

DISEÑO DE MOLDE DE MÁQUINA DE INYECCIÓN PARA PROTECTOR DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

MEMORIA PRESENTADA POR:

LIDIA MIRÓ ZAMORA

TUTOR/A:

MIGUEL ÁNGEL PEYDRÓ RASERO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Convocatoria de defensa: septiembre de 2021

Resumen

En el presente proyecto se realizará el diseño de un molde de inyección para un protector de circuitos electrónicos. Con este molde se pretende realizar una producción de 100.000 unidades anuales.

El molde se diseñará para asegurar el correcto llenado, dimensiones y la realización de las contrasalidas de dicha pieza. Además de la realización de una óptima refrigeración y punto de inyección, así como de una eficaz expulsión, con la finalidad de obtener los mejores acabados. Para ello se hará uso de los siguientes softwares Moldflow y ANSYS.

PALABRAS CLAVE

Molde, Diseño, Inyección, Protector.

Resum

En el present projecte es realitzarà el disseny d'un motle d'injecció per a un protector de circuits electrònics. Amb este motle es pretén realitzar una producció de 100.000 unitats anuals.

El motle es dissenyarà per a assegurar el correcte compliment, dimensions i la realització de les contraeixides de la dita peça. A més de la realització d'una òptima refrigeració i punt d'injecció, així com d'una eficaç expulsió, amb la finalitat d'obtindre els millors acabats. Per a això es farà ús dels següents programes Moldflow y ANSYS.

PARAULES CLAU

Motle, Disseny, Injecció, Protector.

Abstract

In this project, the design of an injection mold for an electronic circuit protector will be carried out. With this mold it is intended to achieve a production of 100.000 units per year.

The mold will be designed to ensure the correct filling, dimensions, and the realization of the undercuts of said piece. In addition to the realization of an optimal cooling and injection point, as well as an efficient expulsion, in order to obtain the best surface finishes. For this, the following software Moldflow and ANSYS will be used.

KEYWORDS

Mold, Design, Injection, Protector.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer todo el apoyo de mis compañeros en la carrera que me han ayudado a superar esta etapa de mi vida, en especial Matías, Ángel e Iker.

También agradecer a mis padres por toda la ayuda y fe que han puesto en mi durante toda mi etapa académica y por siempre animarme a seguir adelante.

Y por último agradecer a todos los profesores que me han marcado durante la carrera, en especial a mi tutor Miguel Ángel Peydró Rasero que me animó a continuar con el Máster en Diseño de Moldes y por el apoyo ofrecido para la realización de este trabajo.

Contenido

Ilustraciones	6
Memoria	9
1. Objeto del proyecto	9
1.1. Carácter académico.....	9
1.2. Carácter técnico	9
2. Justificación del proyecto.....	9
3. Metodología	9
4. Pliego de condiciones.....	9
4.1. Requerimientos pieza.....	9
4.2. Requerimientos molde.....	10
5. Estado del arte.....	10
5.1. Concepto de alojamientos para placas de circuitos electrónicos	10
5.2. Concepto de molde para máquina de inyección de plástico	11
5.3. Concepto bebedero y cámara caliente	12
5.4. Concepto correderas.....	13
5.5. Concepto de expulsión.....	13
5.5.1. Expulsión mediante expulsores.....	14
5.5.2. Expulsión mediante placa expulsora.....	14
5.6. Meusburguer.....	15
6. Diseño de pieza	15
6.1. Estudio de mercado	15
Desinek.....	15
Direct Industry.....	16
Weidmüller.....	16
Todoelectrónica.....	17
6.2. Selección de material	17
6.2.1. Poliamida PA 6.....	18
6.2.2. Poliamida PA 66.....	18
6.2.3. Polibutileno tereftalato PBTP.....	19
6.2.4. Polietileno tereftalato PETP	19
6.2.5. Comparativa y material elegido	20
6.3. Check-list de pieza.....	22
6.4. Diseño final.....	24
7. ANSYS – Simulación y análisis de esfuerzos	27

7.1.	Simulació	27
7.2.	Conclusió	36
8.	Selecció màquina de Inyecció	36
8.1.	Càlculo Fuerza de Cierre.....	36
8.2.	Comprobació medidas y peso máximas.....	38
8.3.	Carrera de expulsión	39
8.4.	Conclusiones.....	39
9.	Moldflow – Simulació y anàlisis de inyecció	40
9.1.	Preparació del modelo	40
9.2.	Establecimiento del tiempo de inyecció	49
9.3.	Tiempo de compactació y porcentaje.....	51
9.4.	Tiempo de refrigeració y temperaturas	53
9.5.	Anàlisis de deformaciones	55
9.6.	Conclusiones.....	56
10.	Diseño de molde	57
10.1.	Pieza medidas molde.....	57
10.2.	Medidas básicas	58
10.3.	Placa Aislante	60
10.4.	Placa Amarre Lado Fijo	60
10.5.	Disco centrador	61
10.6.	Cámara Caliente	62
10.7.	Placa Fija.....	63
10.8.	Postizo Hembra	64
10.9.	Postizo Macho	64
10.10.	Correderas.....	65
10.11.	Placa móvil	67
10.12.	Columnas Guía y Casquillos.....	68
10.13.	Expulsión	69
10.14.	Circuito Refrigeració Lado Fijo	70
10.15.	Circuito Refrigeració Lado Móvil.....	71
10.16.	Calzos.....	72
10.17.	Placa y tapa expulsora.....	72
10.18.	Placa Amarre Lado Móvil.....	73
10.19.	Barra Transporte y Cáncamo.....	74
10.20.	Materiales molde	76

10.21. Checklist Molde	77
11. Presupuesto	80
12. Planos	82
13. Renderizado Pieza	89
14. Renderizado Molde	90
15. Ficheros Anexos.....	92
16. Bibliografía	92

Ilustraciones

Ilustración 1: Alojamiento circuito electrónico	10
Ilustración 2: Molde de inyección de plástico.....	11
Ilustración 3: Bebedero	12
Ilustración 4: Bebedero en sección	12
Ilustración 5: Corredera de molde	13
Ilustración 6: Expulsión	13
Ilustración 7: Tipos de expulsores	14
Ilustración 8: Placa expulsora.....	14
Ilustración 9: Casa Meusburguer	15
Ilustración 10: Desinek	15
Ilustración 11: Direct Industry.....	16
Ilustración 12: Weidmüller	16
Ilustración 13: Logo	17
Ilustración 14: TODOELECTRÓNICA.....	17
Ilustración 15: Características Poliamida PA 6	18
Ilustración 16: Características Poliamida PA 66	19
Ilustración 17: Características Polibutileno tereftalato	19
Ilustración 18: Características Polietileno tereftalato.....	19
Ilustración 19: Deformación patillas	20
Ilustración 20: Propiedades polipropileno	21
Ilustración 21: Pieza final 1	25
Ilustración 22: Pieza 2	25
Ilustración 23: Pieza 3	26
Ilustración 24: Pieza 4	26
Ilustración 25: Representación modelos.....	27
Ilustración 26: Introducción material ANSYS	27
Ilustración 27: Esquema ANSYS.....	28
Ilustración 28: Asignación de material y introducción comandos	28
Ilustración 29: Coeficiente Fricción	29
Ilustración 30: Definición del contacto	29
Ilustración 31: Contactos.....	30
Ilustración 32: Primer mallado	30
Ilustración 33: Detalles Contact y Face Sizing	31
Ilustración 34: Malla mejorada	31

Ilustración 35: Analysis Settings	31
Ilustración 36: Fixed Support	32
Ilustración 37: Remote Displacement	32
Ilustración 38: Tensión Equivalente Von Mises	33
Ilustración 39: Detalle tensión patillas	33
Ilustración 40: Fuerza de montaje.....	34
Ilustración 41: Presión y penetración	34
Ilustración 42: Esfuerzo de fricción	35
Ilustración 43: Gap	35
Ilustración 44: Máquina Inyección	36
Ilustración 45: Área proyectada	36
Ilustración 46: Recorrido de flujo.....	37
Ilustración 47: Gráfica presión cavidad-espesor pared.....	37
Ilustración 48: Factor viscosidad	38
Ilustración 49: Medición pieza para expulsión.....	39
Ilustración 50: Importación y Posicionamiento Pieza	40
Ilustración 51: Mallado pieza	41
Ilustración 52: Idoneidad de las entradas	42
Ilustración 53: Resistencia flujo parte alta	42
Ilustración 54: Resistencia flujo parte baja	43
Ilustración 55: Creación canal caliente 1.....	43
Ilustración 56: Creación canal caliente 2.....	44
Ilustración 57: Creación canal caliente 3.....	44
Ilustración 58: Asistente bloque molde	45
Ilustración 59: Bloque molde	45
Ilustración 60: Introducción máquina Moldflow 1	46
Ilustración 61: Introducción máquina Moldflow 2	46
Ilustración 62: Introducción máquina Moldflow 3	47
Ilustración 63: Introducción máquina Moldflow 4	47
Ilustración 64: Refrigeración Moldflow 1.....	48
Ilustración 65: Refrigeración Moldflow 2.....	48
Ilustración 66: Ventana de proceso 1	49
Ilustración 67: Ventana de proceso 2	49
Ilustración 68: Calidad (Ventana de proceso)	50
Ilustración 69: Fracción capa sólida 1	51
Ilustración 70: Fracción capa sólida 2	52
Ilustración 71: Tiempo para expulsión	53
Ilustración 72: Temperatura refrigerante 1	54
Ilustración 73: Temperatura refrigerante 2	54
Ilustración 74: Deformación eje X.....	55
Ilustración 75: Deformación eje Y	55
Ilustración 76: Deformación eje Z	56
Ilustración 77: Tabla contracciones.....	57
Ilustración 78: Contracción media polipropileno.....	57
Ilustración 79: Alzado Molde	58
Ilustración 80: Planta molde	59
Ilustración 81: Placa Aislante	60

Ilustración 82: Placa Amarre Lado Fijo	60
Ilustración 83: Pasadores cilíndricos	61
Ilustración 84: Disco Centrador.....	61
Ilustración 85: Especificaciones Boquillas	62
Ilustración 86: Cámara caliente.....	63
Ilustración 87: Placa Fija.....	63
Ilustración 88: Postizo Hembra	64
Ilustración 89: Postizo Macho Superior	64
Ilustración 90: Postizo Macho Inferior	65
Ilustración 91: Apertura corredera	65
Ilustración 92: Correderas.....	66
Ilustración 93: Soportes Correderas.....	66
Ilustración 94: Guía corredera.....	66
Ilustración 95: Posicionador de Bola	67
Ilustración 96: Placa móvil	67
Ilustración 97: Guía molde	68
Ilustración 98: Casquillo molde	68
Ilustración 99: Sistema de expulsión.....	69
Ilustración 100: Esquema Circuito Refrigeración Lado Fijo.....	70
Ilustración 101: Circuito Refrigeración Lado Fijo	70
Ilustración 102: Esquema Circuito Refrigeración Lado Móvil	71
Ilustración 103: Circuito Refrigeración Lado Móvil	71
Ilustración 104: Calzos.....	72
Ilustración 105: Placa y Tapa Expulsora	72
Ilustración 106: Tirante Expulsión.....	73
Ilustración 107: Placa Amarre Lado Móvil.....	73
Ilustración 108: Barra transporte molde.....	74
Ilustración 109: Tabla especificaciones cáncamo	75
Ilustración 110: Cáncamo.....	75
Ilustración 111: Materiales molde 1	76
Ilustración 112: Materiales molde 2	76

Memoria

1. Objeto del proyecto

1.1. Carácter académico

El fin de este trabajo es demostrar los conocimientos y habilidades adquiridos por el alumno, durante la realización del Grado en Ingeniería Mecánica.

1.2. Carácter técnico

En este trabajo se va a desarrollar el diseño de un molde para una máquina de inyección. En concreto, se realizará un molde para un protector de circuitos electrónicos.

2. Justificación del proyecto

El fabricante ELATE S.A requiere de una pieza que proteja una placa de circuito electrónico, para poder satisfacer su necesidad de 100.000 unidades de esta pieza al año se requiere el uso de un molde para máquina de inyección. Por eso, a lo largo de este proyecto, se desarrollará el diseño tanto de la pieza como del molde de inyección para su posterior fabricación.

3. Metodología

Los pasos a seguir, a lo largo del proyecto, una vez se tienen claros los requerimientos del cliente, serán:

1. Realizar el diseño de la pieza teniendo en cuenta los requerimientos y comprobaciones.
2. Realizar el diseño de molde teniendo en cuenta las restricciones y comprobaciones.
3. Selección de materiales.
4. Simulación y análisis de esfuerzos y de inyección.
5. Creación de planos y presupuesto

4. Pliego de condiciones

El objetivo principal del pliego de condiciones es plasmar todos los requerimientos y restricciones que se deben aplicar al diseño, tanto de la pieza como del molde. Este proyecto se puede dividir en dos secciones; los requisitos para la pieza y los requisitos para el molde.

4.1. Requerimientos pieza

Los requerimientos que debe de cumplir la pieza son:

- Encajar con la base del circuito mediante un sistema de anclaje.
- Poseer de aberturas para ventilación por posible calentamiento del circuito electrónico.
- Debe resistir las cargas del montaje y desmontaje de esta.
- Debe incorporar una hendidura para colocar una chapa informativa.
- El material en que se realice tendrá que ser aislante y no dejar pasar el agua.

-Las restricciones de material y dimensiones de pieza se recogen en la norma UNE-EN 61797-1.

4.2. Requerimientos molde

- El molde debe de soportar la fuerza de cierre ejercida por la máquina.
- Debe asegurar el completo llenado de la pieza y proporcionarla sin necesidad de realizar operaciones posteriores de acabado.
- Debe proporcionar una extracción óptima y completa de la pieza sin dejar marcas.
- El centro de la refrigeración del molde tiene que estar a una distancia de la pieza del doble del diámetro de la conducción.

5. Estado del arte

5.1. Concepto de alojamientos para placas de circuitos electrónicos

Los alojamientos para estas placas son recubrimientos para dicho circuito que lo protegen contra el desgaste, rotura o la manipulación, sirven de aislante y protección, además proporcionan una solución de montaje sencilla.

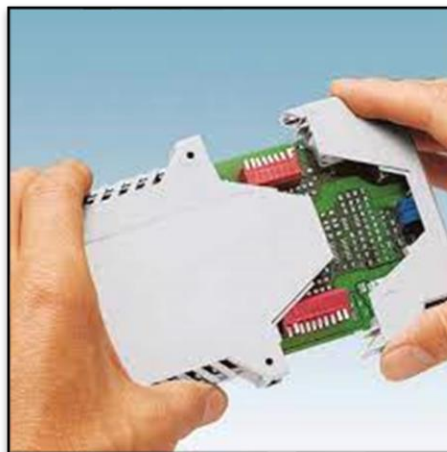


Ilustración 1: Alojamiento circuito electrónico

Por norma general, este tipo de alojamientos suele fabricarse de materiales como resinas de fibra de vidrio reforzada, cerámica, plástico, teflón u otros polímeros. Suelen constituirse por una base y una tapadera. Su forma y dimensiones dependerán de los requerimientos de montaje y de la forma de circuito que deba alojar.

5.2. Concepto de molde para máquina de inyección de plástico

El molde de inyección es la parte de la máquina que contiene la forma de la pieza que se va a realizar, es parte imprescindible para realizarla. Su principal labor es obtener y distribuir el material plástico, previamente fundido, para formar la pieza y, después de ser enfriada, expulsarla ya moldeada.

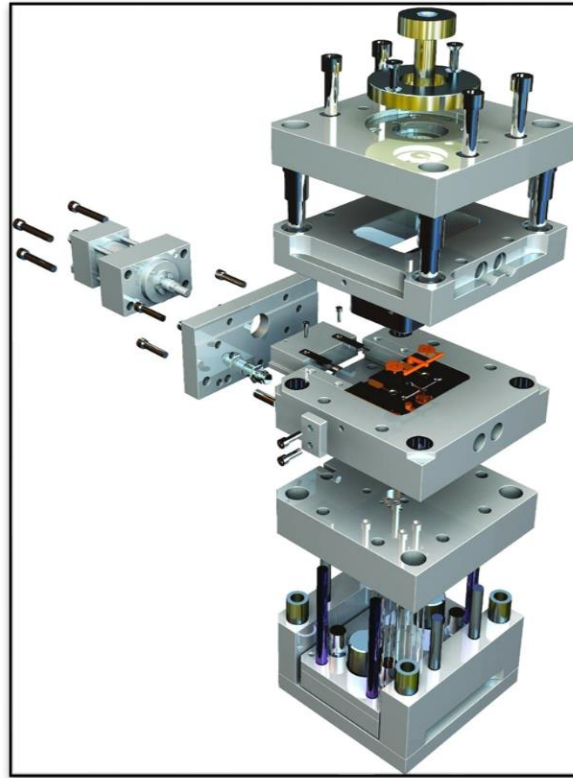


Ilustración 2: Molde de inyección de plástico

Los moldes se realizan en acero, hay una gran variedad de este tipo de materiales, pero las características que deben cumplir para la fabricación de los moldes son las siguientes:

1. Resistencia a temperatura, abrasión y compresión.
2. Condiciones aceptables para su manipulación: mecanibilidad, troquelado en frío y capacidad al temple.
3. Capacidad para pulido.
4. Deformación reducida.
5. Buena conductividad térmica y resistencia química.
6. Tener un tratamiento térmico sencillo.

5.3. Concepto bebedero y cámara caliente

El bebedero es la pieza de enlace entre la boquilla de inyección y el molde. A través de esta pieza, el material fundido fluye desde la boquilla hasta la línea de partición o de los canales de distribución, llenando así la forma de la pieza.



Ilustración 3: Bebedero

Esta pieza tiene un orificio en forma cónica en su interior, que es un poco más ancho en el extremo más cercano al interior del molde. Tiene esta forma para que así sea mucho más fácil la extracción del material que, normalmente, se queda adherido a la pieza o a los canales de distribución, cuando el molde realiza varias piezas a la vez.

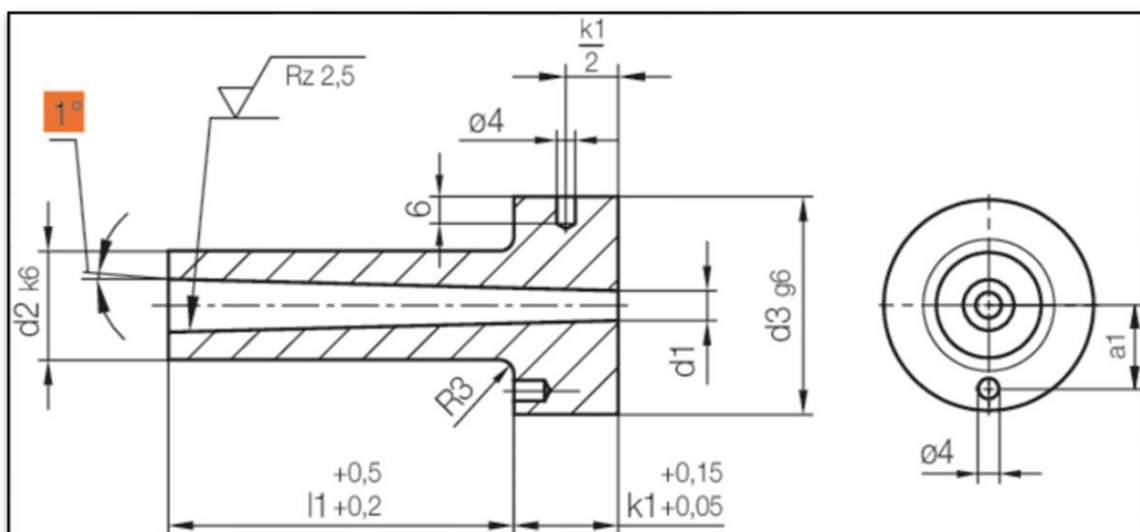


Ilustración 4: Bebedero en sección

5.4. Concepto correderas

Las correderas son piezas del molde que se utilizan para poder realizar las contrasalidas en una pieza. Las correderas se abren de en un sentido distinto a la apertura normal del molde para, así, facilitar la creación de formas más complejas en la pieza y su posterior expulsión.

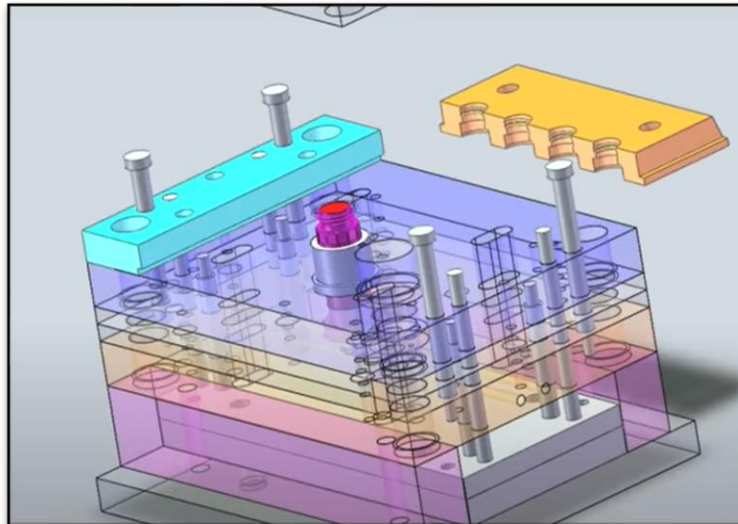


Ilustración 5: Corredera de molde

5.5. Concepto de expulsión

La expulsión se realiza cuando el proceso de enfriamiento de la pieza termina, el sistema de expulsión aplica una fuerza a la pieza para separarla del molde. Este tipo de sistema puede ser accionado mecánica, hidráulica o neumáticamente.

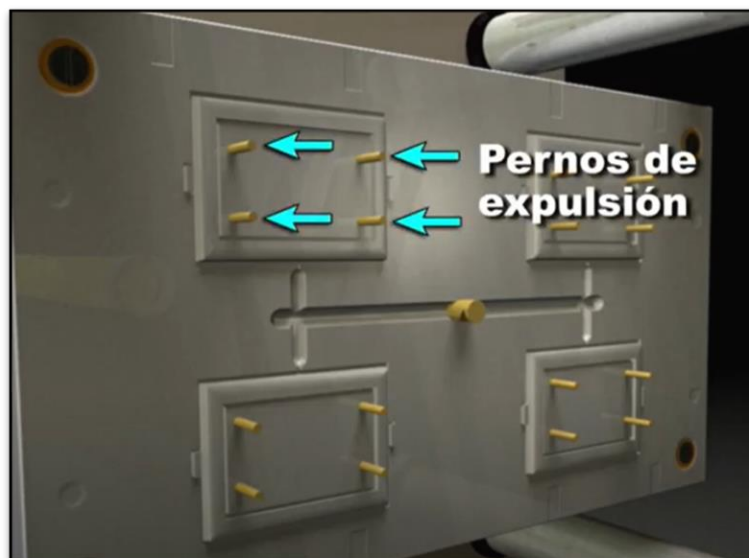


Ilustración 6: Expulsión

Existen diferentes tipos de expulsión que se explicarán posteriormente.

5.5.1. Expulsión mediante expulsores

Este sistema es uno de los más sencillos y, es específico para cada molde y pieza. Este sistema se forma por un conjunto de pernos que rodean la pieza para luego expulsarla. Los expulsores pueden ser: de cabeza cilíndrica, tubulares, de retroceso, laminares o mechados.

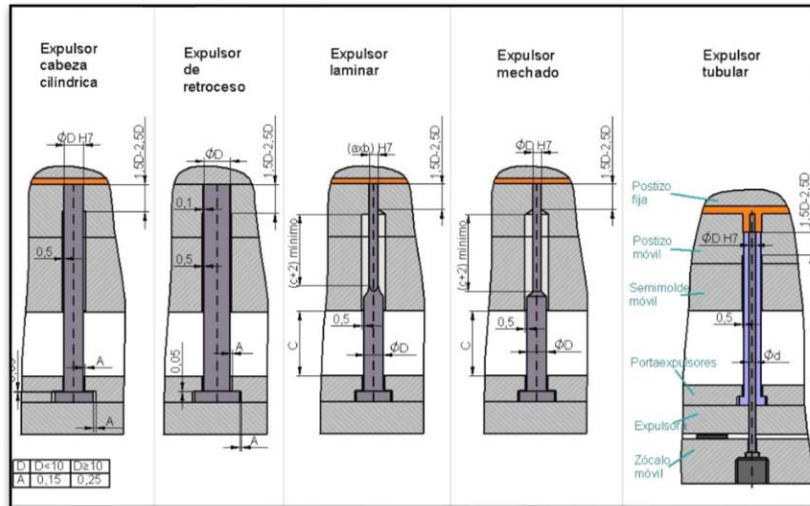


Ilustración 7: Tipos de expulsores

El inconveniente principal de este sistema es que deja marcas en la pieza, estas que variarán según la forma de los expulsores. Otro inconveniente es que, si no están correctamente posicionadas, podrían deformar la pieza al aplicar la fuerza de expulsión.

La gran ventaja es que es muy sencillo y además es muy económico.

5.5.2. Expulsión mediante placa expulsora

Este tipo de expulsión, se basa en una placa que bordea la pieza y la expulsa en conjunto. Se utiliza cuando no hay espacio para poner los expulsores o porque no se quiere dejar marcas en la pieza. Este sistema se acciona con la expulsión normal de la propia máquina donde se introduzca el molde, o mediante tirantes en la apertura del mismo.

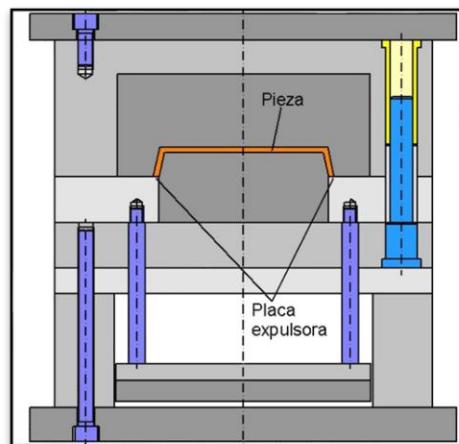


Ilustración 8: Placa expulsora

5.6. Meusburger

La casa Meusburger es una casa alemana que proporciona componentes estándar o normalizados para los moldes. Esta casa proporciona elementos como placas, guías, casquillos, expulsores, tornillos, bebederos, cámaras calientes, etc. Los elementos que formarán el molde de este proyecto serán de la casa Meusburger.

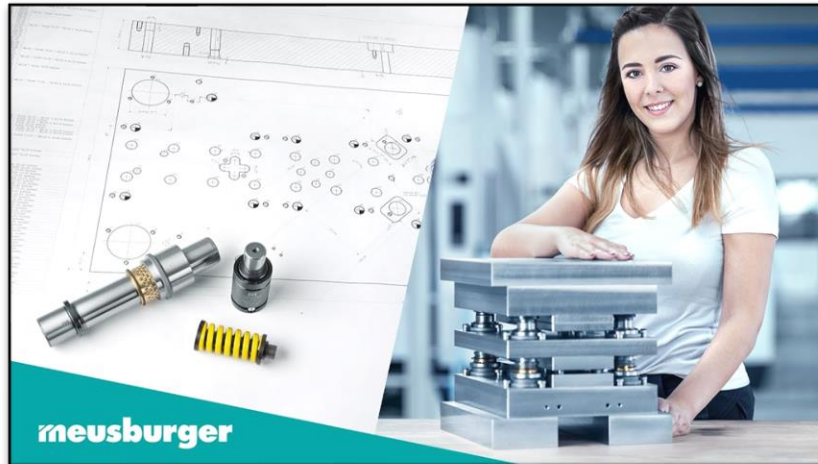


Ilustración 9: Casa Meusburger

6. Diseño de pieza

6.1. Estudio de mercado

Existen diferentes fabricantes para este tipo de piezas. Cada uno de ellos las realiza de una forma diferente. A continuación, se exponen algunos de ellos.

Desinek

Esta es una empresa que se dedica a la elaboración personalizada de carcasas para circuitos electrónicos, especialmente fabricadas en poliuretano. Es decir, esta empresa no tiene un modelo a seguir, sino que realiza las piezas según los requerimientos de sus clientes, aunque tiene una opción para carcasas semi-personalizadas.



Ilustración 10: Desinek

Direct Industry

Esta es una página web que recoge a 18 empresas diferentes, que realizan unos modelos estándar de carcasas para circuitos electrónicos. En esta página, se puede encontrar una gran variedad, tanto de diseños como de materiales. Hay cajas realizadas de materiales plásticos como de materiales metálicos, así como diseños más conservadores o diseños más modernos y estéticos.



Ilustración 11: Direct Industry

Weidmüller

Esta es una empresa que realiza productos estándar y también soluciones personalizadas. Esta empresa se compone de una gama de productos en la que se incluyen carcasas modulares, carcasas pequeñas y carcasas de perfil.



Ilustración 12: Weidmüller

Todoelectrónica

Todo electrónica es una empresa que se dedica a la fabricación de carcasas y cajas para circuitos electrónicos. Éstas están diseñadas para proteger y encapsular los kits y placas electrónicas.



Ilustración 13: Logo

Esta empresa no proporciona soluciones personalizadas, por lo tanto, ofrece múltiples modelos de carcasas y de medidas estándar, con el fin de ajustarse a las necesidades de sus clientes.



Ilustración 14: TODOELECTRÓNICA

6.2. Selección de material

Para este tipo de carcasas, el material con el que deben ser fabricadas viene establecido según normativa, en concreto la norma UNE-EN 61797-1. La norma establece que el material debe ser polímero termoplástico, de los cuales se recomiendan:

1. Poliamida PA 6 y PA 6.6
2. Polibutileno tereftalato PBTP
3. Polietileno tereftalato PETP

A continuación, se exponen las características de los materiales que se recomiendan en la normativa sobre carcasas para circuitos. Las características de todos los materiales han sido obtenidas del programa CES EduPack con la finalidad de hacer una comparativa entre ellas.

6.2.1. Poliamida PA 6

Composition overview				
Compositional summary ⓘ				
(NH(CH ₂) ₅ CO) _n + glass filler				
Material family	ⓘ	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)		
Base material	ⓘ	PA6 (Polyamide/nylon 6)		
% filler (by weight)	ⓘ	30		%
Filler/reinforcement	ⓘ	Glass		
Filler/reinforcement form	ⓘ	Short fiber (<5mm)		
Additive	ⓘ	Flame retardant		
Polymer code	ⓘ	PA6-GF30-FR		
Composition detail (polymers and natural materials)				
Polymer	ⓘ	55	- 65	%
Flame retardant	ⓘ	* 5	- 15	%
Glass (fiber)	ⓘ	30		%
Price				
Price	ⓘ	* 3.38	- 4.03	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 5.17e3	- 6.29e3	EUR/m ³
Physical properties				
Density	ⓘ	* 1.53e3	- 1.56e3	kg/m ³
Mechanical properties				
Young's modulus	ⓘ	6.8	- 8.48	GPa

Ilustración 15: Características Poliamida PA 6

6.2.2. Poliamida PA 66

Composition overview				
Compositional summary ⓘ				
(NH-(CH ₂) ₆ -NH-CO-(CH ₂) ₄ -CO) _n + glass filler + flame retardant additives				
Material family	ⓘ	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)		
Base material	ⓘ	PA66 (Polyamide/nylon 66)		
% filler (by weight)	ⓘ	30	- 33	%
Filler/reinforcement	ⓘ	Glass		
Filler/reinforcement form	ⓘ	Short fiber (<5mm)		
Additive	ⓘ	Flame retardant		
Polymer code	ⓘ	PA66-GF30-FR		
Composition detail (polymers and natural materials)				
Polymer	ⓘ	52	- 65	%
Flame retardant	ⓘ	* 5	- 15	%
Glass (fiber)	ⓘ	30	- 33	%
Price				
Price	ⓘ	* 3.63	- 4.45	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 5.49e3	- 6.85e3	EUR/m ³
Physical properties				
Density	ⓘ	* 1.51e3	- 1.54e3	kg/m ³
Mechanical properties				
Young's modulus	ⓘ	7.11	- 8.87	GPa

Ilustración 16: Características Poliamida PA 66

6.2.3. Polibutileno tereftalato PBTP

Composition overview				
Compositional summary ⓘ				
(O2CC6H4CO2(CH2)4)n, flame retardant additives				
Material family	ⓘ	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)		
Base material	ⓘ	PBT (Polybutylene terephthalate)		
Additive	ⓘ	Flame retardant		
Polymer code	ⓘ	PBT-FR		
Composition detail (polymers and natural materials)				
Polymer	ⓘ	85	- 95	%
Flame retardant	ⓘ	* 5	- 15	%
Price				
Price	ⓘ	* 2.3	- 2.73	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 3.26e3	- 3.99e3	EUR/m ³
Physical properties				
Density	ⓘ	1.42e3	- 1.46e3	kg/m ³
Mechanical properties				
Young's modulus	ⓘ	2.74	- 3.18	GPa

Ilustración 17: Características Polibutileno tereftalato (PBTP)

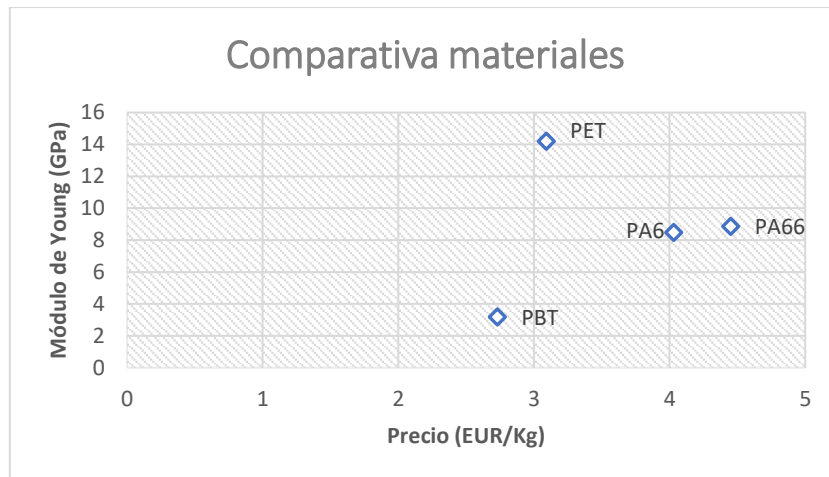
6.2.4. Polietileno tereftalato PETP

Composition overview				
Compositional summary ⓘ				
(CO-(C6H4)-CO-O-(CH2)2-O)n + glass filler				
Material family	ⓘ	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)		
Base material	ⓘ	PET (Polyethylene terephthalate)		
% filler (by weight)	ⓘ	40		%
Filler/reinforcement	ⓘ	Glass		
Filler/reinforcement form	ⓘ	Short fiber (<5mm)		
Additive	ⓘ	Flame retardant		
Polymer code	ⓘ	PET-GF40-FR		
Composition detail (polymers and natural materials)				
Polymer	ⓘ	45	- 55	%
Flame retardant	ⓘ	* 5	- 15	%
Glass (fiber)	ⓘ	40		%
Price				
Price	ⓘ	* 2.63	- 3.09	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 4.63e3	- 5.56e3	EUR/m ³
Physical properties				
Density	ⓘ	1.76e3	- 1.8e3	kg/m ³
Mechanical properties				
Young's modulus	ⓘ	* 13.5	- 14.2	GPa

Ilustración 18: Características Polietileno tereftalato (PETP)

6.2.5. Comparativa y material elegido

Para esta comparativa, se tomarán los valores máximos de las tablas de características de los materiales. Una característica que comparar sería el retardante de llama, en este caso, todos los materiales tienen el mismo rango de porcentaje, por tanto, no será una cualidad determinante para la elección del material de la pieza. Las características que se van a analizar son el Módulo de Young y el precio del material.



