



universidad
de león



Escuela de Ingenierías

Industrial, Informática y Aeroespacial

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Fin de Grado

FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR CON
3DEXPERIENCE: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE
DE INYECCIÓN

COMPUTER-AIDED MANUFACTURING WITH
3DEXPERIENCE: DESIGN AND MANUFACTURING OF AN
INJECTION MOLD

Autor: Sergio Bresme Villar
Tutor: Joaquín Barreiro García

(Febrero, 2023)



UNIVERSIDAD DE LEÓN
**Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y
Aeroespacial**

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
Trabajo de Fin de Grado

ALUMNO: Sergio Bresme Villar

TUTOR: Joaquín Barreiro García

TÍTULO: Fabricación asistida por ordenador con 3DExperience: Diseño y fabricación de un molde de inyección

TITLE: Computed-aided manufacturing with 3DExperience: Design and manufacturing of an injection mold

CONVOCATORIA: Febrero, 2023

RESUMEN:

En este trabajo vamos a tratar el diseño de un molde de inyección de plásticos utilizando el software de 3DExperience. En el capítulo 1 comenzaremos con una introducción sobre la inyección de plásticos y veremos todos los parámetros que influyen en el proceso de fabricación. El capítulo 2 trata de aspectos que deberemos de tener en cuenta a la hora de diseñar la pieza. Además, en este capítulo elegiremos los materiales que analizaremos realizando las simulaciones. En el capítulo 3 haremos una breve introducción a 3DExperience viendo cómo se distribuyen y dividen las aplicaciones que contiene. En el capítulo 4 veremos que flujo de trabajo seguiremos en la realización de todo el diseño. Además, calcularemos datos que necesitaremos a la hora del diseño del molde como el número de cavidades que vamos a utilizar, así como la fuerza de cierre que necesitaremos. En el capítulo 5 simularemos la inyección con el software Inspire Mold analizando dos materiales PP y ABS, tanto para un punto de inyección como para dos, y estudiaremos cual es la mejor opción para nuestra pieza. En el capítulo 6, procederemos al diseño del molde, en primer lugar, haremos un predimensionado con el fabricante HASCO, con el cual iremos seleccionando placa por placa según nuestras necesidades hasta tener el molde completo. Obtendremos los planos de las placas y de cada uno de los componentes del molde. Volviendo a 3DEXPERIENCE, utilizaremos la herramienta de



Catia Mold Project para realizar el diseño del molde. Desde esta herramienta accederemos primero al módulo de Core and Cavity Separation donde crearemos las superficies necesarias y con ellas el núcleo del molde. Luego accederemos al módulo de Mold Tooling Design, para crear los canales de refrigeración y los expulsores. Por último importaremos un molde de un fabricante de la base de datos de Catia, que en nuestro caso será de Hasco. Dimensionaremos las placas del molde y haremos una pequeña simulación de la extracción de la pieza.

ABSTRACT:

In this paper we are going to discuss the design of a plastic injection mold using 3DEXperience software. In chapter 1 we will start with an introduction about plastic injection molding and we will see all the parameters that influence the manufacturing process. Chapter 2 deals with aspects that we will have to take into account when designing the part. In addition, in this chapter we will choose the materials that we will analyze by performing the simulations. In chapter 3 we will make a brief introduction to 3DEXperience seeing how the applications it contains are distributed and divided. In chapter 4 we will see which workflow we will follow in the realization of the whole design. In addition, we will calculate data that we will need when designing the mold such as the number of cavities that we are going to use, as well as the clamping force that we will need. In chapter 5 we will simulate the injection with Inspire Mold software analyzing two materials PP and ABS, both for one and two injection points, and we will study which is the best option for our part. In chapter 6, we will proceed to the mold design, first of all, we will make a pre-dimensioning with the HASCO manufacturer, with which we will select plate by plate according to our needs until we have the complete mold. We will obtain the plans of the plates and of each one of the components of the mold. Returning to 3DEXPERIENCE, we will use the Catia Mold Project tool to design the mold. From this tool we will first access the Core and Cavity Separation module where we will create the necessary surfaces and with them the core of the mold. Then we will access the Mold Tooling Design module to create the cooling channels and the ejectors. Finally we will access to the database of a manufacturer to import a mold from this one,



which in our case will be from Hasco, we will dimension the mold plates and we will make a small simulation of the extraction of the part.

Palabras clave: 3DEXPERIENCE, Catia, plásticos, inyección, Moldflow, flujo de plástico, presión, temperatura, tiempo, enfriamiento, fuerza de cierre, volumen, área proyectada, ciclo de inyección, contracción, densidad, aire atrapado, líneas de soldadura, acabado, núcleo, cavidad, molde de inyección, dirección de tracción, línea de partición, superficie de partición, superficies de relleno, Mold Proyect, path design, core and cavity design, mold tooling design, Hasco, placa de cavidad, placa de retención, placa de base de expulsión, placa de retención de expulsión, placa intermedia, reglas, CAD, CAE, análisis, simulación, diseño, coste.

Firma del alumno:

VºBº Tutor/es:



Índice de contenidos

Índice de contenidos	1
Índice de ilustraciones	5
Índice de tablas.....	12
Índice de ecuaciones	13
1 Introducción	14
1.1 Reseña histórica sobre la inyección.....	14
1.2 Procesos de transformación del plástico.....	17
1.3 La inyección de plásticos.....	17
1.4 Máquinas de inyección y características	19
1.4.1 Capacidad de inyección	19
1.4.2 Capacidad de plastificación	19
1.4.3 Presión de inyección.....	20
1.4.4 Velocidad de inyección	20
1.4.5 Fuerza de cierre	21
1.5 El ciclo de inyección	23
1.6 Variables importantes en el proceso de inyección.....	26
1.7 Defectos y métodos preventivos	26
1.8 Los plásticos	32
1.9 Códigos de identificación de los plásticos	33
1.10 Aditivos.....	34
2 Aspectos generales en el proceso de diseño	36



2.1	Factores a tener en cuenta en el diseño.....	36
2.2	Punto de inyección.....	37
2.3	Selección del material.....	39
2.3.1	Polietileno (PE):	39
2.3.2	Polipropileno (PP)	40
2.3.3	Poliestireno (PS).....	40
2.3.4	Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).....	41
2.3.5	Policloruro de vinilo (PVC)	41
2.3.6	Ácido poliláctico (PLA)	42
2.3.7	Material seleccionado	42
2.4	Flujo del plástico	42
2.5	Líneas de unión	43
2.6	Contracción	44
2.7	Espesores de las paredes	45
3	Introducción a 3DEXPERIENCE	46
4	Pautas del proceso y diseño del molde	49
4.1	Flujo de trabajo	49
4.2	Diagrama de flujo del trabajo	50
4.3	Cálculo de la fuerza de cierre.....	51
4.4	Especificaciones de la máquina de inyección	53
4.5	Cálculo del número de cavidades	54
4.5.1	Cálculo del número de cavidades para el polipropileno	55
4.5.2	Cálculo del número de cavidades para el ABS	56
4.6	Operaciones de diseño	57



4.7	Pieza final	64
5	Análisis del modelo con Inspire Mold	66
5.1	Preparación del análisis y los parámetros	66
5.2	Elección del material a utilizar	69
5.3	Idoneidad del punto de inyección	69
5.4	Análisis con polipropileno (PP)	70
5.4.1	Análisis con un punto de inyección	72
5.4.2	Análisis con dos puntos de inyección	77
5.4.3	Resumen de resultados con PP	83
5.5	Análisis con acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	84
5.5.1	Análisis con un punto de inyección	85
5.5.2	Análisis con dos puntos de inyección	91
5.5.3	Resumen de los resultados con ABS.....	96
5.6	Análisis de los resultados	96
6	Diseño del molde	98
6.1	Funciones del molde	98
6.2	Partes básicas del molde	99
6.2.1	Parte fija o de inyección	99
6.2.2	Parte móvil o de expulsión	100
6.3	Configuración del molde con HASCO.....	102
6.3.1	Placa de cavidad parte fija.....	103
6.3.2	Placa de la cavidad parte móvil	104
6.3.3	Placa de sujeción	105
6.3.4	Placa intermedia	106



6.3.5	Regles.....	107
6.3.6	Placa de base de expulsión.....	108
6.3.7	Placa de retención de expulsión.....	109
6.3.8	Placa de sujeción	110
6.3.9	Otros componentes	111
6.3.10	Resumen de los componentes	114
6.4	Diseño del molde con 3DExperience	116
6.4.1	Dirección de tracción.....	119
6.4.2	Extracción de las superficies.....	122
6.4.3	Creación de las líneas de partición	124
6.4.4	Creación de las superficies de partición	125
6.4.5	Creación de las superficies de relleno	127
6.4.6	Creación del núcleo del molde	129
6.4.7	Creación de la unidad del molde.....	137
6.4.8	Inserción de molde de HASCO.....	150
6.4.9	Simulación de la extracción de la pieza.....	158
7	Bibliografía.....	161
8	Anexos	164
8.1	Anexo 1	164
8.2	Anexo 2	165
8.3	Anexo 3	166



Índice de ilustraciones

Ilustración 1.1 Moldeo por inyección con pistón. (Fuente: [1])	15
Ilustración 1.2 Máquina de inyección de pistón con cámara complementaria. (Fuente: [1])	16
Ilustración 1.3 Presión de inyección. (Fuente: [1])	20
Ilustración 1.4 Máquina de inyección de plástico de tornillo recíprocante. (Fuente: [4])..	22
Ilustración 1.5 Formación de rebabas. (Fuente: [6])	27
Ilustración 1.6 Defecto por falta de llenado. (Fuente: [7])	28
Ilustración 1.7 Defecto por rechupe. (Fuente: [7])	29
Ilustración 1.8 Líneas de soldadura. (Fuente: [8])	30
Ilustración 1.9 Efecto jetting. (Fuente: [7])	30
Ilustración 1.10 Efecto diésel. (Fuente: [7])	31
Ilustración 1.11 Marcas de los expulsores. (Fuente: [7])	31
Ilustración 1.12 Formación de burbujas. (Fuente: [7])	32
Ilustración 1.13 Códigos, propiedades y usos de los plásticos. (Fuente: [9])	34
Ilustración 2.1 Relación contracción-presión	37
Ilustración 2.2 Efecto de la ubicación de la entrada en las líneas de soldadura	38
Ilustración 2.3 Efecto de la ubicación de la entrada en la contracción	38
Ilustración 2.4 Polietileno de baja densidad.	39
Ilustración 2.5 Polietileno de alta densidad.	39
Ilustración 2.6 Polipropileno.	40
Ilustración 2.7 Poliestireno	40
Ilustración 2.8 Policloruro de vinilo. (Fuente:[11])	41
Ilustración 2.9 Línea de soldadura. (Fuente:[12])	43
Ilustración 2.10 Método para evitar las líneas de soldadura mediante alivios.	44
Ilustración 3.1 División de las herramientas de trabajo de 3DExperience. (Fuente: [14]) .	46
Ilustración 3.2 Roles de 3DExperience. (Fuente: [15])	47
Ilustración 3.3 Aplicaciones de 3DExperience. (Fuente: [16])	47



Ilustración 4.1 Secuencia de trabajo.	49
Ilustración 4.2 Área proyectada, Inspire Mold.	52
Ilustración 4.3 Calculo de la presión de inyección. (Fuente:[3])	53
Ilustración 4.4 Cálculo del volumen de la pieza, Inspire Mold.	55
Ilustración 4.5 Croquis 1, dibujo del contorno.	57
Ilustración 4.6 Pad 1, extrusión del croquis 1.	58
Ilustración 4.7 Shell 1, vaciado de la extrusión.	58
Ilustración 4.8 Croquis 2, creación de las dos circunferencias.	59
Ilustración 4.9 Pocket 2, creación de los huecos circulares.	59
Ilustración 4.10 Croquis 3, dibujo de los rectángulos para un posterior pocket.	60
Ilustración 4.11 Pocket 2, pocket del prisma rectangular generado y la pieza.	61
Ilustración 4.12 RectPattern 1, creación del patrón rectangular del pocket 2.	61
Ilustración 4.13 EdgeFillet 6, redondeo de arista exterior.	62
Ilustración 4.14 EdgeFillet7, redondeo de arista interior.	62
Ilustración 4.15 Croquis 5, creación del perfil con una spline.	63
Ilustración 4.16 EdgeFillet 8, redondeo de aristas.	64
Ilustración 4.17 Vista superior de la pieza finalizada.	64
Ilustración 4.18 Vista inferior de la pieza terminada.	65
Ilustración 4.19 Vista lateral de la pieza finalizada.	65
Ilustración 5.1 Parámetros de la máquina, Inspire Mold.	67
Ilustración 5.2 Parámetros del proceso, Inspire Mold.	68
Ilustración 5.3 Idoneidad un punto de inyección, Inspire Mold.	69
Ilustración 5.4 Idoneidad dos puntos de inyección, Inspire Mold.	70
Ilustración 5.5 Gráfica PVT del PP, Moldflow.	70
Ilustración 5.6 Gráfica Viscosidad-Velocidad de cizalla del PP, Moldflow.	71
Ilustración 5.7 Selección del PP, Inspire Mold.	71
Ilustración 5.8 Tiempo de llenado PP, Inspire Mold.	72
Ilustración 5.9 Presión de llenado PP, Inspire Mold.	72
Ilustración 5.10 Gráfica presión de llenado PP, Inspire Mold.	73



Ilustración 5.11 Temperatura de flujo un punto de inyección PP, Inspire Mold.	74
Ilustración 5.12 Temperatura al final de la etapa de llenado PP, un punto de inyección. .	74
Ilustración 5.13 Temperatura de enfriamiento un punto de inyección PP, Inspire Mold. .	75
Ilustración 5.14 Gráfica tiempo de enfriamiento un punto de inyección PP, Inspire Mold.	75
Ilustración 5.15 Velocidad esfuerzo constante un punto de inyección PP, Inspire Mold...	76
Ilustración 5.16 Densidad un punto de inyección PP, Inspire Mold.....	76
Ilustración 5.17 Líneas de soldadura un punto de inyección PP, Inspire Mold.	77
Ilustración 5.18 Aire atrapado un punto de inyección PP, Inspire Mold.	77
Ilustración 5.19 Tiempo de llenado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	78
Ilustración 5.20 Presión de llenado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.....	78
Ilustración 5.21 Gráfica presión de llenado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	79
Ilustración 5.22 Temperatura de flujo dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	79
Ilustración 5.23 Temperatura al final de fase de llenado PP, dos puntos de inyección.	80
Ilustración 5.24 Temperatura de enfriamiento dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	80
Ilustración 5.25 Gráfica tiempo de enfriamiento dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	81
Ilustración 5.26 Temperatura esfuerzo cortante dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	81
Ilustración 5.27 Densidad dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	82
Ilustración 5.28 Líneas de soldadura dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	82
Ilustración 5.29 Aire atrapado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.	83
Ilustración 5.30 Gráfica PVT del ABS, Molflow.....	84
Ilustración 5.31 Gráfica viscosidad-velocidad de cizalla del ABS, Molflow.....	85
Ilustración 5.32 Selección del ABS, Inspire Mold.	85
Ilustración 5.33 Tiempo de llenado un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	86
Ilustración 5.34 Presion de llenado un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	86
Ilustración 5.35 Gráfica presión un punto de inyección ABS, Inspire Mold.....	87



