se encuentran adjuntos en el Anexo N°4 - Elementos del molde, materiales y fabricación	1,00 ---
2.2	Conector Thermoplay E05137	1,00 ---
2.3	Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G1/8	2,00 ---
2.4	Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	4,00 ---
2.5	Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=22 mm	4,00 ---
2.6	Disco centrador Elemento prefabricado BruyRubio BRDC Dimensiones: 125x8 mm Material: 1.1730	1,00 ---
2.7	Sobreplato de la cámara caliente Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	1,00 ---
2.8	Plato cámara Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x96 mm Material: 1.2312	1,00 ---

**Medición nº 3 Elementos parte hembra**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición Ud</b>
3.1	Pasador BruyRubio PAS Dimensiones: Ø=6 mm, L=16 mm	4,00 ---
3.2	Mechón BruyRubio BR00 Dimensiones: m=66 mm, L=55 mm, Ø2=30 mm, Ø1=22 mm	4,00 ---
3.3	Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	8,00 ---
3.4	Junta tórica BruyRubio Ø75x3,5 Material: Viton	4,00 ---
3.5	Junta tórica BruyRubio Ø37x3,5 Material: Viton	4,00 ---
3.6	Cáncamo BruyRubio CAN M16	1,00 ---
3.7	Plato hembra Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x66 mm Material: 1.2312	1,00 ---
3.8	Barra cilíndrica para mecanizar los postizos. Dimensiones: Ø=120 mm, h= 230 mm Material: Fecroni-1400	20,30 kg

**Medición nº 4 Elementos parte macho**

Nº	Descripción	Medición Ud
4.1	Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=46 mm	4,00 ---
4.2	Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=22 mm	8,00 ---
4.3	Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	10,00 ---
4.4	Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G1/8	2,00 ---
4.5	Cáncamo BruyRubio CAN M16	1,00 ---
4.6	Casquillo guía BruyRubio BRCV2 Dimensiones: Ø1=16 mm, L=21 mm	2,00 ---
4.7	Mechón guía BruyRubio BRGC Dimensiones: 16x34x125 mm	2,00 ---
4.8	TGH BruyRubio M12 Dimensiones: L=175 mm	1,00 ---
4.9	Muelle BruyRubio BRV Dimensiones: Ø=40 mm, L=127 mm	1,00 ---
4.10	Junta tórica BruyRubio Ø8x2 Material: Viton	8,00 ---
4.11	Junta tórica BruyRubio Ø11x2,5 Material: Viton	4,00 ---
4.12	Junta tórica BruyRubio Ø16x2,5 Material: Viton	4,00 ---
4.13	Muelle BruyRubio BRV Dimensiones: Ø=10 mm, L=25 mm	16,00 ---
4.14	Arandela BruyRubio Ø20 Dimensiones: Øext=40 mm, Øint=20 mm, h=5 mm.	1,00 ---
4.15	Recuperador BruyRubio D Dimensiones: Ø=12 mm, L=160 mm	4,00 ---
4.16	Plato macho Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x46 mm Material: 1.2312	1,00 ---
4.17	Barra cilíndrica para mecanizar los machos interiores. Dimensiones: Ø=50 mm, h= 765 mm Material: PKT-117	11,75 kg
4.18	Barra cilíndrica para las camisas expulsoras y sus casquillos guía. Dimensiones: Ø=60 mm, h= 760 mm Material: PKT-117	16,80 kg
4.19	Sufridera Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	1,00 ---
4.20	Regles Elemento prefabricado BruyRubio ESP.-EU Dimensiones: 346x346x96 mm Material: 1.1730	1,00 ---
4.21	Placa expulsora portacamisas y placa de fijación de los machos. Elemento prefabricado BruyRubio CPE P Dimensiones: 346x346x22 mm Material: 1.1730	2,00 ---
4.22	Placa expulsora de las camisas Elemento prefabricado BruyRubio CPE P Dimensiones: 346x346x17 mm Material: 1.1730	1,00 ---
4.23	Sobreplato Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	1,00 ---
4.24	Barra cilíndrica para mecanizar los topes calzo. Dimensiones: Ø=60 mm, h= 200 mm Material: 1.1730	4,44 kg
4.25	Barra cilíndrica para mecanizar las tapetas postizo macho. Dimensiones: Ø=40 mm, h= 130 mm Material: MoldMax HH	1,36 kg
4.26	Barra cilíndrica para mecanizar las correderas Dimensiones: Ø=120 mm, h= 165 mm Material: Orvar Supreme	14,56 kg
4.27	Placa de seguridad de apertura Dimensiones: 100x30x5 mm Material: 1.1730	0,12 kg