Como se puede observar en el gráfico, los dos tipos de poliamida son las que mayor precio por kilo tienen de entre los materiales, y, en cuanto al Módulo de Young, no son las mejor posicionadas. El polibutileno tereftalato es el que menor precio por kilo tiene de todos, y, el polietileno tiene un alto Módulo de Young por lo que será un material muy rígido.

El mejor material sería el polibutileno de entre todos los de la norma, aun así, sigue teniendo un Módulo de Young demasiado alto: Esto quiere decir que, es un material muy rígido y podría no soportar la deformación de las patillas. Para ello, se realiza un estudio con el programa ANSYS y se obtiene que los valores de deformación máximos en las patillas son de 8,48mm.

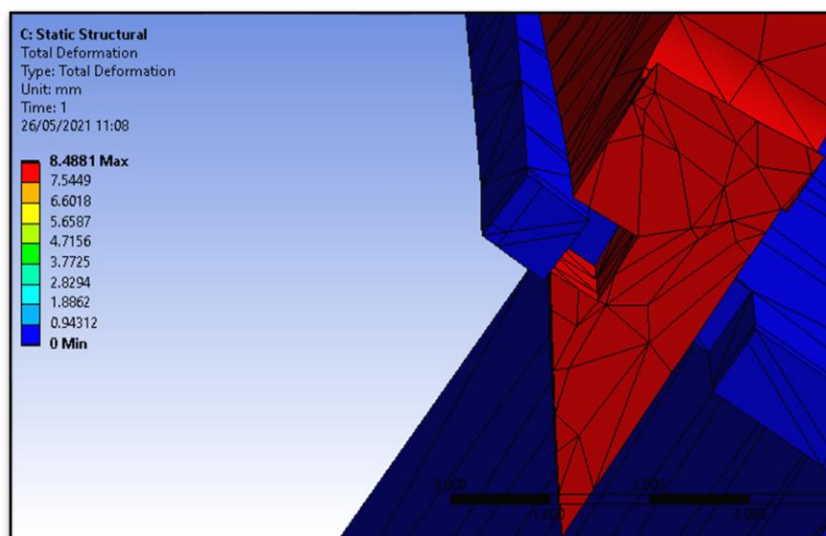


Ilustración 19: Deformación patillas

Esta es una deformación demasiado grande para un material tan rígido. Por ello, se debe buscar un material que se ajuste a las propiedades de los recomendados por la norma, pero que pueda soportar unas mayores deformaciones.

Un material que pueda soportar dichas deformaciones y que sea económico dentro de los polímeros termoplásticos, se escoge como la mejor opción, el material polipropileno. A continuación, se presentan sus características.

Composition overview				
Compositional summary ⓘ				
(CH ₂ -CH(CH ₃)) _n				
Form	ⓘ	Foam		
Material family	ⓘ	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)		
Base material	ⓘ	PP (Polypropylene)		
Polymer code	ⓘ	PP-H		
Composition detail (polymers and natural materials)				
Polymer	ⓘ	100		%
Price				
Price	ⓘ	* 1.55	- 1.7	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 31	- 37.5	EUR/m ³
Physical properties				
Density	ⓘ	20	- 22	kg/m ³
Relative density	ⓘ	0.022	- 0.025	
Cell type	ⓘ	Closed-cell		
Cells/volume	ⓘ	* 0.1	- 1	/mm ³
Anisotropy ratio	ⓘ	* 1	- 1.5	
Mechanical properties				
Young's modulus	ⓘ	3e-4	- 5e-4	GPa
Specific stiffness	ⓘ	0.0143	- 0.0239	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	ⓘ	0.045	- 0.055	MPa
Tensile strength	ⓘ	0.24	- 0.28	MPa
Specific strength	ⓘ	2.12	- 2.65	kN.m/kg
Elongation	ⓘ	12	- 15	% strain
Compressive modulus	ⓘ	* 0.0157	- 0.0248	GPa
Compressive strength	ⓘ	* 0.045	- 0.055	MPa
Compressive stress @ 25% strain	ⓘ	0.08	- 0.085	MPa
Compressive stress @ 50% strain	ⓘ	0.145	- 0.155	MPa

Ilustración 20: Propiedades polipropileno

Como se puede observar este material tiene un Módulo de Young mucho más pequeño que los materiales anteriormente citados, con lo que, se consigue que no sea tan rígido y se pueda deformar en mayor medida. Además, se ha conseguido que el material con el que se va a fabricar la pieza tenga un precio mucho menor que el de los anteriores materiales. En este caso, para mejorar el retardante de llama, se le pueden añadir aditivos al material genérico para conseguir esas propiedades.

En conclusión, habiéndose realizado una comparación de todos los materiales, se obtiene que el mejor material para la realización de la pieza es el **polipropileno**.

6.3. Check-list de pieza

1.DATOS GENERALES

NOMBRE PROYECTO	Alojamiento Placa circuito	Nº PROYECTO	1001
VERSIÓN	1001-A		
FECHA DE INICIO	28/02/2021	FECHA DE FIN	28/06/2021
NORMBRE DEL CLIENTE	ELATE S. A		
INFORMACIÓN DE CONTACTO CLENTE			
NOMBRE	Emilia Sánchez Colomer	E-MAIL	emiliasan@gmail.com
CARGO EN EMPRESA	Directora general	TELÉFONO	628567892
INFORMACIÓN PIEZA			
SECTOR	Electrónica y circuitos	APLICACIÓN	Alojamiento para placa de circuitos

2.DATOS DE PRODUCCIÓN

PRODUCCIÓN DESTINADA A PIEZA	24	h/día	TIEMPO CICLO	25,91s
UNIDADES REQUERIDAS	10000	Ud/mes	NºCAVIDADES	1
PRODUCCIÓN MÍNIMA	ALTA	MEDIA	BAJA ✓	
PRODUCCIÓN MÍNIMA	131	Pzas/h	MÁXIMA PRODUCCIÓN	139 Pzas/h
DÍAS A LA SEMANA	4		SEMANAS POR MES	1
FAMILIA DE MOLDE	SI ✓	NO	SERIE	2000
			Nº	4

3. CONDICIONES DE USO

RESISTENCIA A AGENTES QUIMICOS	SI	NO ✓
RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS	SI	NO ✓
RESISTENCIA A ESFUERZOS	TRACCIÓN	SI NO ✓
	COMPRESIÓN	SI NO ✓
	IMPACTO	SI NO ✓
	FLEXIÓN	SI ✓ NO

4. MATERIAL

TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO PP	NOMBRE COMERCIAL	PP NOVOLEN 1100L
PROVEEDOR		ADITIVOS	SI ✓ NO ✓
REF	BASF Engineering Plastics	PROVEEDOR DE ADITIVOS TIPO	AIMPLAS RETARDANTE DE LLAMA
OFRECE VARIOS COLORES	SI ✓ NO	PROVEEDOR DE COLORANTE	GC-COLORS

5. INFORMACIÓN GENERAL DE PIEZA

ACABADO SUPERFICIAL EXTERIOR	PÚLIDO
ACABADO SUPERFICIAL INTERIOR	INDIFERENTE
CONTIENE LOGO O PEGATINAS	SI NO ✓
SUPERFICIE TEXTURIZADA	SI NO ✓
ENCAJA SOBRE OTRAS PIEZAS	SI ✓ NO
CONTRASALIDAS	SI ✓ NO
PESO	19,03 g
ESPESOR	MÁXIMO 2mm MÍNIMO 1mm
MEDIDAS GENERALES	82,8mm x 82,8mm

6. TOLERANCIAS DIMENSIONALES

TOLERANCIA GENERAL	$\pm 0,5$		
TOLERANCIA CRÍTICA 1 ENTRE LADOS 1,2	$82,8 \pm 0,02 \text{ mm}$	TOLERANCIA CRÍTICA 2 ENTRE LADOS 3,4	$82,8 \pm 0,02 \text{ mm}$

7. INFORMACIÓN GENERAL PIEZA

¿Se han revisado todas las especificaciones y se cumplen todos los requisitos?	SI ✓	NO
¿Aplicación correcta de la contracción del material?	SI ✓	NO
¿Se cumplen las tolerancias exigidas?	SI ✓	NO
¿La gama de colores es correcta?	SI ✓	NO
¿El cliente aporta muestra de la pieza?	SI	NO ✓
¿El cliente aporta dibujo CAD en 2D?	SI	NO ✓
¿El cliente aporta dibujo CAD en 3D?	SI ✓	NO

6.4. Diseño final

Después de haber seguido los requerimientos establecidos, tanto por el propio cliente como lo indicado en la normativa, se ha conseguido un diseño final lo más ajustado a dichos requerimientos.

A diferencia de los modelos más conservadores que se han podido observar en otros fabricantes, en los que el mecanismo de anclaje a la base se realizaba mediante tornillería, en este modelo se escogió, como mejor opción, el uso de patillas. Resolviendo así el requisito del sistema de encaje.

Se han realizado una serie de ranuras en uno de los laterales para, así, cumplir el requerimiento de la ventilación por posible calentamiento del circuito.

Para cumplir con el requerimiento de las cargas, el material de la carcasa ha sido elegido con unas mejores cualidades mecánicas, además de seguir las recomendaciones que se establecen en la normativa. Para comprobar que dicho material resiste las cargas del desmontaje y montaje de la pieza, se realizará posteriormente un análisis con el uso del programa ANSYS.

Por último, se muestran unas imágenes del producto final desde distintos ángulos para poder apreciar todos los detalles.

En la Ilustración 21, se aprecia la pieza desde una perspectiva en la que se puede observar las rejillas de ventilación y la hendidura para la chapa informativa.

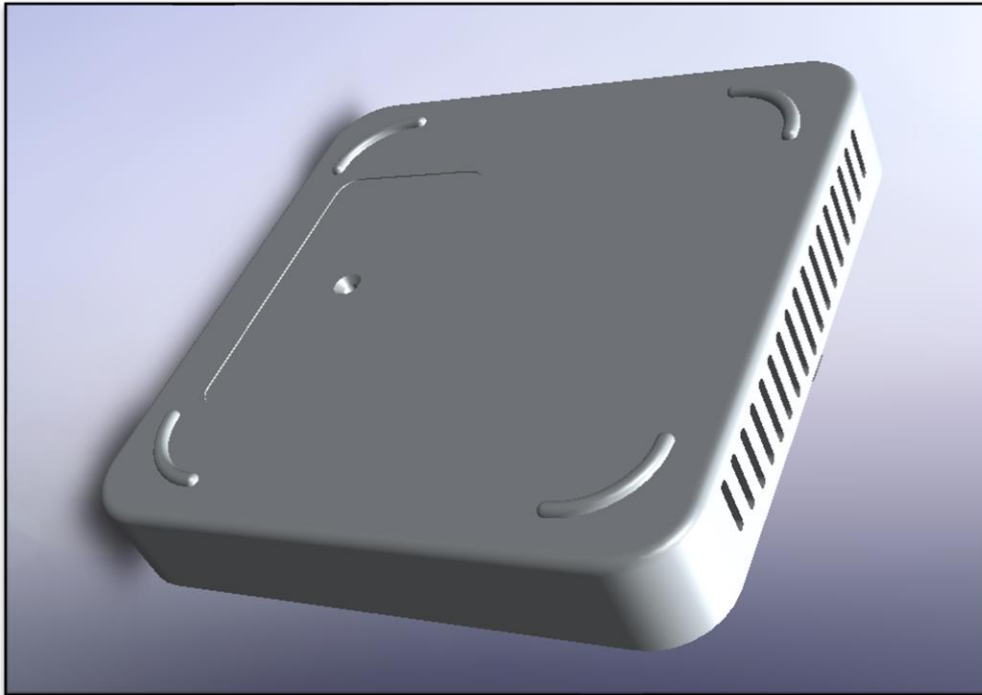


Ilustración 21: Pieza final 1

En la Ilustración 22, se aprecia la pieza desde la parte de abajo donde se pueden observar las patillas y la torreta para el tornillo que sirve para montar la chapa informativa.

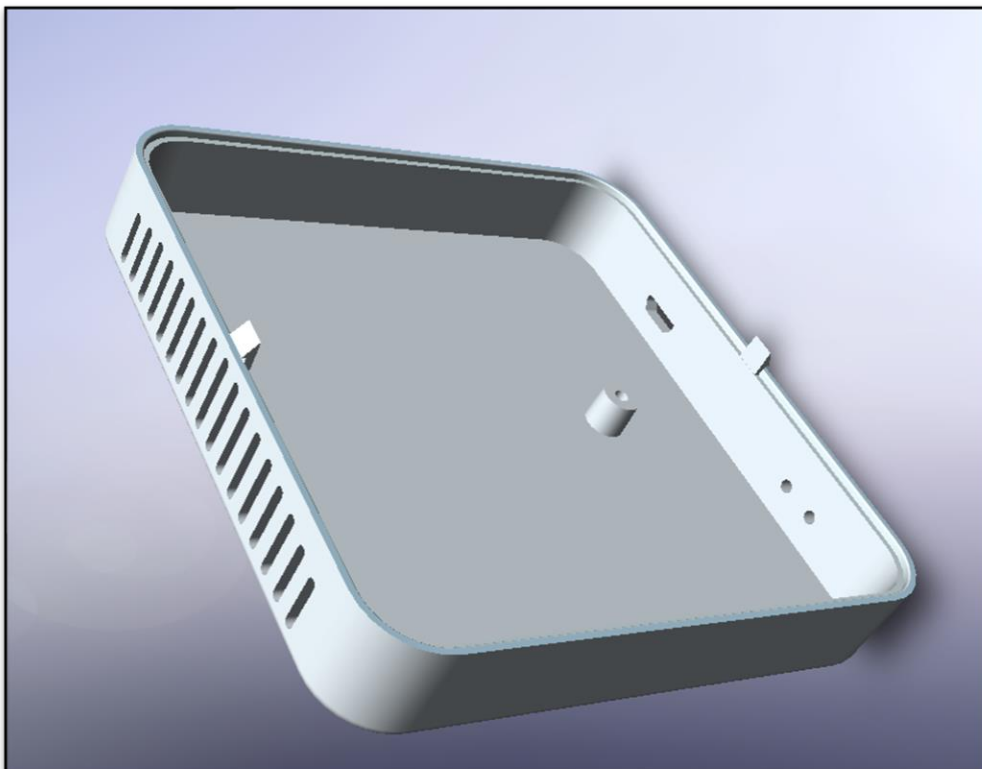


Ilustración 22: Pieza 2

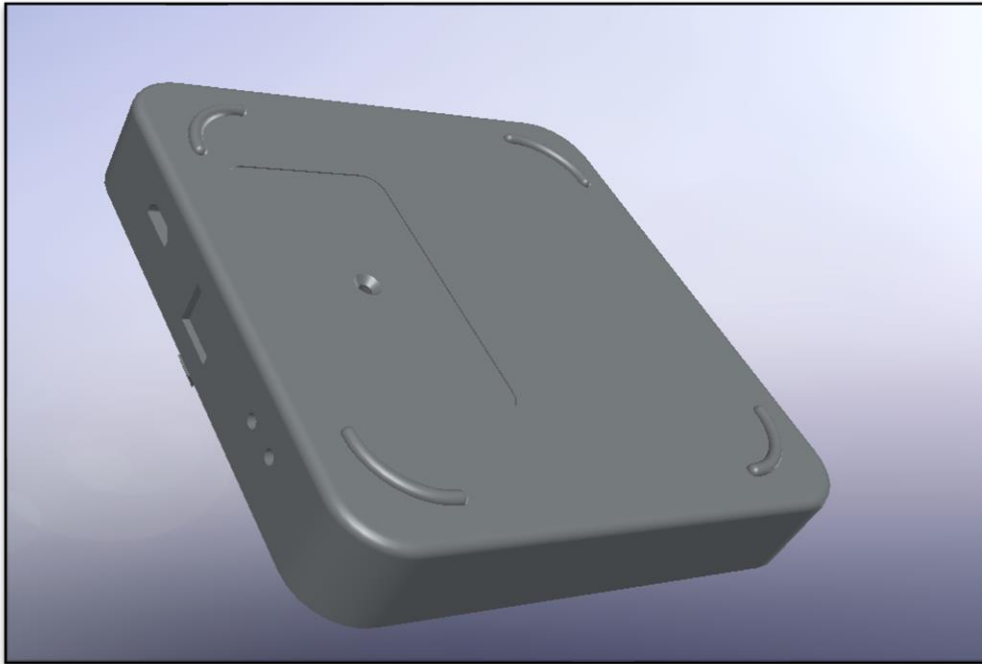


Ilustración 23: Pieza 3

En la Ilustración 24, se puede apreciar una vista de detalle de las patillas

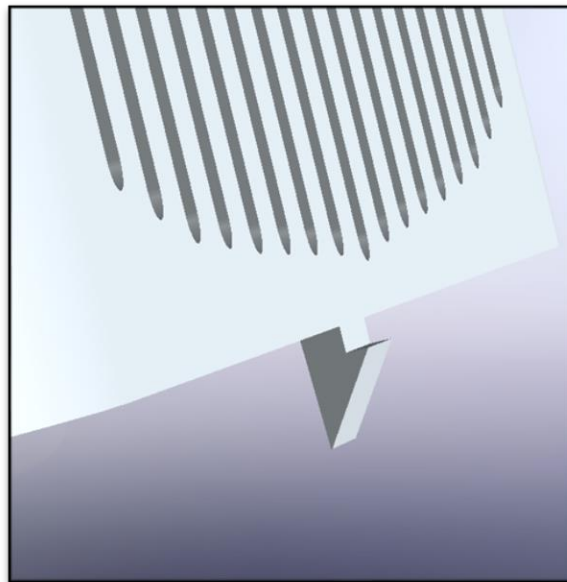


Ilustración 24: Pieza 4

7. ANSYS – Simulación y análisis de esfuerzos

7.1. Simulación

Lo primero, para realizar este ensayo, es definir el material, de igual forma la geometría en el programa. Para definir el material, se debe tener en cuenta que existen tres modelos distintos que se utilizan para realizar aproximaciones del comportamiento de dicho material. Estas tres aproximaciones son el módulo secante, el módulo tangente y el modelo multi elástico lineal.

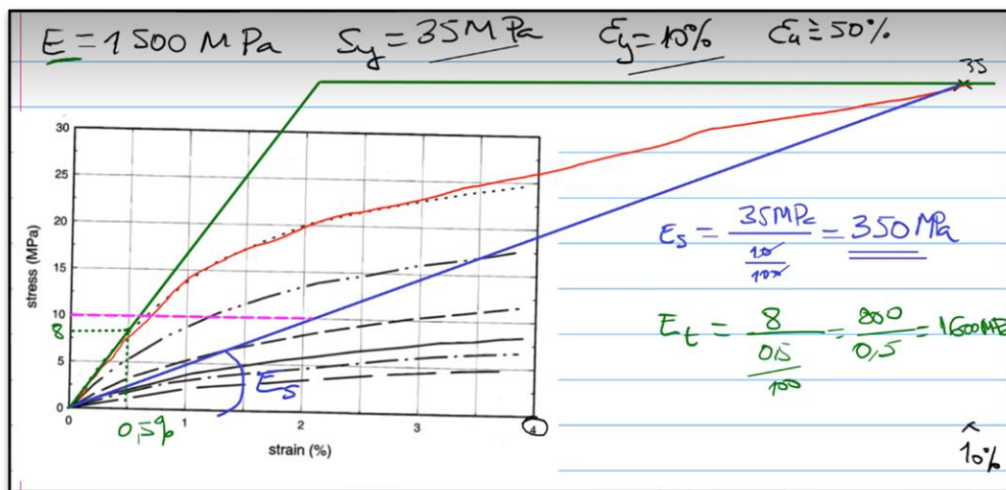


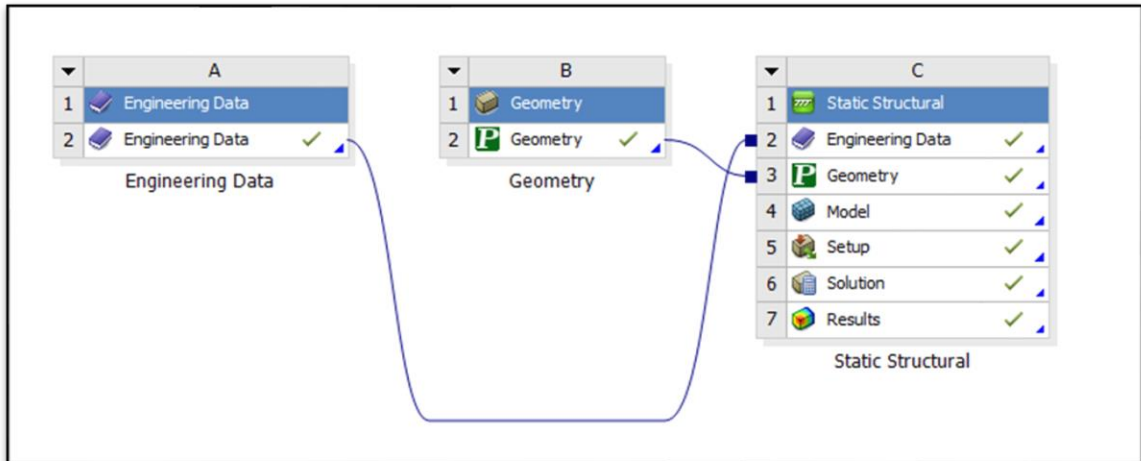
Ilustración 25: Representación modelos

Se han de introducir los datos en el programa. A continuación, se muestra la forma en que quedan dichos datos introducidos para su posterior uso en el programa.

Outline of PP_NOVOLEN_1100L				
	A	B	C	D
1	Contents of PP_NOVOLEN_1100L	Add	Source	Description
2	Material			
3	PP Novolen 1100L		C:\Users\mz98\Desktop	BASF
Properties of Outline Row 3: PP Novolen 1100L				
	A	B	C	
1	Property	Value	Unit	
2	Density	9.1E-10	tonne mm ⁻³	
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's Modulus...		
5	Young's Modulus	350	MPa	
6	Poisson's Ratio	0.45		
7	Bulk Modulus	1166.7	MPa	
8	Shear Modulus	120.69	MPa	
9	Bilinear Isotropic Hardening			
10	Yield Strength	35	MPa	
11	Tangent Modulus	0	MPa	

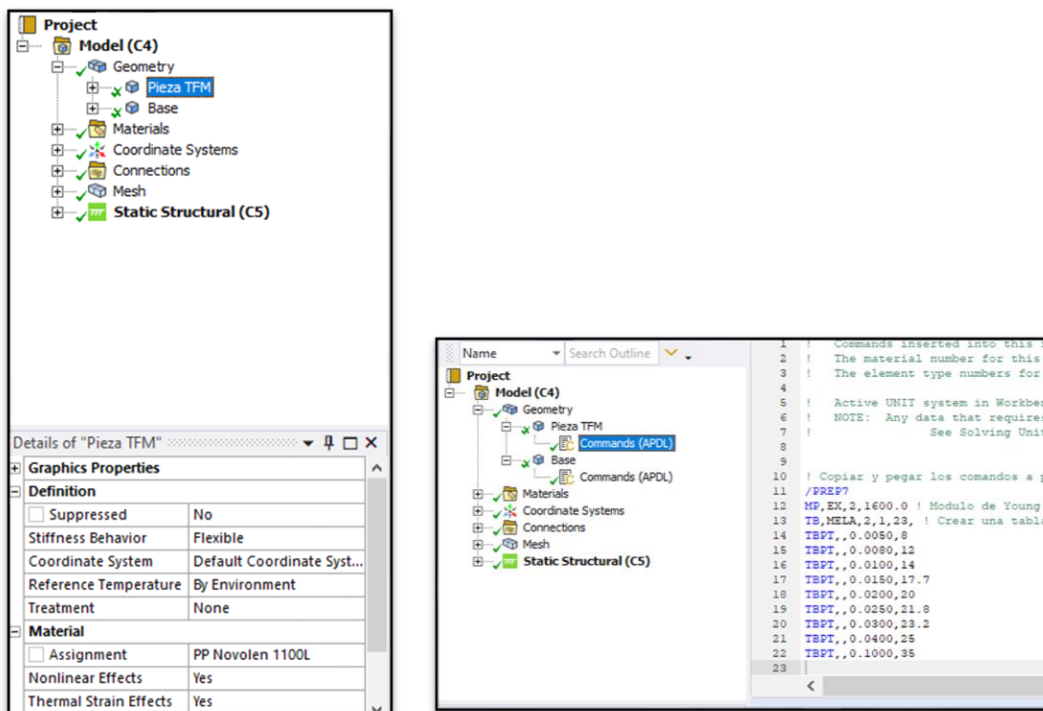
Ilustración 26: Introducción material ANSYS

Una vez introducido el material dentro del programa y definido la geometría, se escoge un análisis estático estructural para realizar los cálculos.



Il·lustració 27: Esquema ANSYS

A continuació, se debe configurar el modelo, en este modelo se tienen que establecer los contactos, así como las restricciones de los movimientos que se produzcan en el montaje de la pieza. Para ello, se comienza estableciendo el material a cada una de las piezas y, dentro de ellas, se añadirá el modelo multi elástico lineal, ya que éste se asemeja en mayor medida a la realidad.



Il·lustració 28: Asignación de material e introducción comandos

Se continúa estableciendo los contactos entre la patilla y el alojamiento, para ello se han de establecer dos contactos del tipo friccional en cada patilla. En todos ellos, el *Target* será la superficie por la cual se desliza la arista y el *Contact* será dicha arista.

Mechanical Properties		
Modulus of Elasticity (Young's Modulus)		
Homopolymer	183,000 psi	1,300 MPa
Copolymer	155,000 psi	1,100 MPa
Poisson's Ratio	0.42	0.42
Hardness		
Shore D Scale	55 – 65	55 – 65
Rockwell R Scale		
Homopolymers	80 - 110	80 - 110
Random and Impact Copolymers	45 - 95	45 - 95
Coefficient of Friction, Plastics to Steel		
Static	0.30	0.30
Dynamic	0.28	0.28
Coefficient of Friction, Plastics to Plastic		
Static	0.76	0.76
Dynamic	0.44	0.44

Ilustración 29: Coeficiente Fricción

Para la simulación se utilizará el coeficiente de fricción de plástico con plástico dinámico, es decir, un coeficiente de 0,44. De igual forma se utilizará una formulación de Normal Lagrange. Además, el *Pinball Region*, que viene por defecto, es demasiado pequeño y, cuando pasa de un contacto al otro, el programa no es capaz de encontrar ese contacto, por tanto, se establece un *Pinball Region* de un radio de 1 mm para que pueda encontrar dicho contacto.

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Contact	1 Edge
Target	1 Face
Contact Bodies	Pieza TFM
Target Bodies	Base
Protected	No
Definition	
Type	Frictional
<input type="checkbox"/> Friction Coefficient	0.44
Scope Mode	Manual
Trim Contact	Program Controlled
Suppressed	No
Advanced	
Formulation	Normal Lagrange
Small Sliding	Off
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Stabilization Damping Factor	0.
Pinball Region	Radius
Pinball Radius	1. mm
Time Step Controls	None
Geometric Modification	
Interface Treatment	Add Offset, No Ramp...
<input type="checkbox"/> Offset	0. mm
Target Geometry Correction	None

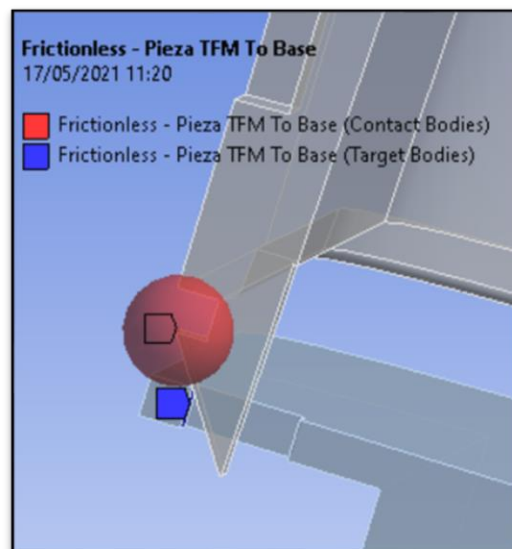


Ilustración 30: Definición del contacto

Aquí se puede observar cómo quedarían ambos contactos

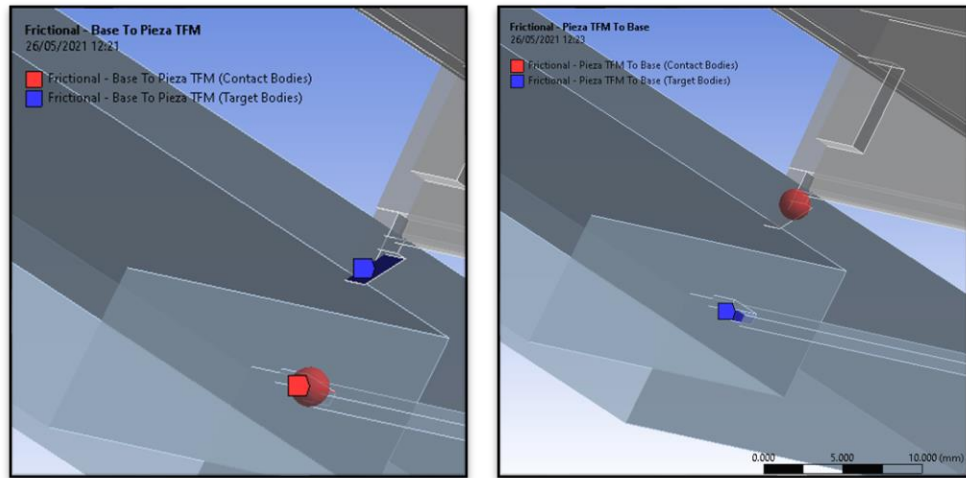


Ilustración 31: Contactos

El siguiente punto para realizar es el mallado de la pieza. Una vez realizado este punto, se puede ver que en la zona de contacto la malla no es muy buena, por ello, se tendrá que mejorar.

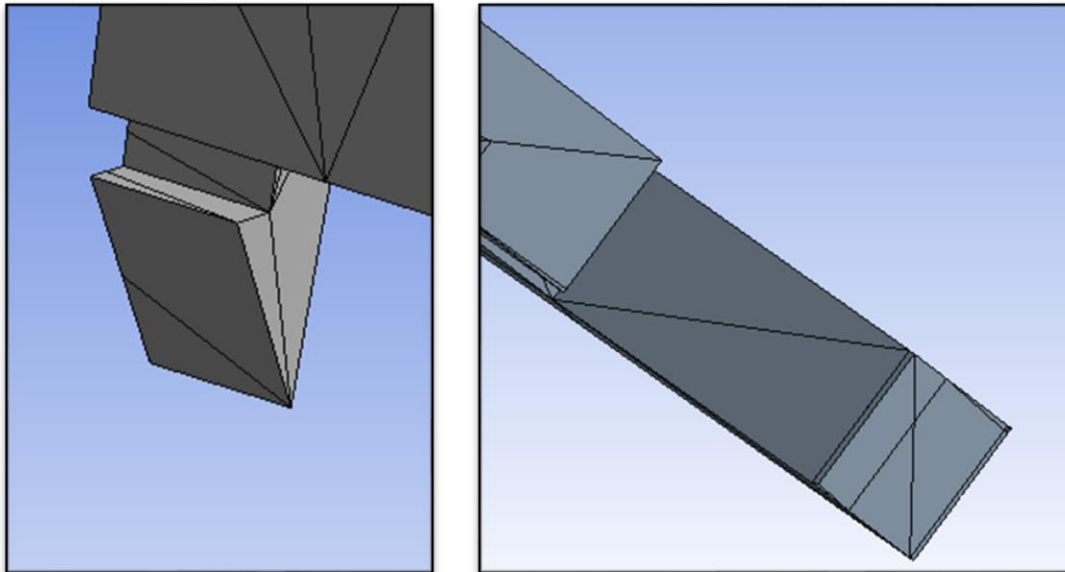


Ilustración 32: Primer mallado

Para realizar una mejora de la malla se pueden hacer dos cosas. La primera de ellas es un *Face Sizing* en ambas caras de contacto de las patillas y, la segunda es un *Contact Sizing* en todos los contactos establecidos anteriormente. En ella, se establecerá un tamaño de elemento de 1 mm.

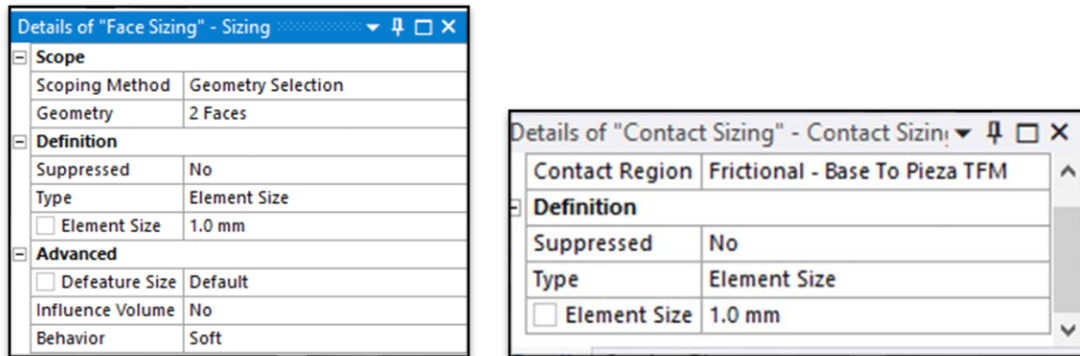


Ilustración 33: Detalles Contact y Face Sizing

A partir de realizar estos cambios, se puede ver una mejoría.