Ilustración 5.36 Temperatura de flujo un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	87
Ilustración 5.37 Temperatura al final del llenado ABS, un punto de inyección.	88
Ilustración 5.38 Temperatura de enfriamiento un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	88
Ilustración 5.39 Gráfica tiempo de enfriamiento un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	89
Ilustración 5.40 Temperatura esfuerzo contante un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	89
Ilustración 5.41 Densidad un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	90
Ilustración 5.42 Líneas de soldadura un punto de inyección ABS, Inspire Mold.	90
Ilustración 5.43 Aire atrapado	91
Ilustración 5.44 Tiempo de llenado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	91
Ilustración 5.45 Presión de llenado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	92
Ilustración 5.46 Gráfica presión de llenado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold... ..	92
Ilustración 5.47 Temperatura de flujo dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	93
Ilustración 5.48 Temperatura de enfriamiento dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	93
Ilustración 5.49 Gráfica tiempo de enfriamiento dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	94
Ilustración 5.50 Temperatura esfuerzo cortante dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	94
Ilustración 5.51 Densidad dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	95
Ilustración 5.52 Líneas de soldadura dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	95
Ilustración 5.53 Aire atrapado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.	96
Ilustración 6.1 Partes de un molde de inyección de plástico	99
Ilustración 6.2 Elección tamaño de molde, HASCO.....	103
Ilustración 6.3 Dimensiones de la placa de la cavidad de la parte fija, HASCO.	104
Ilustración 6.4 Dimensiones de la cavidad de la parte fija, HASCO.....	105
Ilustración 6.5 Dimensiones de la placa de sujeción, HASCO.	106
Ilustración 6.6 Dimensiones de la placa intermedia, HASCO.	107



Ilustración 6.7 Dimensiones de los regles, HASCO.....	108
Ilustración 6.8 Dimensiones de la placa de base de expulsión, HASCO.....	109
Ilustración 6.9 Modelado de la placa de retención de expulsión, HASCO.	110
Ilustración 6.10 Placa de sujeción parte fija, HASCO.	111
Ilustración 6.11 Disco centrador, HASCO.	112
Ilustración 6.12 Manguito de centrado, HASCO.....	112
Ilustración 6.13 Pilar de guía, HASCO.	113
Ilustración 6.14 Casquillo de guía, HASCO.	113
Ilustración 6.15 Anillo de bloqueo, HASCO.	113
Ilustración 6.16 Tornillo de cabeza de cilindro, HASCO.	114
Ilustración 6.17 Molde final, HASCO.	115
Ilustración 6.18 Iniciación de un nuevo Mold Project.	116
Ilustración 6.19 Inserción de la pieza.	117
Ilustración 6.20 Distribución del árbol de operaciones.....	118
Ilustración 6.21 Creación de la dirección de tracción.	119
Ilustración 6.22 Ocultamos el sólido.	120
Ilustración 6.23 Asignación de Cavity a las superficies.	121
Ilustración 6.24 Superficies correspondientes al Cavity.....	121
Ilustración 6.25 Superficies correspondientes al Core.....	122
Ilustración 6.26 Extraemos el Core y el Cavity.	123
Ilustración 6.27 Separación del cuerpo y la cavidad con explode view	123
Ilustración 6.28 Creación de líneas de partición con Parting Line.....	124
Ilustración 6.29 Líneas de partición creadas.	125
Ilustración 6.30 Selección de superficie	126
Ilustración 6.31 Creación de la superficie de partición.	126
Ilustración 6.32 Alargamiento de la superficie de partición.	127
Ilustración 6.33 Creación de superficies de relleno.	128
Ilustración 6.34 Pieza con las superficies de relleno y las superficies de partición.	128
Ilustración 6.35 Selección de Mold Part Publications.	129



Ilustración 6.36 Mold part publications	130
Ilustración 6.37 Selección de las superficies del Core y Cavity.	131
Ilustración 6.38 Mold Part Side Surface, Cavity	132
Ilustración 6.39 Mold Part Side Surface, Core.....	132
Ilustración 6.40 Insert Manager	133
Ilustración 6.41 Creación del núcleo y la cavidad con Insert Manager	134
Ilustración 6.42 Finalización del Mold Part Publications.....	134
Ilustración 6.43 Mold Part Publications creado correctamente	135
Ilustración 6.44 Llenado del molde	136
Ilustración 6.45 Apertura del molde.....	136
Ilustración 6.46 Expulsión de la pieza.....	137
Ilustración 6.47 Selección del Insert Unit	138
Ilustración 6.48 Campos que contiene el Insert Unit	139
Ilustración 6.49 Croquis del perfil de los canales de refrigeración	140
Ilustración 6.50 Cooling Circuit from Curve	141
Ilustración 6.51 Creación de los canales de refrigeración	141
Ilustración 6.52 Creación de un Geometrical Set	142
Ilustración 6.53 Comando extract	143
Ilustración 6.54 Extracción de las caras.....	143
Ilustración 6.55 Unión de las caras extraídas	144
Ilustración 6.56 From Ejector Component Reservation	145
Ilustración 6.57 Selección de los eyectores.....	145
Ilustración 6.58 Puntos de ubicación de los eyectores	146
Ilustración 6.59 Diseño de los eyectores.....	147
Ilustración 6.60 Visualización del canal de refrigeración y de los eyectores	147
Ilustración 6.61 Ubicación del punto de inyección.	148
Ilustración 6.62 Creación de la entrada.....	149
Ilustración 6.63 Línea para crear el canal de colada.	149
Ilustración 6.64 Creación del canal de colada.	150



Ilustración 6.65 Insertamos molde de muestra de un proveedor.	151
Ilustración 6.66 Seleccionamos una muestra de HASCO.	152
Ilustración 6.67 Selección del tamaño del molde.	152
Ilustración 6.68 Selección de la placa de sujeción de la parte fija.	153
Ilustración 6.69 Selección de la placa de cavidad de la parte fija.	153
Ilustración 6.70 Selección de la placa de cavidad de la parte móvil.	154
Ilustración 6.71 Selección de la placa intermedia.	154
Ilustración 6.72 Selección de los regles.	155
Ilustración 6.73 Selección de la placa de retención de expulsión.	155
Ilustración 6.74 Selección de la placa de base de expulsión.	156
Ilustración 6.75 Selección de la placa de base de la parte móvil.	157
Ilustración 6.76 Molde completo.	158
Ilustración 6.77 Molde preparado para simulación de la extracción.	159
Ilustración 6.78 Apertura del molde.	159
Ilustración 6.79 Extracción de la pieza.	160



Índice de tablas

Tabla 1.1 Procesos de transformación de plásticos. (Fuente: [2])	17
Tabla 1.2 Factor de corrección por viscosidad para diferentes materiales. (Fuente: [3]) ..	21
Tabla 1.3 Valores de contracción. (Fuente: [5])	27
Tabla 1.4 Aditivos para plásticos. (Fuente: [10])	35
Tabla 2.1 Espesores recomendados de piezas en función del plástico utilizado. (Fuente: [13])	45
Tabla 4.1 Calculo de la fuerza de cierre para el PP y para el ABS.	53
Tabla 4.2 Especificaciones de la máquina de inyección MATEU & SOLÉ Meteor 270/100H	54
Tabla 4.3 Datos de la pieza con PP.	55
Tabla 4.4 Calculo de la masa de la pieza-colada con PP.....	55
Tabla 4.5 Calculo del número de cavidades con PP.	56
Tabla 4.6 Datos pieza ABS.	56
Tabla 4.7 Cálculo de la masa pieza-colada con ABS.	56
Tabla 4.8 Cálculo número de cavidades con ABS.....	56
Tabla 5.1 Parámetros de la inyección.....	68
Tabla 5.2 Resultados de la inyección con PP.....	83
Tabla 5.3 Resultados de la inyección con ABS.....	96
Tabla 6.1 Dimensiones disco centrador, HASCO.	111
Tabla 6.2 Dimensiones manguito de centrado, HASCO.	112
Tabla 6.3 Dimensiones pilar guía, HASCO.	112
Tabla 6.4 Dimensiones casquillo guía.....	113
Tabla 6.5 Dimensiones anillo de bloqueo.	113
Tabla 6.6 Dimensiones tornillo de cabeza de cilindro.....	114
Tabla 6.7 Componentes del molde, HASCO.	116



Índice de ecuaciones

Ecuación 1.1 Presión de inyección	20
Ecuación 1.2 Fuerza de cierre.....	21
Ecuación 2.1 Ley de Hagen-Poiseuille.....	37
Ecuación 2.2 Contracción tórica experimental de la pieza inyectada (%). (Fuente:[5])	44
Ecuación 2.3 Factor de corrección del molde.	45
Ecuación 4.1 Calculo de la fuerza de cierre.....	51
Ecuación 4.2 Factor kf en función del material. (Fuente: [3]).....	51
Ecuación 4.3 Cálculo nº de cavidades.	54
Ecuación 4.4 Calculo masa pieza-colada.	54



1 Introducción

Los plásticos son uno de los materiales más utilizados en la actualidad. Podemos encontrar plástico en cualquier lugar, desde productos cotidianos, hasta instrumentos de vital importancia en la medicina y sectores de la ingeniería.

Uno de los principales motivos por el que la producción de plástico ha ido en aumento, es su fácil manipulación y su bajo coste. Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad se ha estimado una producción de unos 5.000 millones de toneladas de plástico.

Los plásticos son polímeros artificiales provenientes del petróleo, el gas natural, la madera o el carbón, los cuales han pasado por una serie de procesos.

El componente principal de un plástico como se ha mencionado antes, son polímeros o resinas artificiales generalmente derivados de la celulosa y de los hidrocarburos. Para su utilización hay que añadirles otros productos que mejoren su mala flexibilidad, mala resistencia al choque, mala resistencia a bajas temperaturas, agrietamientos... Estos productos son los llamados catalizadores. También cabe mencionar la posibilidad de fabricación de plásticos con usos especiales a los que hay que añadirles armaduras o refuerzos.

El refinamiento del petróleo da lugar a la formación de los monómeros, estas son unas moléculas orgánicas pequeñas las cuales se combinan para formar polímeros resinosos que se moldean o extruyen para fabricar productos de plásticos.

1.1 Reseña histórica sobre la inyección

La técnica de inyección de plásticos comenzó a desarrollarse a principios del siglo pasado, donde se usaban máquinas muy rudimentarias, las cuales se emplearon para procesar resinas de termoplásticos. Muchos de los plásticos que encontramos hoy en día, se desarrollaron especialmente para este proceso en la década de los años 30.

En los años 60 y 80 tuvo un gran desarrollo debido al aumento de materiales disponibles y al aumento de la demanda de artículos de plástico.

La primera máquina de inyección funcionaba a base de un pistón, el cual comprimía el plástico fundido y lo introducía directamente en el molde, esto eran las llamadas máquinas de pistón, estas funcionaban básicamente como una prensa hidráulica. El gran problema de este mecanismo para inyectar el plástico era la pérdida de presión que sufría, lo que provocaba que la inyección fuera mucho más lenta.

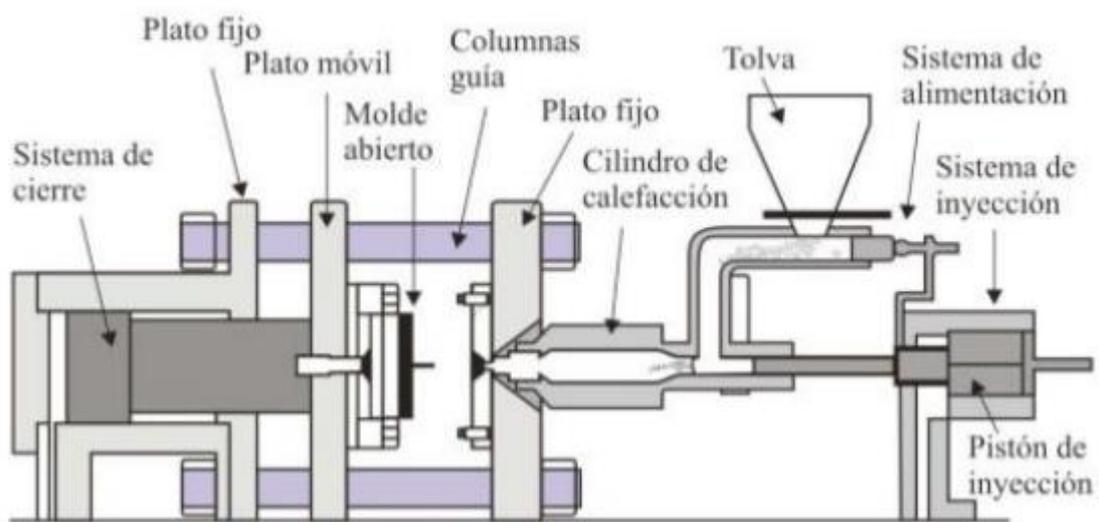


Ilustración 1.1 Moldeo por inyección con pistón. (Fuente: [1])

Una solución que se le dio a esto fue la introducción de una cámara complementaria, en la que antes de entrar al inyector el plástico era plastificado.

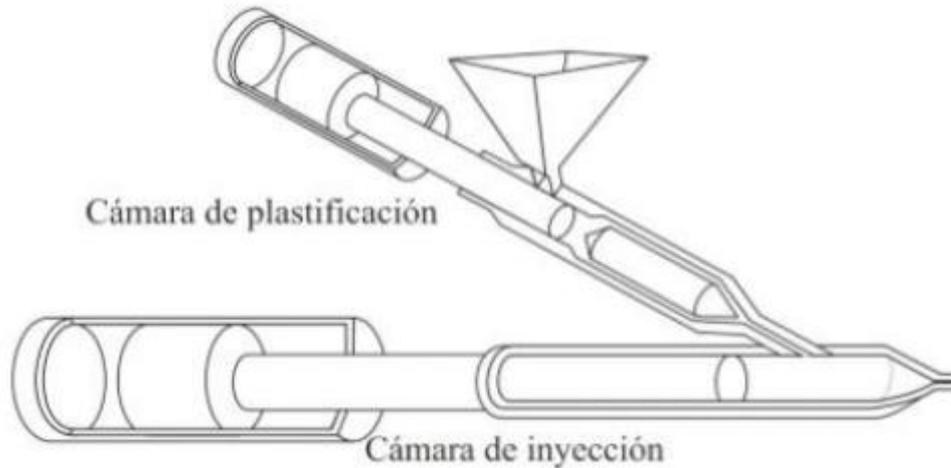


Ilustración 1.2 Máquina de inyección de pistón con cámara complementaria. (Fuente: [1])

Las etapas de fusión y plastificación en estas máquinas son independientes. La idea es calentar el material en la cámara de plastificación, y posteriormente introducirlo en la cámara de inyección. Un problema frecuente en estas máquinas es el paso del plástico hacia la cámara de plastificación, este problema se resuelve con una válvula de retención que impide el paso en esa dirección. A veces el propio pistón puede hacer de válvula e impedir el paso hacia la cámara. El principal inconveniente es que se puede ver alterado el flujo del polímero y aparecer defectos en las piezas.

Más tarde se desarrollaron las máquinas con tornillo recíprocante, también llamado, con husillo. Esto trata de un tornillo sin fin que gira y provoca el desplazamiento del plástico fundido a través del cilindro.

Esto fue el inicio de las máquinas actuales, donde el giro del husillo provoca el desplazamiento del plástico.. La fusión se lleva a cabo a lo largo del cilindro debido a dos factores:

- El calor aportado por los calefactores que recubren el cilindro.
- La fricción provocada por el material sobre las paredes, el cual es empujado por el husillo.



1.2 Procesos de transformación del plástico

En la actualidad son muchos los procesos de fabricación de plásticos que existen, dependiendo del tipo de producto que se quiera realizar, su forma, su finalidad etc.

Los procesos de transformación de plásticos podemos clasificarlos de la siguiente forma:

Procesos primarios: El plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por estado líquido y finalmente se solidifica.

Procesos secundarios: En estos procesos se utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el producto final sin que se produzca su fusión.