**Medición nº 5 Mecanizado**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición Ud</b>
5.1	Disco centrador	1,00 h
5.2	Sobreplato hembra	4,00 h
5.3	Plato cámara	18,00 h
5.4	Plato hembra	22,00 h
5.5	Postizos para la hembra	56,00 h
5.6	Recuperadores	0,25 h
5.7	Plato macho	20,00 h
5.8	Machos interiores	60,00 h
5.9	Casquillos guía de las camisas expulsoras	12,00 h
5.10	Camisas expulsoras	16,00 h
5.11	Sufridera	8,00 h
5.12	Regles	2,00 h
5.13	Placa expulsora portacamisas	9,00 h
5.14	Placa expulsora camisas	7,00 h
5.15	Placa de fijación de los machos	8,00 h
5.16	Sobreplato hembra	8,00 h
5.17	Topes calzo	1,50 h
5.18	Tapetas postizo macho	12,00 h
5.19	Correderas	162,00 h
5.20	Placa de seguridad de apertura	1,00 h

**Medición nº 6 Tratamientos**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición Ud</b>
6.1	Templado	4,75 kg
6.2	Nitrurado de camisas expulsoras, casquillos guía de las camisas y machos	8,50 kg
6.3	Precipitado de los postizos hembra	10,10 kg

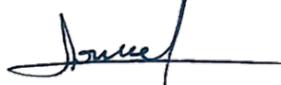
**Medición nº 7 Otros**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición Ud</b>
7.1	Ajuste de molde	16,00 h
7.2	Montaje de molde	5,00 h
7.3	Pruebas de inyección	4,00 h

**Medición nº 8 Costes de ingeniería**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición Ud</b>
8.1	Diseño del molde y tapón	150,00 h
8.2	Planos	30,00 h
8.3	Documentación	70,00 h

Ibi, a once de mayo de dos mil veintidós  
Ingeniero mecánico



Ismael Fernández-Gadea

## **2. Presupuestos parciales**

**Presupuesto parcial nº 1 Tornillería**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
1.1	1.1	---	ISO 10642 - M8 x 16 - 16C	2,00	0,30	0,60
1.2	1.2	---	ISO 4762 M12 x 35 - 35N	4,00	1,33	5,32
1.3	1.3	---	ISO 4762 M5 x 30 - 22N	4,00	0,17	0,68
1.4	1.4	---	ISO 4762 M5 x 25 - 25N	4,00	0,15	0,60
1.5	1.5	---	ISO 4762 M4 x 16 - 16N	8,00	0,07	0,56
1.6	1.6	---	ISO 4762 M8 x 25 - 25N	16,00	0,58	9,28
1.7	1.7	---	ISO 4762 M12 x 70 - 36N	6,00	2,03	12,18
1.8	1.8	---	ISO 4762 M8 x 30 - 30N	6,00	0,62	3,72
1.9	1.9	---	ISO 4762 M8 x 40 - 28N	8,00	0,74	5,92
1.10	1.10	---	ISO 4762 M12 x 160 - 36N	4,00	4,48	17,92
1.11	1.11	---	ISO 4762 M5 x 100 - 22N	4,00	1,34	5,36
1.12	1.12	---	ISO 4026 - M12 x 35-N	1,00	1,33	1,33
1.13	1.13	---	ISO 4762 M5 x 10 - 10N	16,00	0,08	1,28
1.14	1.14	---	ISO 4762 M8 x 16 - 16N	2,00	0,30	0,60
<b>Total presupuesto parcial nº 1 Tornillería :</b>						<b>65,35</b>