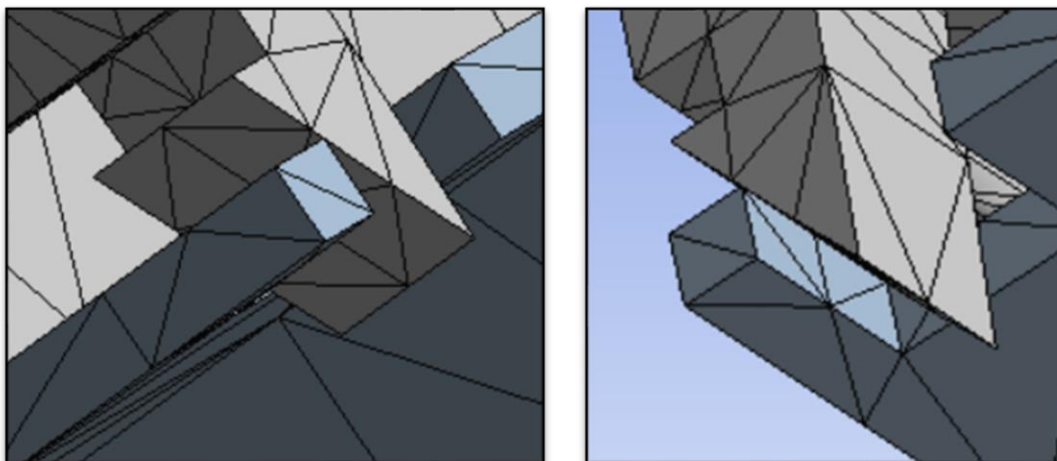


Ilustración 34: Malla mejorada

A continuación, se establece una forma de realizar el análisis del modelo de forma escalonada. Para ello se activa dentro de *Analysis Settings* el *Auto Time Stepping* con la siguiente configuración.

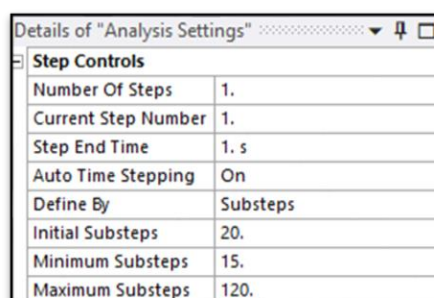


Ilustración 35: Analysis Settings

Además, en este apartado se deben de añadir las restricciones y el desplazamiento de la pieza. En este modelo no se puede establecer la fuerza que se debe ejercer para el montaje de las patillas, por tanto, no se aplicará una fuerza, sino un desplazamiento. En primer lugar, se debe fijar la base, que es la parte que no se mueve, aplicando un *Fixed Support* en la cara posterior de la base

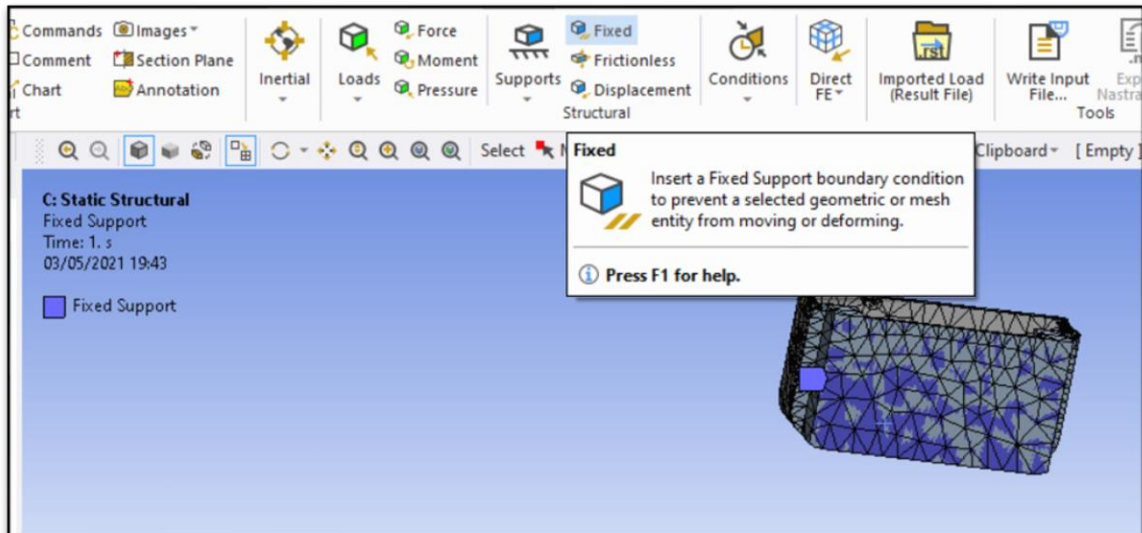


Ilustración 36: Fixed Support

Se aplica un desplazamiento remoto en la cara superior de la pieza de 8,35 mm en dirección Z negativa, restringiendo los movimientos en todos los otros ejes, así como la rotación.

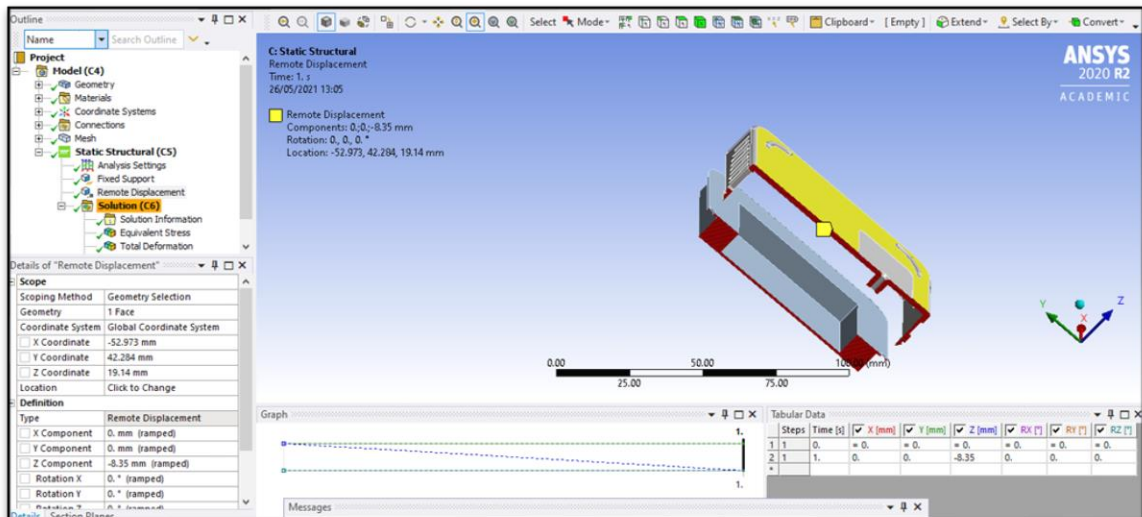


Ilustración 37: Remote Displacement

Con todo el modelo ya definido, se puede solucionar la pieza. Para ello se examinará la tensión equivalente, así como la deformación total y, una vez resuelto el problema, se podrá determinar la fuerza de reacción que se produce en la pieza, la cual será la fuerza necesaria para realizar el montaje de dicha pieza. Igual que se examinarán otros aspectos y se analizarán sus resultados.

Tensión Equivalente

La tensión máxima que se produce es de 29 MPa, la pieza en general prácticamente no se tensiona, sino que toda la tensión se acumula en la zona de las patillas.

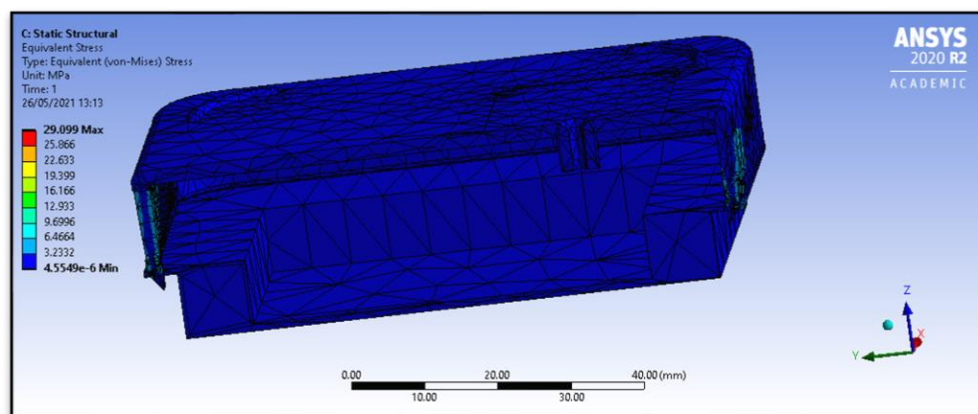


Ilustración 38: Tensión Equivalente Von Mises

Se puede observar, en la Ilustración 39, una vista de detalle de la patilla y de la distribución de tensiones, de igual forma se puede ver el punto máximo de tensión.

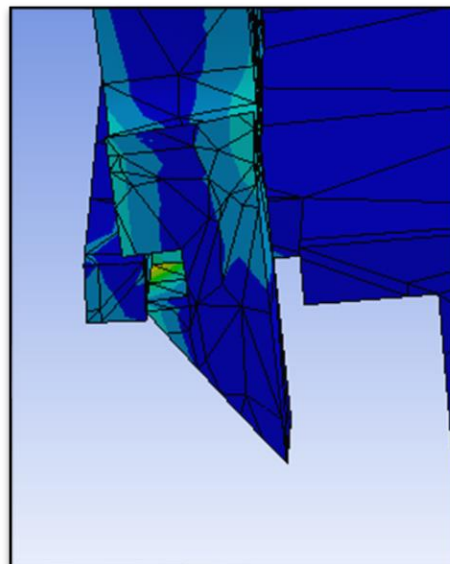


Ilustración 39: Detalle tensión patillas

El punto de fluencia se encontraba en 35MPa, por lo tanto, el límite de tensión máximo en el que se encuentra la pieza no supera el límite de fluencia, por consiguiente, la pieza podrá resistir a la deformación a la que se somete durante el montaje.

Fuerza de montaje

La fuerza máxima en el eje Z es de 17N, esta fuerza es la que se debe conseguir para realizar el montaje de esta pieza. Las personas pueden hacer hasta 60N de fuerza con el pulgar, por tanto, la fuerza de montaje es factible para poder realizarla con las manos.

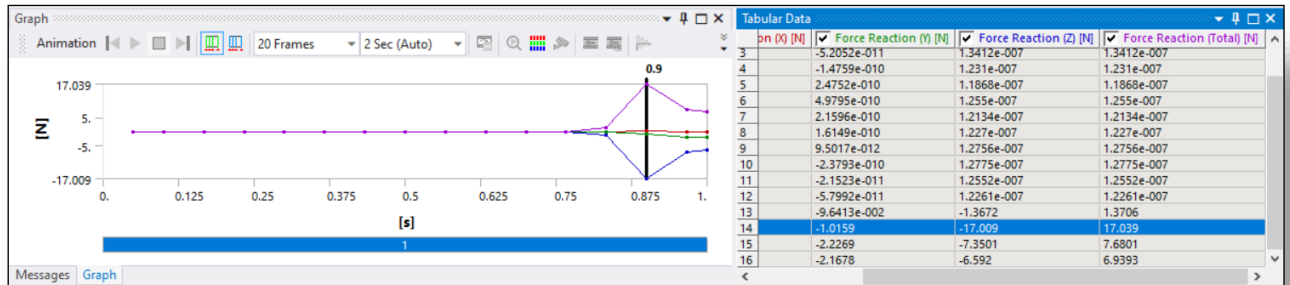


Ilustración 40: Fuerza de montaje

Presión y penetración

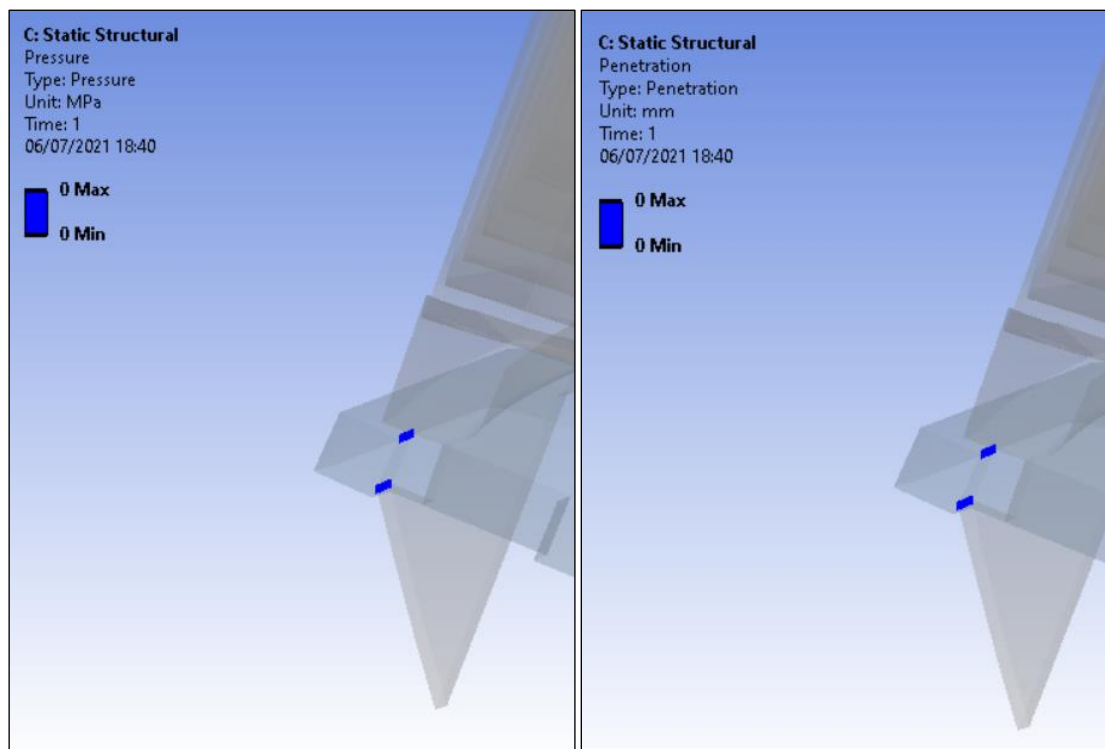


Ilustración 41: Presión y penetración

Esfuerzo de fricción

El esfuerzo de fricción se encuentra en las partes más alejadas del centro de la patilla, debido a que se crea una separación en esta, como se muestra en la ilustración 42, llegando a un nivel máximo de 2,41.

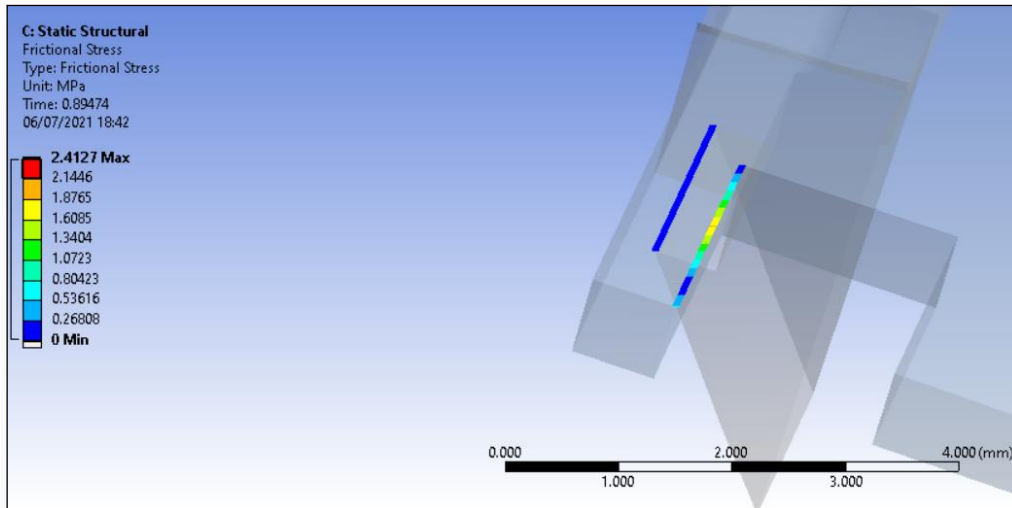


Ilustración 42: Esfuerzo de fricción

Gap

El gap nos indica la separación entre la patilla y la base, como se puede observar la patilla se separa de la base en la zona central, como indican los valores negativos.

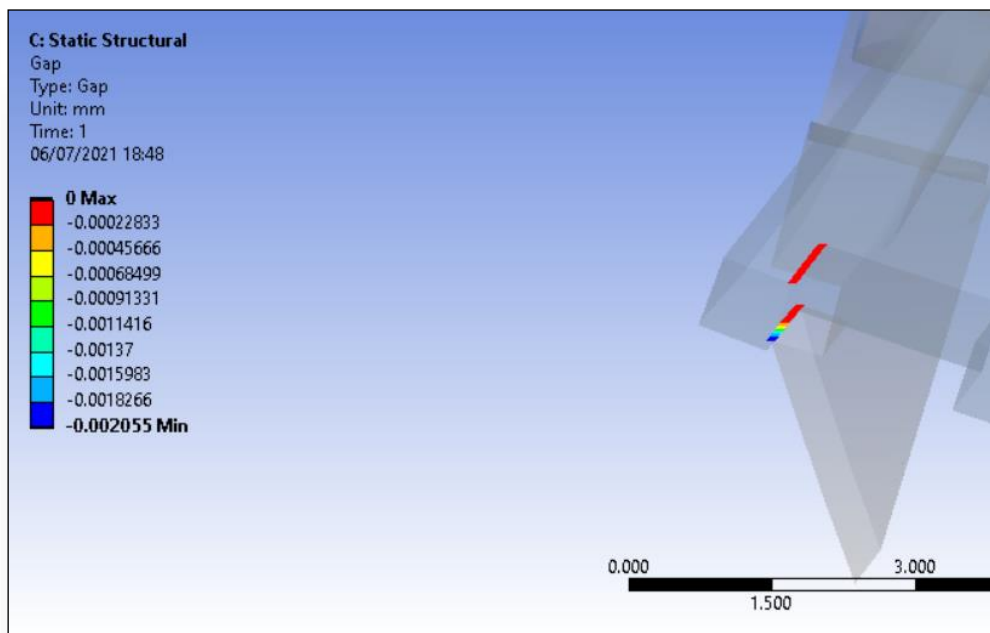


Ilustración 43: Gap

7.2. Conclusión

Después de la realización del análisis y la obtención de datos, se puede asegurar que el montaje se realizará correctamente, de forma que no haya daños en la pieza y, se podrá realizar con las manos.

8. Selección máquina de Inyección

La máquina de inyección en la que se va a introducir el molde es una Roboshot S55, de la casa Milacron.

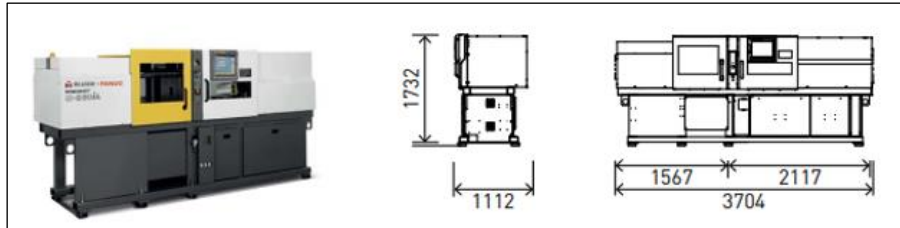


Ilustración 44: Máquina Inyección

Entre las características más significativas de la máquina se encuentran las siguientes:

Fuerza de cierre (Tn)	55
Apertura del molde (mm)	250
Carrera de expulsión (mm)	70
Distancia entre platos máxima	660

Para poder asegurar que las características de la máquina son óptimas para el diseño, se deberá calcular la fuerza de cierre necesaria, comprobar que el molde entra en la máquina y que la carrera de expulsión es suficiente.

8.1. Cálculo Fuerza de Cierre

En primer lugar, se debe calcular el área proyectada de la pieza y multiplicarla por el número de cavidades, en este diseño el número de cavidades es una sola.

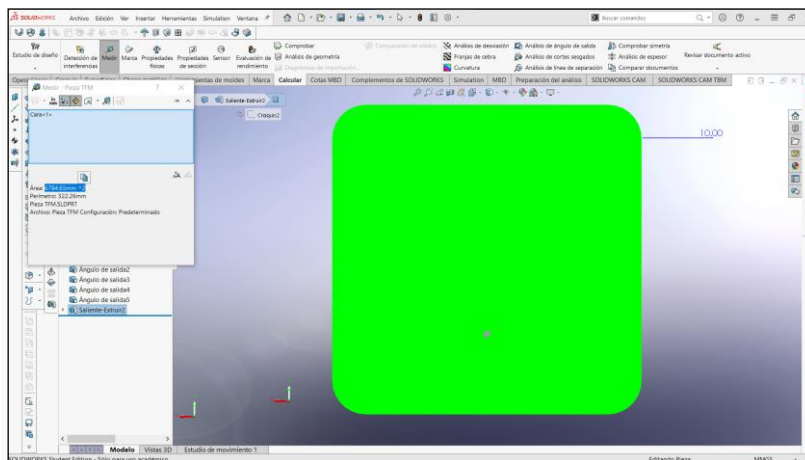


Ilustración 45: Área proyectada

Se obtiene que el área proyectada de la pieza es: $A = 6784,65 \text{ mm}^2$

En segundo lugar, se debe establecer el recorrido máximo que va a realizar el flujo. Este recorrido incluye la cámara caliente hasta el centro de la pieza y después hacia la esquina, como se muestra en la ilustración 46.

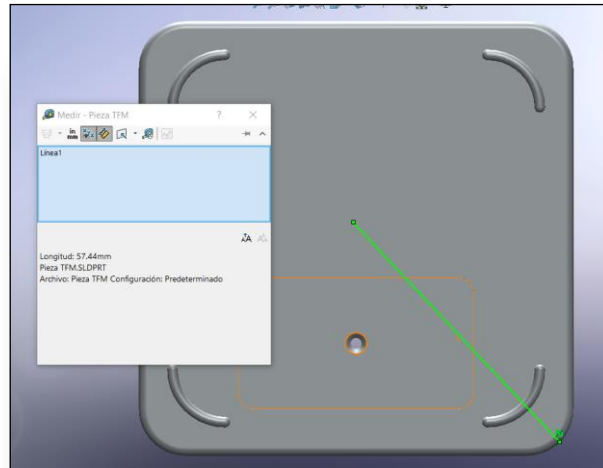


Ilustración 46: Recorrido de flujo

$$Rf = D. \text{cámara caliente} + D. \text{pieza} = 104 + 57,44 = 161,44 \text{ mm}$$

En tercer lugar, se debe calcular la relación entre el recorrido del flujo y el máximo espesor en la pieza, para así poder determinar la presión en la cavidad.

$$R = \frac{Rf}{e} = \frac{161,44}{2} = 80,72$$

Resulta que la relación es de 80: 1 y, con ello, se podrá buscar el valor en la gráfica de presión.

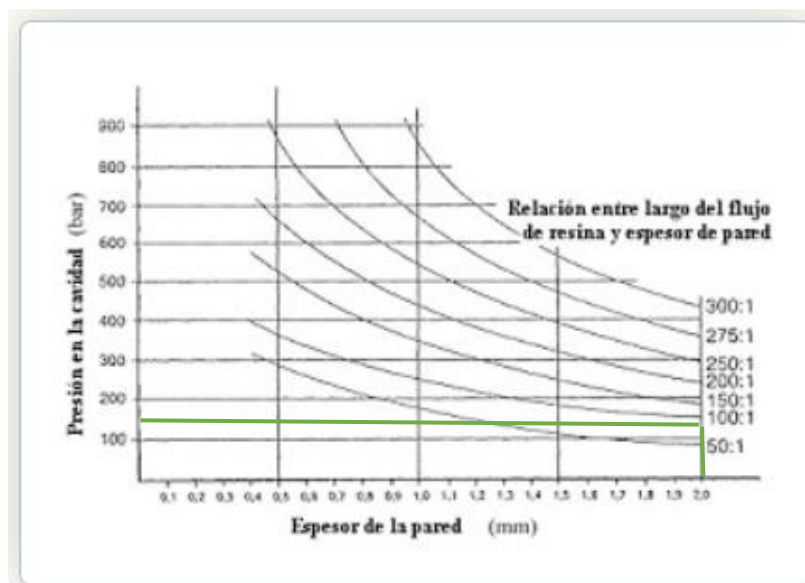


Ilustración 47: Gráfica presión cavidad-espesor pared

De la gràfica se obtiene un valor aproximado de presión:

$$P_{cavidad} = 150bar = 152,96 \text{ Kg/cm}^2$$

En cuarto lugar, se calcula la presión de inyección mediante la siguiente fórmula:

$$P_i = P_{cavidad} * F_{viscosidad}$$

RESINA	FACTOR POR VISCOSIDAD
GPPS (PS)	1
PP	1 – 1.2
PE	1 – 1.3
PA6 o PA66, POM	1.2 – 1.4
Celulósicos	1.3 – 1.5
ABS, ASA, SAN	1.3 – 1.5
PMMA	1.5 – 1.7
PC, PES, PSU	1.7 – 2.0
PVC	2

Ilustración 48: Factor viscosidad

Por tanto, se obtiene que la presión de inyección es:

$$P_i = 152,96 * 1,2 = 183,54 \text{ Kg/cm}^2$$

Por último, se calcula la fuerza de cierre mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = A_p * P_i$$

$$F_c = 67,84\text{cm}^2 * 152,96 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_c = 10,37 \text{ Tn}$$

8.2. Comprobación medidas y peso máximas

Las medidas de molde máximas son de 500x470mm y la distancia entre las columnas guía es de 360x320. El molde que se va a realizar tendrá unas medidas de 246x246mm, la justificación de estas medidas se realizará en el apartado 10. Diseño de molde.

8.3. Carrera de expulsión

La carrera de expulsión de la máquina llega a un máximo de 70mm. La carrera que se necesita para expulsar la pieza del molde debe ser la medida de la pieza más 10mm, para asegurar su correcta expulsión.

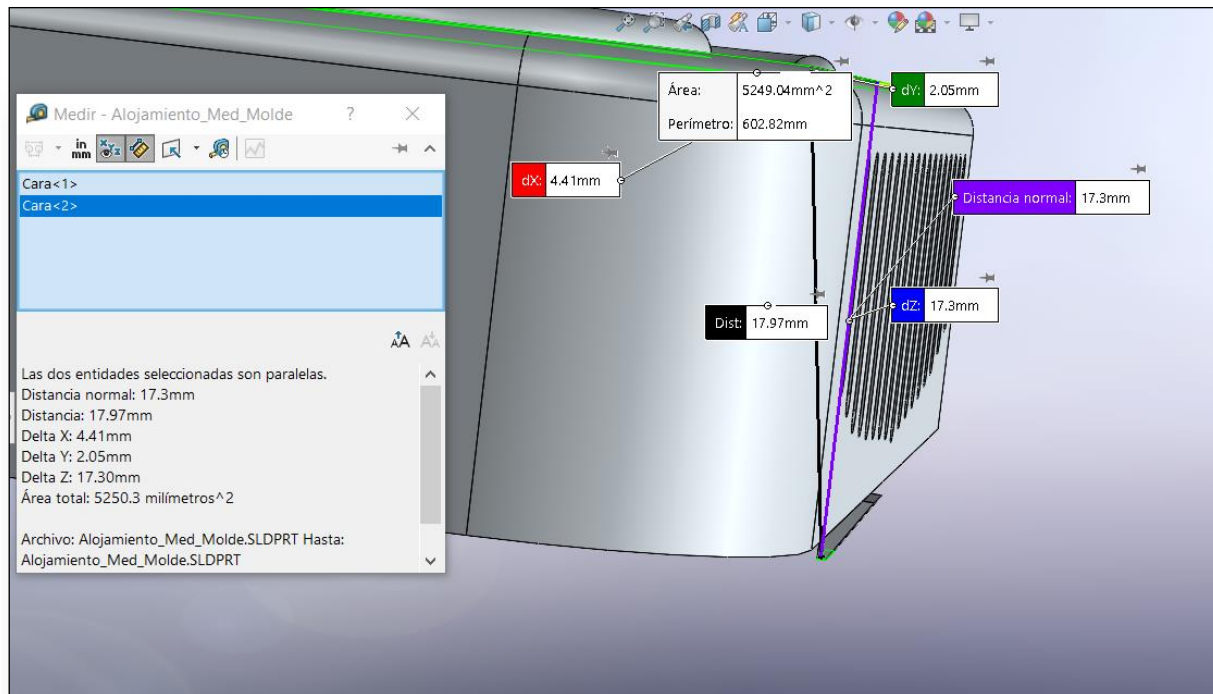


Ilustración 49: Medición pieza para expulsión

$$\text{Carrera necesaria} = 17,30 + 10 = 27,30\text{mm}$$

8.4. Conclusiones

En conclusión, se puede ver que la fuerza de cierre necesaria no excede los límites de la máquina y, por consiguiente, es viable utilizar el molde en ella. De la misma manera no sobrepasa las medidas ni peso máximos de la máquina y, la carrera de expulsión es suficiente para extraer la pieza.

9. Moldflow – Simulación y análisis de inyección

Para realizar el diseño del molde se necesita realizar una serie de análisis previos, que se deben realizar con el fin de conseguir el mejor diseño final. Para ello, se hará uso del programa Moldflow.

9.1. Preparación del modelo

En primer lugar, se importa la geometría que se quiere analizar y se posiciona para que el centro del molde y su posición sean las correctas.

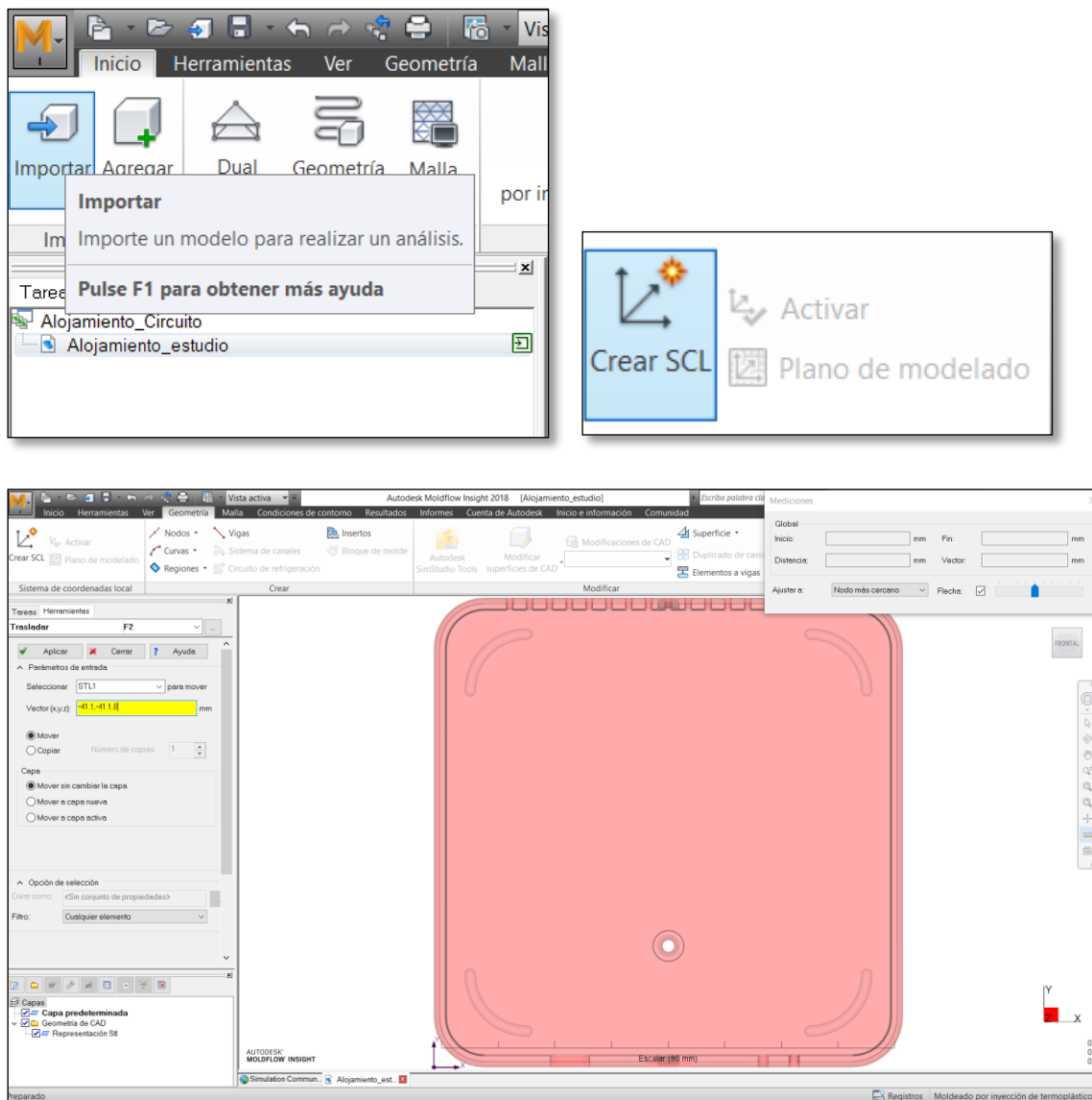


Ilustración 50: Importación y Posicionamiento Pieza

En segundo lugar, se realiza la malla. Para ello, se establece el número de 2,37 mm, que es el tamaño que establece el programa por defecto, obteniendo así un número de elementos total de 14460.

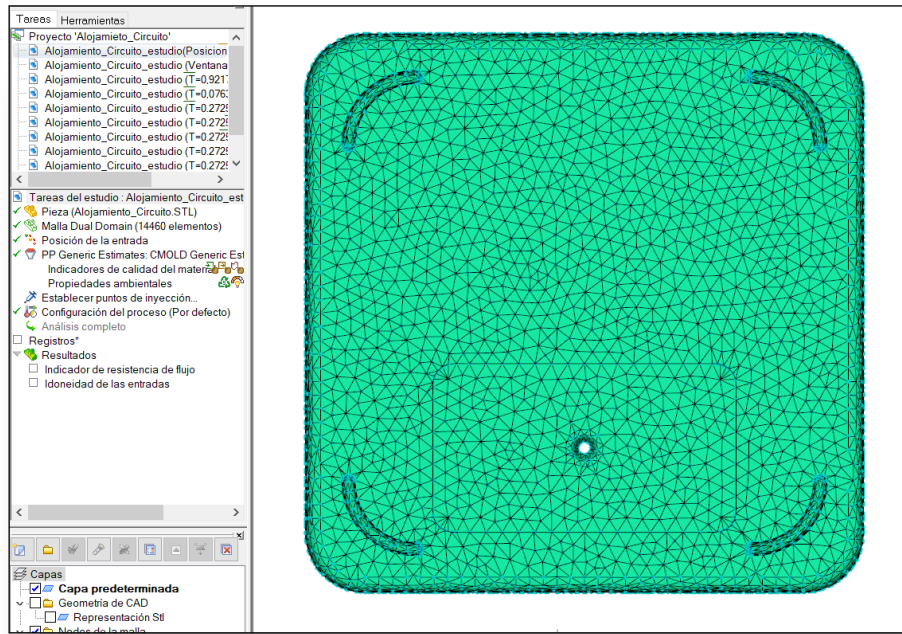


Ilustración 51: Mallado pieza

En tercer lugar, se realiza un análisis para comprobar cuál es el punto óptimo para realizar la inyección en la pieza. Mediante este estudio, se concluye que el mejor punto de inyección se encuentra en el centro de la pieza.