Procesos Primarios	Procesos Secundarios
Extrusión	Termoformado
Inyección	Doblado
Soplado	Corte
Calandreo	Torneado
Rotomoldeo	Barrenado
Compresión	

Tabla 1.1 Procesos de transformación de plásticos. (Fuente: [2])

En nuestro caso vamos a estudiar el proceso de inyección, del cual hablaremos detalladamente a continuación.

1.3 La inyección de plásticos

La inyección es un proceso apropiado para piezas de gran consumo, debido a que podemos transformar la materia prima en un producto acabado en un solo paso.

Es importante para este proceso tener controlado el tiempo que se tarda en fabricar un determinado número de piezas.

El proceso consiste en fundir un material plástico, el cual se encuentra en forma de gránulos. Este debe encontrarse en las condiciones adecuadas, para eso, se somete a una



serie de procesos en los cuales se modifica su temperatura y presión. El objetivo es inyectar el plástico en un molde, el cual tiene la forma deseada, donde se enfriará hasta solidificarse adquiriendo dicha forma.

Algunas de las características más importantes del proceso de inyección son:

- Obtenemos la pieza en una única etapa.
- No necesitamos prácticamente procesos de acabado.
- Podemos automatizar el proceso.
- Es un proceso rápido.
- Podemos obtener formas complejas.
- Es el proceso más utilizado en la industria de transformación de plásticos.
- Usado para termoplásticos y algunos termoestables y elastómeros.

Es un proceso físico y reversible, en el que se funde una materia prima llamada termoplástico, por el efecto del calor, en una máquina llamada inyectora. Esta máquina inyecta el plástico fundido dentro de las cavidades huecas de un molde, a una determinada presión, velocidad y temperatura. Transcurrido un cierto tiempo, el plástico fundido en el molde va perdiendo su calor y volviéndose sólido adquiriendo la forma deseada. El resultado es una pieza de plástico sólido con las formas y dimensiones similares a las partes huecas del molde.

Es un proceso físico debido a que no existe variación en la composición química del termoplástico.

Es reversible debido a que el termoplástico después del proceso tiene las mismas características que al principio. Por lo que podemos triturar la pieza y repetir el proceso con ese material. Aunque en la práctica, el plástico puede llegar a degradarse y perder algunas de sus propiedades. Se reutiliza mezclándolo en un pequeño porcentaje junto con material nuevo.



1.4 Máquinas de inyección y características

Para entender el proceso de inyección de plásticos debemos de tener algunos conceptos propios de las máquinas, como son: la capacidad de inyección, capacidad de plastificación, presión de inyección máxima, fuerza de cierre máxima y velocidad de inyección máxima.

1.4.1 Capacidad de inyección

La capacidad de inyección es la cantidad máxima de material que una máquina es capaz de inyectar de una sola vez en un molde a una presión determinada. La capacidad de inyección no da una idea de las posibilidades de la máquina.

En ocasiones también se expresa la capacidad de inyección de la máquina como el volumen barrido por el husillo en su recorrido hacia adelante.

Este parámetro viene definido por el diámetro y la carrera del husillo, el tipo de molde utilizado, la temperatura que alcanza el polímero fundido, la presión a que se inyecta y otras variables.

En moldes que son difíciles de llenar, la capacidad real de inyección de la máquina es siempre algo menor que la indicada por el fabricante.

Normalmente la unidad de inyección se escoge de forma que este sea capaz de contener material suficiente para dos ciclos. Es decir, debería de vaciarse el 50% de la capacidad de inyección en cada ciclo. Otro parámetro recomendado es no introducir una cantidad inferior al 20% ni superior al 80%, con el objetivo de que el tiempo de permanencia del plástico dentro del molde no sea excesivo.

1.4.2 Capacidad de plastificación

Este es otro dato importante para evaluar las posibilidades de una máquina de inyección. Se puede definir como la cantidad máxima de material que la máquina es capaz de plastificar por unidad de tiempo. Entendemos por plastificar la acción de calentar el polímero hasta que este alcanza una temperatura a la que pueda ser inyectado.

La capacidad de plastificación depende de la eficacia de calefacción de la cámara de plastificación y de las propiedades térmicas del polímero que se calienta.

1.4.3 Presión de inyección

La presión de inyección necesaria durante la fase de llenado es una consecuencia entre otras variables de la velocidad de inyección programada, de la viscosidad del material, los espesores, el recorrido de flujo...

La presión de inyección debe de ser suficiente para conseguir las velocidades deseadas y obtener el tiempo de llenado deseado.

Podemos definir la presión de inyección como la presión en la parte delantera del tornillo.

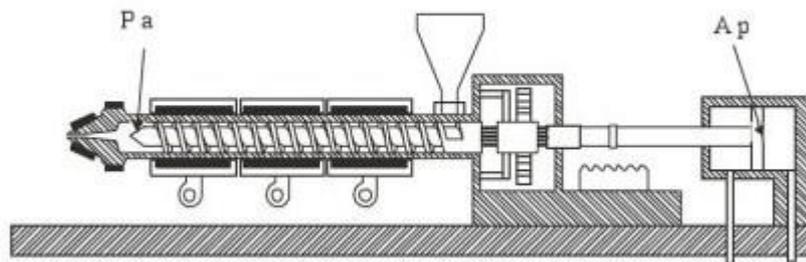


Ilustración 1.3 Presión de inyección. (Fuente: [1])

$$P \cdot a = p \cdot A \rightarrow P = p \cdot \frac{A}{a} \quad (1.1)$$

Ecuación 1.1 Presión de inyección

A/a es una característica de construcción de la máquina.

1.4.4 Velocidad de inyección

Con la velocidad de inyección nos referimos al caudal de inyección, esto es la cantidad de material que sale por unidad de inyección, y se mide en cm³/s.

Mide la rapidez con la que puede llenarse un molde y viene determinada por la velocidad de avance del tornillo.



1.4.5 Fuerza de cierre

La fuerza de cierre es la fuerza que mantiene unidas las dos mitades del molde mientras se llena su cavidad. Y viene determinada por la siguiente fórmula.

$$F_C = \frac{P_i \cdot S_p \cdot F_f}{1000} \quad (1.2)$$

Ecuación 1.2 Fuerza de cierre

Donde:

Fc: Fuerza de cierre (Tm)

Pi: presión de inyección (kg/cm²)

Sp: superficie de la pieza proyectada (cm²)

Ff: Factor de corrección por viscosidad.

Material	Ff
PE, PS, PP	1
PA	1,2 – 1,4
ABS	1,3 – 1,4
PMMA	1,5 – 1,7
PC	1,7 – 2,0

Tabla 1.2 Factor de corrección por viscosidad para diferentes materiales. (Fuente: [3])

A continuación, vamos a ver un esquema de una máquina de inyección de tornillo recíprocante y los componentes que la forman:

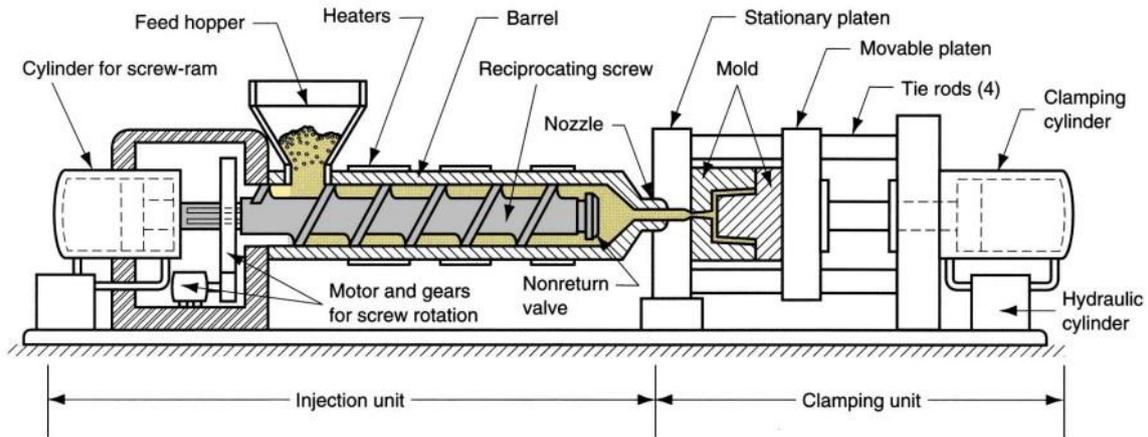


Ilustración 1.4 Máquina de inyección de plástico de tornillo recíprocante. (Fuente: [4])

En una máquina de inyección de tornillo recíprocante podemos diferenciar dos unidades:

En primer lugar, la unidad de inyección formada por:

- Un cilindro el cual es el encargado de realizar el empuje del tornillo hacia adelante.
- Una tolva donde se introducen los granos de plástico secos.
- Un motor y un sistema de engranajes los cuales hacen girar el tornillo.
- El propio tornillo inyector el cual debido a su geometría y movimiento provoca el desplazamiento del plástico hacia la boquilla.
- El barril, que es el cilindro que envuelve el tornillo y por donde circula el plástico.
- Los calentadores, los cuales se encuentran rodeando el cilindro o barril y provocan la plastificación del plástico.
- Y por último la boquilla, por donde se introduce el plástico fundido y conecta con el molde.

En segundo lugar, la unidad de extracción formada por:

- La platina estática, está en contacto con la boquilla y es la que sujeta la parte fija del molde.
- La platina móvil, sujeta la parte móvil del molde, provoca la apertura del molde.



- El molde.
- Los expulsores, los cuales una vez está el molde abierto, estos empujan la pieza para extraerla.
- Cilindro de extracción, provoca la apertura del molde.

1.5 El ciclo de inyección

El ciclo de inyección se basa en una serie de operaciones que siguen un orden que se repite para cada una de las piezas, este se divide en seis etapas:

1. Cierre del molde:

Con esta etapa se inicia el ciclo, con la cual luego se recibirá la inyección del material plastificado. En esta fase se aplica la fuerza de cierre, que es la necesaria para que el molde se mantenga cerrado durante la inyección.

2. Inyección:

En esta etapa se fuerza al material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde con una determinada presión de inyección.

a) Fase de llenado:

La finalidad de esta fase es llenar el molde con una cantidad suficiente de material. Hay que considerar las siguientes variables:

- Velocidad de inyección.
- Presión de inyección.
- Temperatura del material.

Cuando ha sido transportado material suficiente la presión del molde crece hasta un valor máximo, llenando completamente las cavidades. De esta forma gracias al efecto de la fuerza de cierre las dos mitades del molde se mantienen completamente presionadas.

La fase de enfriamiento comienza simultáneamente con la de llenado, el material desde que entra en la pieza comienza a enfriarse.



El material se contrae durante este enfriamiento, por lo que hay que añadir más material para que el volumen de la pieza esté completo. En la fase de enfriamiento la presión dentro del molde va disminuyendo. En esta fase el objetivo es alimentar con la cantidad suficiente de material además de compensar las contracciones.

b) Fase de mantenimiento:

Esta fase concluye cuando la presión alcanza la del entorno. En la fase de mantenimiento quedan determinadas ciertas características de la pieza final como el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas.

Las variables que debemos de tener en cuenta en esta fase son:

- Tiempo de mantenimiento.
- La temperatura del molde.
- Nivel de presión de mantenimiento.
- Ajuste del tiempo de mantenimiento.

El objetivo es obtener una pieza con la estabilidad dimensional y la compactación adecuadas, además buscamos la ausencia de deformaciones y unas buenas propiedades mecánicas.

La presión de mantenimiento es más baja que la presión de inyección. Esta presión junto con el tiempo de mantenimiento debe de ser adecuados. Si tenemos una presión demasiado baja o un tiempo demasiado bajo obtendremos una pieza defectuosa.

Siempre debemos de tener un porcentaje de material mayor al que necesitamos, el cual queda en la cámara de inyección, una pequeña parte de material es inyectada para compensar la contracción y el resto queda está facilitar que la presión sea transmitida entre el tornillo y la cavidad.

3. Plastificación y enfriamiento:

El material va pasando de la tolva a la cámara de inyección debido al giro del usillo, el usillo comienza a girar después de aplicar la presión de mantenimiento. La plastificación se



produce debido a la fricción que tiene este con el tornillo y también por unos calentadores que se encuentran rodeando al cilindro. En esta fase el tornillo va retrocediendo hasta una posición determinada y el material plastificado acumulándose en la parte delantera. A la vez que ocurre esto el material que ha sido anteriormente inyectado en el molde se está enfriando. Cuando ya está todo preparado para inyectar la siguiente pieza comienza la fase de llenado.

En la fase de enfriamiento el volumen disminuye progresivamente con la disminución de la temperatura, cuando se alcanza la temperatura de solidificación se produce una fuerte disminución del volumen. La cristalización finaliza cuando se alcanza la temperatura del molde.

En esta fase también intervienen otros factores importantes como:

- **La velocidad de giro del husillo.**

La escogemos en función del diámetro del husillo y de la viscosidad del material.

- **La contrapresión.**

Su función principal es garantizar una adecuada plastificación y homogenización del material además de frenar el retroceso del del husillo en la etapa de plastificación.

- **La succión.**

Se utiliza para reducir o evitar el goteo de material. Normalmente se trabaja con compresiones pequeñas o nulas.

4. Apertura del molde y extracción de la pieza:

Esta fase ocurre después de la de enfriamiento, cuando se considera que la pieza ha alcanzado la temperatura de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza.



1.6 Variables importantes en el proceso de inyección

Hay muchos factores que afectan a la hora de llevar a cabo el proceso de inyección, ya sea factores que afectan de forma directa o indirecta. Para conseguir un resultado óptimo es importante conocer estos factores.

Hay que tener muy en cuenta las siguientes variables:

- Temperaturas: Tanto de inyección como del molde.
- Distancia de carga para el llenado del 99% del molde en la inyección.
- Tiempos: De inyección, de plastificación, de mantenimiento, de movimiento, de expulsión, de ciclo, etc.
- Presiones: De inyección, de mantenimiento, contrapresión en la plastificación.

Existe una interdependencia de estas cuatro variables, de modo que cada una depende de las demás. Si cambiamos alguna, las demás se verán afectadas.

1.7 Defectos y métodos preventivos

Los errores estructurales tanto de la pieza inyectada como del molde son a menudo la razón por la cual el molde no puede conseguir la calidad requerida de la pieza, aunque cambiemos los parámetros del proceso.

Uno de los principales factores que es vital a la hora de obtener una pieza inyectada, es la contracción de esta. La pieza final va a presentar un pequeño error, el cual debemos tener en cuenta para que las dimensiones sean las correctas. A continuación, vamos a ver el porcentaje de contracción que sufre la pieza en función del material que utilicemos:

Contracción en %	
PP	1.4-2.0
LDPE	1.5-3.0
HDPE	2-3
SAN	0.4/0.6

ABS	0.4/0.6
POM	2
PBT	1.5/1.5
PA 6.6	1.0-2.0
PA 6	1-1.5

Tabla 1.3 Valores de contracción. (Fuente: [5])

Otros defectos que pueden aparecer son:

- **Rebabas:** Material que sobresale en el plano de cierre del molde, esto aparece por una fuerza de cierre insuficiente o por un defecto en el alineamiento del molde.

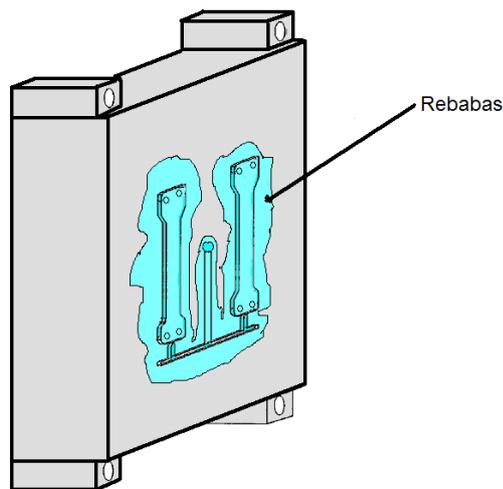


Ilustración 1.5 Formación de rebabas. (Fuente: [6])

- **Falta de llenado:** Esto ocurre por los siguientes motivos:
 - Un error en la dosificación del material.
 - Una solidificación excesivamente rápida del material por una velocidad de inyección demasiado baja.
 - Una baja presión de inyección.
 - Falta de fluidez en el material.