**Presupuesto parcial nº 2 Elementos cámara caliente**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
2.1	2.1	---	Cámara caliente Thermoplay Los componentes de la cámara caliente se encuentran adjuntos en el Anexo N°4 - Elementos del molde, materiales y fabricación	1,00	4.350,00	4.350,00
2.2	2.2	---	Conector Thermoplay E05137	1,00	85,50	85,50
2.3	2.3	---	Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G1/8	2,00	0,40	0,80
2.4	2.4	---	Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	4,00	0,47	1,88
2.5	2.5	---	Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=22 mm	4,00	24,75	99,00
2.6	2.6	---	Disco centrador Elemento prefabricado BruyRubio BRDC  Dimensiones: 125x8 mm Material: 1.1730	1,00	8,95	8,95
2.7	2.7	---	Sobreplato de la cámara caliente Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	1,00	141,50	141,50
2.8	2.8	---	Plato cámara Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x96 mm Material: 1.2312	1,00	503,34	503,34
<b>Total presupuesto parcial nº 2 Elementos cámara caliente :</b>						<b>5.190,97</b>

**Presupuesto parcial nº 3 Elementos parte hembra**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
3.1	3.1	---	Pasador BruyRubio PAS Dimensiones: Ø=6 mm, L=16 mm	4,00	0,30	1,20
3.2	3.2	---	Mechón BruyRubio BR00 Dimensiones: m=66 mm, L=55 mm, Ø2=30 mm, Ø1=22 mm	4,00	39,85	159,40
3.3	3.3	---	Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	8,00	0,47	3,76
3.4	3.4	---	Junta tórica BruyRubio Ø75x3,5 Material: Viton	4,00	7,09	28,36
3.5	3.5	---	Junta tórica BruyRubio Ø37x3,5 Material: Viton	4,00	2,82	11,28
3.6	3.6	---	Cáncamo BruyRubio CAN M16	1,00	13,32	13,32
3.7	3.7	---	Plato hembra Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x66 mm Material: 1.2312	1,00	368,34	368,34
3.8	3.8	kg	Barra cilíndrica para mecanizar los postizos. Dimensiones: Ø=120 mm, h= 230 mm Material: Fecroni-1400	20,30	10,20	207,06
<b>Total presupuesto parcial nº 3 Elementos parte hembra :</b>						<b>792,72</b>

**Presupuesto parcial nº 4 Elementos parte macho**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
4.1	4.1	---	Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=46 mm	4,00	39,85	159,40
4.2	4.2	---	Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=22 mm	8,00	24,75	198,00
4.3	4.3	---	Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	10,00	0,47	4,70
4.4	4.4	---	Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G1/8	2,00	0,40	0,80
4.5	4.5	---	Cáncamo BruyRubio CAN M16	1,00	13,32	13,32
4.6	4.6	---	Casquillo guía BruyRubio BRCV2 Dimensiones: Ø1=16 mm, L=21 mm	2,00	24,30	48,60
4.7	4.7	---	Mechón guía BruyRubio BRGC Dimensiones: 16x34x125 mm	2,00	24,30	48,60
4.8	4.8	---	TGH BruyRubio M12 Dimensiones: L=175 mm	1,00	25,30	25,30
4.9	4.9	---	Muelle BruyRubio BRV Dimensiones: Ø=40 mm, L=127 mm	1,00	12,90	12,90
4.10	4.10	---	Junta tórica BruyRubio Ø8x2 Material: Viton	8,00	0,53	4,24
4.11	4.11	---	Junta tórica BruyRubio Ø11x2,5 Material: Viton	4,00	0,72	2,88
4.12	4.12	---	Junta tórica BruyRubio Ø16x2,5 Material: Viton	4,00	0,99	3,96
4.13	4.13	---	Muelle BruyRubio BRV Dimensiones: Ø=10 mm, L=25 mm	16,00	1,45	23,20
4.14	4.14	---	Arandela BruyRubio Ø20 Dimensiones: Øext=40 mm, Øint=20 mm, h=5 mm.	1,00	2,56	2,56
4.15	4.15	---	Recuperador BruyRubio D Dimensiones: Ø=12 mm, L=160 mm	4,00	10,75	43,00
4.16	4.16	---	Plato macho Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x46 mm Material: 1.2312	1,00	302,54	302,54
4.17	4.17	kg	Barra cilíndrica para mecanizar los machos interiores. Dimensiones: Ø=50 mm, h= 765 mm Material: PKT-117	11,75	7,58	89,07
4.18	4.18	kg	Barra cilíndrica para las camisas expulsoras y sus casquillos guía. Dimensiones: Ø=60 mm, h= 760 mm Material: PKT-117	16,80	7,58	127,34
4.19	4.19	---	Sufridera Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	1,00	141,54	141,54