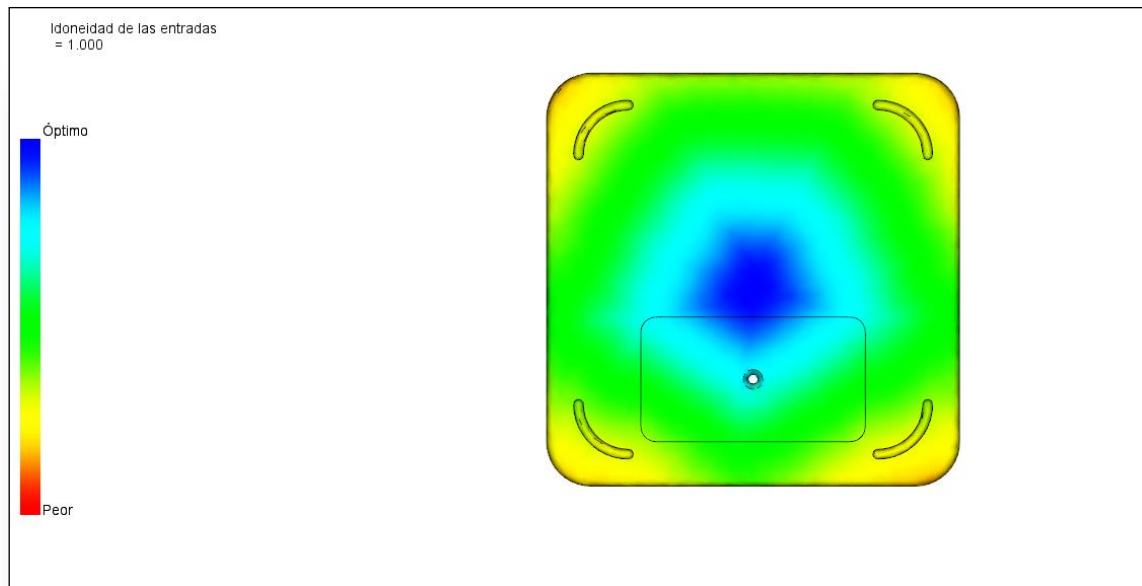


Ilustración 52: Idoneidad de las entradas

En cuarto lugar, se realiza un estudio para ver la resistencia del material en la pieza cuando sea inyectado, así se puede observar que, las zonas más alejadas y las patillas, opondrán una mayor resistencia para llenarse.

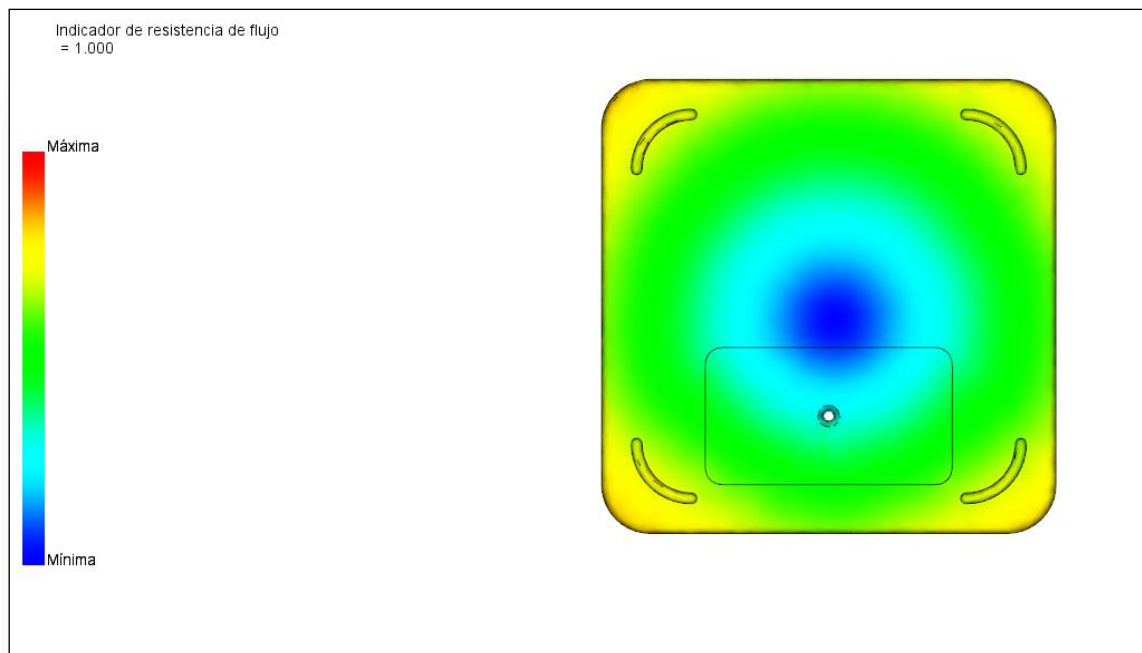


Ilustración 53: Resistencia flujo parte alta

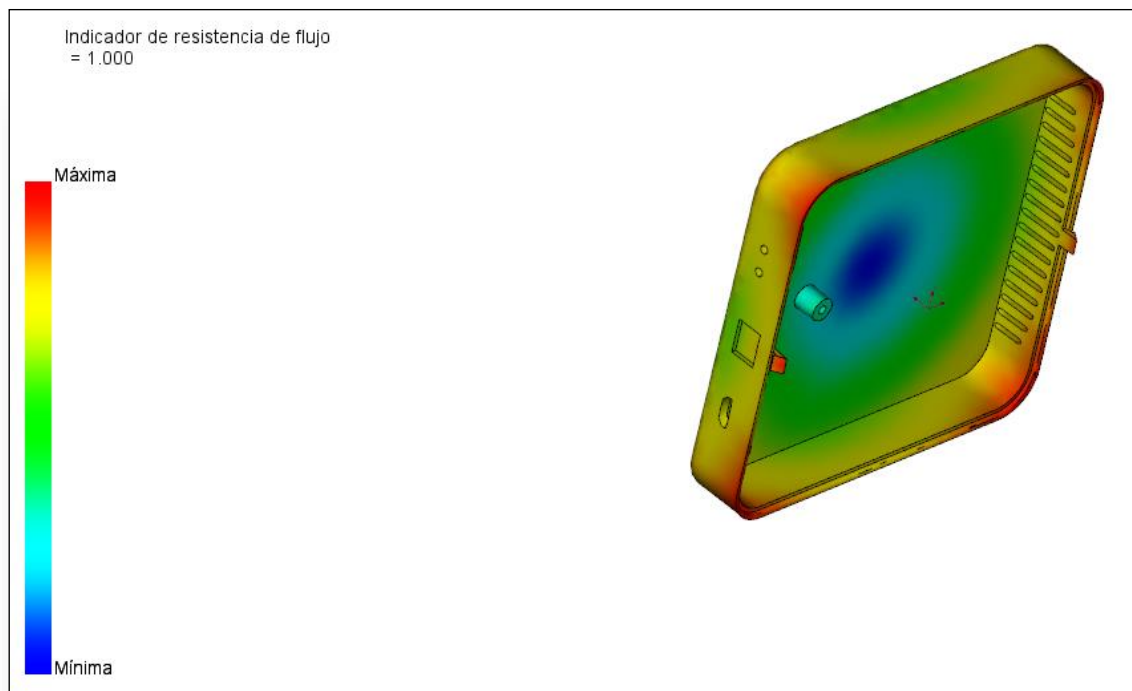



Ilustración 54: Resistencia flujo parte baja

A continuación, habiendo extraído el mejor punto de inyección, el siguiente paso será crear el bebedero. En este caso, será una cámara caliente que se encuentra en el centro de molde, con un diámetro de 7mm.

Distribución (página 1 de 3) ✕



Este asistente puede usarse para crear un sistema de canales estándar que conecte todos los puntos de inyección del modelo.

En primer lugar, especifique la posición del bebedero:

X: mm

Y: mm


Su pieza tiene 0 entrada(s) lateral(es) y 1 entrada(s) superior(es)

Deseo usar un sistema de canales calientes

No es necesario especificar el plano de partición.

Plano de canal superior Z [2]: mm

Importante: todas las coordenadas son absolutas.



< Atrás
Siguiente >
Cancelar
Ayuda

Ilustración 55: Creación canal caliente 1

Bebedero/canales/boquilla (página 2 de 3) ✕


Especifique las dimensiones del bebedero, los canales y la boquilla.

Bebedero

Diámetro del agujero: mm Longitud: mm

Ángulo incluido: grad

Canales

Diámetro: mm Trapezoidal 

Boquillas

Diámetro inferior: mm Ángulo incluido: grad

Ilustración 56: Creación canal caliente 2

Entradas (página 3 de 3) ✕

Por último, especifique las propiedades que desee para las entradas:

Entradas laterales

Diámetro del agujero: mm Ángulo incluido: grad

Longitud: mm
 Ángulo: grad

Entradas superiores

Diámetro inicial: mm Diámetro final: mm

Longitud: mm

Ilustración 57: Creación canal caliente 3

Seguidamente, se introduce el volumen que ocupará el molde, con el asistente para bloque de molde, teniendo en cuenta que el molde tiene unas medidas de 246x246x288mm.

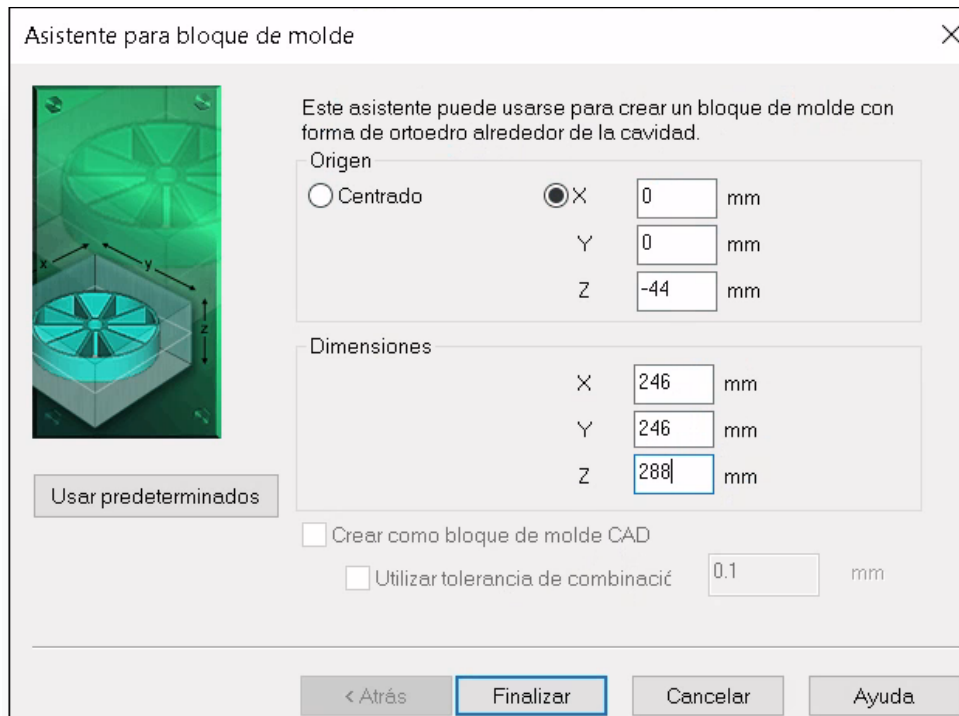


Ilustración 58: Asistente bloque molde

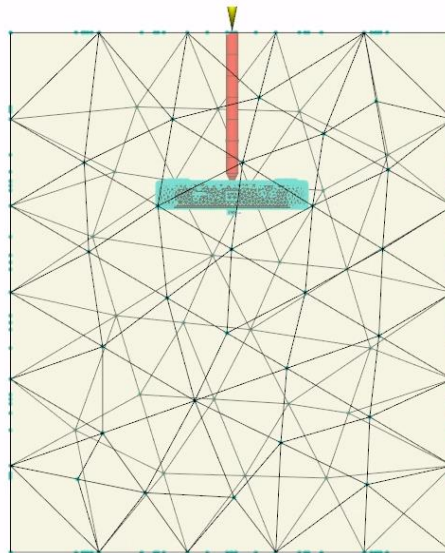
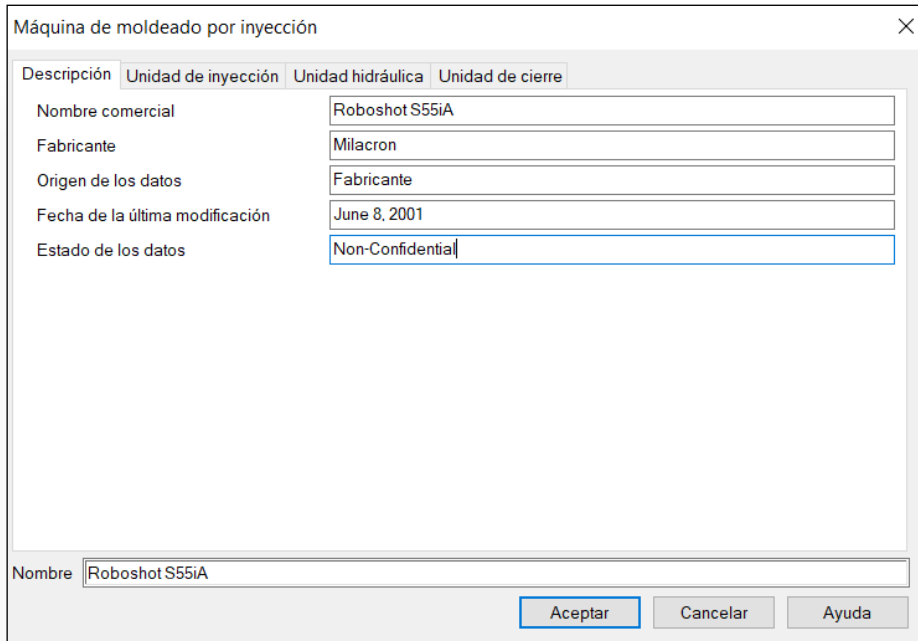


Ilustración 59: Bloque molde

Para la realización correcta de la simulación, se debe de introducir la máquina elegida para la inyección del molde. La selección de dicha máquina se ha explicado anteriormente en el apartado 8

Las características de la máquina se introducen en el programa, creando una nueva máquina, incluyendo los valores como en las Ilustraciones 60,61,62 y 63.



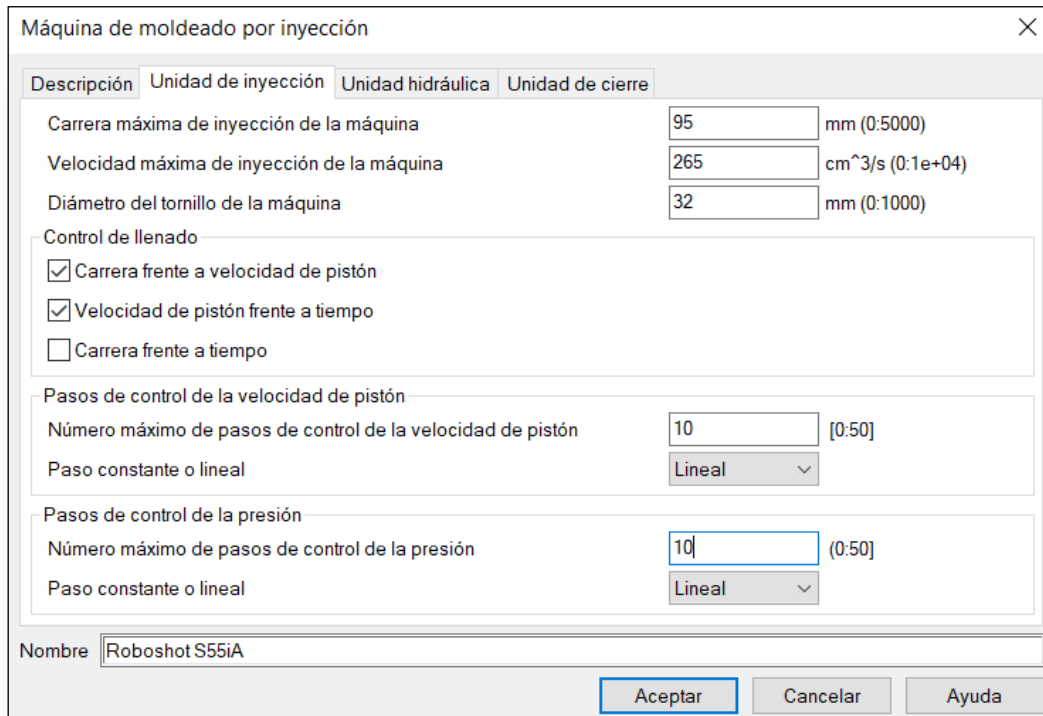
Máquina de moldeo por inyección

Descripción	Unidad de inyección	Unidad hidráulica	Unidad de cierre
Nombre comercial	Roboshot S55iA		
Fabricante	Milacron		
Origen de los datos	Fabricante		
Fecha de la última modificación	June 8, 2001		
Estado de los datos	Non-Confidential		

Nombre: Roboshot S55iA

Aceptar Cancelar Ayuda

Ilustración 60: Introducción máquina Moldflow 1



Máquina de moldeo por inyección

Descripción	Unidad de inyección	Unidad hidráulica	Unidad de cierre
Carrera máxima de inyección de la máquina	95	mm (0:5000)	
Velocidad máxima de inyección de la máquina	265	cm ³ /s (0:1e+04)	
Diámetro del tornillo de la máquina	32	mm (0:1000)	
Control de llenado			
<input checked="" type="checkbox"/> Carrera frente a velocidad de pistón			
<input checked="" type="checkbox"/> Velocidad de pistón frente a tiempo			
<input type="checkbox"/> Carrera frente a tiempo			
Pasos de control de la velocidad de pistón			
Número máximo de pasos de control de la velocidad de pistón	10	[0:50]	
Paso constante o lineal	Lineal		
Pasos de control de la presión			
Número máximo de pasos de control de la presión	10	(0:50)	
Paso constante o lineal	Lineal		

Nombre: Roboshot S55iA

Aceptar Cancelar Ayuda

Ilustración 61: Introducción máquina Moldflow 2

Máquina de moldeo por inyección

Descripción | Unidad de inyección | **Unidad hidráulica** | Unidad de cierre

Límite de presión de la máquina

Presión máxima de inyección de la máquina A la 150 MPa [0:500]

Proporción de intensificación 10 (0:30)

Tiempo de respuesta hidráulica de la máquina 0.1 s (0:10)

Nombre Roboshot S55iA

Aceptar Cancelar Ayuda

Ilustración 62: Introducción máquina Moldflow 3

Máquina de moldeo por inyección

Descripción | Unidad de inyección | Unidad hidráulica | **Unidad de cierre**

Fuerza de cierre máxima de la máquina 55 tonelada (0:70002.2)

No exceder la fuerza de cierre máxima

Nombre Roboshot S55iA

Aceptar Cancelar Ayuda

Ilustración 63: Introducción máquina Moldflow 4

Seguidamente, se deben realizar los conductos de refrigeración del molde. El molde se compone de un sistema de refrigeración del postizo macho, formado por una serie de pozos. Como es un sistema muy complejo en este programa se realizará una simplificación de este. Finalmente, los circuitos de refrigeración de la simulación quedaran de la siguiente forma:

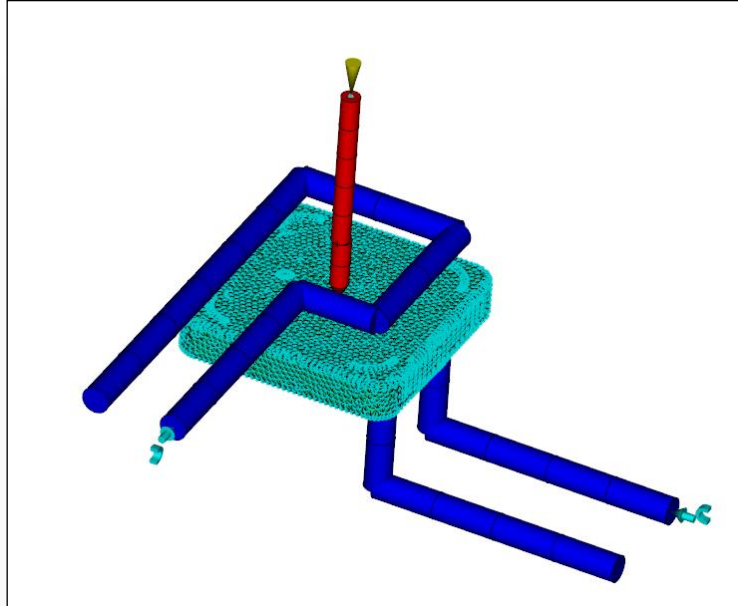


Ilustración 64: Refrigeración Moldflow 1

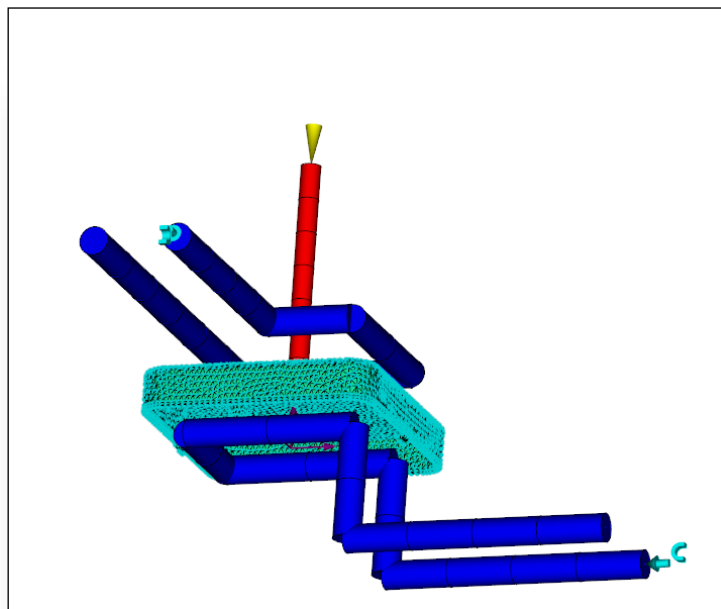


Ilustración 65: Refrigeración Moldflow 2

9.2. Establecimiento del tiempo de inyección

Para poder ver que tiempos se tienen que simular, se realiza un análisis de ventana de proceso para encontrar el tiempo máximo y mínimo de inyección.

$$T_{i\max} = 0,9217 \quad T_{i\min} = 0,0763$$

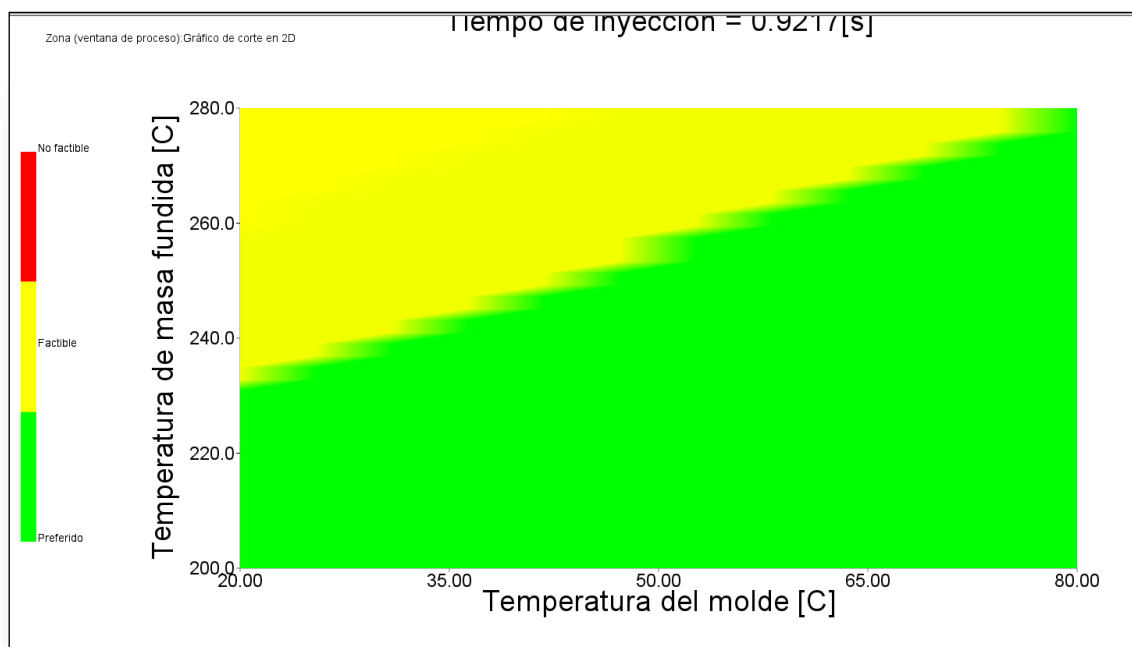


Ilustración 66: Ventana de proceso 1

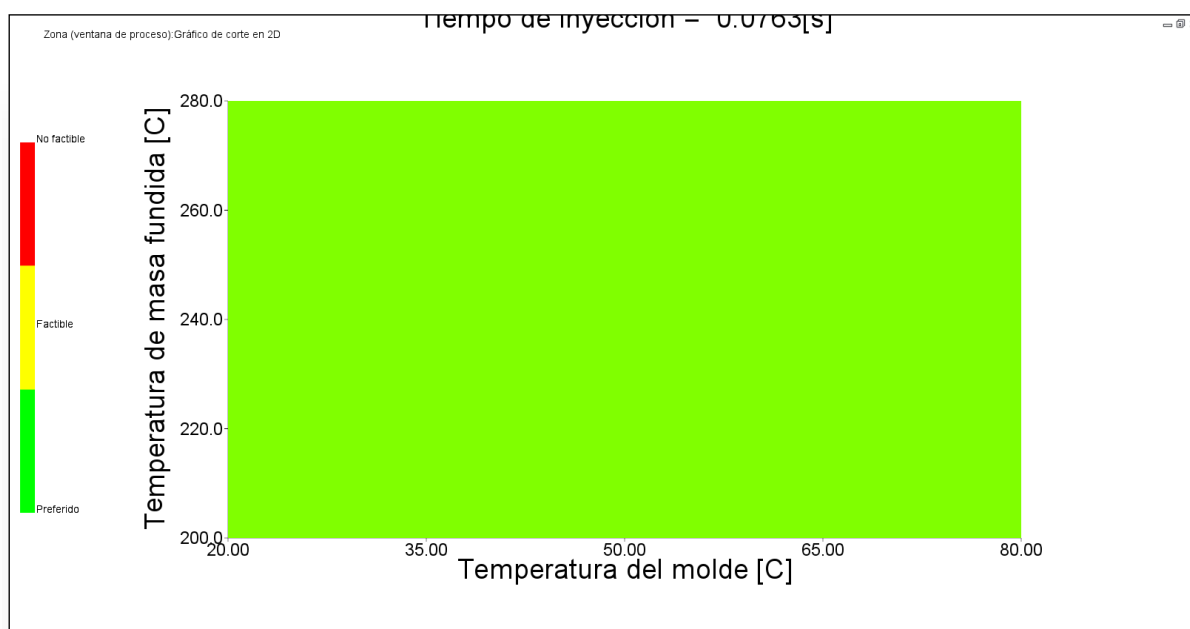


Ilustración 67: Ventana de proceso 2

Para obtener otro punto de tiempo de inyección, se recurre al punto máximo de calidad en la simulación de ventana de proceso, en el cual se obtiene $T_i = 0,2725$

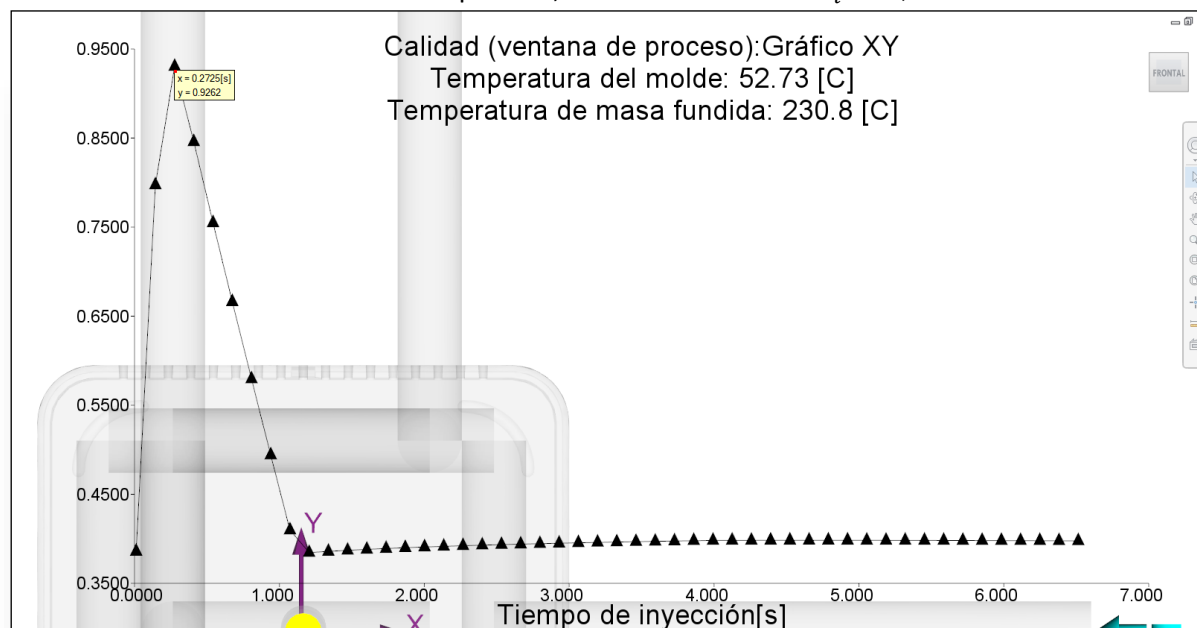


Ilustración 68: Calidad (Ventana de proceso)

Se ha realizado una simulación de cada uno de los tiempos de inyección obtenidos anteriormente y, se ha llegado a los siguientes resultados para cada uno:

Tiempo de inyección (s)	Teórico	0,0763	0,2725	0,9217
Fuerza cierre máquina (Tn)	55	3,608	2,628	1,874
Presión de Inyección (MPa)	150	14,16	10,43	7,956
Velocidad cizalla máximo percentil 95	100000	74000	20000	6158,67
Tensión cizalla máxima percentil 95	0,25	0,264	0,1936	0,1422
Temperatura percentil 95	220-280	232	231	230
Máxima diferencia de T del frente de avance		0,1	0	1,3
Resultado			X	

Se concluye que el tiempo de inyección mínimo excede el máximo de esfuerzo de cizalla, mientras que el tiempo de inyección máximo excede el diferencial de temperatura, es por ello por lo que el mejor tiempo de inyección es:

$$T_i = 0,2725$$

9.3. Tiempo de compactación y porcentaje

Para poder establecer cuál es el mejor porcentaje de compactación, se deben realizar dos estudios de compactación. Un estudio se realizará a 80% y otro al 100%, con un tiempo de compactación al azar.

	Máx P.Inyección	Min P.Inyección	Diferencia	Máx Fuerza Cierre
Compactación 80%	7,977	6,758	1,221	4,55
Compactación 100%	9,978	8,7942	1,1838	6,365

Se obtiene que la compactación al 100% tiene un menor diferencial de presión y, la fuerza de cierre a realizar es minúscula, en comparación con las 55 toneladas que puede realizar la máquina, por ello se escoge la compactación al 100%.

Para establecer el tiempo de compactación, se deben observar los resultados de la fracción de capa sólida, una vez se haya solidificado toda la pieza se dejará de compactar.

Se realiza un estudio de llenado + compactación + refrigeración, con valores de tiempo aleatorios, y se comprueban los resultados.

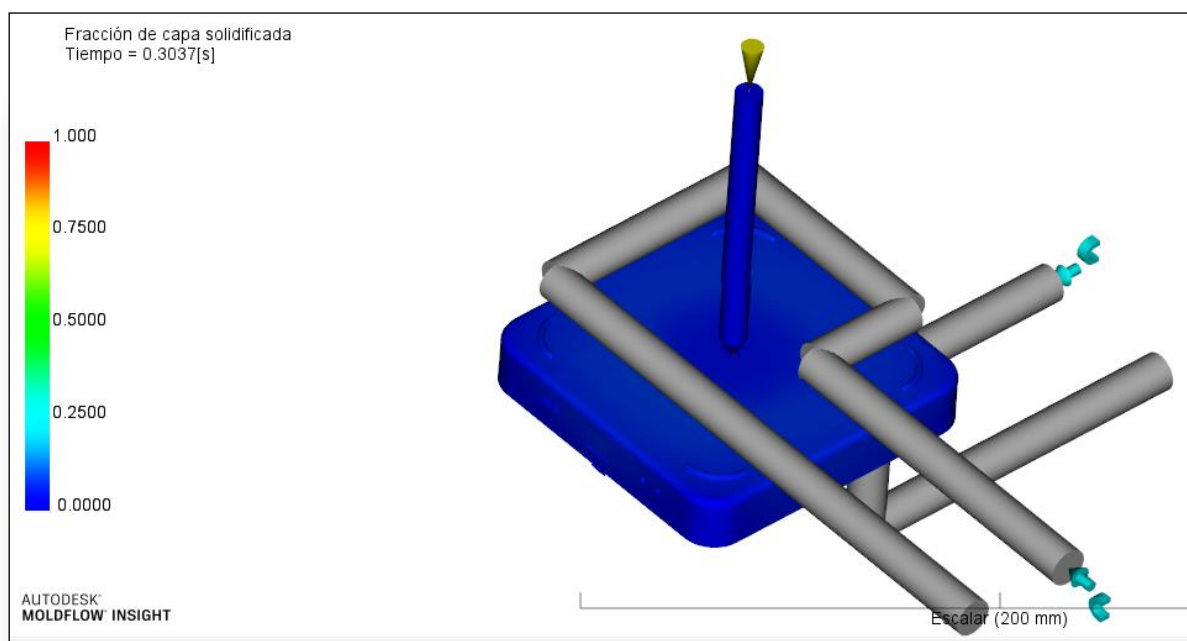


Ilustración 69: Fracción capa sólida 1

En el tiempo de 0,3037s se llena la pieza, por tanto, este será el tiempo de inyección.