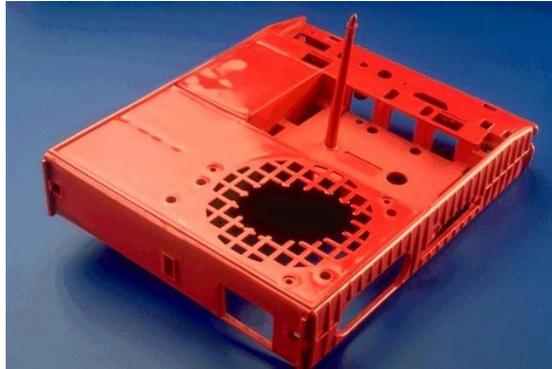


Ilustración 1.6 Defecto por falta de llenado. (Fuente: [7])

- **Rechupes:** Este defecto ocurre por los siguientes motivos:
 - Falta de aportación de material durante la contracción.
 - Crítico en zonas con mucho espesor.



Ilustración 1.7 Defecto por rechupe. (Fuente: [7])

- **Líneas de soldadura:**

- Se forman cuando se encuentran dos frentes de flujo excesivamente fríos y no se mezclan adecuadamente.

Este defecto ocasiona defectos tanto visuales como mecánicos en las piezas.

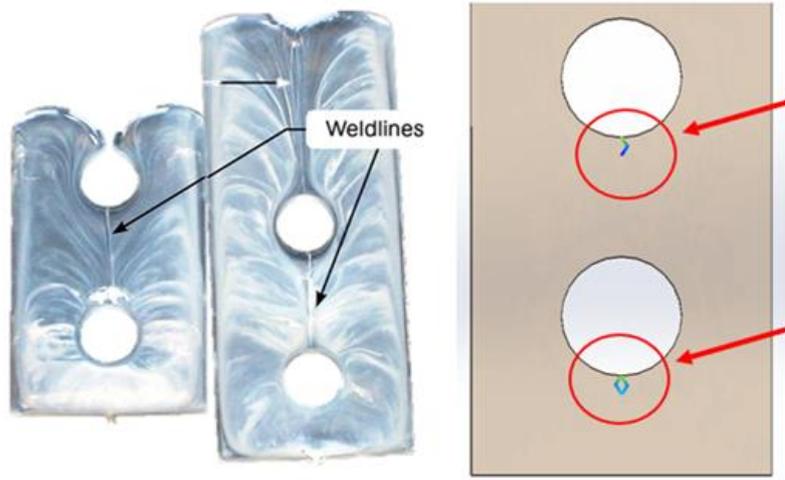


Ilustración 1.8 Líneas de soldadura. (Fuente: [8])

- **Efecto jetting:**

Se trata de un cordón de plástico que entra en la cavidad con movimiento incontrolado, sin entrar en contacto con la pared del molde.

El plástico se extiende formando pliegues y posteriormente el resto de plástico fundido lo cubre creando falta de homogeneidad, deformaciones y tensiones internas.

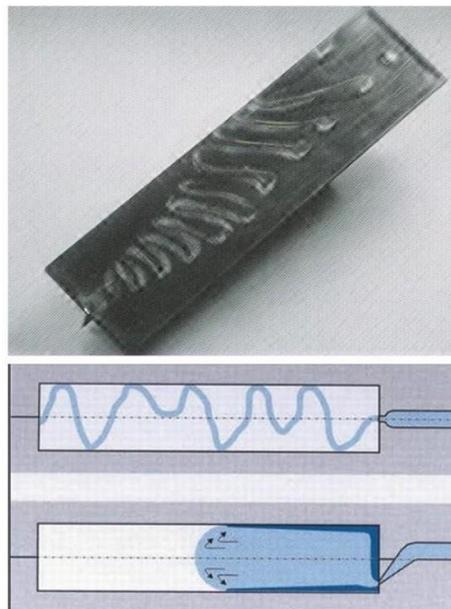


Ilustración 1.9 Efecto jetting. (Fuente: [7])

Efecto diésel: Se trata de pequeñas marcas oscuras (quemaduras) originadas por el aire que queda atrapado en la cavidad del molde.



Ilustración 1.10 Efecto diésel. (Fuente: [7])

Marcas de expulsores: Este defecto ocurre en todas las piezas de inyección, pero se puede apreciar en mayor medida cuando se dan las siguientes condiciones:

- Excesiva velocidad o presión de los expulsores.
- Desmoldeo prematuro.

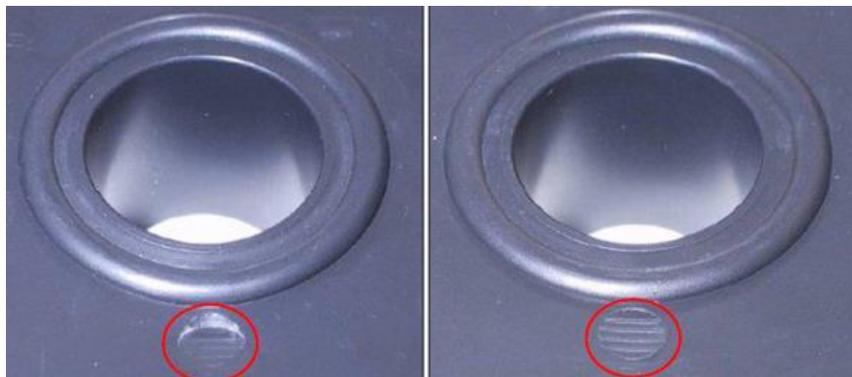


Ilustración 1.11 Marcas de los expulsores. (Fuente: [7])

Burbujas: Pueden ser de dos tipos:

- Gas atrapado, que contiene aire, vapor de humedad o gases de descomposición del polímero o los aditivos.
- Espacios vacíos, generalmente en las secciones gruesas.

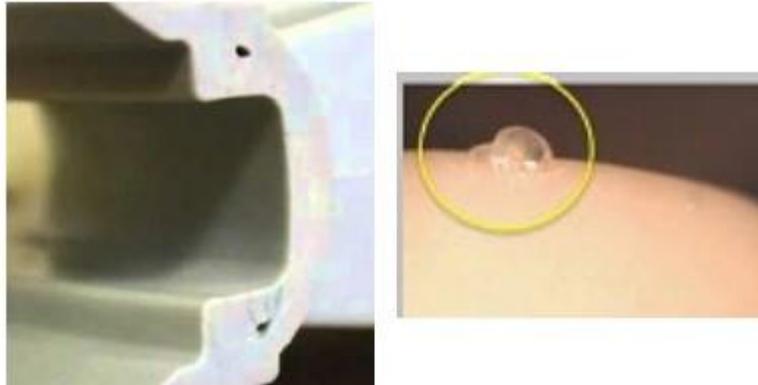


Ilustración 1.12 Formación de burbujas. (Fuente: [7])

1.8 Los plásticos

Los plásticos son sustancias químicas denominadas polímeros de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización.

El plástico adquiere este nombre debido a que pueden alcanzar el estado plástico, este estado es cuando el material está en estado viscoso o fluido y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos. Este estado se consigue calentándolo generalmente y es ideal para los diferentes productivos, ya que en este estado es cuando podemos manipularlo y darle forma.

Según su comportamiento al calor, éstos pueden clasificarse en:

Termoplásticos:

Son polímeros que se pueden plastificar de manera reiterada con la acción del calor y volver a endurecer cuando se enfría. Soportan ciclos de calentamiento y enfriamiento, son fáciles de procesar y son más caros.

Algunos son: Polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC).

Termoestables:



Son polímeros que se pueden fundir en su fase inicial, una vez ha solidificado, estos no pueden volver a plastificar, si aumentamos su temperatura estos se descomponen. Poseen una estructura tridimensional muy compleja, tienen buenas propiedades a elevadas temperaturas, alta resistencia química, rigidez y dureza superficial, no soportan ciclos de calentamiento y enfriamiento.

Algunos de ellos son: Poliuretanos reticulados (PUR), resinas de fenol-formaldehído (fenoplásticos), resinas de amina-formaldehído (aminoplásticos).

Elastómeros:

Es un polímero que tiene la característica de ser muy elástico pudiendo recuperar su forma después de ser deformado. Son el material básico de fabricación de otros materiales como la goma, ya sea natural o sintética, y para algunos productos adhesivos. Podemos decir que es un caso intermedio entre los anteriores.

1.9 Códigos de identificación de los plásticos

Existe un sistema de codificación para clasificar la gran variedad de plásticos que hay. Los productos llevan un símbolo de reciclado  con el código correspondiente en medio según el material.

En la siguiente imagen (Ilustración 1.13), podemos ver los diferentes plásticos con sus códigos, las propiedades y sus principales usos:

Símbolo	Tipo de Plástico	Propiedades	Usos Comunes
 PET	PET PolietilenTereftalato (Polyethylene Terephthalate)	Contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, propiedades barreras, ligereza y resistencia química.	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos (aderezos, mermeladas, jaleas, cremas, farmacéuticos, etc.)
 HDPE	HDPE Polietileno de alta densidad (High Density Polyethylene)	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a los 75°C	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
 PVC	PVC Policloruro de vinilo (Plasticised Polyvinyl Chloride PCV-P)	Es duro, resistente, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, se suaviza a los 80°C. Flexible, claro, elástico, puede ser utilizado con solventes.	Envases para plomería, tuberías, "blister packs", envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
 LDPE	LDPE Polietileno de baja densidad (Low density Polyethylene)	Suave, flexible, traslucido, se suaviza a los 70°C, se raya fácilmente.	Película para empaque, bolsas para basura, envases para laboratorio.
 PP	PP Polipropileno (Polypropylene)	Difícil pero aún flexible, se suaviza a los 140°C, traslucido, soporta solventes, versátil.	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
 PS	PS Poliestireno (Polystyrene)	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se suaviza a los 95°C. Afectado por grasas y solventes.	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases cosméticos.
 PS-E	PS-E Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene)	Esponjoso, ligero, absorbe energía, mantiene temperaturas	Tazas para bebida calientes, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil
 OTHER	OTHER Otros (SAN, ABS, PC, Nylon)	Incluye de muchas otras resinas y materiales. Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos.	Auto partes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques.

Ilustración 1.13 Códigos, propiedades y usos de los plásticos. (Fuente: [9])

1.10 Aditivos

Los aditivos son sustancias que se incorporan en los materiales plásticos y que les dotan de ciertas propiedades en cuanto a resistencia, adaptabilidad a factores externos o simplemente en su estructura y características físicas.



Función del aditivo	Tipo de aditivo
Aditivos que facilitan el procesado.	Estabilizantes Lubricantes
Aditivos que modifican las propiedades mecánicas.	Plastificantes Cargas reforzantes Modificaciones de impacto
Aditivos que disminuyen costos de las formulaciones.	Cargas Diluyentes y extendedores
Modificadores de propiedades superficiales	Agentes antiestáticos Aditivos antideslizamiento Aditivos antidesgaste Promotores de adhesión
Modificadores de propiedades ópticas	Pigmentos y colorantes Agentes de nucleación
Aditivos contra el envejecimiento	Estabilizantes contra la luz UV Fungicidas
Otros	Agentes espumantes Retardantes de llama

Tabla 1.4 Aditivos para plásticos. (Fuente: [10])

2 Aspectos generales en el proceso de diseño

2.1 Factores a tener en cuenta en el diseño

Es importante realizar un previo análisis sobre determinados factores para obtener un buen resultado, estos factores son, las características del material, el diseño de la pieza, la transformación del material.

Debemos de tener en cuenta todos los aspectos, procesos y elementos que intervendrán a la hora de llevar a cabo la formación de la pieza, la cual se consolidará en un molde que dispone de colada, canales, punto de inyección, plano de partición, salidas de gases, canales de refrigeración en algunos casos, etc.

Las dimensiones de la pieza final tienen que coincidir con las previstas y cumplir unas tolerancias admisibles que dependerá de la función que cumpla la pieza.

Tenemos que procurar que la presión sea igual en toda la cavidad del molde para conseguir unas tensiones y unas deformaciones mínimas.

A continuación, se muestra una gráfica donde se ve la acción de la presión frente a las contracciones:

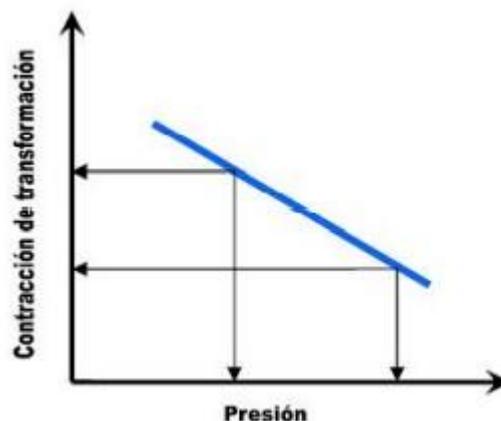




Ilustración 2.1 Relación contracción-presión

La siguiente expresión es una aproximación a la pérdida de presión en el interior de la cavidad de un molde, esta es la Ley de Hagen-Poiseuille:

$$\Delta P \approx \frac{V * L * \eta}{s^4} \quad (2.1)$$

Ecuación 2.1 Ley de Hagen-Poiseuille

V: Caudal de la masa fundida.

L: Longitud de recorrido del flujo.

η : Viscosidad de la masa.

s: Espesor de las paredes.

Con esto podemos llegar a algunas conclusiones en cuanto a la pérdida de presión:

Aumenta la pérdida de presión cuando:

- Aumenta la longitud del recorrido del flujo L.
- Aumenta la viscosidad η .
- Disminuye el espesor de las paredes s.

En las fases de diseño de la pieza es donde hay que prever todos estos factores.

2.2 Punto de inyección

La ubicación de los ataques o puntos de inyección en la pieza es una tarea que debemos de analizar con detalle, debido a que nos va a influir en cuanto a la calidad de la pieza y al tiempo de llenado.

Tendremos en cuenta algunas pautas para ubicar el punto correctamente, siempre que podamos:

- Lo ubicaremos cerca del centro geométrico de la pieza. Se debe colocar de tal forma que el material fluya por una sección transversal constante o decreciente.
- Lo ubicaremos de forma que se produzcan las menores líneas de soldadura y evitaremos que esté cerca de geometrías complejas.

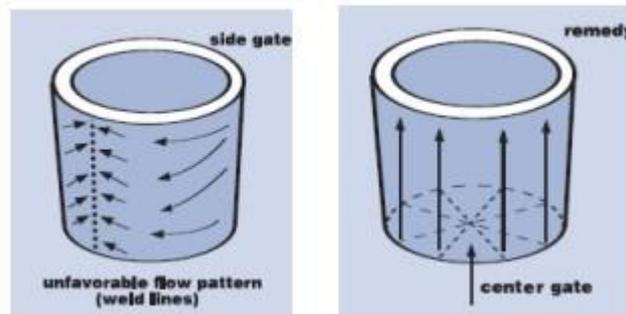


Ilustración 2.2 Efecto de la ubicación de la entrada en las líneas de soldadura.

- También afecta a la contracción del material, la cual es mayor en la dirección perpendicular del flujo, por eso procuraremos que esté lo más centrado posible.