**Presupuesto parcial nº 4 Elementos parte macho**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
4.20	4.20	---	Regles Elemento prefabricado BruyRubio ESP.-EU Dimensiones: 346x346x96 mm Material: 1.1730	1,00	125,04	125,04
4.21	4.21	---	Placa expulsora portacamisas y placa de fijación de los machos. Elemento prefabricado BruyRubio CPE P Dimensiones: 346x346x22 mm Material: 1.1730	2,00	71,65	143,30
4.22	4.22	---	Placa expulsora de las camisas Elemento prefabricado BruyRubio CPE P Dimensiones: 346x346x17 mm Material: 1.1730	1,00	55,35	55,35
4.23	4.23	---	Sobreplato Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	1,00	141,50	141,50
4.24	4.24	kg	Barra cilíndrica para mecanizar los topes calzo. Dimensiones: Ø=60 mm, h= 200 mm Material: 1.1730	4,44	5,10	22,64
4.25	4.25	kg	Barra cilíndrica para mecanizar las tapetas postizo macho. Dimensiones: Ø=40 mm, h= 130 mm Material: MoldMax HH	1,36	48,00	65,28
4.26	4.26	kg	Barra cilíndrica para mecanizar las correderas Dimensiones: Ø=120 mm, h= 165 mm Material: Orvar Supreme	14,56	12,55	182,73
4.27	4.27	kg	Placa de seguridad de apertura Dimensiones: 100x30x5 mm Material: 1.1730	0,12	5,10	0,61
<b>Total presupuesto parcial nº 4 Elementos parte macho :</b>						<b>1.988,40</b>

**Presupuesto parcial nº 5 Mecanizado**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
5.1	5.1	h	Disco centrador	1,00	30,00	30,00
5.2	5.2	h	Sobreplato hembra	4,00	30,00	120,00
5.3	5.3	h	Plato cámara	18,00	30,00	540,00
5.4	5.4	h	Plato hembra	22,00	30,00	660,00
5.5	5.5	h	Postizos para la hembra	56,00	30,00	1.680,00
5.6	5.6	h	Recuperadores	0,25	30,00	7,50
5.7	5.7	h	Plato macho	20,00	30,00	600,00
5.8	5.8	h	Machos interiores	60,00	30,00	1.800,00
5.9	5.9	h	Casquillos guía de las camisas expulsoras	12,00	30,00	360,00
5.10	5.10	h	Camisas expulsoras	16,00	30,00	480,00
5.11	5.11	h	Sufridera	8,00	30,00	240,00
5.12	5.12	h	Regles	2,00	30,00	60,00
5.13	5.13	h	Placa expulsora portacamisas	9,00	30,00	270,00
5.14	5.14	h	Placa expulsora camisas	7,00	30,00	210,00
5.15	5.15	h	Placa de fijación de los machos	8,00	30,00	240,00
5.16	5.16	h	Sobreplato hembra	8,00	30,00	240,00
5.17	5.17	h	Topes calzo	1,50	30,00	45,00
5.18	5.18	h	Tapetas postizo macho	12,00	30,00	360,00
5.19	5.19	h	Correderas	162,00	30,00	4.860,00
5.20	5.20	h	Placa de seguridad de apertura	1,00	30,00	30,00
<b>Total presupuesto parcial nº 5 Mecanizado :</b>						<b>12.832,50</b>

**Presupuesto parcial nº 6 Tratamientos**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
6.1	6.1	kg	Templado	4,75	2,00	9,50
6.2	6.2	kg	Nitrurado de camisas expulsoras, casquillos guía de las camisas y machos	8,50	2,00	17,00
6.3	6.3	kg	Precipitado de los postizos hembra	10,10	2,00	20,20
<b>Total presupuesto parcial nº 6 Tratamientos :</b>						<b>46,70</b>