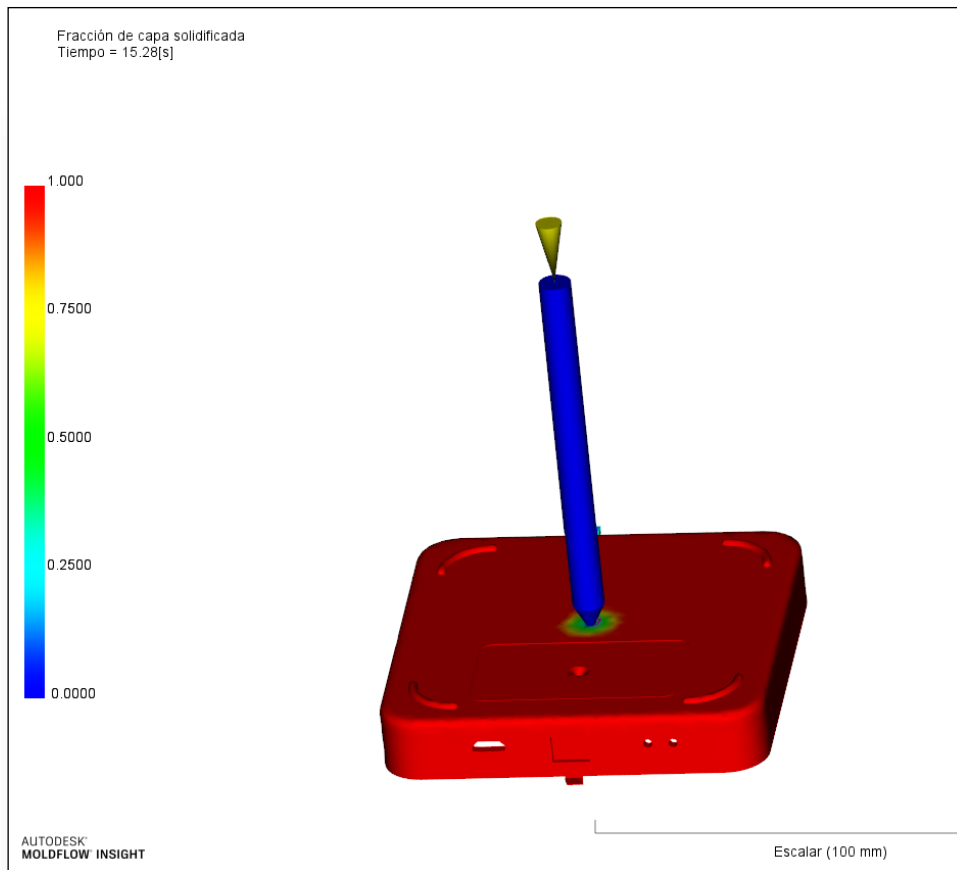


Ilustración 70: Fracción capa sólida 2

En el tiempo de 15,28 s la pieza ya se ha solidificado, por consiguiente, el tiempo de compactación será de $T_c = 15,28 - T_i = 15,28 - 0,3037 = 14,97 \cong 15s$

9.4. Tiempo de refrigeración y temperaturas

Para establecer el tiempo de funcionamiento de refrigeración, se debe establecer el tiempo necesario hasta alcanzar la temperatura a la que se puede expulsar la pieza.

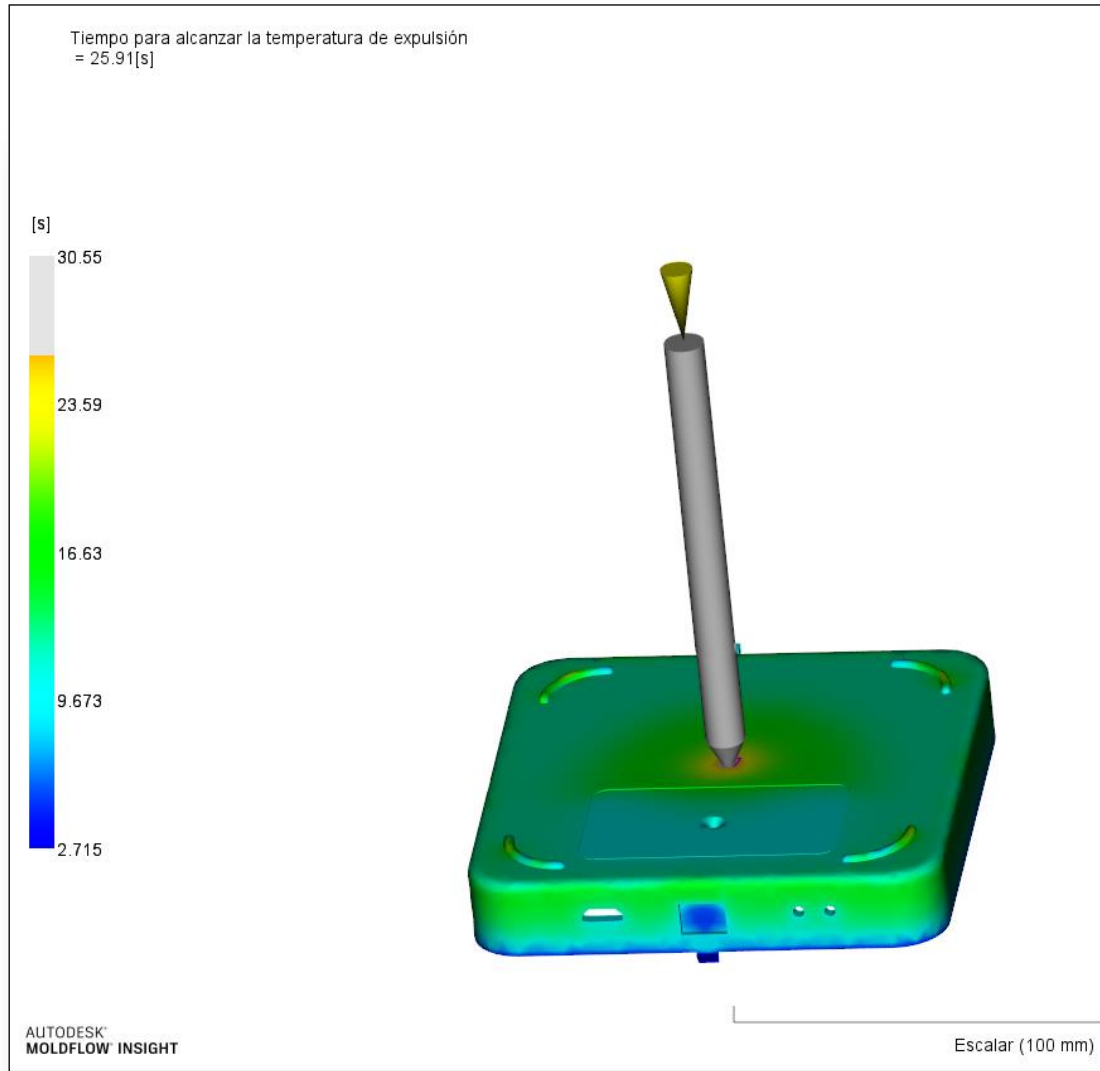
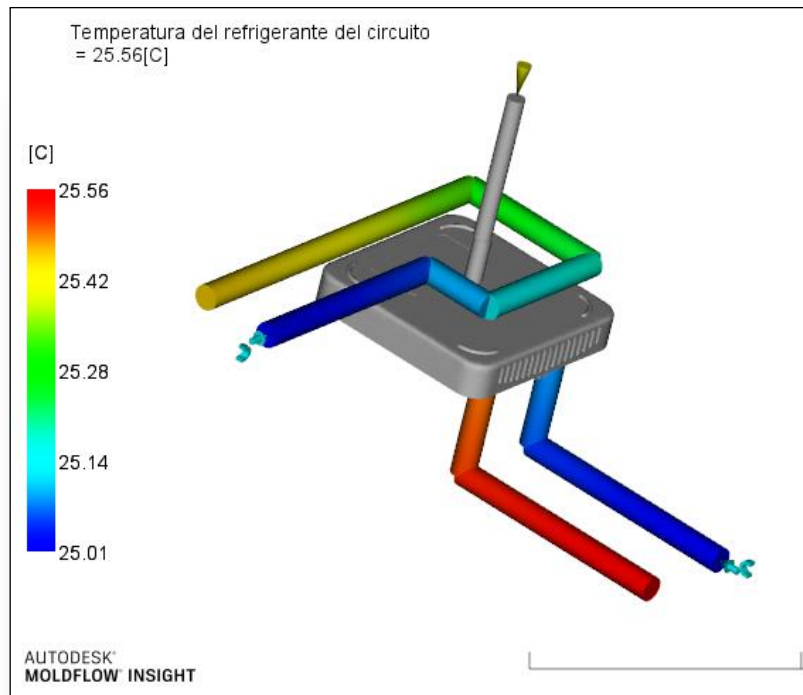


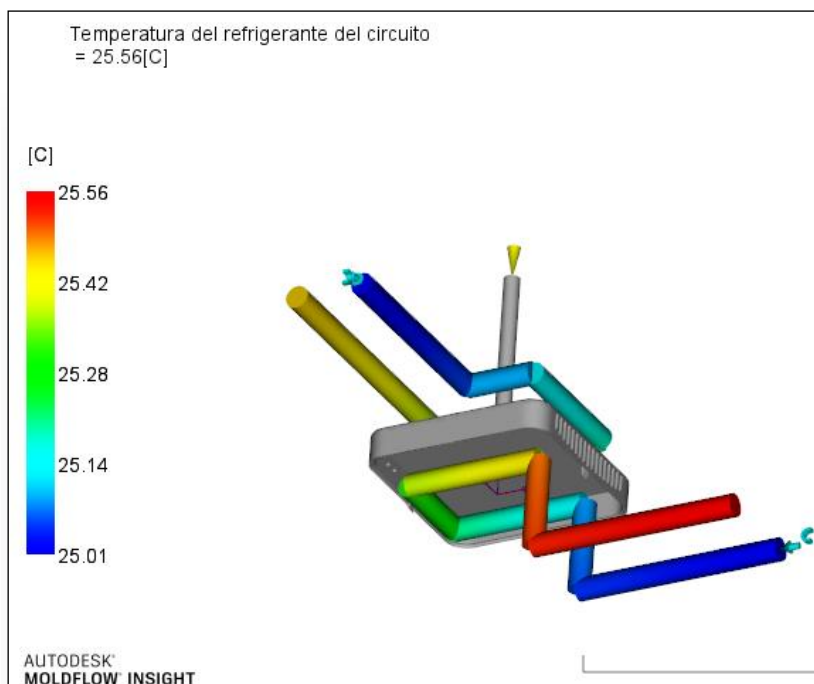
Ilustración 71: Tiempo para expulsión

El tiempo para alcanzar la temperatura de expulsión es de 25,91 s, así que, el tiempo de refrigeración será $T_r = T_e - T_c - T_i = 25,91 - 14,97 - 0,3037 = 10,63s \cong 10s$

Una vez establecido el tiempo de refrigeración, se realiza un análisis de temperaturas del refrigerante.



Il·lustració 72: Temperatura refrigerante 1



Il·lustració 73: Temperatura refrigerante 2

Se puede comprobar que la temperatura del refrigerante no aumenta ni en un grado, en consecuencia, la refrigeración funciona perfectamente.

9.5. Análisis de deformaciones

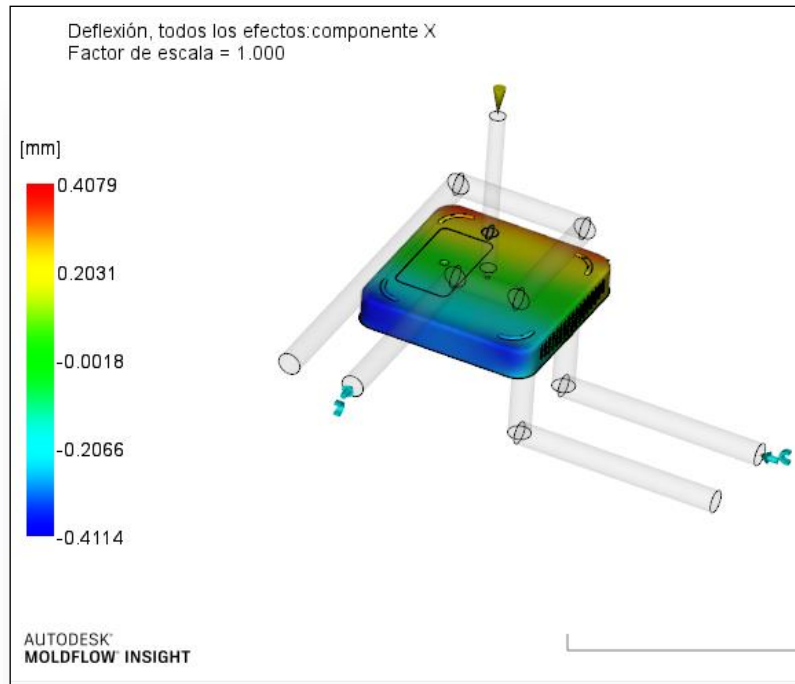


Ilustración 74: Deformación eje X

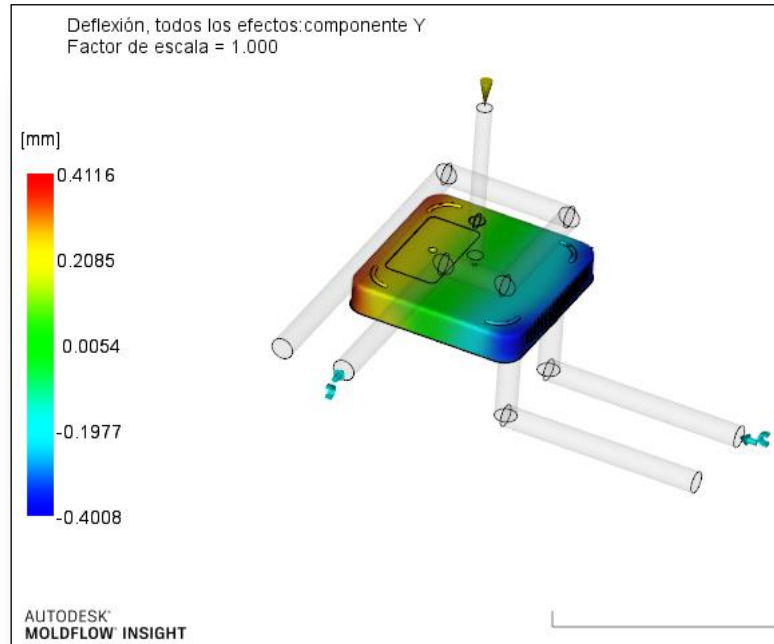


Ilustración 75: Deformación eje Y

En los ejes X e Y existen deformaciones de alrededor de ocho décimas, no son grandes deformaciones, pero se deben tener en cuenta a la hora de realizar el molde, aplicando una contracción.

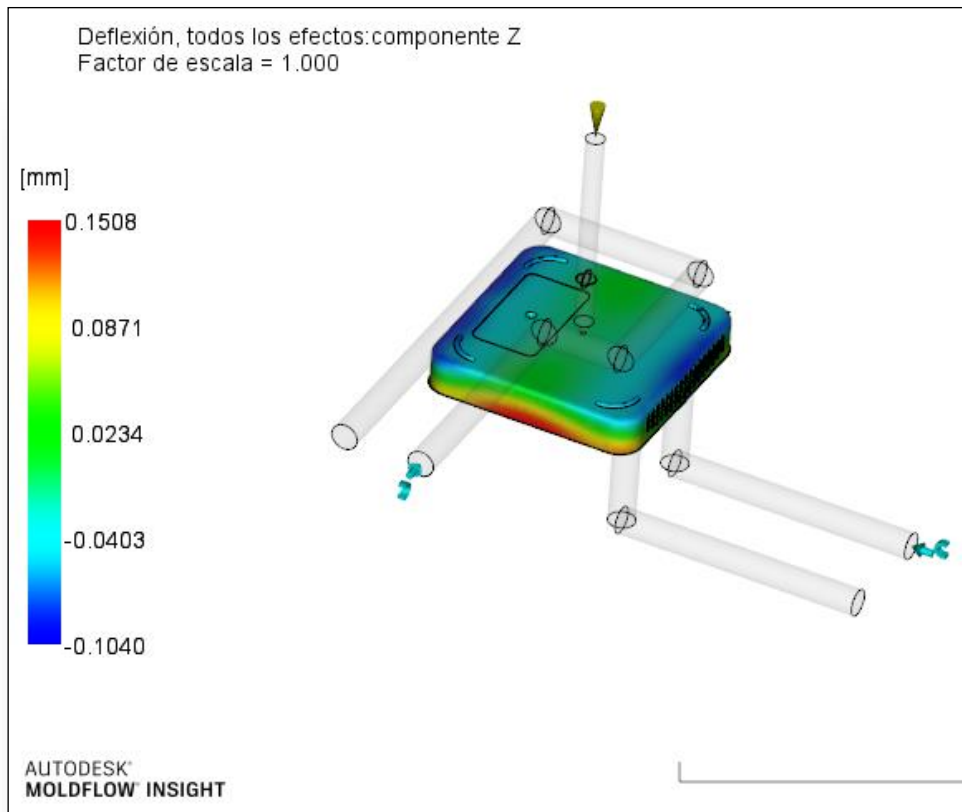


Ilustración 76: Deformación eje Z

En el eje Z, estas deformaciones son mucho menores de dos décimas, aproximadamente.

9.6. Conclusiones

El tiempo de ciclo total será de 25,91s, mientras que la compactación se realizará durante 15 s y, la refrigeración durante 10s. Las deformaciones son mínimas, pero se han de tener en cuenta a la hora de realizar el molde.

10. Diseño de molde

10.1. Pieza medidas molde

La contracción es una relación entre el volumen del polímero fundido y el volumen del plástico ya solidificado. Esta se produce en el periodo de enfriamiento de la pieza, donde disminuye su volumen. Dicha contracción se ha de tener en cuenta, a la hora de la realización de la cavidad y el núcleo, debido a que las medidas de la pieza original variarían al contraerse. Por ello, se le debe aplicar una escala de aumento a la pieza y, a esta se le denominará: *la pieza medidas molde*. Y esta es la que se utilizará para la fabricación del molde. Cada material tiene una contracción establecida y, variará en función del espesor de la pieza. El material de la pieza es polipropileno, que es un polímero cristalino y, por ello, cuanto menor espesor, menor contracción y viceversa. Tenemos un espesor de 2mm, por tanto, se debe elegir una contracción intermedia.

Polímero	Encogimiento % Contracción %	Polímero	Encogimiento % Contracción %	Elastómero	Encogimiento % Contracción %
ABS	0.4 – 0.7	PC/ABS	0.4 – 0.7	ACM	0.6 – 0.8
CA	0.3 – 0.7	PES	0.6 – 0.8	AEM	1.8 – 2.1
CAB	0.2 – 0.5	PET	1.8 – 2.1	AU/EU	0.2 – 1.0
CP	0.2 – 0.5	PMMA	0.2 – 1.0	CR	2.0 – 3.5
EVA	0.7 – 2.0	POM	2.0 – 3.5	CSM	1.0 – 3.0
FEP	3.0 – 6.0	PP	1.0 – 3.0	ECO	0.5 – 0.7
GPPS	0.2 – 0.8	PPO	0.5 – 0.7	EPDM	0.6 – 0.8
HDPE	1.5 – 4.0	PSU	0.6 – 0.8	FEPM	5.0 – 0.9
HIPS	0.2 – 0.8	PTFE	5.0 – 0.9	FKM	2.0 – 3.0
LDPE	1.5 – 4.0	PVDF	2.0 – 3.0	FVMQ	0.2 – 0.6
PA66	1.0 – 1.5	SAN	0.2 – 0.6	PP/EPDM	1.0 – 2.0
PA66	1.0 – 2.0			PUR/TRU	0.5 – 2.0
PBT	1.5 – 2.0			SBS	0.4 – 4
PC	0.6 – 0.8			SEBS	1.0 – 5.5
MF	0.6 – 1.0			DMC	0.5 – 0.2

Ilustración 77: Tabla contracciones

FICHA TÉCNICA PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO		
PROPIEDADES FÍSICAS:		
Densidad:	0.905 gr/cm ³	promedio
Contracción de moldeo:	1.75 %	promedio
Absorción de agua:	0.02 %	promedio
PROPIEDADES MECÁNICAS:		
Resistencia a la tensión:	350 Kg/cm ²	promedio
Elongación a la ruptura:	400 %	promedio
Resistencia a la compresión:	500 Kg/cm ²	promedio
Resistencia a la flexión:	480 Kg/cm ²	promedio
Módulo de flexión:	13.000 Kg/cm ²	promedio
Resistencia al impacto izod:	70 Kg/m ² a 23°C	promedio
Con muesca		
Resistencia al impacto:	4 – 24 K.J / M ²	
Charpy con muesca		
Dureza	50 – 110 shore D	

Ilustración 78: Contracción media polipropileno

Con todo ello, se aplicará una contracción del 1,8%

10.2. Medidas básicas

Aquí se muestran el alzado y la planta del molde, donde se recogen las medidas básicas para la realización del mismo. Para elegir el tamaño del molde, se debe tener en cuenta el tamaño de pieza y todos los elementos que van a ir en ella, y que haya suficiente espacio para la refrigeración. Es por todo esto que se escoge la configuración 246x246mm, ya que la diferencia entre precio de uno más pequeño es mínima y estaría todo muy ajustado.

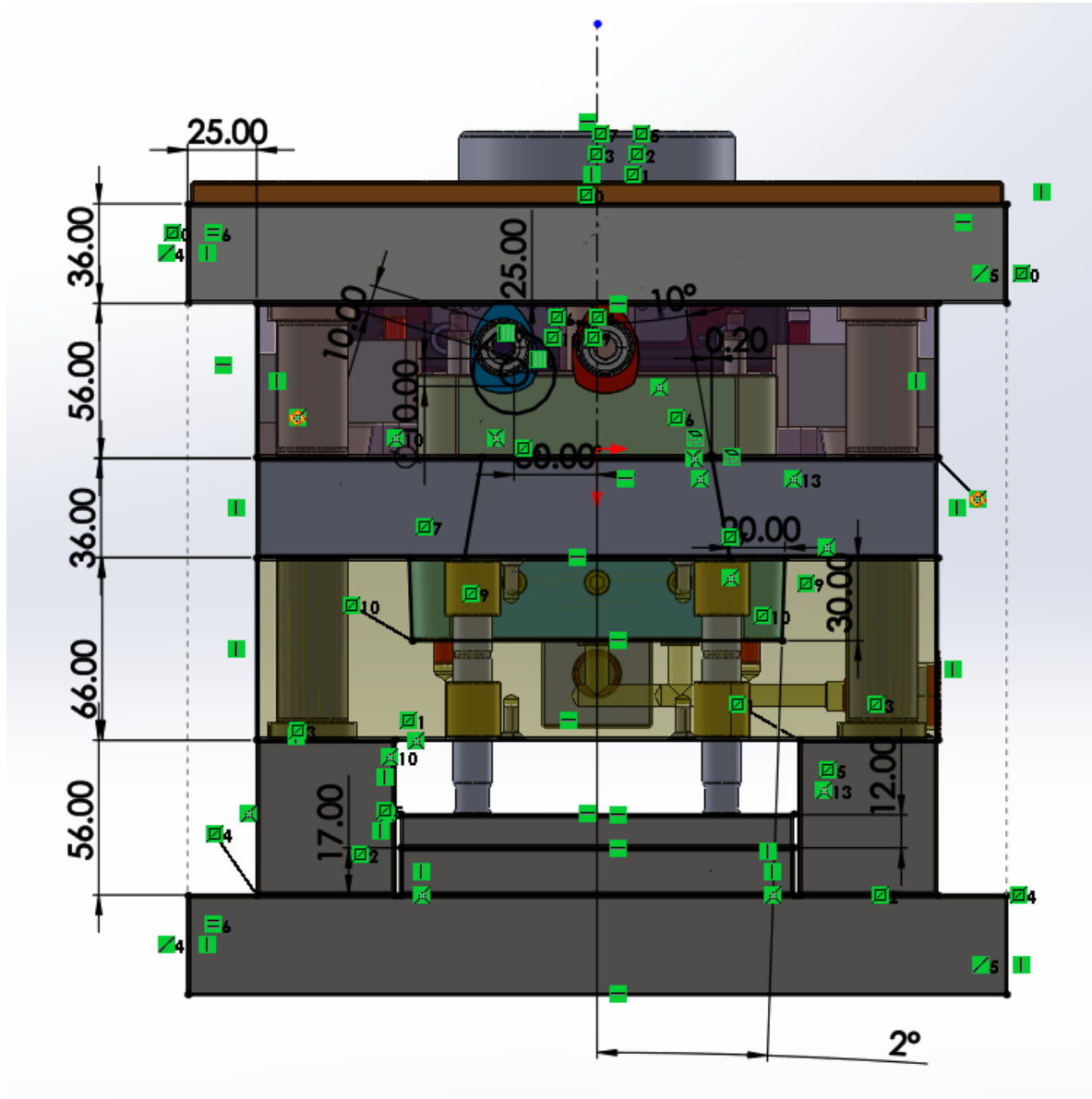
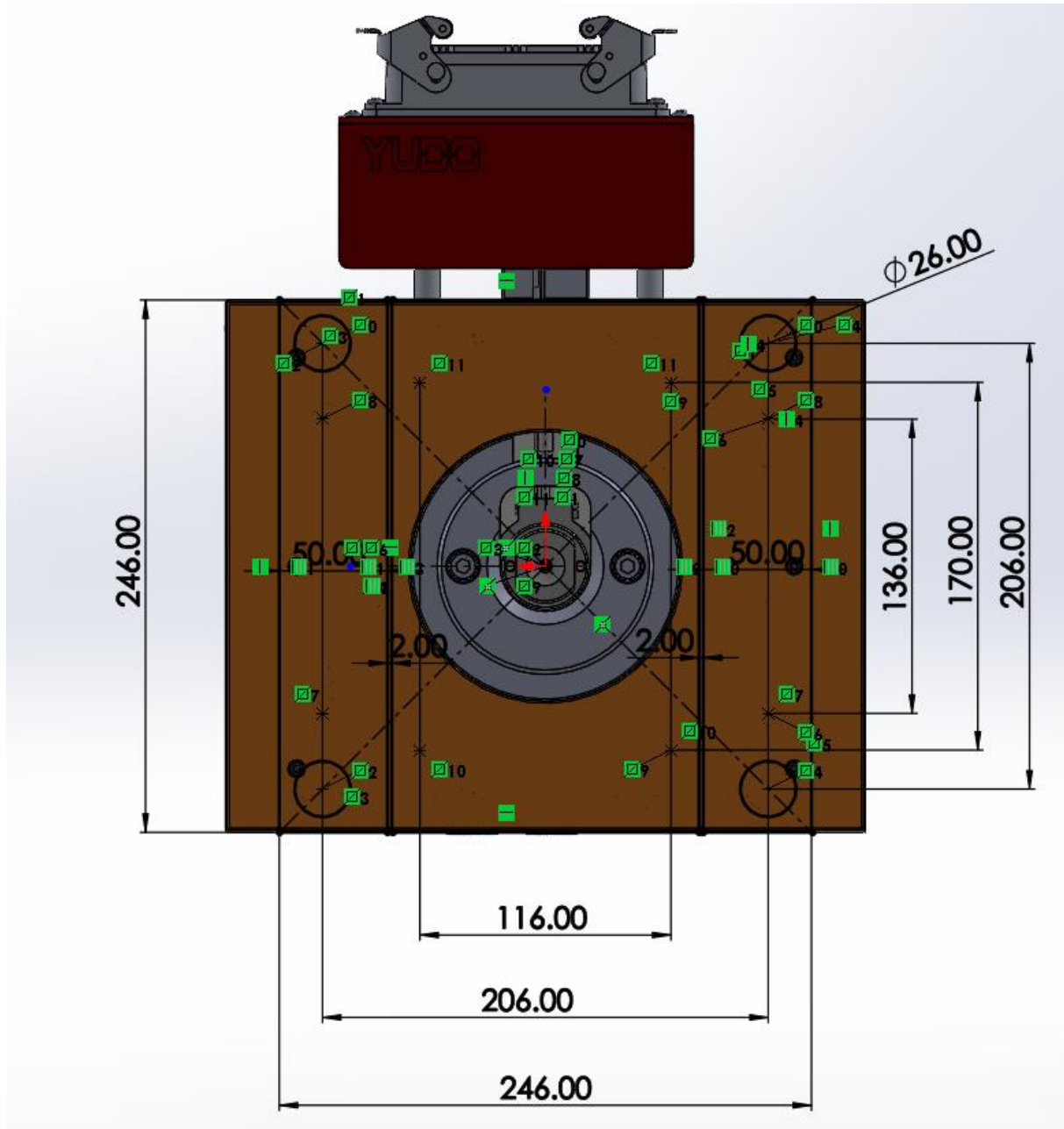


Ilustración 79: Alzado Molde



Il·lustraci3n 80: Planta molde

10.3. Placa Aislante

Las placas aislantes se utilizan para evitar pérdidas o cambios bruscos de temperatura mientras que el molde está en funcionamiento, para así conseguir un aumento del rendimiento en cuanto a pérdidas energéticas.

El material de estas placas es una resina sintética, normalmente, fibra de vidrio.

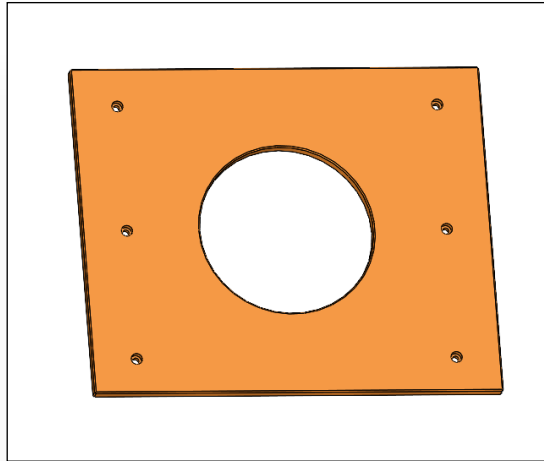


Ilustración 81: Placa Aislante

10.4. Placa Amarre Lado Fijo

Esta placa del molde, la placa de amarre del lado fijo, es la que hace de tope para las guías y atornilla la placa fija por la parte inferior. A ella también se le atornilla la placa aislante por la parte superior y, en el centro, se realiza un alojamiento donde se situará el disco centrador. Igual que también contiene un alojamiento para la cámara caliente y su cableado hasta la caja de conexiones.

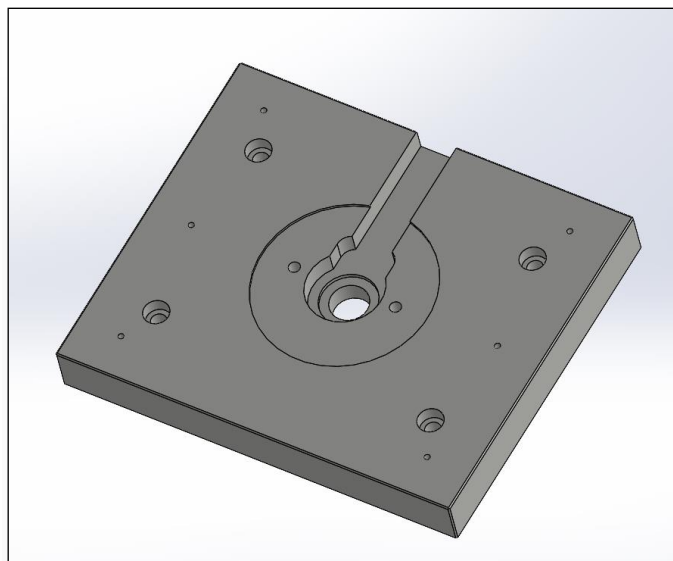


Ilustración 82: Placa Amarre Lado Fijo

Se deben emplear pasadores cilíndricos para asegurar el correcto centraje de la placa fija con la placa de amarre. Esto asegura y mejora la vida del inyector.

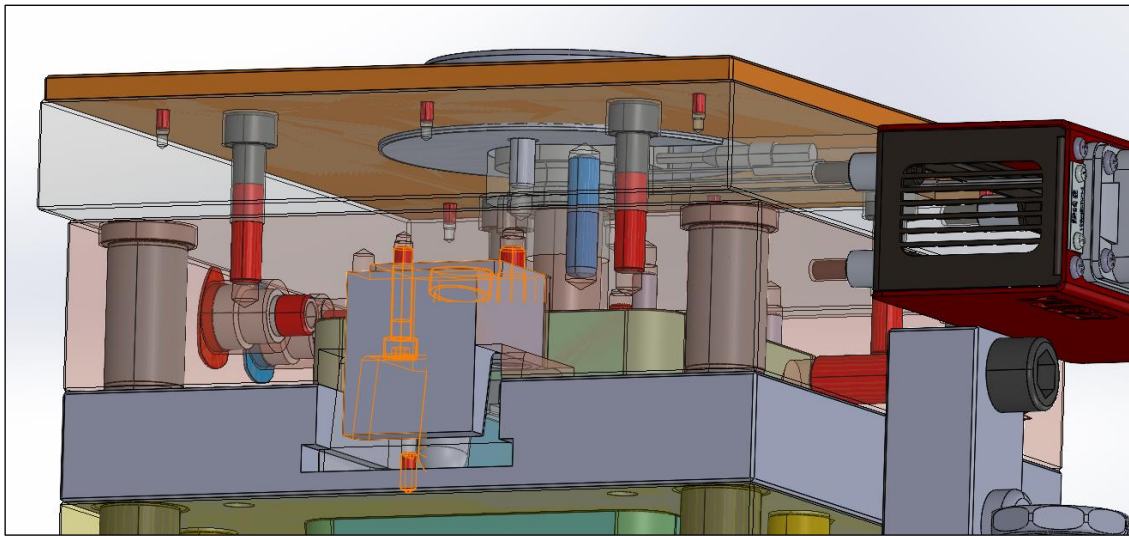


Ilustración 83: Pasadores cilíndricos

10.5. Disco centrador

El disco centrador, que va alojado en la placa de amarre, sirve para asegurar que se encaje perfectamente la parte de la boquilla de la máquina con la cámara caliente del molde. El disco centrador debe tener las medidas exactas de la máquina donde va a ser utilizado, por ello se utiliza un disco de 100mm de diámetro.

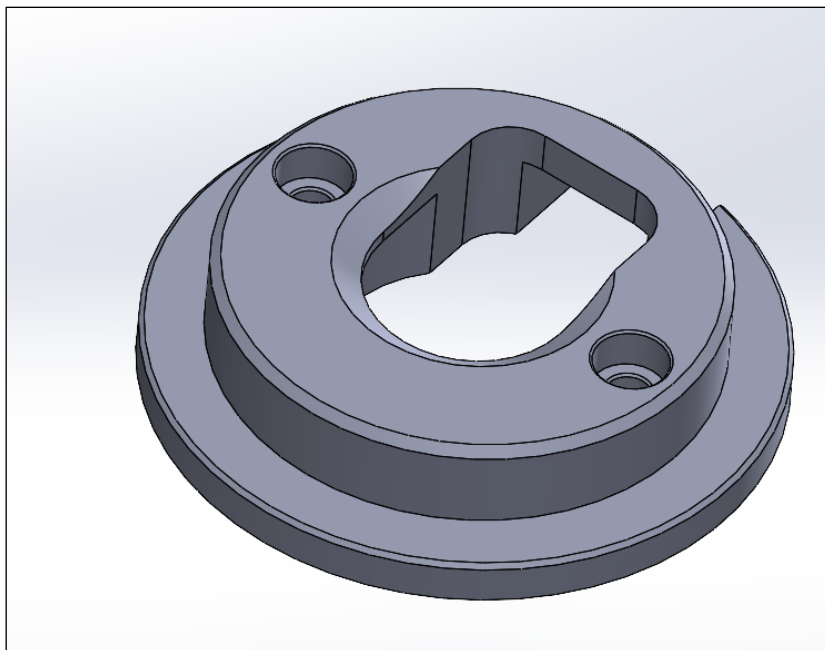


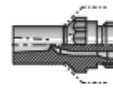



Ilustración 84: Disco Centrador

10.6. Cámara Caliente

La cámara caliente se compone de una boquilla con punta smartFILL de entrada anular. Para este tipo de boquilla se pueden seleccionar diferentes puntas, cada una de ella es mejor para ciertos materiales según las especificaciones del fabricante. Para polipropileno la mejor opción es E400 RG, como se muestra en la Ilustración 85.