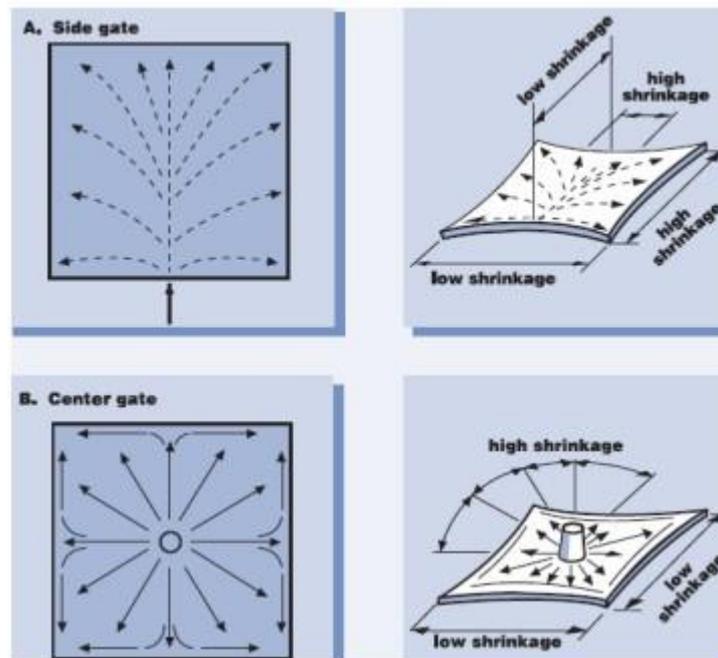


Ilustración 2.3 Efecto de la ubicación de la entrada en la contracción.

2.3 Selección del material

La selección del material es un paso importante debido a que cada uno tiene unas determinadas propiedades y un determinado coste, por lo que debemos de analizar la función que va a cumplir nuestra pieza para ajustarnos a los mejores parámetros, tenemos que optimizar en cuanto a propiedades y coste. No hay que olvidar que también buscamos materiales sostenibles y reciclables con un alto índice de fluidez y un punto de fusión adecuado para los procesos de inyección.

Analizaremos algunos materiales y veremos cual se adapta mejor a la pieza que vamos a fabricar, la cual será expuesta más adelante.

2.3.1 Polietileno (PE):

Es un termoplástico translúcido cuando está en lámina, es flexible, resistente a los rayos x y a los agentes químicos, sin embargo, son permeables a los hidrocarburos, alcoholes y gases

Hay dos tipos según su densidad:

- HDPE: Polietileno de Alta densidad.
- LDPE: Polietileno de baja densidad.

Codificación internacional:



HDPE

Ilustración 2.5 Polietileno de alta densidad.



LDPE

Ilustración 2.4 Polietileno de baja densidad.

Usos:

Láminas, bolsas, tuberías, revestimientos aislantes, tapones, tapas, envases, juguetes.

2.3.2 Polipropileno (PP)

Propiedades:

Es un termoplástico con baja densidad, tiene una alta rigidez, es resistente a los rayos X, es poco permeable al agua, resiste altas temperaturas y es también es resistente a los golpes.

Codificación internacional:



Ilustración 2.6 Polipropileno.

Usos:

Parachoques, carrocerías moldeadas, frascos, muebles de jardín, prótesis, artículos domésticos, baterías.

2.3.3 Poliestireno (PS)

Propiedades:

Es un termoplástico, tiene buenas propiedades ópticas y eléctricas, es fácil de teñir, es transparente en lámina y no es tóxico, es resistente a los rayos X, a los aceites y a las grasas.

Codificación internacional:



Ilustración 2.7 Poliestireno.

Usos:

Maquinillas de afeitar, revestimiento de muebles, difusores ópticos, utensilios de cocina, envases, aislamiento térmico, juguetes.

2.3.4 Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

Propiedades:

Es un termoplástico opaco y un polímero amorfo, su principal propiedad es la alta resistencia a los impactos y su dureza, también es resistente a altas temperaturas, tiene una gran fluidez.

Usos:

Impresión 3D, teclados, juguetes, carcasas de herramientas eléctricas, enchufes de pared, piezas de computadoras, piezas de automóviles, carcasas de electrodomésticos.

2.3.5 Policloruro de vinilo (PVC)

Propiedades:

Es un termoplástico con una rigidez elevada, muy poco permeable, tiene baja densidad y es resistente a temperaturas elevadas, a los golpes y los rayos X.

Codificación internacional:



Ilustración 2.8 Policloruro de vinilo. (Fuente:[11])

Usos:

Industria química y automoción, revestimiento de suelos, contraventanas y puertas plegables, maletas, artículos domésticos, aislamiento de cables, tuberías de agua, envases, artículos de deporte y acampada.



2.3.6 Ácido poliláctico (PLA)

Propiedades:

El Ácido Poliláctico se obtiene a partir de materias primas provenientes de la naturaleza, como el almidón de maíz, este plástico es ecológico, renovable y biodegradable bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad.

Tiene una alta resistencia y flexibilidad, soporta los rayos ultravioletas y tiene una baja inflamabilidad, es inodoro, permeable y fácil de manipular, tiene una baja densidad.

Usos:

Todo tipo de envases, tarrinas, bandejas alimentarias, tapas, cápsulas mono uso.

2.3.7 Material seleccionado

Tras realizar un análisis de diferentes plásticos, viendo sus características y usos nos hemos decantado por utilizar el PP, ya que es el idóneo para una pieza de uso cotidiano y general.

La ficha técnica se adjunta en el .

Como segunda opción se ha cogido el ABS cuya ficha técnica también se adjunta en el Anexo 1.

2.4 Flujo del plástico

Idealmente una pieza debería de llenarse desde el punto de inyección y que el material llegue de forma uniforme a el resto de los puntos de la pieza, con un flujo uniforme y una distribución de presiones buena, pero esto no siempre podemos conseguirlo. Podemos modificar algunos parámetros para acercarnos al caso más ideal:

- Podemos utilizar más de un punto de inyección, aunque se producirán líneas de unión.
- Podemos modificar la ubicación del punto de inyección o modificar la sección transversal de la pieza para regular la distribución de la presión.

- Podemos aumentar el grosor si queremos un flujo más rápido o disminuirlo para restringirlo. Debemos añadir donde exista una mayor longitud de flujo, y restringirlo donde sea menor dicha longitud.

2.5 Líneas de unión

Debemos de tener en cuenta la formación de las líneas de unión o también llamadas líneas de soldadura, estas son las líneas que se forman cuando dos flujos de material se encuentran, justo en esos puntos se forman estas líneas.

Su formación depende de la geometría de la pieza y a veces son inevitables, pero otras veces podemos conseguir que no se formen ya sea bien moviendo el punto de inyección o modificando la geometría de la pieza.

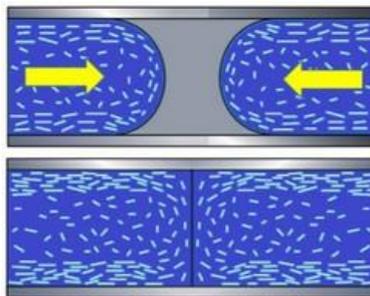


Ilustración 2.9 Línea de soldadura. (Fuente:[12])

Como vemos en la *Ilustración 1.8*, la ubicación del punto de inyección es muy importante a la hora de evitar este defecto.

En el caso de posibles cavidades (corazones) que pueda tener la pieza, podemos diseñar unos alivios, con esto evitamos que los flujos se encuentren en nuestra pieza y pasen a encontrarse en los alivios, por lo que la línea de soldadura se formará ahí, (*Ilustración 2.10*).

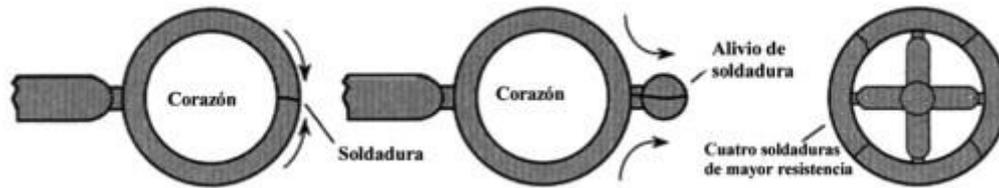


Ilustración 2.10 Método para evitar las líneas de soldadura mediante alivios.

2.6 Contracción

Debemos de prever la contracción que sufre la pieza durante la fase de enfriamiento para obtener las dimensiones deseadas.

Para corregir esta contracción la figura de la pieza mecanizada en el molde deberá de tener aplicada la contracción en sentido inverso.

Las contracciones en la dirección de llenado vamos a tener un mayor grado de contracciones que en la dirección perpendicular a la dirección del flujo.

Existen unos parámetros para poder prever la contracción de forma aproximada en función del material

Podemos calcular la contracción con las especificaciones técnicas que nos da el cliente, o en caso de no tenerlas podemos calcularla de forma experimental con la siguiente fórmula:

$$VS = \left(1 - \frac{L_F}{L_W}\right) \cdot 100 \quad (2.2)$$

Ecuación 2.2 Contracción tórica experimental de la pieza inyectada (%). (Fuente:[5])

VS (%): Contracción de la pieza.

L_F (mm): Dimensiones del molde a $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

L_W (mm): Dimensiones de la pieza después de 16 horas de su inyección a temperatura ambiente.

Para calcular el factor de corrección que debemos aplicar en nuestro caso, como hemos escogido el PP, utilizamos un VS de 1.5% (Tabla 1.3), por lo que:



$$\frac{L_F}{L_W} = \frac{1}{1 - \frac{VS}{100}} = \frac{1}{1 - \frac{1.5}{100}} = 1.015 \quad (2.3)$$

Ecuación 2.3 Factor de corrección del molde.

2.7 Espesores de las paredes

A la hora de diseñar la pieza debemos tener en cuenta el espesor de esta. Este debe de ser lo más constante posible a lo largo de toda la pieza y debe de tener un valor adecuado.

El espesor va a influir en el flujo del plástico cuando éste entre en el molde. Analizaremos su comportamiento con un software de simulación de inyección, pero podemos estimar un valor en función del material en la siguiente tabla:

MATERIAL	ESPESOR (mm)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Plástico			
Resina Acetática	0.38	1.6	3.2
ABS	0.76	2.3	3.2
Acrílicos	0.65	2.4	6.5
Poliamidas	0.4	1.6	9.0
Policarbonatos	1.0	2.5	9.5
PE de Baja densidad	0.5	1.5	6.5
PE de Alta densidad	0.9	1.5	6.5
PP	0.6	2.0	8.0
SAN	0.7	1.6	6.5
PVC	1.0	2.5	9.5

Tabla 2.1 Espesores recomendados de piezas en función del plástico utilizado. (Fuente: [13])

3 Introducción a 3DEXPERIENCE

3DEXperience es una plataforma colaborativa que trabaja en la nube. Esto significa que cualquier miembro del equipo en un proyecto puede acceder a los trabajos desde cualquier lugar, además de comunicarse con el resto del equipo.

Nos permite cambiar entre diferentes tareas y herramientas de forma sencilla, ya que contiene aplicaciones de diseño (CAD), análisis (CAE), mecanizado (CAM), además de aplicaciones para la gestión de recursos y planificación (CAPP), aplicaciones para gestión del marketing, aplicaciones para la gestión de vida del producto etc.

Permite mejorar el seguimiento del trabajo y mantener siempre la sincronización gracias a estar conectada a la nube en todo momento.

Las herramientas de trabajo de 3DEXperience están divididas en dominios, roles y aplicaciones.



Ilustración 3.1 División de las herramientas de trabajo de 3DEXperience. (Fuente: [14])

En cuanto a los dominios podemos encontrar cinco:

- Diseño e ingeniería.
- Simulación.
- Fabricación y producción.
- Marketing y ventas.
- Gobernanza.

Los roles son paquetes de aplicaciones que funcionan juntas. Tener un rol u otro permite acceder a permisos y accesorios de ciertas aplicaciones. Podemos ver diferentes roles en la Ilustración 3.2.

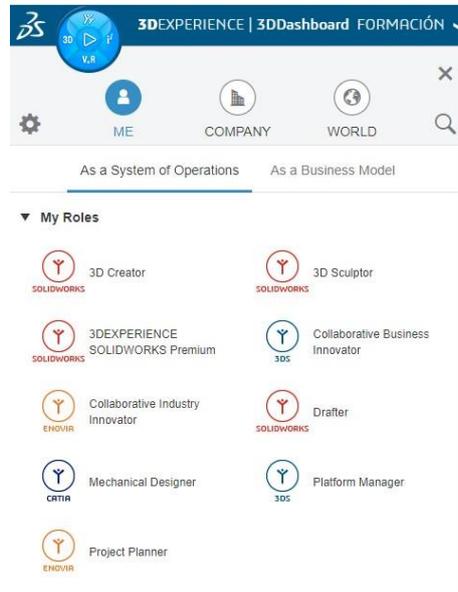


Ilustración 3.2 Roles de 3DExperience. (Fuente: [15])

En cuanto a aplicaciones tenemos una infinidad de ellas, aplicaciones sociales y colaborativas, aplicaciones de la inteligencia de la información, aplicaciones de simulación y aplicaciones de modelado 3D.

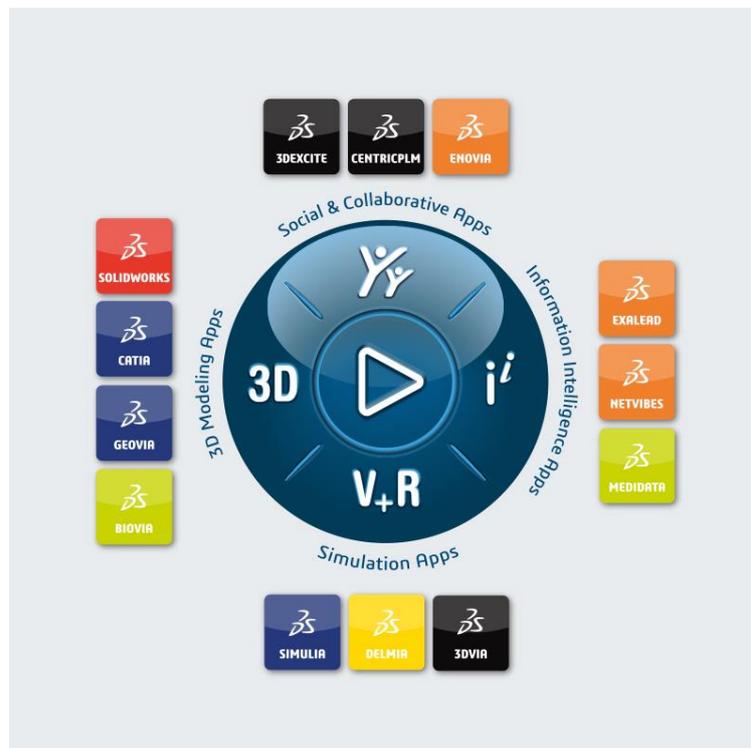
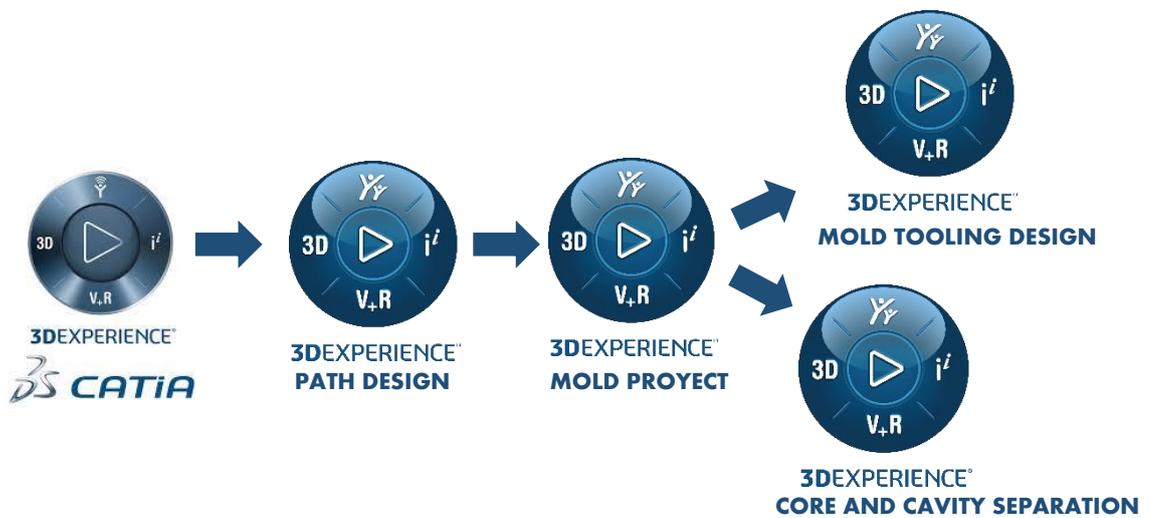


Ilustración 3.3 Aplicaciones de 3DExperience. (Fuente: [16])

Para el desarrollo de este trabajo hemos empleado la aplicación de modelado 3D de Catia. Dentro de estas aplicaciones encontramos muchas herramientas de trabajo. En este caso se ha utilizado la herramienta Path Design para el diseño de la pieza. Luego se ha creado un Mold Project desde donde se ha accedido a las herramientas de Core and Cavity separation y Mold Tooling Design.