**Presupuesto parcial nº 7 Otros**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
7.1	7.1	h	Ajuste de molde	16,00	30,00	480,00
7.2	7.2	h	Montaje de molde	5,00	30,00	150,00
7.3	7.3	h	Pruebas de inyección	4,00	30,00	120,00
<b>Total presupuesto parcial nº 7 Otros :</b>						<b>750,00</b>

**Presupuesto parcial nº 8 Costes de ingeniería**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
8.1	8.1	h	Diseño del molde y tapón	150,00	30,00	4.500,00
8.2	8.2	h	Planos	30,00	30,00	900,00
8.3	8.3	h	Documentación	70,00	30,00	2.100,00
<b>Total presupuesto parcial nº 8 Costes de ingeniería :</b>						<b>7.500,00</b>

	<u>Importe (€)</u>
1 Tornillería .....	65,35
2 Elementos cámara caliente .....	5.190,97
3 Elementos parte hembra .....	792,72
4 Elementos parte macho .....	1.988,40
5 Mecanizado .....	12.832,50
6 Tratamientos .....	46,70
7 Otros .....	750,00
8 Costes de ingeniería .....	7.500,00
Total .....	<u>29.166,64</u>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de VEINTINUEVE MIL CIENTO SESENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Ibi, a once de mayo de dos mil veintidós  
Ingeniero mecánico



Ismael Fernández Gadea

### **3. Cuadro de precios**

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	<b>1 Tornillería</b>		
1.1	--- ISO 10642 - M8 x 16 - 16C	0,30	TREINTA CÉNTIMOS
1.2	--- ISO 4762 M12 x 35 - 35N	1,33	UN EURO CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
1.3	--- ISO 4762 M5 x 30 - 22N	0,17	DIECISIETE CÉNTIMOS
1.4	--- ISO 4762 M5 x 25 - 25N	0,15	QUINCE CÉNTIMOS
1.5	--- ISO 4762 M4 x 16 - 16N	0,07	SIETE CÉNTIMOS
1.6	--- ISO 4762 M8 x 25 - 25N	0,58	CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.7	--- ISO 4762 M12 x 70 - 36N	2,03	DOS EUROS CON TRES CÉNTIMOS
1.8	--- ISO 4762 M8 x 30 - 30N	0,62	SESENTA Y DOS CÉNTIMOS
1.9	--- ISO 4762 M8 x 40 - 28N	0,74	SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.10	--- ISO 4762 M12 x 160 - 36N	4,48	CUATRO EUROS CON CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.11	--- ISO 4762 M5 x 100 - 22N	1,34	UN EURO CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.12	--- ISO 4026 - M12 x 35-N	1,33	UN EURO CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
1.13	--- ISO 4762 M5 x 10 - 10N	0,08	OCHO CÉNTIMOS
1.14	--- ISO 4762 M8 x 16 - 16N	0,30	TREINTA CÉNTIMOS
	<b>2 Elementos cámara caliente</b>		
2.1	--- Cámara caliente Thermoplay Los componentes de la cámara caliente se encuentran adjuntos en el Anexo Nª4 - Elementos del molde, materiales y fabricación	4.350,00	CUATRO MIL TRESCIENTOS CINCUENTA EUROS
2.2	--- Conector Thermoplay E05137	85,50	OCHENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
2.3	--- Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G1/8	0,40	CUARENTA CÉNTIMOS
2.4	--- Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	0,47	CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.5	--- Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=22 mm	24,75	VEINTICUATRO EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.6	--- Disco centrador Elemento prefabricado BruyRubio BRDC Dimensiones: 125x8 mm Material: 1.1730	8,95	OCHO EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.7	--- Sobreplato de la cámara caliente Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	141,50	CIENTO CUARENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
2.8	--- Plato cámara Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x96 mm Material: 1.2312	503,34	QUINIENTOS TRES EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
	<b>3 Elementos parte hembra</b>		
3.1	--- Pasador BruyRubio PAS Dimensiones: Ø=6 mm, L=16 mm	0,30	TREINTA CÉNTIMOS