		E 400 RA			E 400 RC			E 400 RE			E 400 RG			
														
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B (5)	C (5)	
teilkristallin semi crystalline	PE	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	++	+	
	PP	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	++	+	
	PPS	++	+	+	++	+	+	++	+	+	++	++	+	
	PET (1)	++	+	+	++	+	+	++	+	+	++	++	+	
	PBT (1)	++	+	+	++	+	+	++	+	+	++	++	+	
	PPO (4)	++	+	+	++	+	+	++	+	+	++	++	+	
	PA6	++	+	+	++	+	+	++	+	+	++	++	+	
	PA6.6 (1)	++	+	+	++	+	+	++	+	+	++	++	+	
	POM-Co	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	+
	POM-H	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	+
Amorph amorphous	PMMA	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++(5)	++	+	
	ABS	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	SAN	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	PS (SB)	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	PC	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++(5)	+	+	
	PES	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	PSU	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	PEI	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	PVC soft	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++(5)	+	+	
	SMA	++	++	+	++	++	+	++	++	+	+	+	+	
Blend blend	PC/ABS	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	PC/PBT	++	++	+	++	++	+	++	++	+	+	+	+	
Elastomere elastomers	PP-EPDM	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	++	+	
	TPE-S	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	++	+	
	TPE-U	+	++	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
	TPE-O	-	+	+	-	+	+	-	+	+	++	++	+	

Materialeignung: ++ gut geeignet + geeignet - nicht geeignet	Materialzusätze: A ohne Zusätze B Glasfaser C Flammschutz	(1) Empfohlener Mindestanschnittdurchmesser = 1.2mm (4) kein Noryl GTX (5) Isolierkappe empfohlen
Material suitability: ++ well-suitable + suitable - not suitable	Material additives: A without additives B glass fibre C flame retardant	(1) Recommended minimum gate diameter = 1.2mm (4) no Noryl GTX (5) insulating cap recommended

Ilustración 85: Especificaciones Boquillas

El funcionamiento de esta cámara caliente se basa en una serie de resistencias eléctricas que envuelven el interior, manteniéndolo fundido. Así se consigue el menor desperdicio de material, ya que no se desecha la parte del bebedero.

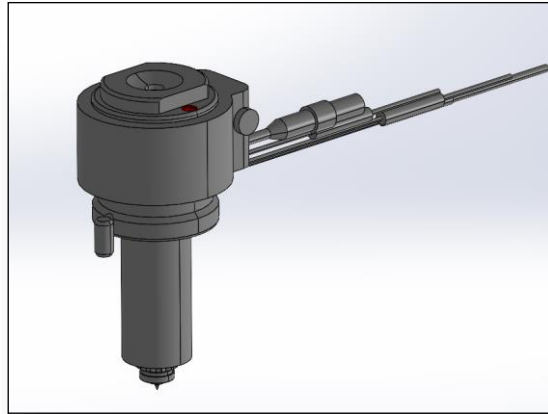


Ilustración 86: Cámara caliente

La selección de este sistema viene dada por las especificaciones del cliente, ya que este no quiere realizar operaciones de post-procesado, además de lo que se ahorra por otro lado, ya que no hay desperdicio de material.

10.7. Placa Fija

La placa fija, así como la placa móvil se fabrican en un material más resistente que el resto de las placas (1.2311), ya que han de albergar los postizos que contienen la forma de la pieza. Contiene el alojamiento para las correderas, de igual forma para el soporte de las guías de la corredera. También, se pueden ver los agujeros para las guías del molde y el alojamiento para los retenes de la refrigeración.

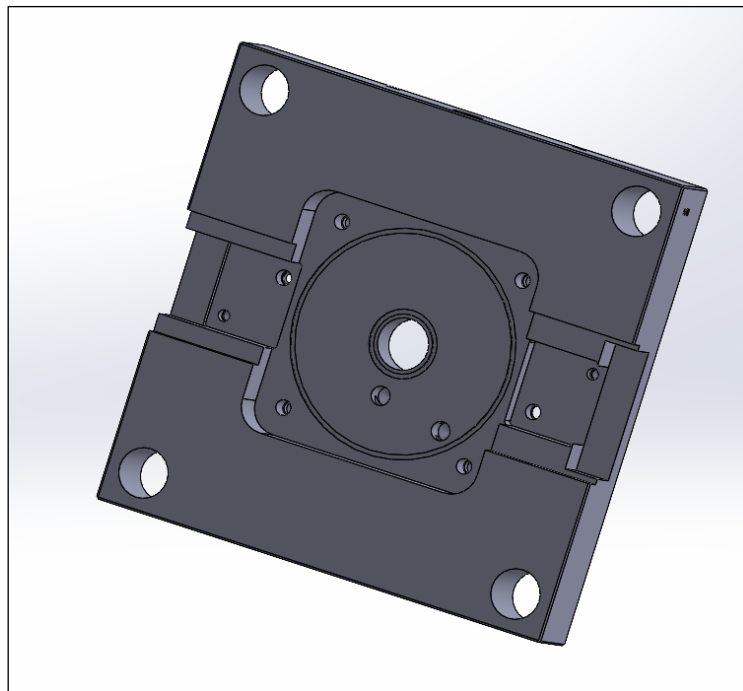


Ilustración 87: Placa Fija

10.8. Postizo Hembra

El postizo hembra tiene grabada la forma de la pieza y, además se requiere un acabado pulido, en consecuencia, se deberá fabricar con un acero templado y que tenga condiciones óptimas para pulido. En este caso se utilizará un acero del fabricante HASCO con denominación 1.2738HH. Este postizo va atornillado y alojado en la placa fija. Por dentro del postizo pasa la refrigeración de la parte fija.

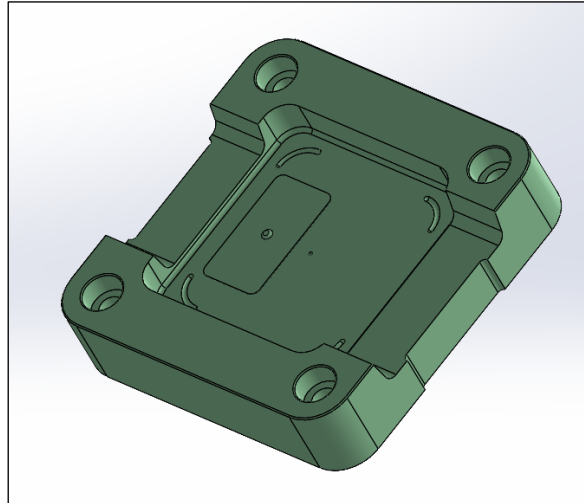


Ilustración 88: Postizo Hembra

10.9. Postizo Macho

El postizo macho es tan importante como el postizo hembra, por ello se realizará con el mismo material. Este postizo va atornillado y alojado en la placa móvil. Además, este postizo va refrigerado por la parte interior. Debido a que en este molde la expulsión se realiza mediante expulsión perimetral, con placa extractora y la refrigeración entrará dentro del postizo, el postizo tiene unas dimensiones mucho más grandes.

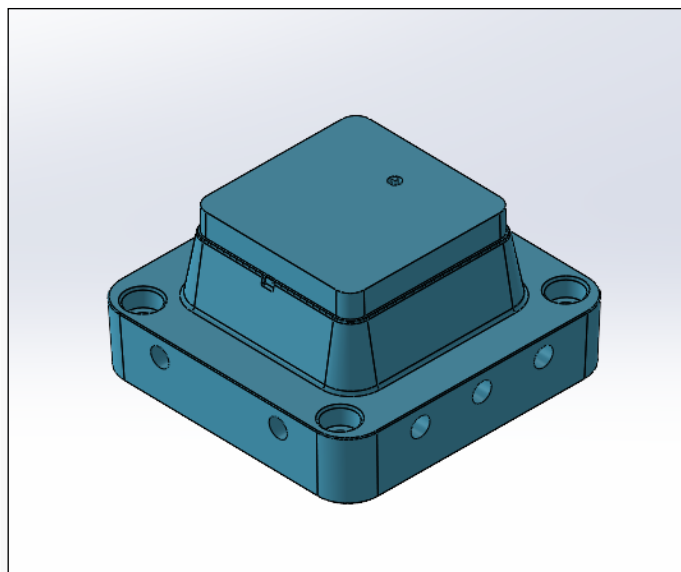
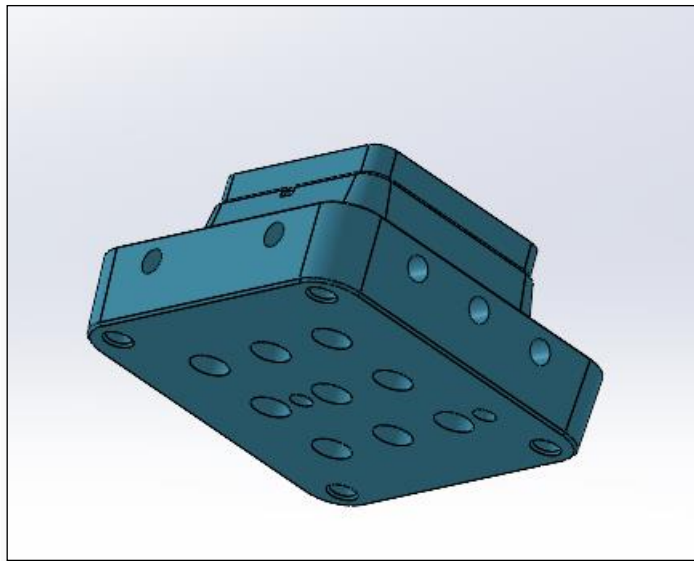


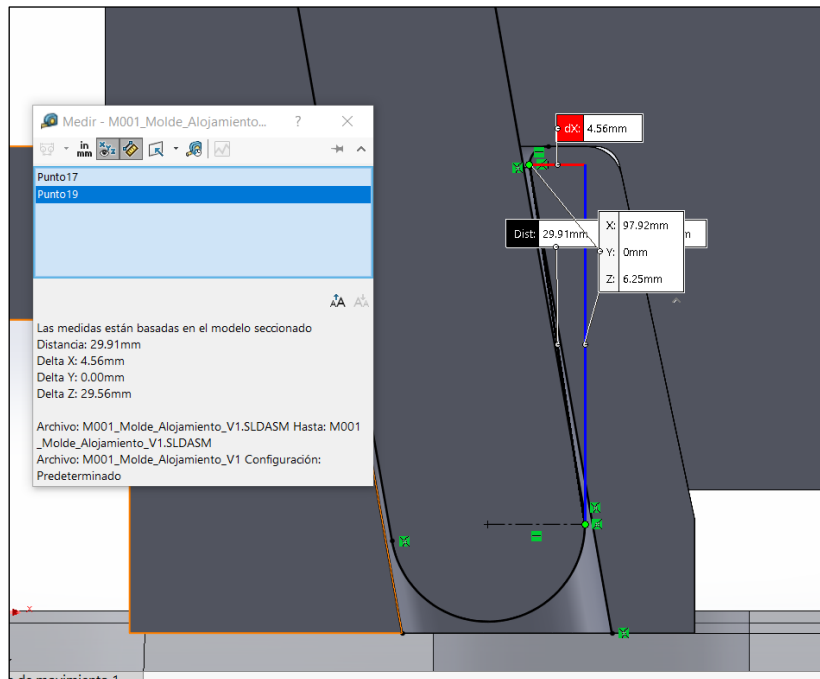
Ilustración 89: Postizo Macho Superior



Il·lustració 90: Postizo Macho Inferior

10.10. Correderas

Las correderas se forman en este caso por cuatro componentes: Guía, Soporte + Cuña, Corredera y el Posicionador de Bola. En este caso se va a utilizar una configuración no estándar, debido a que el molde es pequeño y no existe suficiente espacio para albergar las correderas estándar. Para comprobar que la configuración no estándar elegida será suficiente para liberar los negativos, se realiza la siguiente comprobación, la cual se muestra en la Ilustración 91.



Il·lustració 91: Apertura corredera

La corredera abre un máximo de 4,56mm con una inclinación de la guía de diez grados, el espesor de los negativos es de 2mm, en consecuencia, podrá liberar los negativos y quedará 2,56mm alejada de la pieza para poder expulsarla.

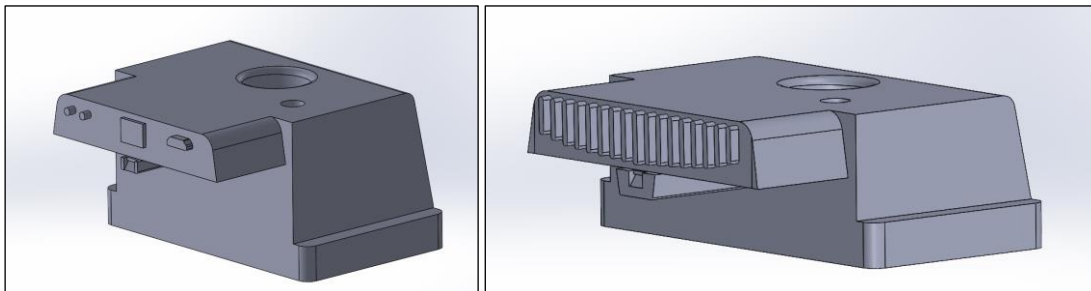


Ilustración 92: Correderas

Cada una de las correderas tiene un soporte diferente, ya que la corredera derecha es más grande que la corredera izquierda. Como había poco espacio, se ha optado por realizar un soporte que incluya la cuña de la corredera, así también es más compacto y solo se tiene que realizar una pieza.

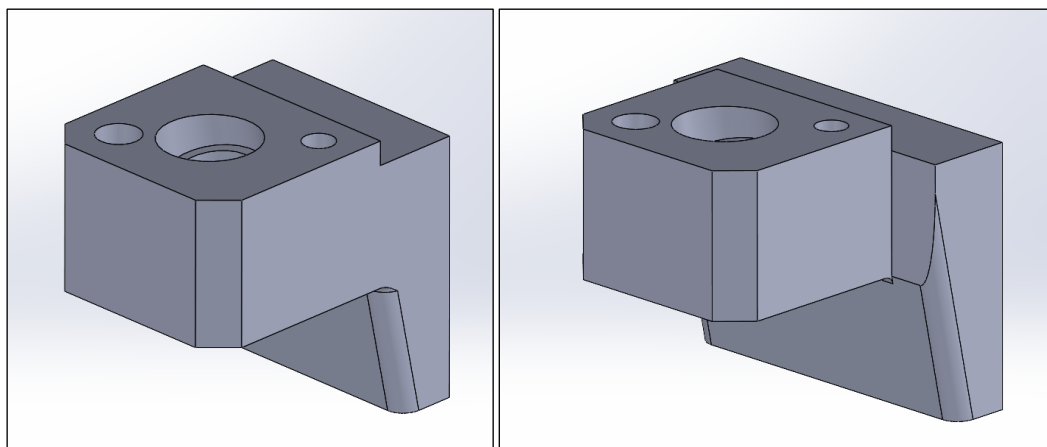


Ilustración 93: Soportes Correderas

Las guías son una de las piezas comunes de ambas correderas, así como el posicionador de bola.

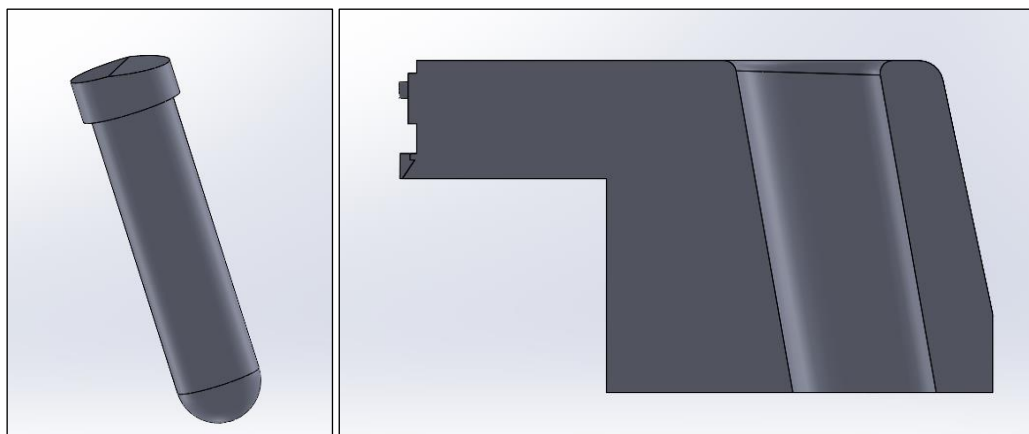


Ilustración 94: Guía corredera

El posicionador de bola sirve para que la corredera se quede en la máxima posición de apertura, para asegurar así que la corredera está abierta antes de realizar la expulsión.

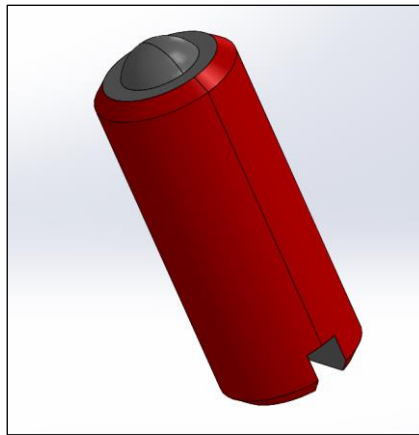


Ilustración 95: Posicionador de Bola

10.11. Placa móvil

Como se ha mencionado anteriormente en el punto 10.7. Placa Fija, tanto la placa móvil como la placa fija, se han de fabricar con un material resistente (1.2311). Esta tiene los agujeros para las guías del molde, así como para las guías de expulsión. Contiene además el alojamiento para las correderas y su posicionador de bola. La refrigeración pasa por esta placa y entra dentro del postizo macho, por ello hay dos alojamientos para poner juntas tóricas.

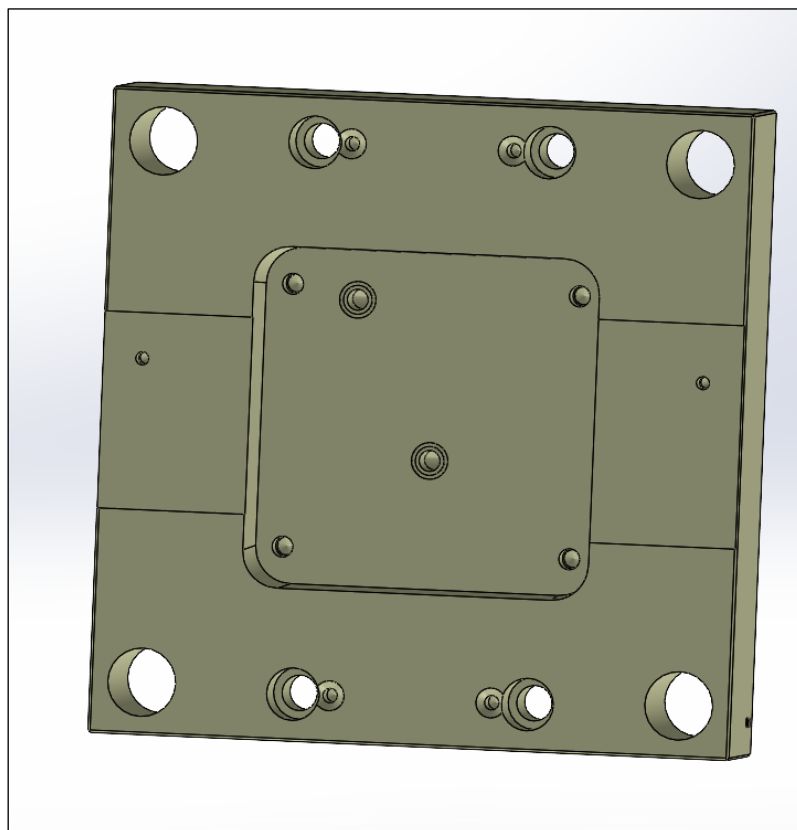


Ilustración 96: Placa móvil

10.12. Columnas Guía y Casquillos

Las columnas guía del molde son normalizadas y vienen ya fabricadas, desde la casa Meusburger, en un acero 1.1730. Vienen diseñados con dos diámetros de ajuste para que el montaje sea más sencillo, por consiguiente, tienen diferenciadas ranuras para asegurar una correcta lubricación. Las guías se alojan en la placa móvil del molde, y, pasan por la placa extractora y la placa fija hasta hacer tope en la placa de amarre del lado fijo.

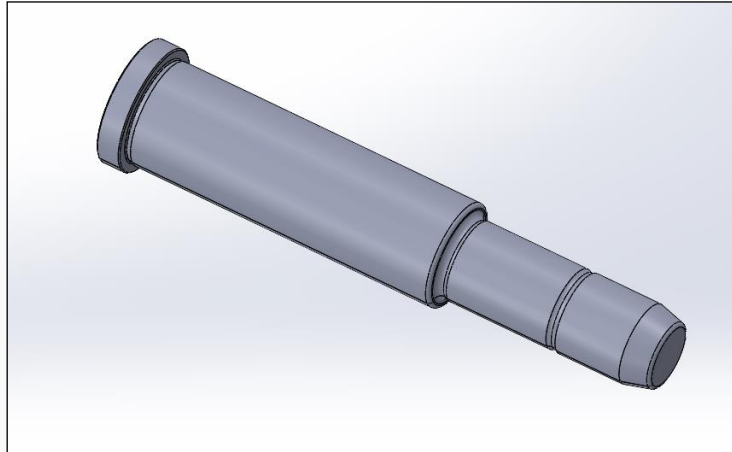


Ilustración 97: Guía molde

Los casquillos son los elementos sobre los cuales ajustan las guías del molde. En este molde, los casquillos se encuentran tanto en la placa fija como en la placa extractora.

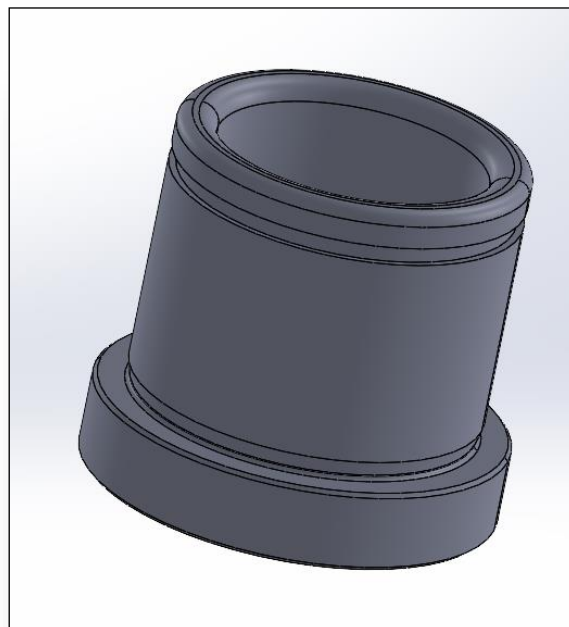


Ilustración 98: Casquillo molde

10.13. Expulsión

La expulsión en este molde es del tipo perimetral, se realiza mediante una placa extractora conectada a las placas expulsoras del molde que expulsa la pieza en todo su perímetro.

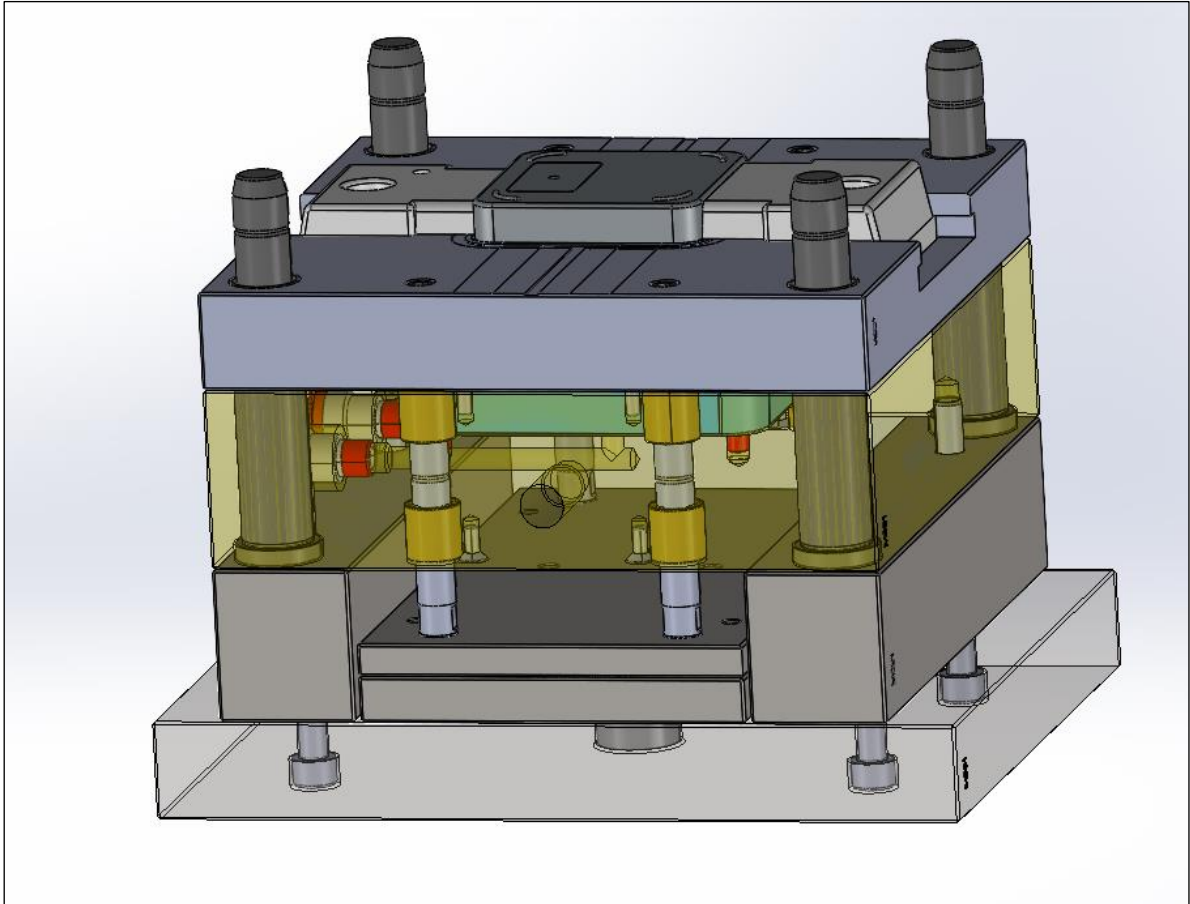


Ilustración 99: Sistema de expulsión

En la placa extractora se realiza el venteo para expulsar el aire atrapado de la pieza, además está conectada mediante tornillos guía a las placas expulsoras. El sistema de expulsión se acciona mediante el tirante de expulsión al cual accede la máquina.

10.14. Circuito Refrigeración Lado Fijo



Ilustración 100: Esquema Circuito Refrigeración Lado Fijo

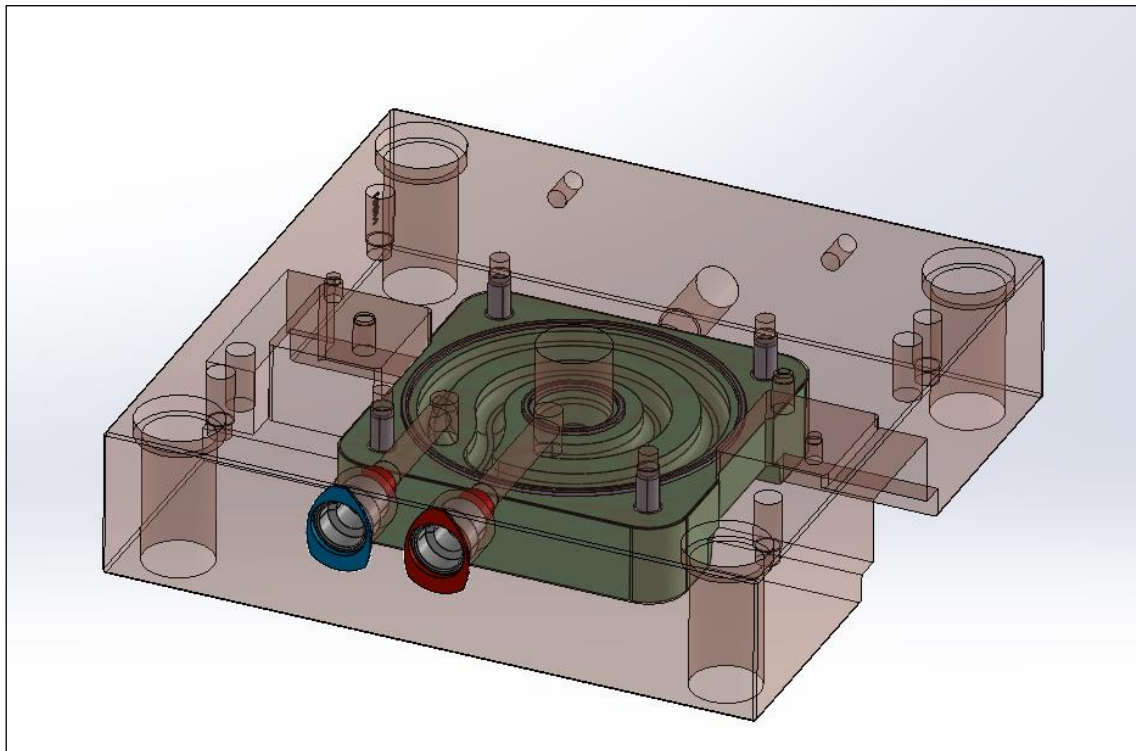


Ilustración 101: Circuito Refrigeración Lado Fijo

El circuito de refrigeración atraviesa la placa fija y pasa por todo el postizo hembra para refrigerarlo al completo. En la placa fija es necesario poner dos retenes de diferentes diámetros, uno para el centro 31mm y otro para el exterior 115mm, para que no se filtre el agua de refrigeración. La entrada se marca con una boquilla azul y la salida mediante una boquilla roja.

10.15. Circuito Refrigeración Lado Móvil

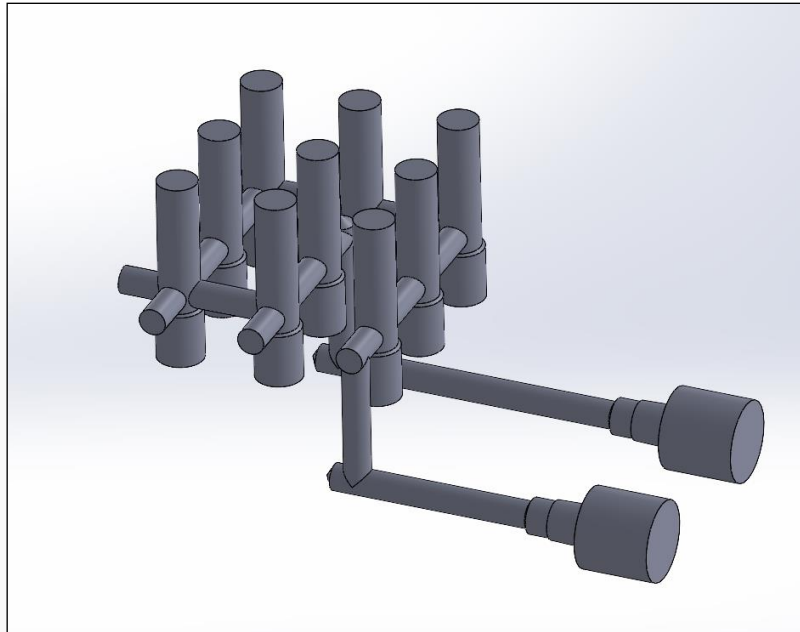


Ilustración 102: Esquema Circuito Refrigeración Lado Móvil

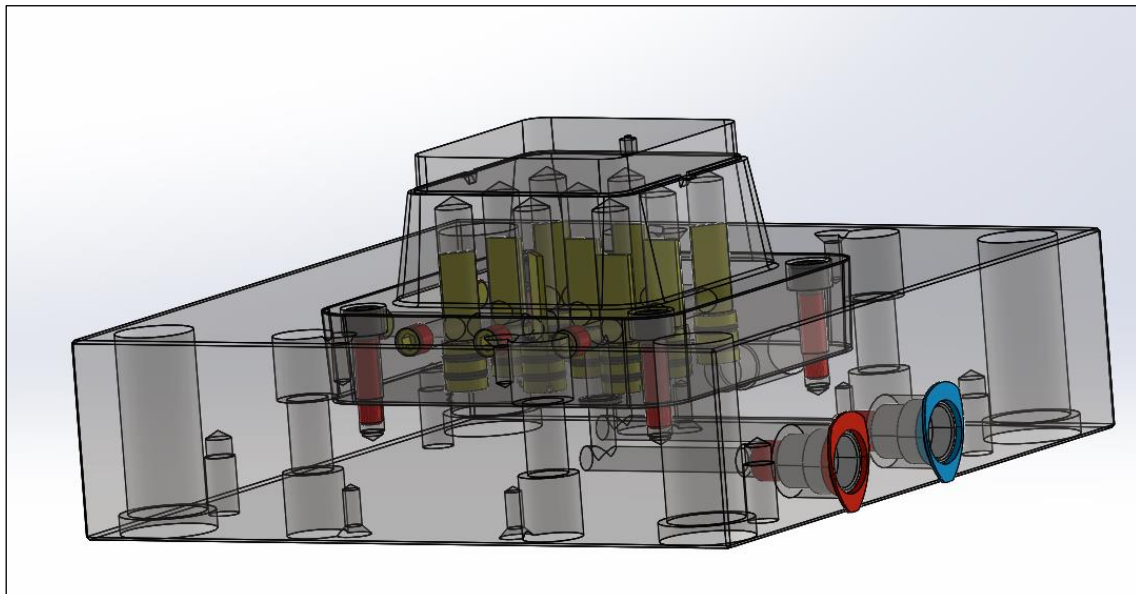


Ilustración 103: Circuito Refrigeración Lado Móvil

Este circuito de refrigeración fluye por dos piezas distintas: la placa móvil y el postizo macho. En el cambio de piezas se ha colocado una junta tórica de 1,5mm para asegurar que no haya fugas. La refrigeración de este postizo se realiza generando una serie de pozos en el postizo y después se introducen deflectores que guían el flujo del agua. Se marcan las entradas con conexiones azules y las salidas con conexiones rojas. En los finales de taladros del postizo macho se ponen tapones para retener el flujo del refrigerante. En ambos circuitos el refrigerante será agua.

10.16. Calzos

Los calzos son unos elementos estructurales del molde, entre los cuales se encuentran la placa y la tapa expulsora. La placa de amarre se fija a la placa móvil, atornillándose a través de los calzos.