4 Pautas del proceso y diseño del molde

4.1 Flujo de trabajo

Realizaremos el diseño del molde utilizando la plataforma de 3DEXPERIENCE. Para ello haremos el diseño de la pieza con la aplicación de dibujo de 3DEXPERIENCE, Part Design, una vez tengamos el modelo haremos la exportación en formato .STL para poder analizarla con un software de simulación de inyección como es Altair Inspire Mold. En la etapa de análisis y simulación comprobamos que el diseño es idóneo para la inyección y procederemos a comenzar el diseño del molde. Este lo realizamos con la aplicación de Mold Project de 3DEXPERIENCE, desde donde accederemos simultáneamente al resto de aplicaciones de 3DEXPERIENCE como son Core and Cavity y Mold Tooling Design, para poder completar todas las etapas hasta tener el diseño completo del molde.

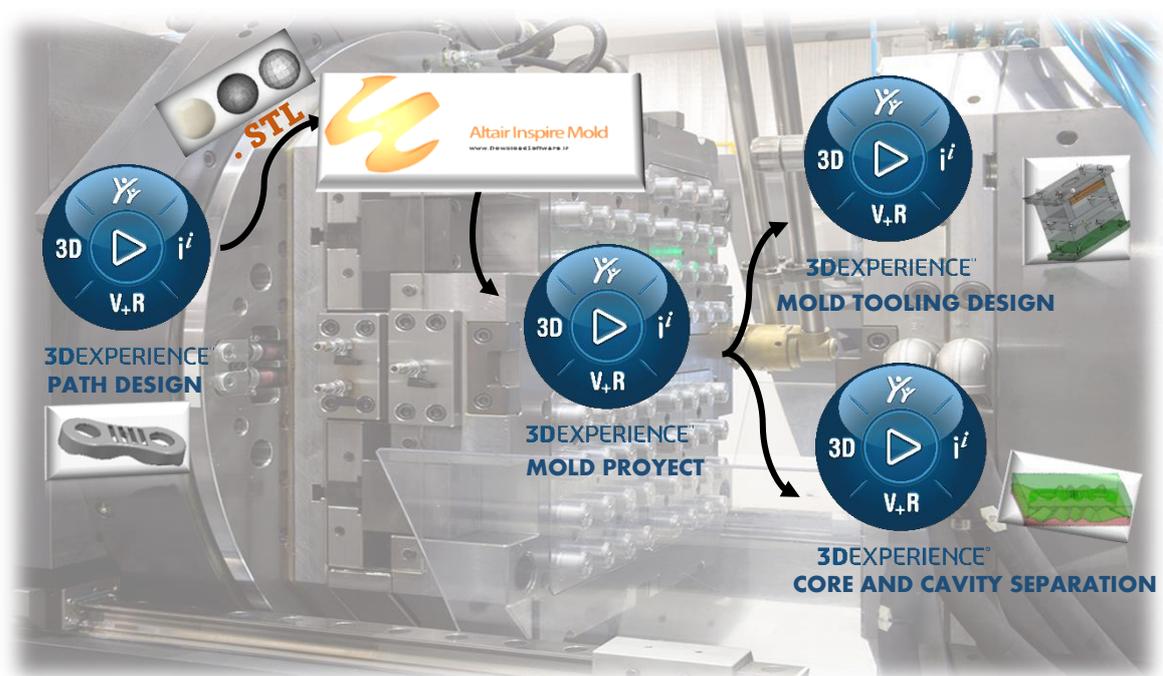
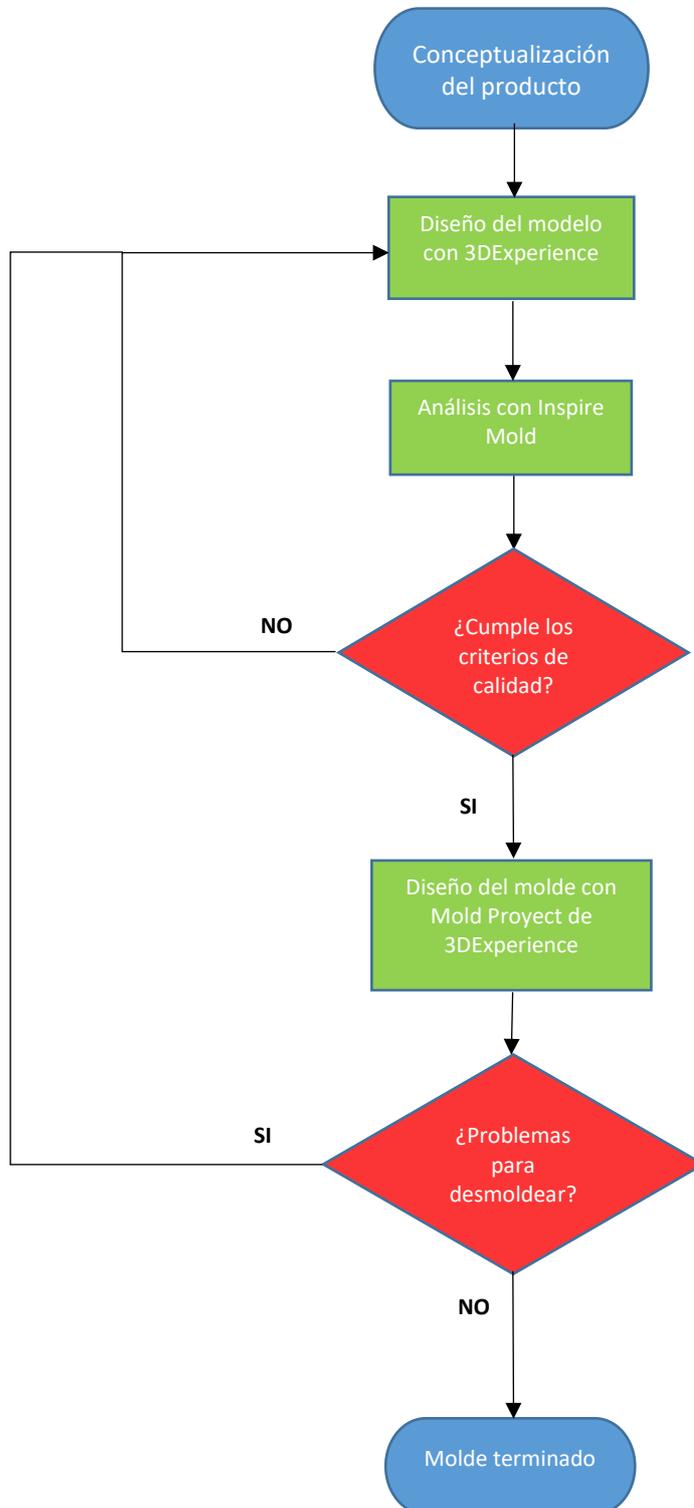


Ilustración 4.1 Secuencia de trabajo.

4.2 Diagrama de flujo del trabajo





4.3 Cálculo de la fuerza de cierre

La fuerza de cierre es un parámetro muy importante en la inyección de plásticos, este parámetro corresponde a la fuerza que deben de hacer los platos de la unidad de inyección para cerrar el molde. Es necesario calcular bien este valor para evitar defectos en la pieza, como pueden ser rebabas, variación de alguna dimensión. Es conveniente no tener ni una fuerza de cierre baja ni muy elevada.

Para calcular esta necesitamos conocer el área proyectada de la pieza, el recorrido de fluencia, el espesor de la pieza y un factor k_f que depende del material.

$$F_c = (k_f \cdot P_i) \cdot S_p \quad (4.1)$$

Ecuación 4.1 Calculo de la fuerza de cierre.

En la siguiente tabla vemos el factor k_f en función del material:

Material		k_f
PE, PS, PP	Polietilenos, Poliestirenos, Polipropilenos	1,0
PA	Poliamidas	1,2 - 1,4
ABS	Termopolímeros	1,3 - 1,4
PMMA	Polimetilmetacrilato	1,5 - 1,7
PC	Policarbonatos	1,7 - 2,0

Ecuación 4.2 Factor k_f en función del material. (Fuente: [3])

El área proyectada y el recorrido de fluencia podemos obtenerlo automáticamente desde 3DExperience o desde Altair Inspire Mold, en nuestro caso lo hemos obtenido desde Inspire Mold, y nos da un valor de 142,57cm³, lo podemos ver en la siguiente imagen:

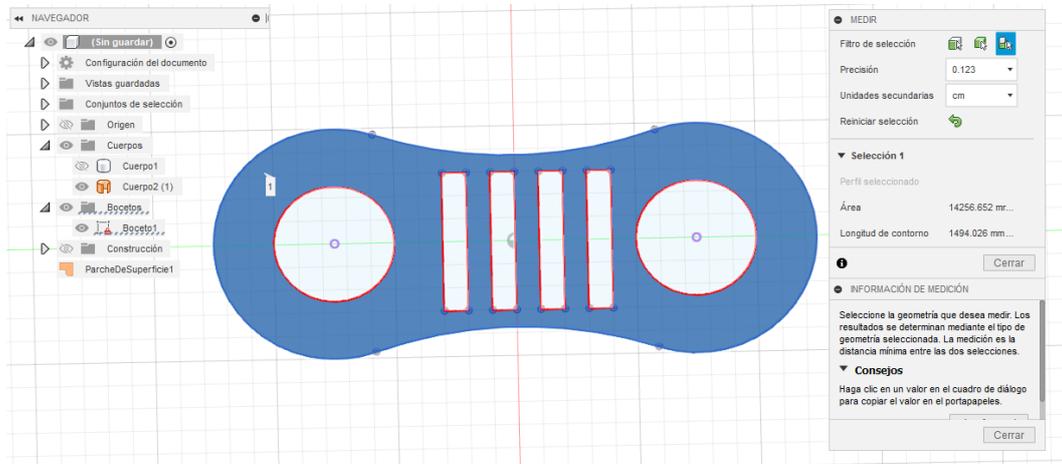


Ilustración 4.2 Área proyectada, Inspire Mold.

La longitud de fluencia es el recorrido máximo que realiza el flujo de plástico desde la entrada hasta un punto de la pieza, este podemos estimarlo en función de las dimensiones de la pieza en 208mm.

El espesor de la pieza es de 3mm.

A continuación, se muestra una gráfica donde calcularemos la presión de inyección, la cual depende del espesor de la pieza y del recorrido de fluencia:

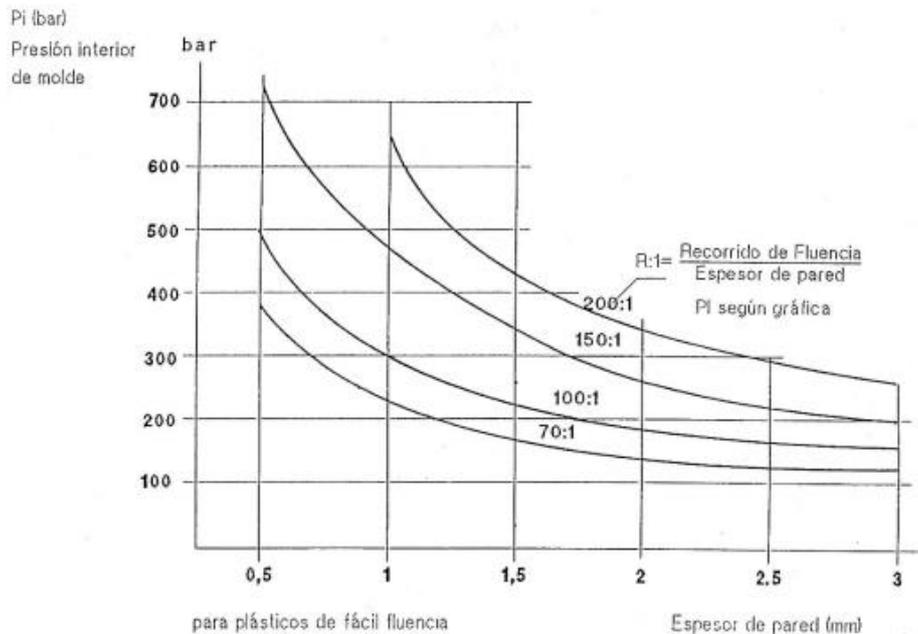


Ilustración 4.3 Cálculo de la presión de inyección. (Fuente:[3])

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores podemos calcular la fuerza de cierre, los resultados tanto para el PP como para el ABS podemos verlos en la siguiente tabla:

	Ap(cm ²)	Lf(mm)	kf	e(mm)	Pi(bar)	Fc(T)	Fmáx (Tn)
PP	142,57	208	1	3	130	18,5341	100
ABS	142,57	208	1,4	3	130	25,94774	

Tabla 4.1 Cálculo de la fuerza de cierre para el PP y para el ABS.

4.4 Especificaciones de la máquina de inyección

En la tabla que se muestra a continuación podemos ver las especificaciones de nuestra máquina.

Máquina Inyectora de pistón Hidráulico	
MATEU & SOLÉ Meteor 440/100H (Nº Máq. 806/106)	
SISTEMA DE CIERRE	Pistón directo
DIÁMETRO DEL HUSILLO	45mm
RELACIÓN L/D DEL HUSILLO	20,5



PRESIÓN MÁXIMA DE INYECCIÓN (bar)	1380
VOLUMEN TEÓRICO DE INYECCIÓN	318 cm ³
PESO MÁXIMO DE INYECCIÓN	230g
CAUDAL DE INYECCIÓN	133 cm ³ /s
CAPACIDAD DE PLASTIFICACIÓN	60 g/s
ZONAS DE CALEFACCIÓN	4+1
FUERZA DE CIERRE (kN-Tm)	1000-100
CARRERA MÁXIMA DE APERTURA	450 mm
PASO ENTRE COLUMNAS HxV	410x410 mm
FUERZA MÁXIMA DE EXPULSIÓN	44kN
CARRERA MÁXIMA DE EXPULSIÓN	130 mm

Tabla 4.2 Especificaciones de la máquina de inyección MATEU & SOLÉ Meteor 270/100H

4.5 Cálculo del número de cavidades

A la hora de diseñar un molde de inyección es necesario calcular en número de cavidades que podemos realizar.

Éste dependerá del volumen de la pieza, el material con el que la fabricaremos y la capacidad máxima de la máquina.

Vamos a calcular el número de cavidades mediante la relación entre volumen máximo de inyección de la maquina y el volumen de la pieza a inyectar.

$$n^{\circ} \text{ de cavidades} = \frac{\text{Masa útil del husillo}}{\text{Masa pieza} - \text{masa colada}} \quad (4.3)$$

Ecuación 4.3 Cálculo n° de cavidades.