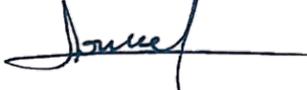
## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.2	--- Mechón BruyRubio BR00 Dimensiones: m=66 mm, L=55 mm, Ø2=30 mm, Ø1=22 mm	39,85	TREINTA Y NUEVE EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS
3.3	--- Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	0,47	CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
3.4	--- Junta tórica BruyRubio Ø75x3,5 Material: Viton	7,09	SIETE EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
3.5	--- Junta tórica BruyRubio Ø37x3,5 Material: Viton	2,82	DOS EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.6	--- Cáncamo BruyRubio CAN M16	13,32	TRECE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS
3.7	--- Plato hembra Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x66 mm Material: 1.2312	368,34	TRESCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.8	kg Barra cilíndrica para mecanizar los postizos. Dimensiones: Ø=120 mm, h= 230 mm Material: Fecroni-1400	10,20	DIEZ EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS
<b>4 Elementos parte macho</b>			
4.1	--- Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=46 mm	39,85	TREINTA Y NUEVE EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS
4.2	--- Casquillo guía BruyRubio BR10 Dimensiones: Ø1=22 mm, Ø2=30 mm, L=22 mm	24,75	VEINTICUATRO EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
4.3	--- Boquilla refrigeración BruyRubio BR84 G1/4	0,47	CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
4.4	--- Tapón refrigeración BruyRubio BR94 G1/8	0,40	CUARENTA CÉNTIMOS
4.5	--- Cáncamo BruyRubio CAN M16	13,32	TRECE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS
4.6	--- Casquillo guía BruyRubio BRCV2 Dimensiones: Ø1=16 mm, L=21 mm	24,30	VEINTICUATRO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
4.7	--- Mechón guía BruyRubio BRGC Dimensiones: 16x34x125 mm	24,30	VEINTICUATRO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
4.8	--- TGH BruyRubio M12 Dimensiones: L=175 mm	25,30	VEINTICINCO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
4.9	--- Muelle BruyRubio BRV Dimensiones: Ø=40 mm, L=127 mm	12,90	DOCE EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
4.10	--- Junta tórica BruyRubio Ø8x2 Material: Viton	0,53	CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
4.11	--- Junta tórica BruyRubio Ø11x2,5 Material: Viton	0,72	SETENTA Y DOS CÉNTIMOS
4.12	--- Junta tórica BruyRubio Ø16x2,5 Material: Viton	0,99	NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
4.13	--- Muelle BruyRubio BRV Dimensiones: Ø=10 mm, L=25 mm	1,45	UN EURO CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
4.14	--- Arandela BruyRubio Ø20 Dimensiones: Øext=40 mm, Øint=20 mm, h=5 mm.	2,56	DOS EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS
4.15	--- Recuperador BruyRubio D Dimensiones: Ø=12 mm, L=160 mm	10,75	DIEZ EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
4.16	--- Plato macho Elemento prefabricado BruyRubio PC Dimensiones: 346x346x46 mm Material: 1.2312	302,54	TRESCIENTOS DOS EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
4.17	kg Barra cilíndrica para mecanizar los machos interiores. Dimensiones: Ø=50 mm, h= 765 mm Material: PKT-117	7,58	SIETE EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
4.18	kg Barra cilíndrica para las camisas expulsoras y sus casquillos guía. Dimensiones: Ø=60 mm, h= 760 mm Material: PKT-117	7,58	SIETE EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
4.19	--- Sufridera Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	141,54	CIENTO CUARENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
4.20	--- Regles Elemento prefabricado BruyRubio ESP.-EU Dimensiones: 346x346x96 mm Material: 1.1730	125,04	CIENTO VEINTICINCO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