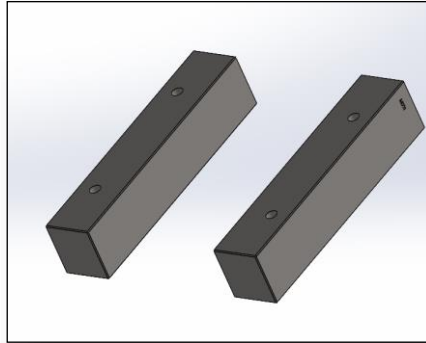


Ilustración 104: Calzos

10.17. Placa y tapa expulsora

Ambas placas se mueven simultáneamente para accionar la placa extractora y, así, expulsar la pieza. La tapa expulsora lleva alojado el tirante de expulsión, que es donde la máquina acciona la expulsión.

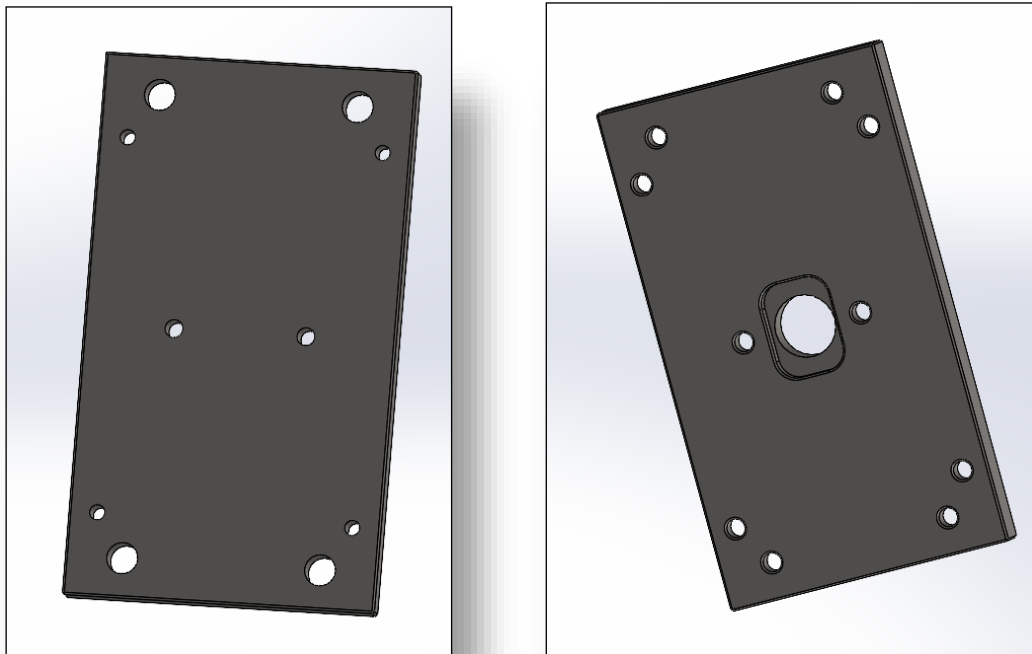


Ilustración 105: Placa y Tapa Expulsora

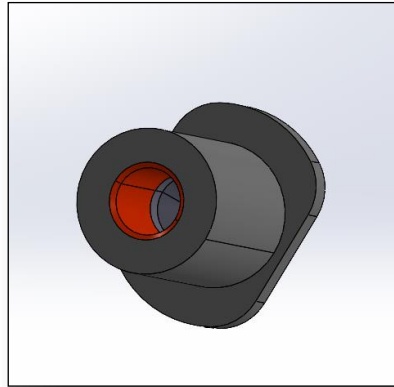


Ilustración 106: Tirante Expulsión

10.18. Placa Amarre Lado Móvil

Se fija la placa móvil a dicha placa de amarre, que tiene un acceso para el tirante de expulsión con un diámetro de 32mm.

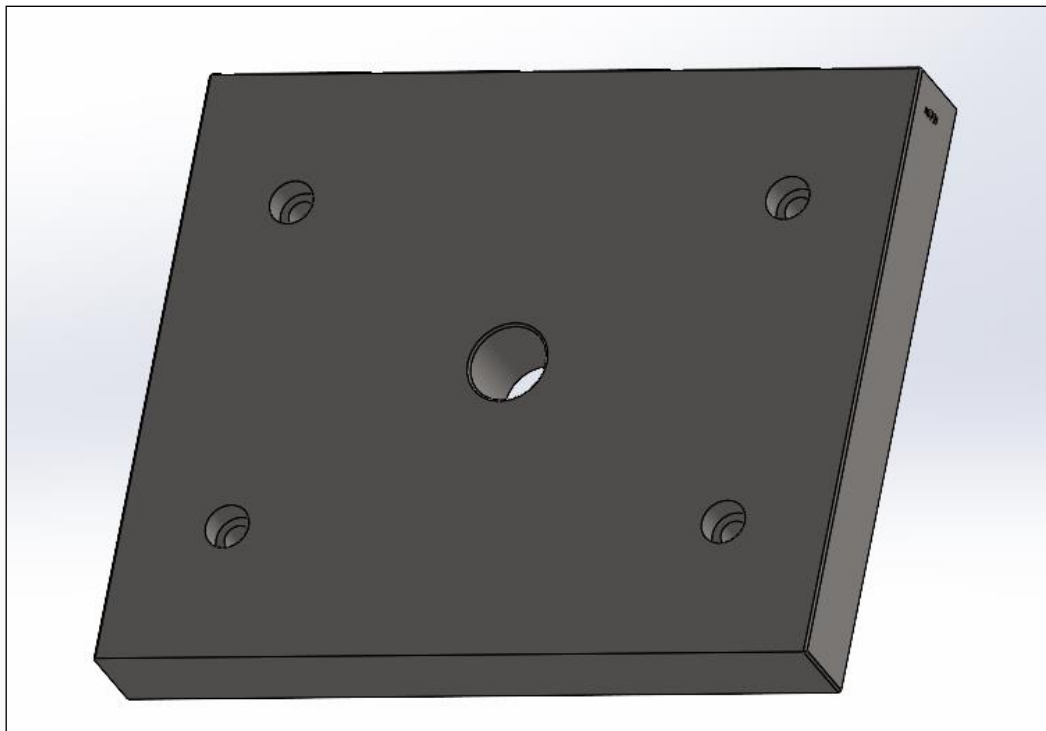


Ilustración 107: Placa Amarre Lado Móvil

10.19. Barra Transporte y Cáncamo

Se debe de realizar un sistema para trasladar el molde que se compondrá por una barra de transporte fijada al mismo con dos tornillos. Además, a esa barra se le añade un cáncamo de donde se cogerá el molde, por lo tanto, este debe soportar el peso de dicho molde.

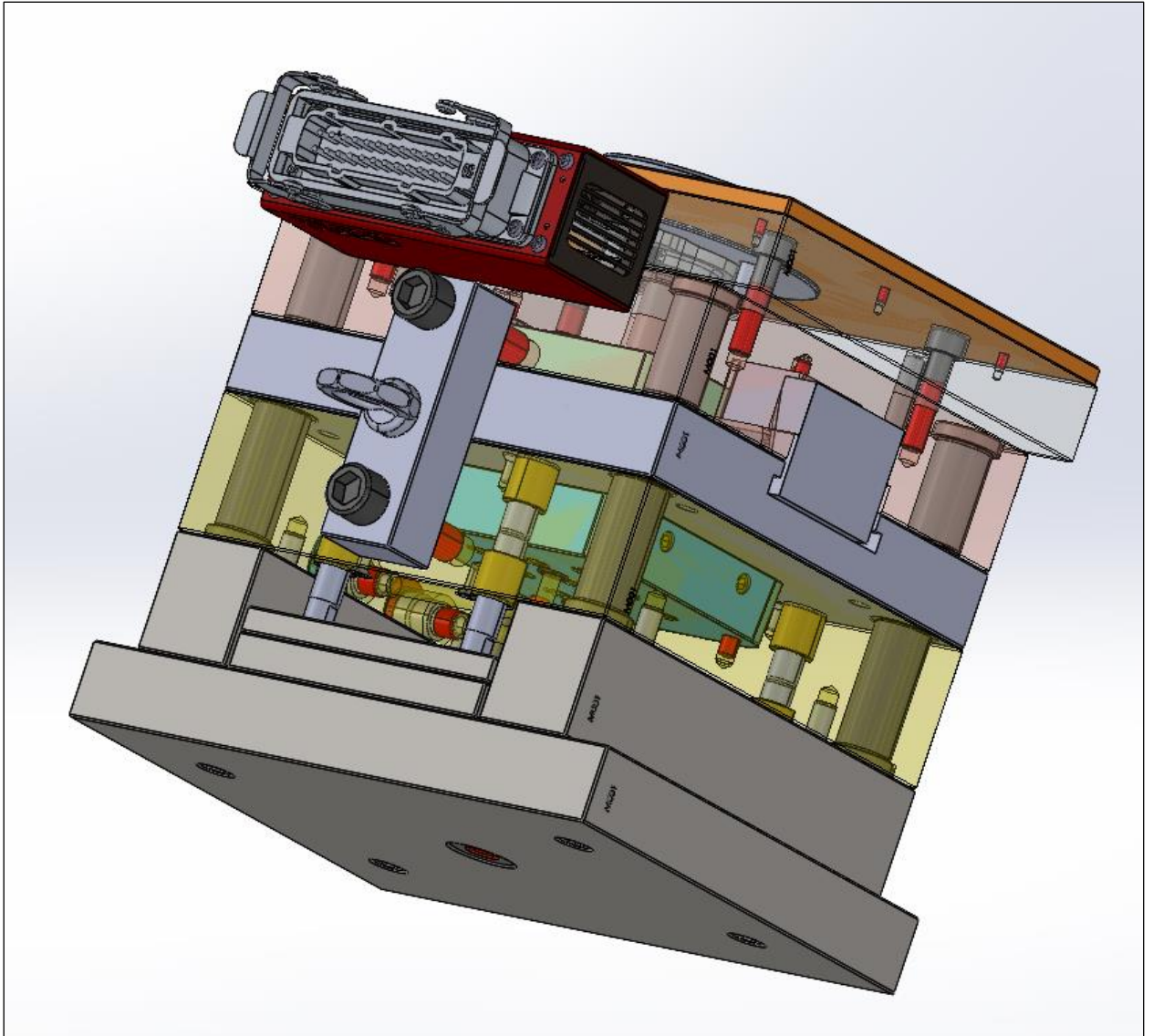


Ilustración 108: Barra transporte molde

Para calcular el peso del molde, se escogerá el volumen cúbico mayor, como si el molde fuera todo un bloque. Así, se añade un factor de seguridad para el cáncamo, ya que el molde en realidad pesará menos. Después, ese volumen se multiplicará por la densidad del acero de 7850 Kg/m^3 .

$$\text{Peso} = \frac{246 \times 296 \times 288 \times 7,9}{1000000} = 165,67 \text{ Kg}$$

A partir del catálogo de Meusburger, se podrá escoger cáncamo del molde:




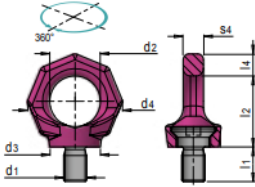





REVOLVABLE EYE BOLT													E 1271			
													 			
PRODUCT DESCRIPTION » Loadable in any direction » Safety factor 4:1 » All load-bearing parts are either 100 % crack tested or proof load tested according to EN 1677 » Version without installation wrench																
l1	l2	l4	d2	d3	d4	s4	d1	WLL				No.	EUR			
								 max. kg	 max. kg	 max. kg	 max. kg					
15	35	11	25	25	47	9	M10	1,000	400	800	560	E 1271/10	<>			
18	42	13	30	30	56	10	M12	2,000	750	1,500	1,000	E 1271/12	<>			
24	49	15	35	36	65	13	M16	4,000	1,500	3,000	2,100	E 1271/16	<>			
30	58	17	40	41	76	16	M20	6,000	2,300	4,600	3,200	E 1271/20	<>			
36	70	20	49	51	92	19	M24	8,000	3,200	6,400	4,500	E 1271/24	<>			
45	87	26	60	66	114	24	M30	12,000	4,500	9,000	6,300	E 1271/30	<>			

Ilustración 109: Tabla especificaciones cáncamo

El cáncamo recomendable para el molde sería uno de métrica 10.

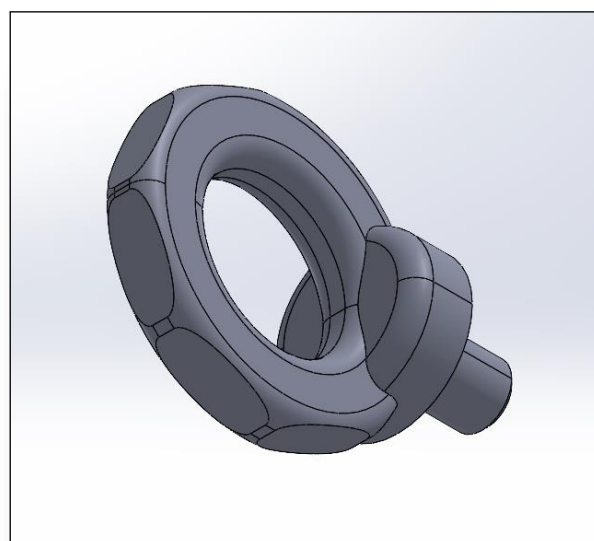


Ilustración 110: Cáncamo

10.20. Materiales molde

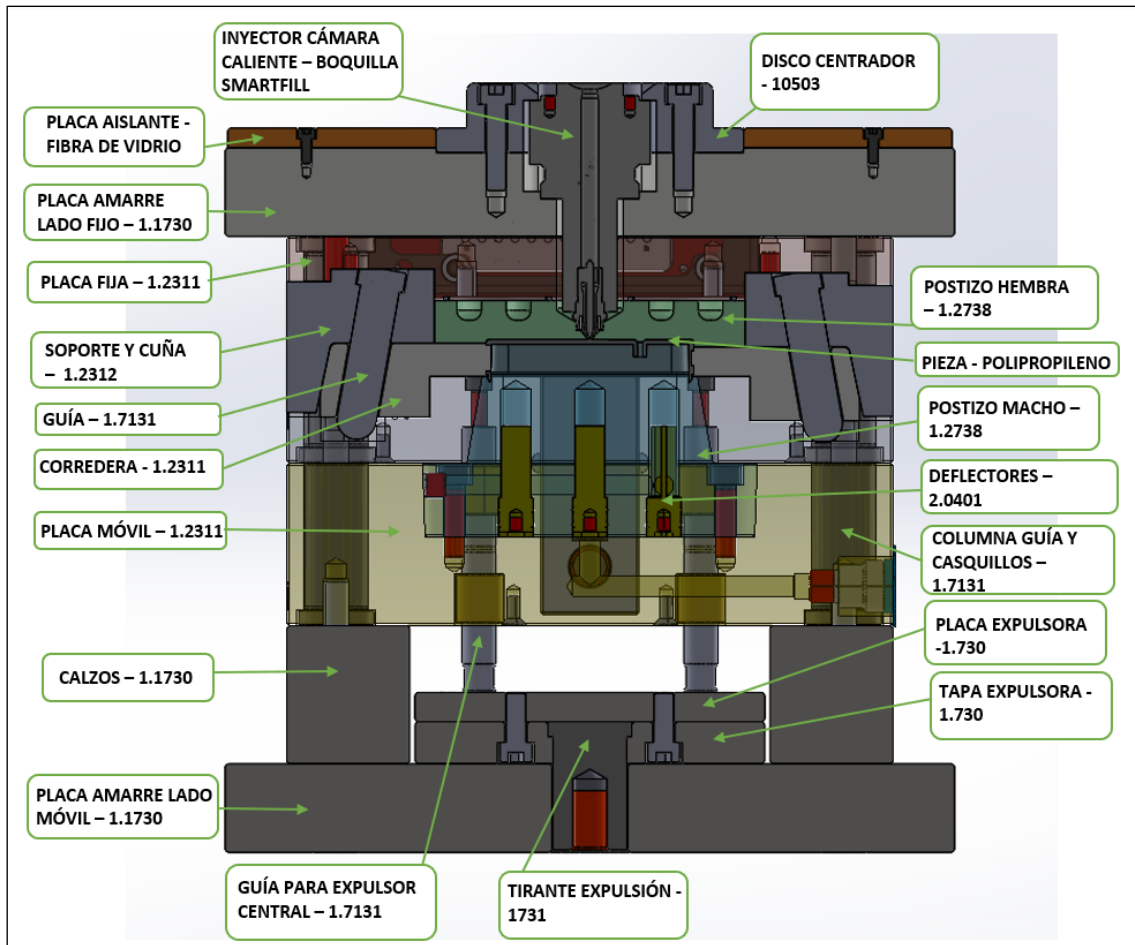


Ilustración 111: Materiales molde 1

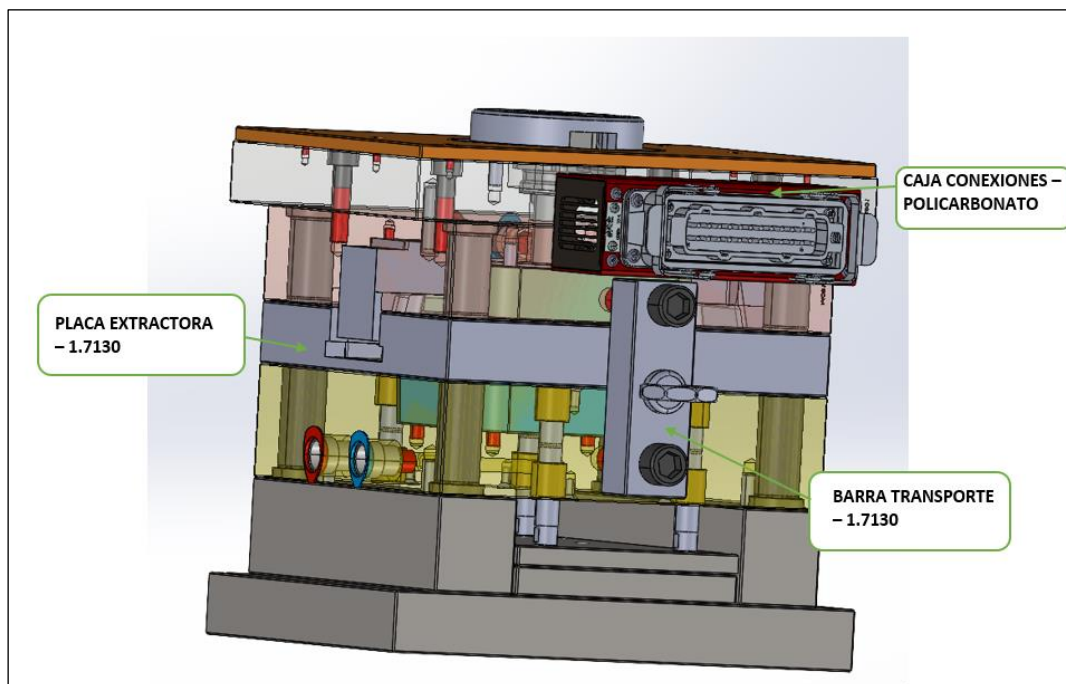


Ilustración 112: Materiales molde 2

10.21. Checklist Molde

1.DATOS GENERALES

NOMBRE PROYECTO	Molde Alojamiento para circuitos	Nº MOLDE	2004
VERSIÓN	2004-A		
FECHA DE INICIO	28/02/2021	FECHA DE FIN	28/06/2021

NORMBRE DEL CLIENTE ELATE S. A

INFORMACIÓN DE CONTACTO CLIENTE

NOMBRE Emilia Sánchez Colomer **E-MAIL** emiliasan@gmail.com

CARGO EN EMPRESA Directora general **TELÉFONO** 628567892

INFORMACIÓN PIEZA

SECTOR Electrónica y circuitos **APLICACIÓN** Alojamiento para placa de circuitos

2.DATOS DE PRODUCCIÓN

PRODUCCIÓN DESTINADA A PIEZA 24 h/día **TIEMPO CICLO** 25,91s

UNIDADES REQUERIDAS 10000 Ud/mes **NºCAVIDADES** 1

DÍAS A LA SEMANA 4 **SEMANAS POR MES** 1

PRODUCCIÓN ALTA MEDIA BAJA ✓

MÍNIMA PRODUCCIÓN 131 Pzas/h **MÁXIMA PRODUCCIÓN** 138 Pzas/h

FAMILIA DE MOLDE SI ✓ NO **SERIE** 2000

Nº 4

3. INFORMACIÓN GENERAL PIEZA

TIPO DE MATERIAL PLÁSTICO PP **NOMBRE COMERCIAL** PP NOVOLEN 1100L

PROVEEDOR **ADITIVOS** SI ✓ NO ✓

REF BASF Engineering Plastics **PROVEEDOR DE ADITIVOS** AIMPLAS **TIPO** RETARDANTE DE LLAMA

OFRECE VARIOS COLORES SI ✓ NO **PROVEEDOR DE COLORANTE** GC-COLORS

CONTRACCIÓN DE LA PIEZA **ACABADO SUPERFICIAL** EXTERIOR PÚLIDO INTERIOR INDIFERENTE

4. INFORMACIÓN MOLDE

PROVEEDOR DE LA BASE Y PIEZAS	MEUSBURGUER	TIPO DE BASE	CONFIGURACIÓN DE MOLDE 246X246mm
ACERO PLACAS SOPORTE	2312 HOLDAX AISI 4130/35	ACERO PARA LA CAVIDAD	2738 IMPAX AISI P20
SISTEMA DE INYECCIÓN	Cámara caliente	SISTEMA DE EXPULSIÓN	PLACA PERIMETRAL
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	DIÁMETRO REFRIGERACIÓN	10mm
CORREDERAS	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	Nº DE CORREDERAS	2

5. INFORMACIÓN SOBRE LA MÁQUINA

FABRICANTE	MILACRON	PRESIÓN MÁX INYECCIÓN	150MPa
MODELO	ROBOSHOT	DIMENSIONES MÁX MOLDE	500x470mm
SERIE	ALPHA	FUERZA DE CIERRE	55 Tn
DIÁMETRO HUSILLO	32mm	VELOCIDAD MÁXIMA INYECCIÓN	265 cm ³ /s

6. COMPROBACIONES

1-COMPATIBILIDAD CON LA MÁQUINA DE INYECCIÓN		
¿El tamaño del molde es correcto (largo x ancho x altura)? ¿Entra en la máquina?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿El peso del molde es correcto?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿Los cáncamos de elevación están correctamente situados?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿Se han realizado las conexiones eléctricas correctamente?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿Las dimensiones del disco centrador son correctas?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿Se ha colocado correctamente?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿La sujeción del molde es correcta?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿La fuerza de cierre es suficiente para los requerimientos del molde?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
2-MATERIALES DEL MOLDE Y TRATAMIENTO TÉRMICO		
¿Se ha realizado alguna soldadura?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿El procedimiento ha sido el adecuado?		
¿Todas las placas se han montado correctamente?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿Están todas numeradas?		
¿Existe certificado de materiales, tratamientos térmicos y durezas?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
3-SISTEMA DE INYECCIÓN		
¿Los cables están bien protegidos y conectados tal como fueron diseñados?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿La cavidad se llena de forma equilibrada?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿El ciclo de inyección se corresponde con el establecido en el análisis?	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO
¿Existen rebabas o imperfecciones en la pieza?	SI	NO <input checked="" type="checkbox"/>

4-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

¿Los conductos de agua están limpios y sin obstáculos permitiendo el flujo correcto de los mismos?	SI ✓	NO
¿Los circuitos de agua trabajan por separado tal y como fueron diseñados?	SI ✓	NO
¿Hay fugas de agua?	SI	NO ✓
¿Las entradas y salidas de agua están marcadas?	SI ✓	NO
¿La máquina proporciona suficientes mangueras para la refrigeración diseñada?	SI ✓	NO

5- SISTEMA DE EXPULSIÓN

¿El sistema de expulsión funciona correctamente?	SI ✓	NO
¿Se ha realizado el acceso de la expulsión en el molde?	SI ✓	NO
¿Existen fugas de aceite?	SI	NO ✓

6- IDENTIFICACIÓN DE MOLDE

¿Las placas tienen identificación?	SI ✓	NO
¿Existen todos los grabados que se establecieron en el diseño?	SI ✓	NO
¿Si existen componentes que se quieran en un color específico estos se han pintado?	SI ✓	NO

7-PIEZAS Y RECAMBIOS DE MOLDE

¿Se ha establecido un acuerdo con el fabricante para la reposición de piezas?	SI ✓	NO
¿El molde lleva placas de aislamiento?	SI ✓	NO

11. Presupuesto

PRODUCTOS ESTANDARIZADOS

Meusburger Georg GmbH & Co KG

Bestellung Presupuesto

07/07/2021

Nº	Referencia	Fabricante	Ud	€/ud	€
10	F 15 /246 246/ 36/1730	Aufspannplatte	1	172.00 €	172.00 €
20	F 60 /246 246/ 56/1730	Zwischenplatte	1	198.00 €	198.00 €
30	F 50 /246 246/ 27/1730	Formplatte	1	140.00 €	140.00 €
40	F 50 /246 246/ 66/1730	Formplatte	1	224.00 €	224.00 €
50	F 70 /246 246/ 50 / 56/1730	Leiste	2	94.00 €	188.00 €
60	F 15 /246 246/ 36/1730	Aufspannplatte	1	172.00 €	172.00 €
70	E 4000/27x 60/16/6 : E 400 RG/27/M/0,8-2	Einzeldüse - sma	1	799.00 €	799.00 €
80	E 1050/ 8/14 x 120	Führungsbolzen	4	9.70 €	38.80 €
90	E 2711/82/32A	Sockelgehäuse	1	39.60 €	39.60 €
100	E 2702/ 3A	Stifteinsatz	1	9.60 €	9.60 €
110	E 1127/14/20/20	Führungsbuchse	8	20.60 €	164.80 €
120	E 1220/ 5 x 12	Senkkopfschraubt	12	0.30 €	3.60 €
130	E 1200/ 8 x 20	Zylinderkopfschr	10	0.20 €	2.00 €
140	E 1200/8x35	Zylinderkopfschr	12	0.20 €	2.40 €
150	E 1200/10 x100	Zylinderkopfschr	4	0.80 €	3.20 €
160	E 1010/20- 66/ 75	Führungssäule	4	21.70 €	86.80 €
170	E 1110/20- 56	Führungsbuchse	4	17.80 €	71.20 €
180	E 1110/20- 36	Führungsbuchse	4	11.70 €	46.80 €
190	E 1200/12 x 65	Zylinderkopfschr	4	0.60 €	2.40 €
200	E 1360/100/ 90/36 x 12	Zentrierflansch	1	27.20 €	27.20 €
210	E 1200/10 x 55	Zylinderkopfschr	4	0.40 €	1.60 €
220	E 2800/ 8/1/4/B	Buchse RPL	2	3.70 €	7.40 €
230	E 2800/ 8/1/4/R	Buchse RPL	2	3.70 €	7.40 €
240	E 2075/10/1/4	Verschlusschrau	4	0.70 €	2.80 €
250	E 2130/11x1,5	O-Ring	4	0.50 €	2.00 €
260	E 2075/8/1/8	Verschlusschrau	5	0.70 €	3.50 €
270	E 1271/10	Ringschraube	1	29.20 €	29.20 €
280	E 1515/16 /52	Gewindeinsatz	1	20.9	20.9
290	E 2108/12/220	Umlenklech	9	8.90 €	80.10 €
300	E 1200/ 4 x 10	Zylinderkopfschr	6	0.2	1.20 €
310	Placa aislante	HASCO	1	90.00 €	90.00 €
320	E 1200/ 6 x 30	Zylinderkopfschr	2	0.20 €	0.40 €
330	E 2079/10	Verschlussstopfe	4	2.2	8.8
340	E 2130/ 26 x2,5	O-Ring	6	1.6	9.6
350	E 2130/110 x4	O-Ring	6	6.2	37.2
360	E 1301/10 x 40	Zylinderstift h6	4	0.7	2.8
370	E 1250/ 5	Druckstück	4	0.4	1.6

TOTAL 2 187.90 €

PRODUCTOS FABRICADOS

MÁQUINA HERRAMIENTA	TARIFA (€/h)
Centro de mecanizado A.V	55.00 €
Fresadora convencional	45.00 €
EDM	45.00 €
WEDM	40.00 €
Rectificadora	35.00 €
Torno convencional	30.00 €
Taladro vertical	25.00 €
Operaciones manuales	25.00 €

POSTIZO HEMBRA (CAVIDAD)

CONCEPTO	UD/HORA	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Taco prefabricado 130x130x25 (2738IMPAX)	1		20.00 €
Centro mecanizado	6	55.00 €	330.00 €
Taladro vertical	2	25.00 €	50.00 €
Rectificadora	2	35.00 €	70.00 €
TOTAL			470.00 €

POSTIZO MACHO (NÚCLEO)

CONCEPTO	UD/HORA	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Taco prefabricado 130X130X70 (2738IMPAX)	1		60.00 €
Centro mecanizado	8	55.00 €	440.00 €
Taladro vertical	2	25.00 €	50.00 €
Rectificadora	2	35.00 €	70.00 €
TOTAL			620.00 €

CORREDERAS (2)

CONCEPTO	UD/HORA	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Taco prefabricado 90X80X42 (2311)	1		40.00 €
Taco prefabricado 80X80X42 (2311)	1		45.00 €
Centro mecanizado	5	55.00 €	275.00 €
TOTAL			360.00 €

BARRA DE TRANSPORTE

CONCEPTO	UD/HORA	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Taco prefabricado 120X40X50 (1730)	1		60.00 €
Centro mecanizado	3	55.00 €	165.00 €
Taladro vertical	1	25.00 €	25.00 €
Rectificadora	0.5	35.00 €	17.50 €
TOTAL			267.50 €

SOPORTES CORREDERAS

CONCEPTO	UD/HORA	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Taco prefabricado 50X70X80 (2312)	1		50.00 €
Taco prefabricado 70X80X80 (2312)	1		55.00 €
Centro mecanizado	8	55.00 €	440.00 €
Taladro vertical	1	25.00 €	25.00 €
TOTAL			570.00 €

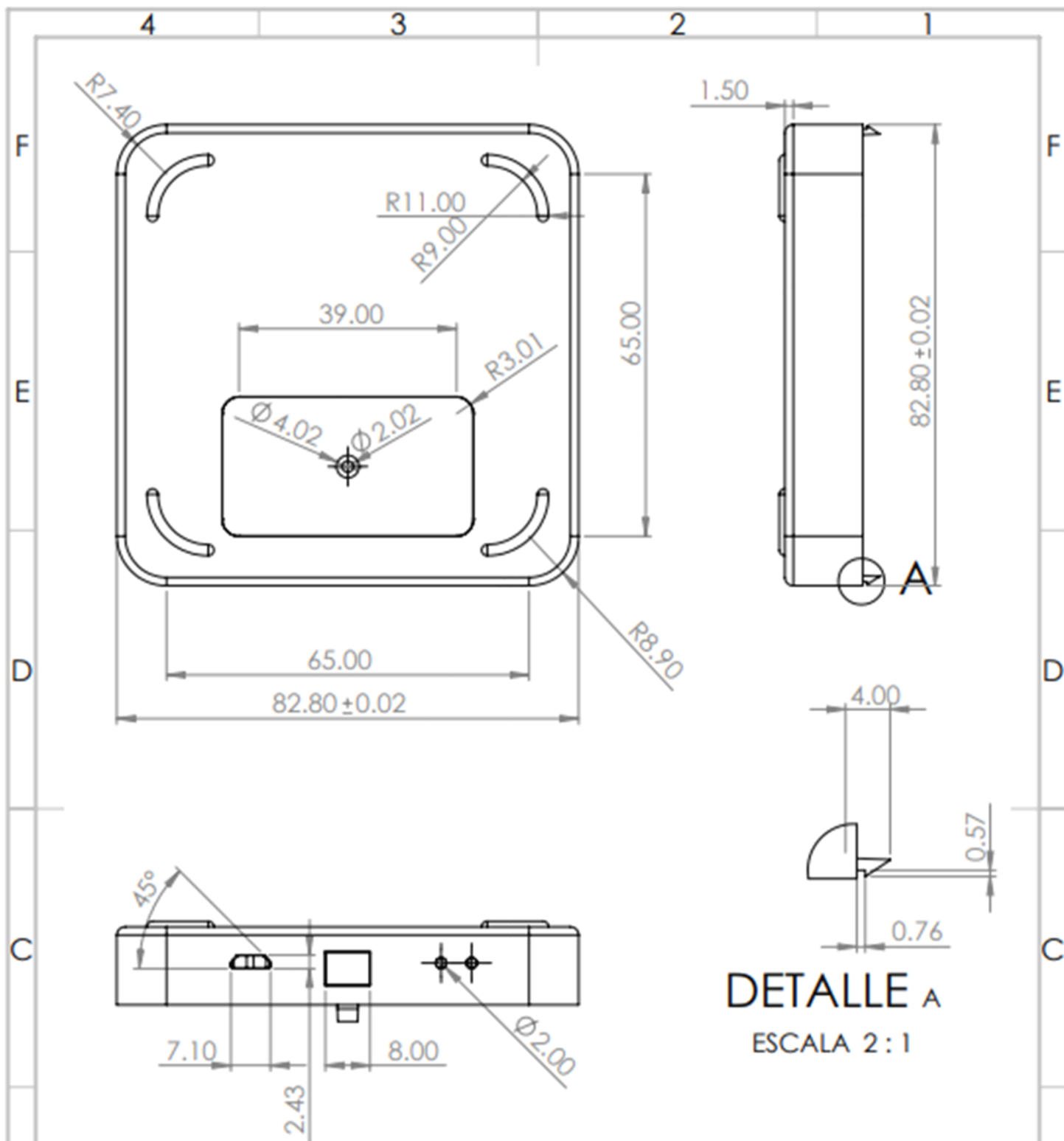
GUÍAS

CONCEPTO	UD/HORA	TARIFA (€/h)	COSTE (€)
Taco prefabricado 70X20X20 (7131)	2		100.00 €
Centro mecanizado	4	55.00 €	220.00 €
Taladro vertical	1	25.00 €	25.00 €
TOTAL			345.00 €

COSTE TOTAL MOLDE

PRODUCTOS ESTÁNDAR	2 127.90 €
PRODUCTOS FABRICADOS	2 632.50 €
TOTAL	4 760.40 €

12. Planos



DETALLE A
ESCALA 2 : 1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIUJ.	MIRÓ ZAMORA, UDA			
VERIF.				
APROS.				
FASR.				
CALID.				