Para calcular la masa de la pieza y de la colada, necesitamos conocer el volumen de la pieza, el volumen de la colada todo esto multiplicarlo por la densidad del material.

$$\text{Masa pieza} - \text{masa colada} = (\text{Vol. pieza} + \text{Vol. colada}) * \rho_{\text{pieza sólida}} \quad (4.4)$$

Ecuación 4.4 Calculo masa pieza-colada.

Podemos obtener el volumen de la pieza desde 3DExperience o desde el programa que hemos utilizado para realizar la simulación de la inyección. En la siguiente imagen podemos ver la pieza con ABS, pero el volumen nos vale para el cálculo del PP ya que es el mismo.

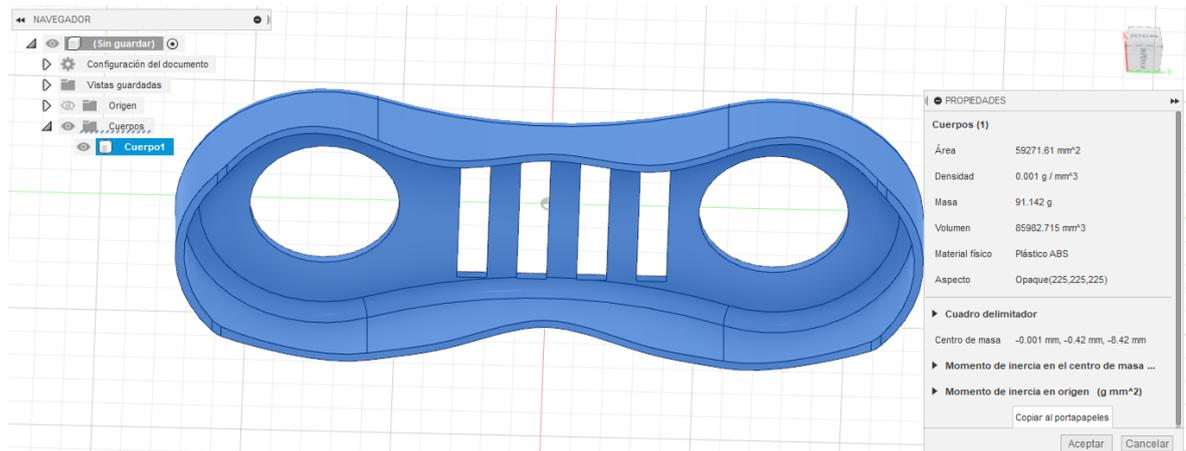


Ilustración 4.4 Cálculo del volumen de la pieza, Inspire Mold.

El volumen de la colada se puede estimar el en 10% del volumen de la pieza.

4.5.1 Cálculo del número de cavidades para el polipropileno

Material (PP)			
Densidad en estado sólido (g/cm ³)	Densidad en estado fundido (g/cm ³)	Pieza (cm ³)	Colada (cm ³) [10% Vol Pieza]
0,9	0,7	85,982	8,5982

Tabla 4.3 Datos de la pieza con PP.

PP	
Vol. Pieza [cm ³]	85,982
Vol. Colada (10%Vol.Pieza)	8,5982
ρ pieza sólida [g/ cm ³]	0,9
M_{pieza-colada} [g]	85,12218

Tabla 4.4 Calculo de la masa de la pieza-colada con PP.



Sabiendo que teóricamente el husillo trabaja en un rango de entre el 40% y el 80%, podemos calcular la masa útil del husillo, y finalmente el número de cavidades:

La masa útil del husillo será el 70% de la masa máxima de inyección de la máquina. Para calcular la masa máxima de inyección de la máquina multiplicamos la densidad del PP en estado fundido (Tabla 4.3) por el volumen máximo que puede inyectar la máquina (Tabla 4.2).

	Masa husillo (70% de la máxima)	Nº cavidades
PP	155,82	1,830545223

Tabla 4.5 Cálculo del número de cavidades con PP.

Debemos de redondear a 1 por seguridad. Por lo que el número de cavidades a realizar con polipropileno es de una.

4.5.2 Cálculo del número de cavidades para el ABS

Realizamos las mismas operaciones que en el caso anterior:

Material (ABS)			
Densidad en estado sólido (g/cm ³)	Densidad en estado fundido (g/cm ³)	Pieza (cm ³)	Colada (cm ³) [10% Vol Pieza]
1,03	0,85	85,982	8,5982

Tabla 4.6 Datos pieza ABS.

	ABS
Vol. Pieza [cm ³]	85,982
Vol.Colada (10%Vol.Pieza)	8,5982
ρ pieza sólida [g/ cm ³]	1,03
M_{pieza-colada} [g]	97,417606

Tabla 4.7 Cálculo de la masa pieza-colada con ABS.

	Masa husillo (70% de la máxima)	Nº cavidades
ABS	189,21	1,942256721

Tabla 4.8 Cálculo número de cavidades con ABS.

Al igual que en el caso del PP, tenemos que redondear a una cavidad por seguridad. Por lo que el número idóneo de cavidades a realizar si fabricamos la pieza con ABS es de una.

4.6 Operaciones de diseño

Para dibujar la pieza utilizamos la aplicación de Path Operation de 3DExperience.

Haremos el diseño teniendo en cuenta los criterios citados en capítulos anteriores como son espesores recomendados, redondeos etc.

En primer lugar, realizamos el perfil que conformará nuestra pieza (Ilustración 4.5), para ello abriremos un sketch, y realizaremos este con dos circunferencias de 50mm cuyos centros están separados 150mm, y dos arcos tangentes a estas.

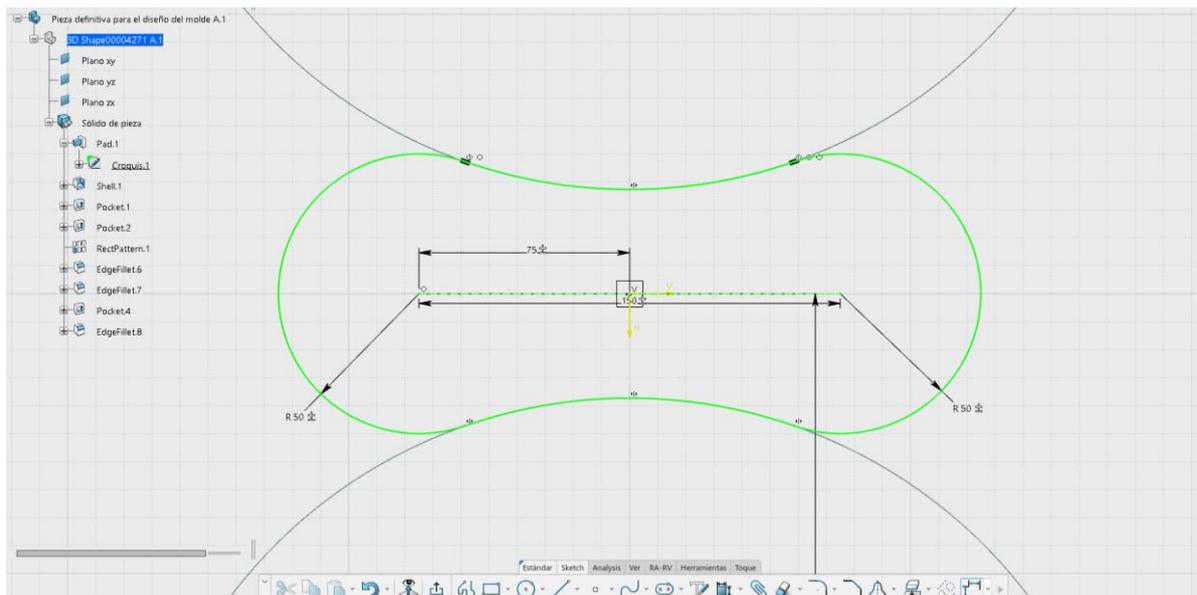


Ilustración 4.5 Croquis 1, dibujo del contorno.

Luego haremos la extrusión de este perfil con el comando Pad (Ilustración 4.6).

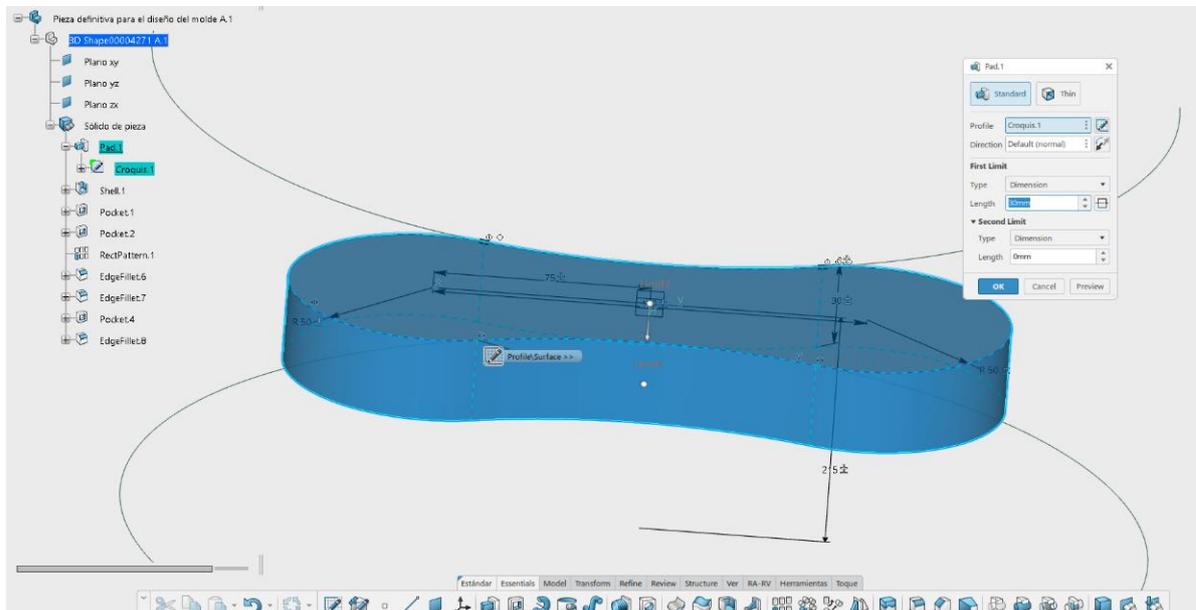


Ilustración 4.6 Pad 1, extrusión del croquis 1.

El siguiente paso es hacer el vaciado de la pieza generada con el espesor deseado, le daremos un espesor en todas las caras de 3mm. Para realizar esto utilizamos en comando Shell, (Ilustración 4.7).

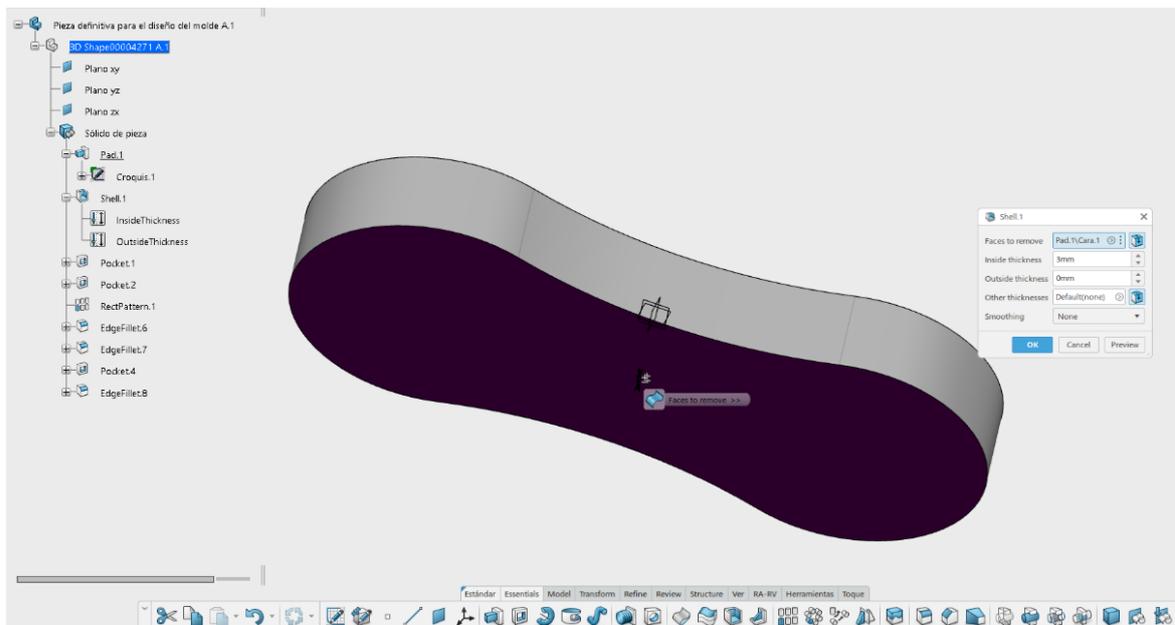


Ilustración 4.7 Shell 1, vaciado de la extrusión.

Para crear los huecos circulares de la superficie de la pieza, crearemos un sketch donde realizaremos las circunferencias cuyo radio es de 50mm, (Ilustración 4.8). Luego con el comando Pocket, crearemos los huecos en la pieza, (Ilustración 4.9).

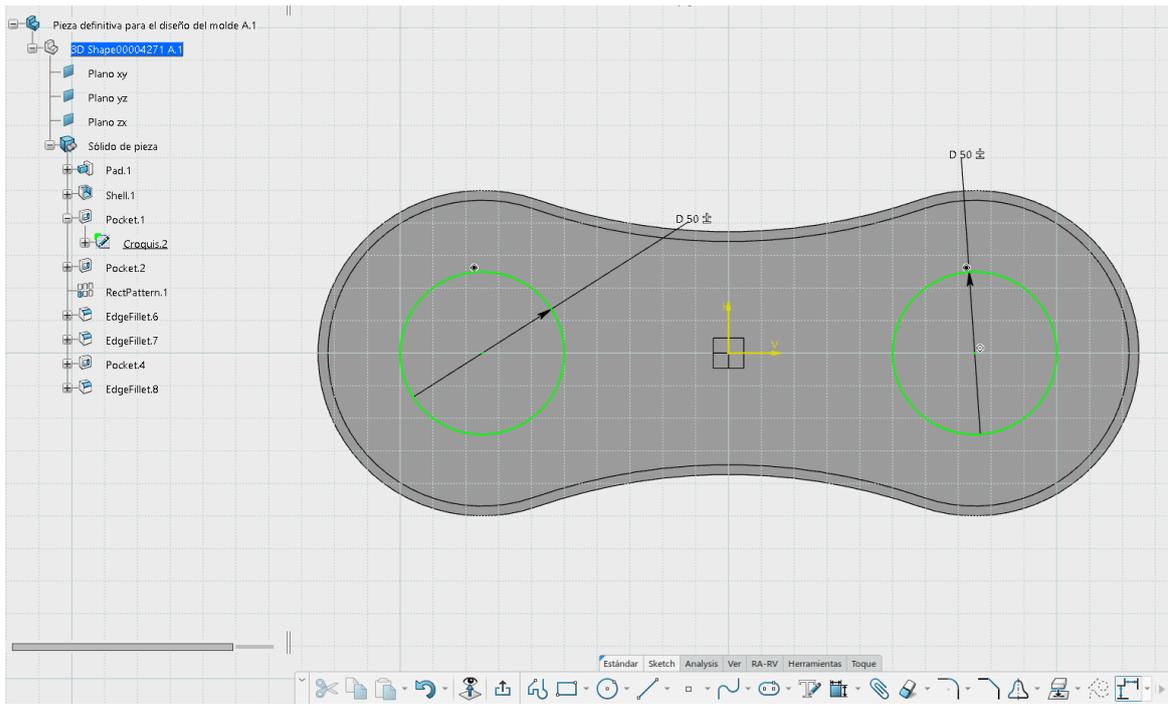


Ilustración 4.8 Croquis 2, creación de las dos circunferencias.