4.21	--- Placa expulsora portacamisas y placa de fijación de los machos. Elemento prefabricado BruyRubio CPE P Dimensiones: 346x346x22 mm Material: 1.1730	71,65	SETENTA Y UN EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
4.22	--- Placa expulsora de las camisas Elemento prefabricado BruyRubio CPE P Dimensiones: 346x346x17 mm Material: 1.1730	55,35	CINCUENTA Y CINCO EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS
4.23	--- Sobreplato Elemento prefabricado BruyRubio PBAS-EU Dimensiones: 346x346x27 mm Material: 1.1730	141,50	CIENTO CUARENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
4.24	kg Barra cilíndrica para mecanizar los topes calzo. Dimensiones: Ø=60 mm, h= 200 mm Material: 1.1730	5,10	CINCO EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
4.25	kg Barra cilíndrica para mecanizar las tapetas postizo macho. Dimensiones: Ø=40 mm, h= 130 mm Material: MoldMax HH	48,00	CUARENTA Y OCHO EUROS
4.26	kg Barra cilíndrica para mecanizar las correderas Dimensiones: Ø=120 mm, h= 165 mm Material: Orvar Supreme	12,55	DOCE EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
4.27	kg Placa de seguridad de apertura Dimensiones: 100x30x5 mm Material: 1.1730	5,10	CINCO EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
	<b>5 Mecanizado</b>		
5.1	h Disco centrador	30,00	TREINTA EUROS
5.2	h Sobreplato hembra	30,00	TREINTA EUROS
5.3	h Plato cámara	30,00	TREINTA EUROS
5.4	h Plato hembra	30,00	TREINTA EUROS
5.5	h Postizos para la hembra	30,00	TREINTA EUROS
5.6	h Recuperadores	30,00	TREINTA EUROS
5.7	h Plato macho	30,00	TREINTA EUROS
5.8	h Machos interiores	30,00	TREINTA EUROS
5.9	h Casquillos guía de las camisas expulsoras	30,00	TREINTA EUROS
5.10	h Camisas expulsoras	30,00	TREINTA EUROS
5.11	h Sufridera	30,00	TREINTA EUROS
5.12	h Regles	30,00	TREINTA EUROS
5.13	h Placa expulsora portacamisas	30,00	TREINTA EUROS
5.14	h Placa expulsora camisas	30,00	TREINTA EUROS
5.15	h Placa de fijación de los machos	30,00	TREINTA EUROS
5.16	h Sobreplato hembra	30,00	TREINTA EUROS
5.17	h Topes calzo	30,00	TREINTA EUROS
5.18	h Tapetas postizo macho	30,00	TREINTA EUROS
5.19	h Correderas	30,00	TREINTA EUROS
5.20	h Placa de seguridad de apertura	30,00	TREINTA EUROS
	<b>6 Tratamientos</b>		
6.1	kg Templado	2,00	DOS EUROS
6.2	kg Nitrurado de camisas expulsoras, casquillos guía de las camisas y machos	2,00	DOS EUROS
6.3	kg Precipitado de los postizos hembra	2,00	DOS EUROS
	<b>7 Otros</b>		
7.1	h Ajuste de molde	30,00	TREINTA EUROS
7.2	h Montaje de molde	30,00	TREINTA EUROS
7.3	h Pruebas de inyección	30,00	TREINTA EUROS
	<b>8 Costes de ingeniería</b>		
8.1	h Diseño del molde y tapón	30,00	TREINTA EUROS
8.2	h Planos	30,00	TREINTA EUROS
8.3	h Documentación	30,00	TREINTA EUROS
	Ibi, a once de mayo de dos mil veintidós Ingeniero mecánico  Ismael Fernández Gadea		

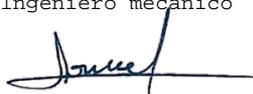
## **4. Resumen**

Proyecto: Molde de inyección

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
1 Tornillería .....	65,35
2 Elementos cámara caliente .....	5.190,97
3 Elementos parte hembra .....	792,72
4 Elementos parte macho .....	1.988,40
5 Mecanizado .....	12.832,50
6 Tratamientos .....	46,70
7 Otros .....	750,00
8 Costes de ingeniería .....	7.500,00
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>29.166,64</b>
5% de gastos generales	1.458,33
10% de beneficio industrial	2.916,66
<b>Suma</b>	<b>33.541,63</b>
21% IVA	7.043,74
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>40.585,37</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUARENTA MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS.

Ibi, a once de mayo de dos mil veintidós  
Ingeniero mecánico



Ismael Fernández Gadea