TÍTULO:

MATERIAL:

Polietileno tereftalato

N.º DE DIBUJO

Pieza TFG

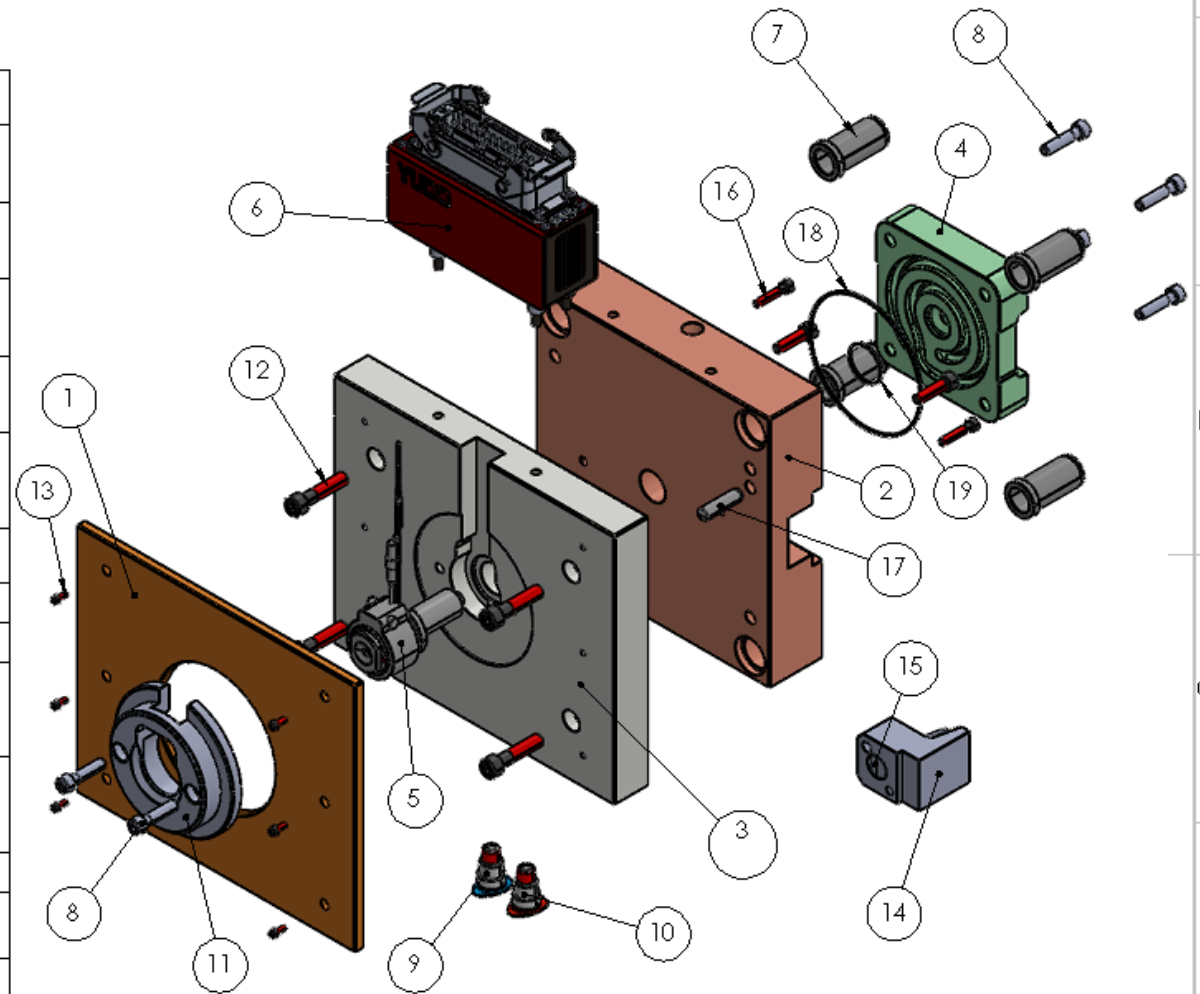
A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1

N.º DE ELEMENTO	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	M001_Placa_Aislante^M001_Molde_Alojamiento_V1	PLACA AISLANTE	1
2	M001_Placa_Fija^M001_Molde_Alojamiento_V1	PLACA FIJA	1
3	M001_Placa_Amarre-LF^M001_Molde_Alojamiento_V1	PLACA AMARRE LADO FIJO	1
4	M001_POSTIZO_HEMBRA^M001_Molde_Alojamiento_V1	POSTIZO HEMBRA	1
5	E4000_27x60_16_6^E4000_27x60_16_6_E400RG_27_M_0_B_2[2]	INYECTOR MEUSBURGUER	1
6	caja_conexiones.sldasm-Part-7	CAJA CONEXIONES	1
7	E_1110_20_56	CASQUILLOS PLACA FIJA	4
8	E_1200_8x35	TORNILLOS POSTIZO	4
9	E2800_1_8_1_4^E2800_8_1_4_B(2)_E2800_8_1_4_B	CONEXIÓN AGUA ENTRADA FIJA	1
10	E2800_1_8_1_4(2)^E2800_8_1_4_R(2)_E2800_8_1_4_R	CONEXIÓN AGUA SALIDA FIJA	1
11	Disco_Centraje	DISCO CENTRAJE	1
12	E_1200_10x45	TORNILLOS PLACA AMARRE LADO FIJO	4
13	E_1200_4x10	PART-DESC	6
14	M001_SOPORTE_GUIA_CORREDERA	SOPORTES GUIA + CUÑA CORREDERAS	2
15	Guía	GUÍA CORREDERA	2
16	E_1200_6x30	TORNILLOS SOPORTE	4
17	E_1301_10x40	PASADOR CILÍNDRICO	2
18	reten-d115x1.5	RETÉN REFRIGERACIÓN	1
19	reten-d31x1.5	RETÉN REFRIGERACIÓN	1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Despiece Lado Fijo

Realizado por:

Lidia Miró Zamora

Proyección

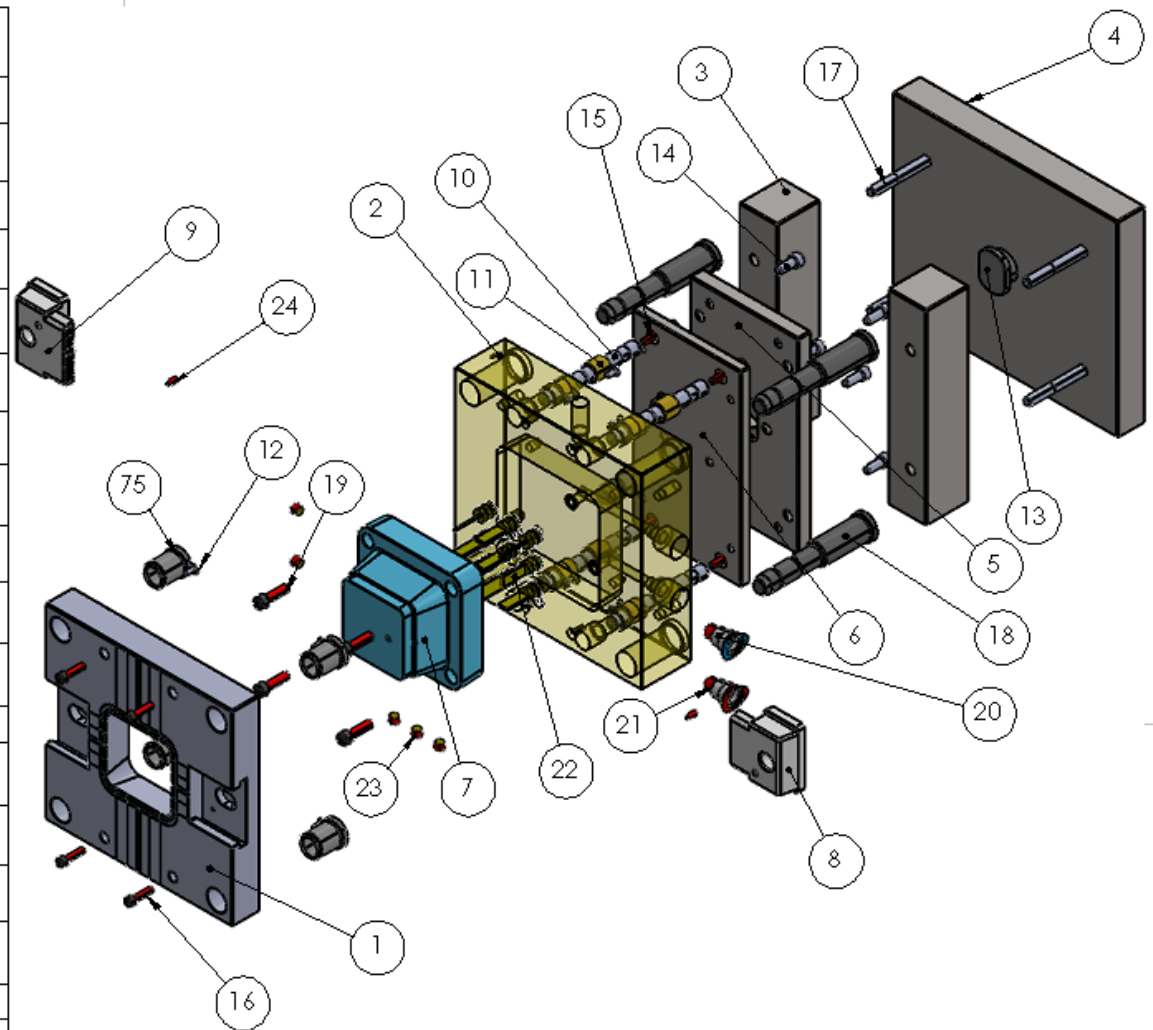


Escala
1/4

Unidades
mm

Plano
1/5

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	M001_Placa_Extractor_LM	PLACA EXTRACTORA	1
2	M001_Placa_Móvil	PLACA MÓVIL	1
3	M001_Calzos	CALZO	2
4	M001_Placa_Amarre-LM	PLACA AMARRE LADO MÓVIL	1
5	M001_Placa_Tapa_Expulsora	TAPA EXPULSORA	1
6	M001_Placa_Expulsora	PLACA EXPULSORA	1
7	M001_POSTIZO_MACHO1	POSTIZO MACHO	1
8	M001_Corredera_IZQ	CORREDERA IZQUIERDA	1
9	M001_Corredera_DERCH	CORREDERA DERECHA	1
10	E_1050_8_14x120	GUÍA EXPULSIÓN	4
11	E_1127_14_20_20	CASQUILLO EXPULSIÓN	8
12	E_1220_5x12	TAE	12
13	E_1515_16_52	TIRANTE EXPULSIÓN	1
14	E_1200_8x20	TORNILLOS TAPA EXPULSORA	6
15	E_1200_6x35	TORNILLOS GUÍA EXPULSIÓN	4
16	E_1200_6x25	TORNILLOS GUÍA EXPULSIÓN	4
17	E_1200_10x100	TORNILLOS AMARRE	4
18	E_1010_20-66_75	GUÍAS MOLDE	4
19	E_1200_8x30	TORNILLOS POSTIZO	6
20	E_2800_1_8_1_4_B	ENTRADA REFRIGERANTE	1
21	E_2800_1_8_1_4_R	SALIDA REFRIGERANTE	1
22	E_2108_12_220	DEFLECTORES	9
23	E2075_8_1_8	TAPONES POSTIZO	5
24	E_1250_5	POSICIONADOR BOLA	2
25	E_1110_20_36	CASQUILLOS EXTRACTORA	4



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Despiece Lado Móvil

Realizado por:

Lidia Miró Zamora

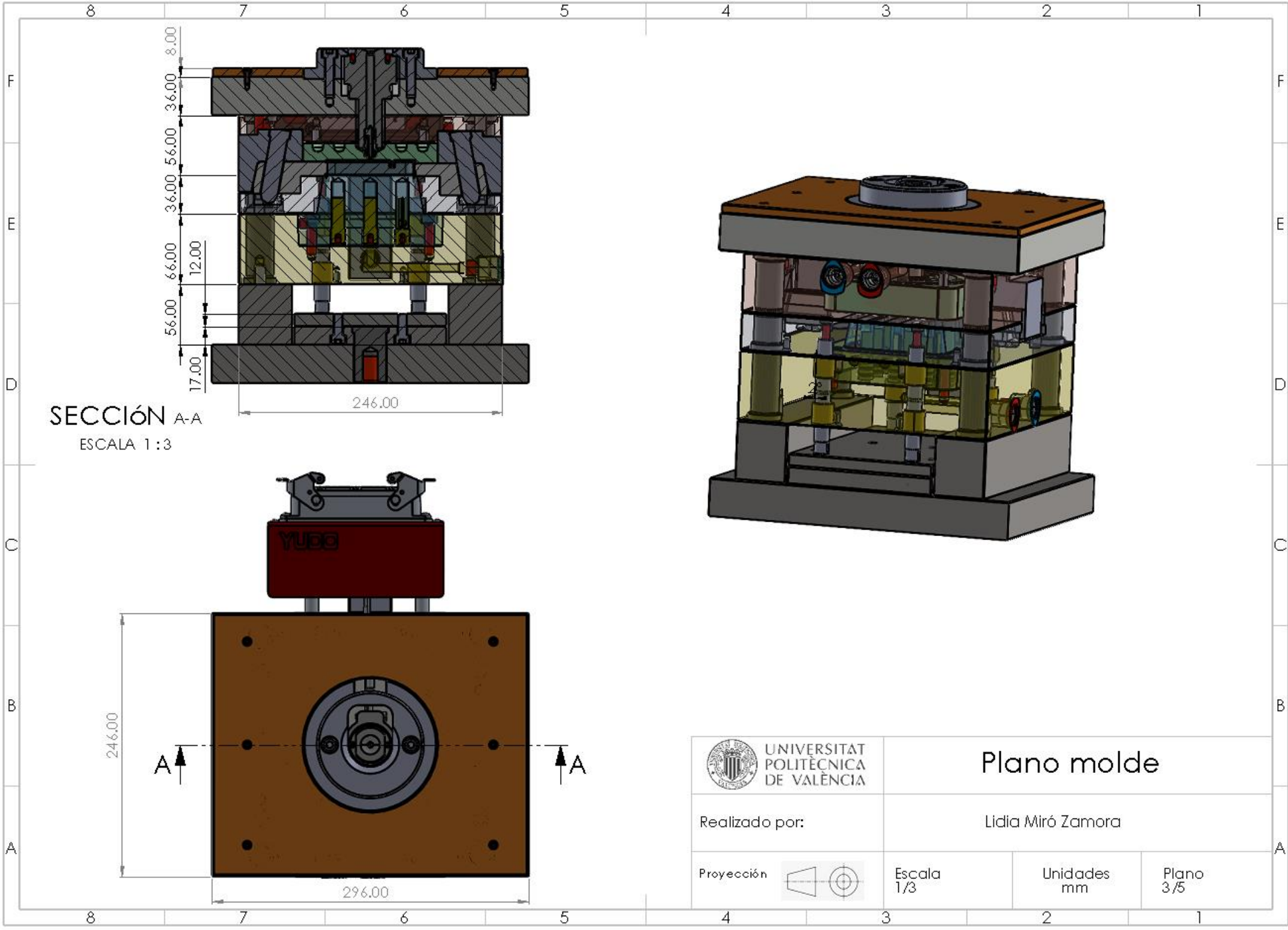
Proyección



Escala
1/5

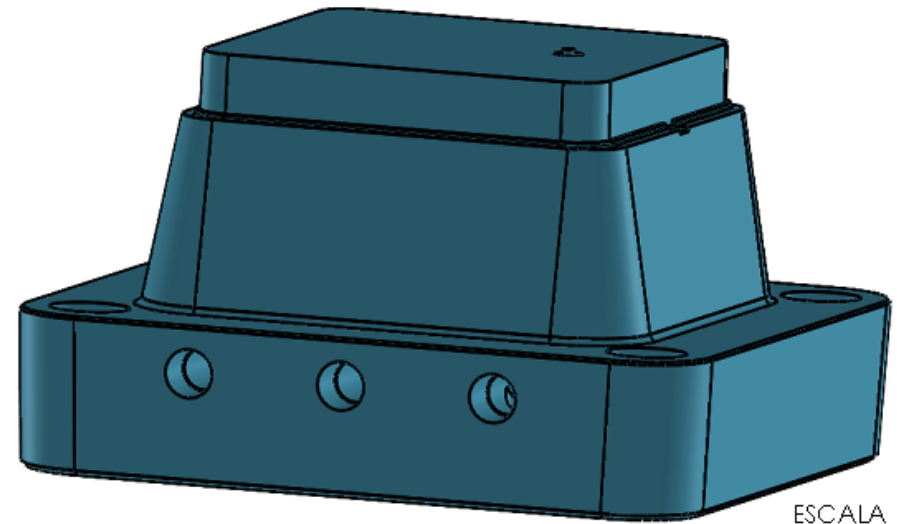
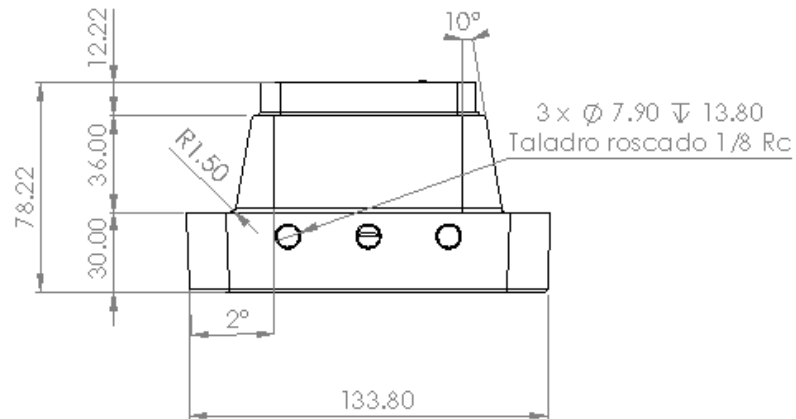
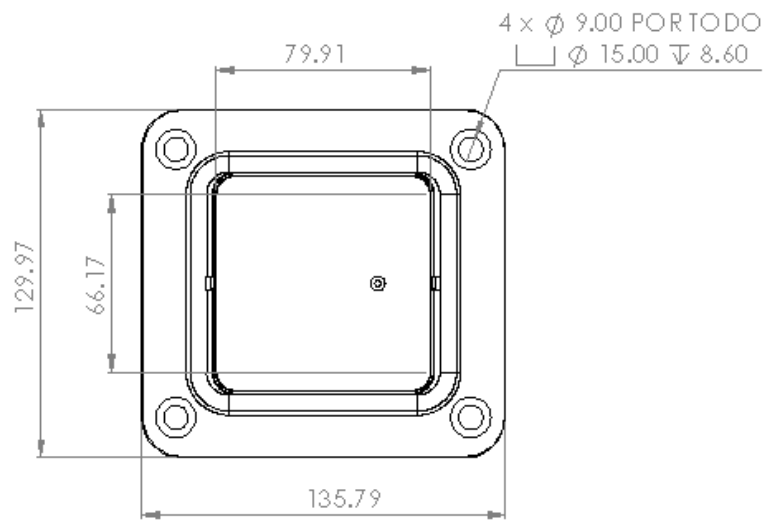
Unidades
mm

Plano
2/5



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:3

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<h1>Plano molde</h1>		
Realizado por:	Lidia Miró Zamora		
Proyección 	Escala 1/3	Unidades mm	Plano 3/5



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

Plano Postizo Macho

Realizado por:

Lidia Miró Zamora

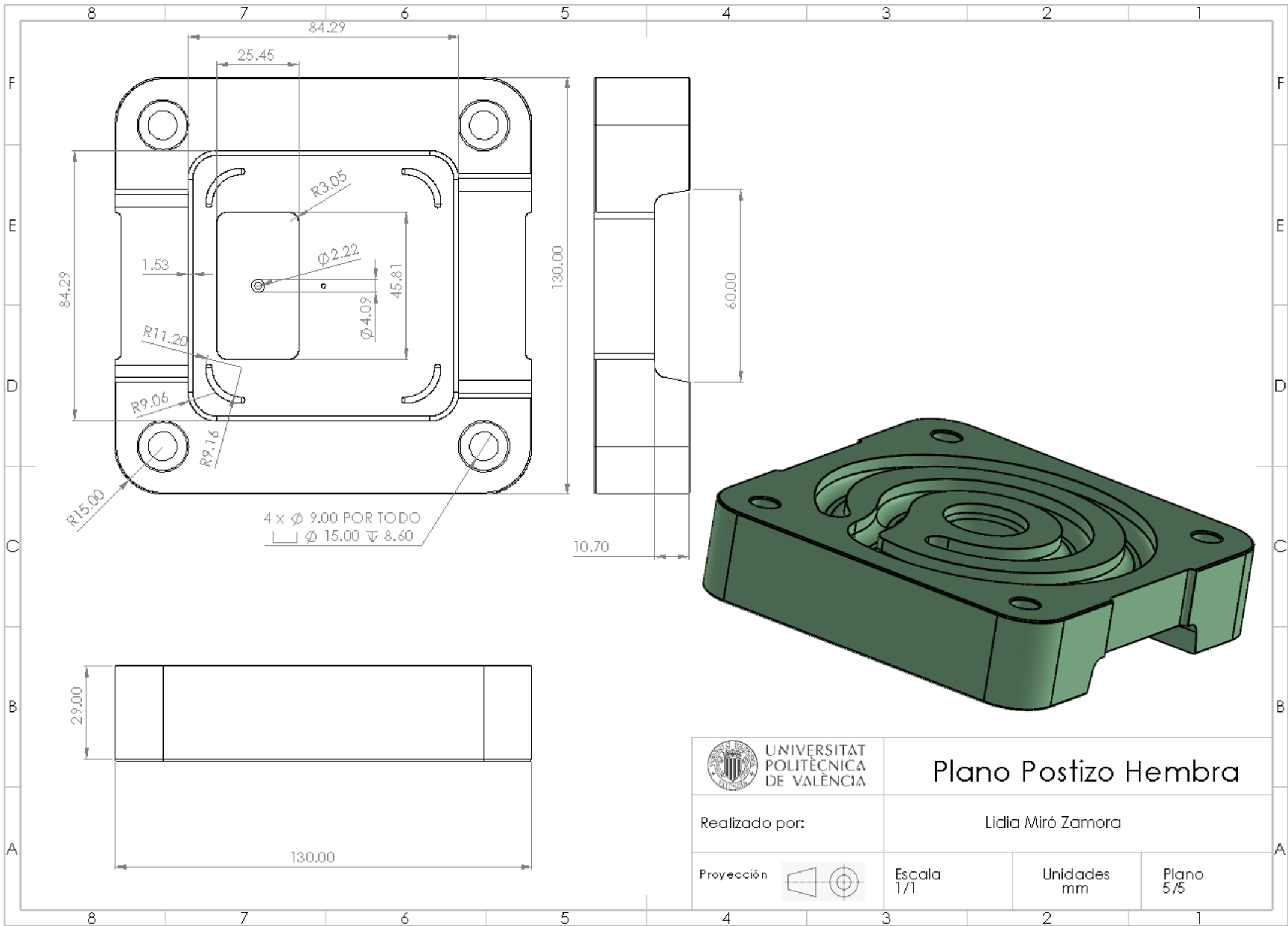
Proyección



Escala
 1/2

Unidades
 mm

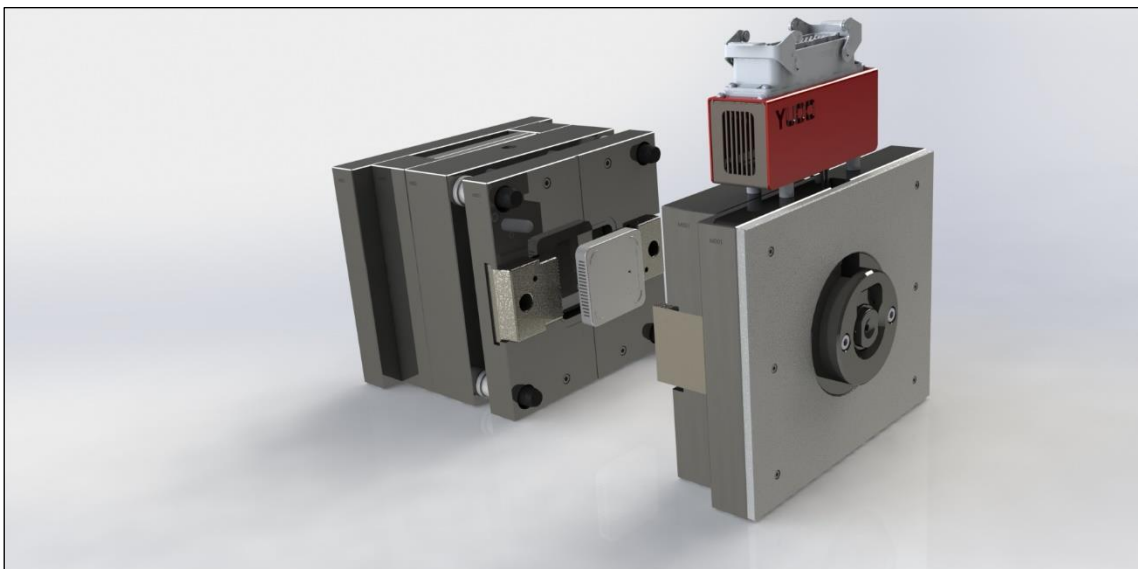
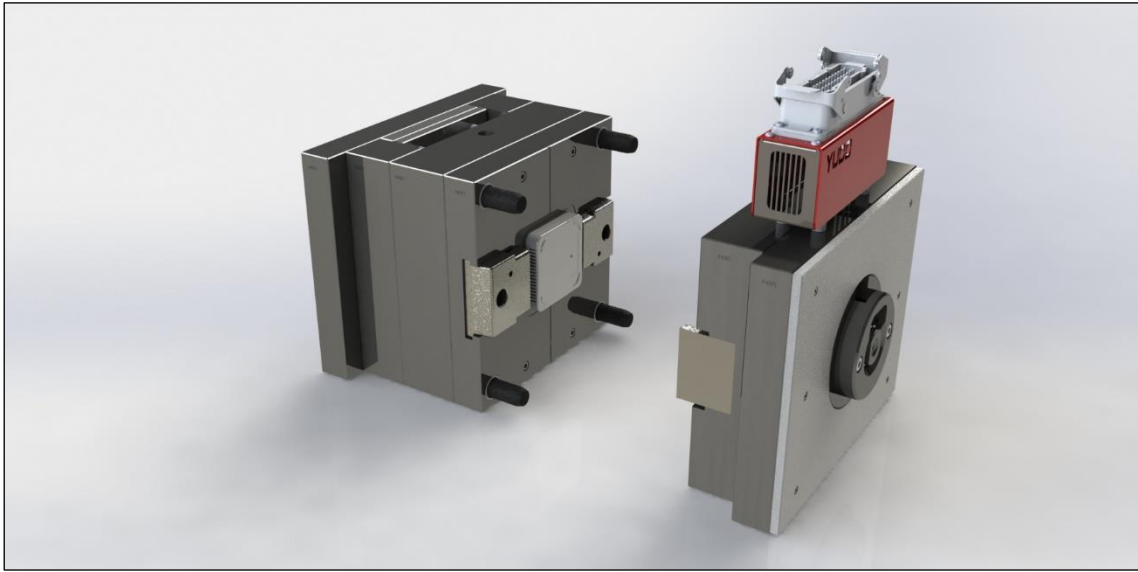
Plano
 4/5

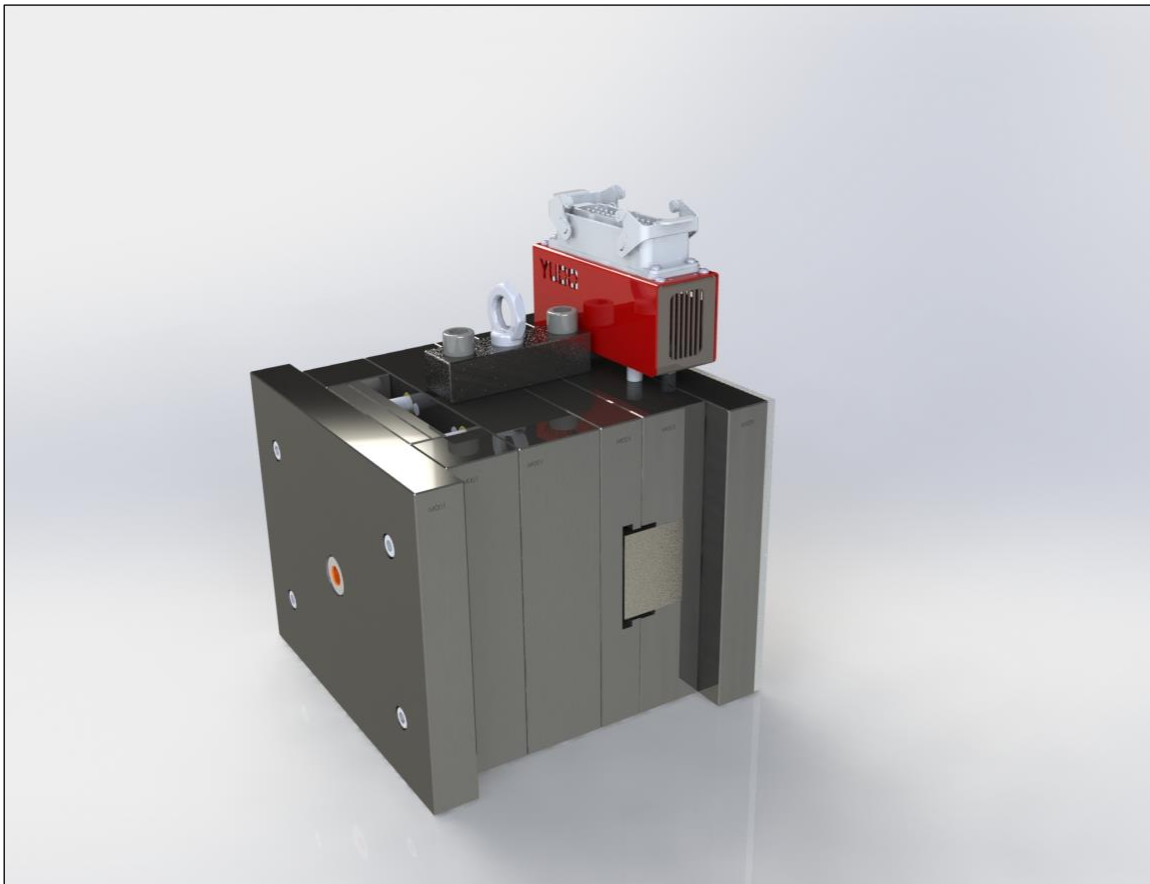


13. Renderizado Pieza



14. Renderizado Molde





15. Ficheros Anexos

En el fichero anexo número uno “1. Molde—R05”, se encuentra el modelado 3D del molde a completo. En el fichero anexo número dos “2. Funcionamiento_Molde”, se muestra el funcionamiento aproximado del molde. En el fichero anexo número tres “3. ANSYS”, se encuentra el fichero de análisis de deformaciones con el programa ANSYS. En el fichero anexo número cuatro “4. Moldflow”, se incluye el fichero de análisis de inyección con el programa Moldflow. En el fichero anexo número cinco y último “5. Alojamiento_Circuito”, se puede observar un modelado 3D del diseño final de la pieza. Tanto el molde como la pieza han sido modeladas mediante el programa de modelado en 3D SolidWorks. En el fichero anexo número seis “6. Roboshot_S55_especificaciones”, se pueden ver las especificaciones de la máquina de inyección.

16. Bibliografía

- Bruder, U. (2015). Guía por el Mundo de los Plásticos. Colombia: Editorial Guaduales.
- Mercado, D., Fuentelsaz, J., Serraller, F., Castany, F.J., Martínez, A., Aísa, J. Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (I) el material. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Mercado, D., Fuentelsaz, J., Serraller, F., Castany, F.J., Martínez, A., Aísa, J. Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (II) la pieza. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Mercado, D., Fuentelsaz, J., Serraller, F., Castany, F.J., Martínez, A., Aísa, J. Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (III) la máquina. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza
- Procesos Plásticos Inyectados S.A (1999, Agosto) ¿Qué es un molde? PPI Procesos Plástico Inyectados de <http://ppi.com.mx/Servicios/que-es-un-molde-de-inyeccion.html>
- Equipo FTS Solutions (2018, Marzo 9) Inyección de plásticos: el Molde. FTS SOLUTIONS de <https://solutions-fts.com/inyeccion-de-plasticos-el-molde/>
- Paulson Training Programs [paulsontraining] (2018, Enero 22) NUEVO – Lección #2 – [SPANISH] Moldes de inyección – Sus partes y funcionamiento [Video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=6Ya_B8hAHII
- BIRTH LH. Cálculo y dimensionado de molde. Recuperado de <https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/DMPP/DMPP02/es DFM DMPP02 Contenidos/website 4 sistema de expulsin.html>
- TODOELECTRONICA. CAJAS Y CARCASAS KEMO. Recuperado de <https://www.todoelectronica.com/es/334-cajas-y-carcasas-kemo>
- WEIDMÜLLER. Carcasas para componentes electrónicos. Recuperado de https://www.weidmuller.es/es/productos/electronica/carcasas_para_componentes_electronicos/index.jsp
- Direct INDUSTRY. Cajas para circuitos impresos. Recuperado de <https://www.directindustry.es/fabricante-industrial/caja-circuito-impreso-102046.html>

- DESINEK. <http://www.desinek.com/>
- INEOS Olefins & Polymers USA. Typical Engineering Properties of High Density Polyethylene [archivo PDF]. Recuperado de <https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-olefins-and-polymers-usa/products/technical-information--patents/new/ineos-typical-engineering-properties-of-hdpe.pdf>
- CAMPUS Plastics. Material Datasheet [archive PDF]. Recuperado de <https://www.campusplastics.com/material/pdf/119689/IMPET2700GV1-20?slg=en>
- Características polipropileno [archive PDF]. Recuperado de <http://personales.upv.es/sasanca/Master/files/caracteristicas%20polipropileno.pdf>
- INEOS Olefins & Polymers USA. Typical Engineering Properties of Polypropylene [archivo PDF]. Recuperado de <https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-olefins-and-polymers-usa/products/technical-information--patents/ineos-engineering-properties-of-pp.pdf>
- AIMPLAS. <https://www.aimplas.es/proceso-y-prototipado/compounding/retardantes-de-llama/>
- SHINY MOLDE CO., LTD (2010-2011). La Aceptación Del Molde Lista De Verificación. SHINY MOULD.com de <http://www.shinymould.com/spanish/mould-acceptance-check-list.html>
- Mariano (2012, Agosto 8). Fuerza de cierre. Tecnología de los Plásticos de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/08/fuerza-de-cierre-clamping-force.html>
- UDDEHOLM. ACEROS PARA MOLDES [archivo PDF]. Recuperado de <Tech-Uddeholm-Steel-for-moulds-ES.pdf>
- UPCOMMONS. PRESUPUESTO [archivo PDF]. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11042/Pressupost.pdf?sequence=2>
- MEUSBURGER. E4000_info [archivo PDF]. Recuperado de [file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/Meusburger%20Katalog/pdf/e/e4000_info.pdf](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/Meusburger%20Katalog/pdf/e/e4000_info.pdf)
- SUMINISTROSSIS. Ptfе_D25 [archivo PDF]. Recuperado de <http://suministrossis.com/assets/polipropileno.pdf>
- Contracción Polímeros. Recuperado de <https://www.mexpolimeros.com/contracci%C3%B3n.html>
- HASCO. Stahl_POST_A1_ES.pdf [archive PDF]. Recuperado de Stahl_POST_A1_ES.pdf