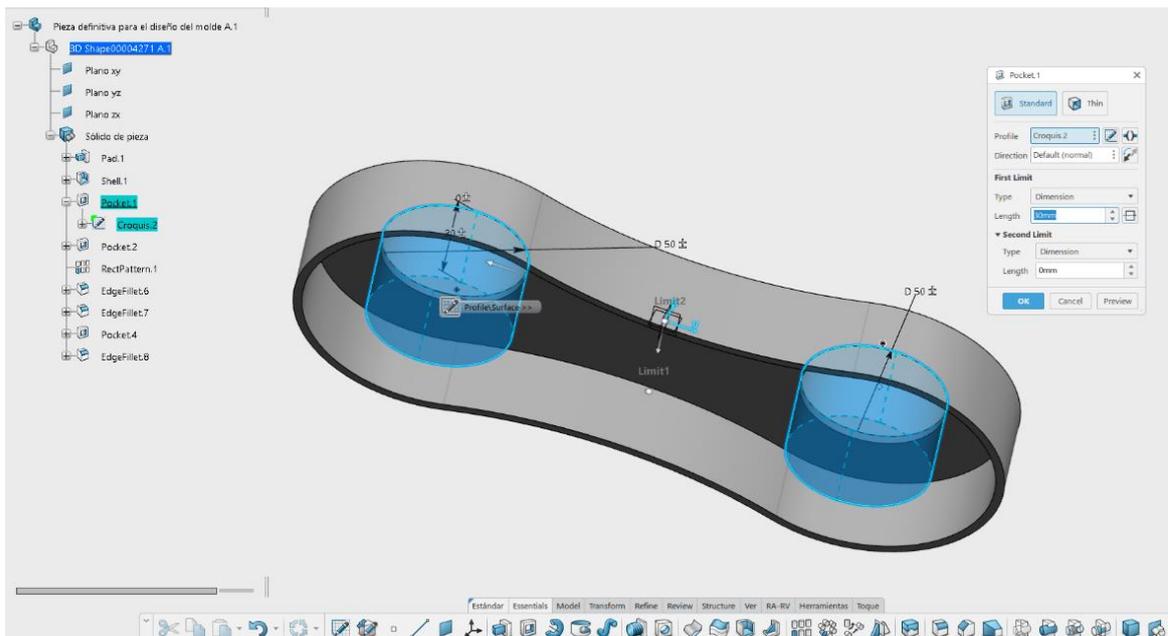


Ilustración 4.9 Pocket 2, creación de los huecos circulares.

Para realizar las rejillas de la parte superior, tenemos que crear primero un sketch donde dibujaremos el rectángulo, este será de 10x60mm, (Ilustración 4.10). Luego con el comando Pochet haremos los huecos rectangulares en la pieza, (Ilustración 4.11), y por último con el comando RectPatern, crearemos un patrón rectilíneo de los huecos, generando un total de 4 huecos, uno cada 20mm, (Ilustración 4.12).

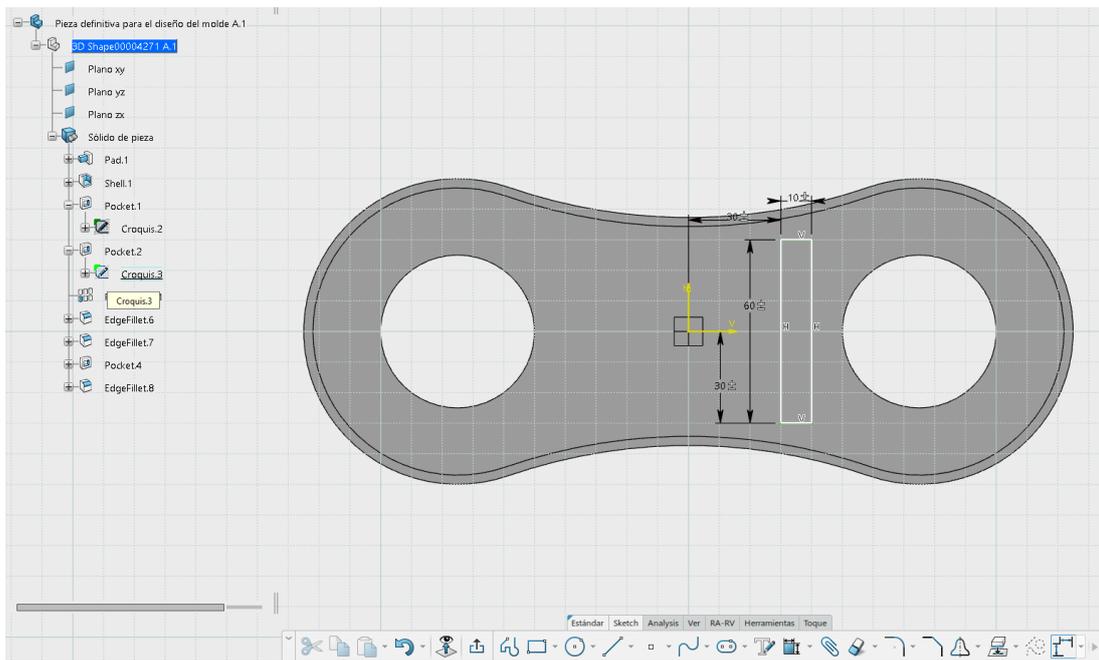


Ilustración 4.10 Croquis 3, dibujo de los rectángulos para un posterior pocket.

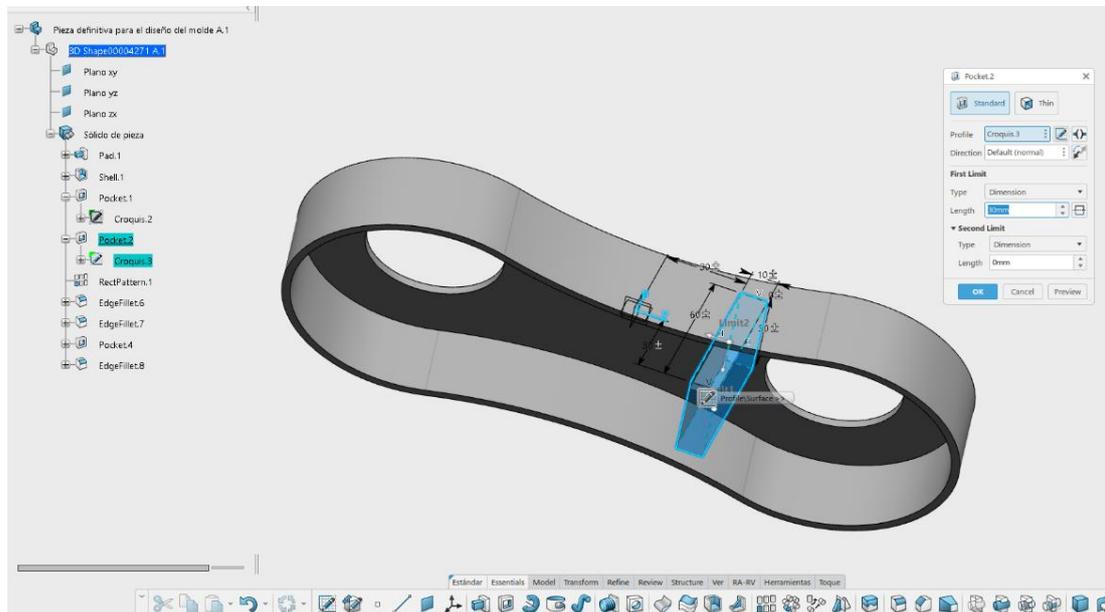


Ilustración 4.11 Pocket 2, pocket del prisma rectangular generado y la pieza.

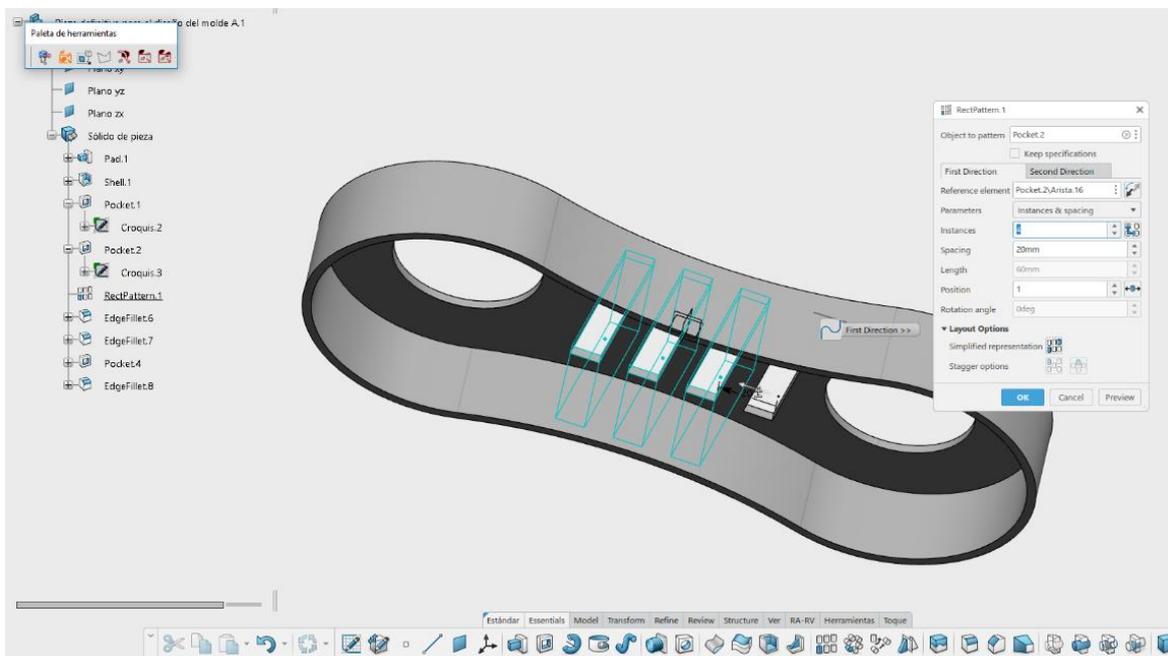


Ilustración 4.12 RectPattern 1, creación del patrón rectangular del pocket 2.

Redondeamos las esquinas superiores con el comando EdgeFillet, con un redondeo de 5mm de radio, (Ilustración 4.13).

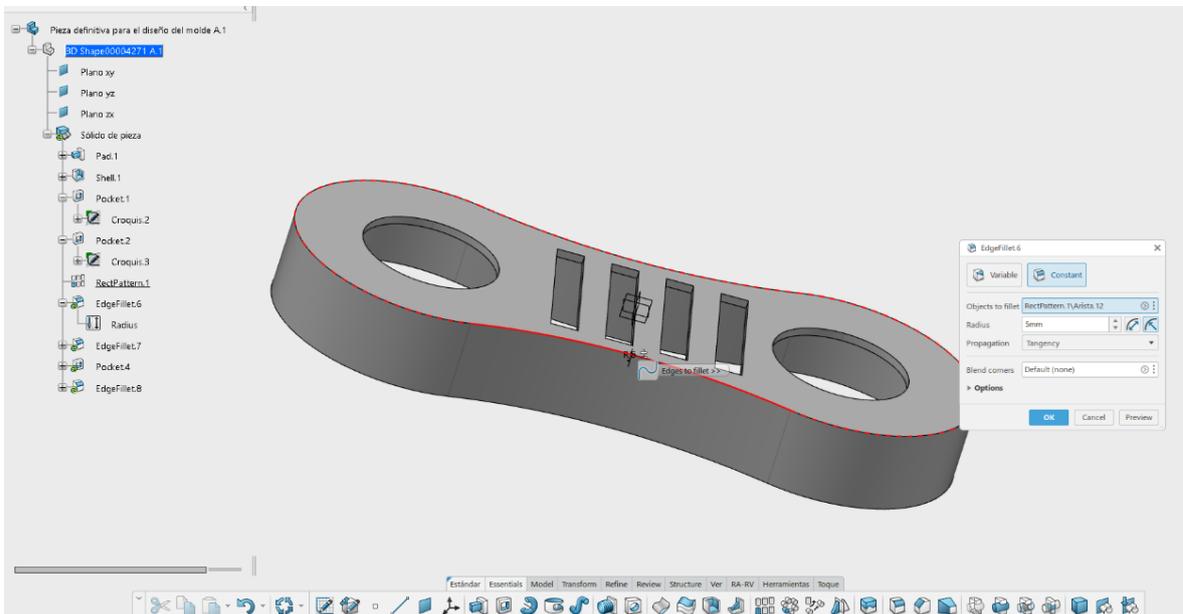


Ilustración 4.13 EdgeFillet 6, redondeo de arista exterior.

Haremos también el redondeo de la arista de la cara interior, con un redondeo de 5mm, (Ilustración 4.14).

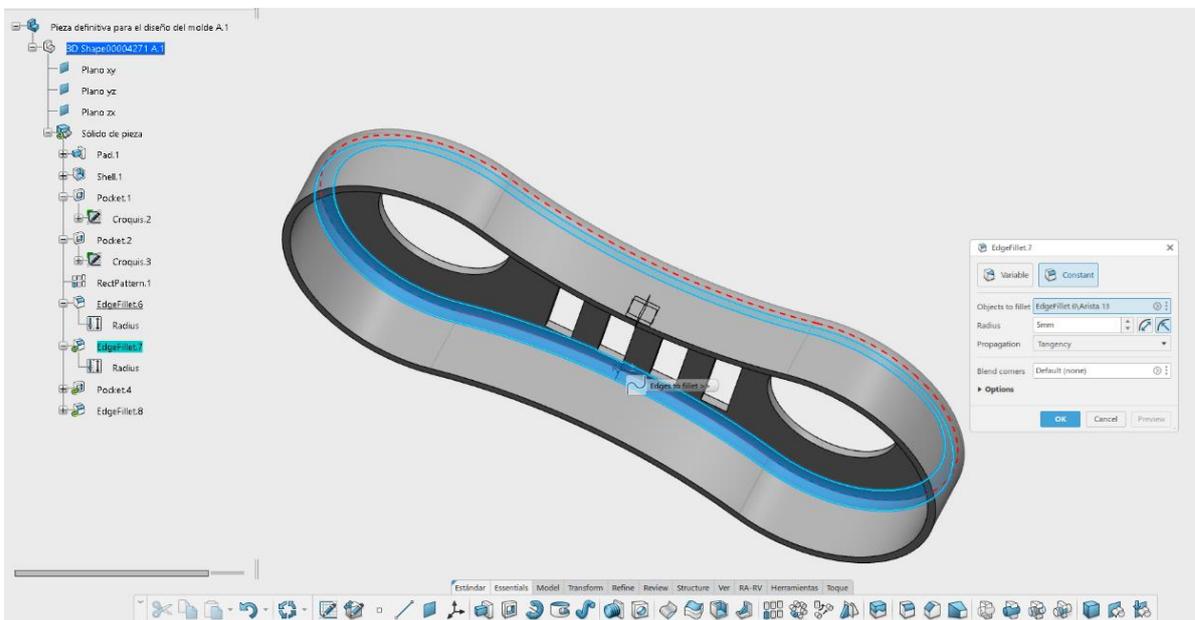


Ilustración 4.14 EdgeFillet7, redondeo de arista interior.

Para crear la superficie inferior, crearemos con una spline el perfil, definiendo las distancias deseadas de los puntos que definen la spline, y cerraremos el perfil de forma que abarquemos toda la parte inferior de la pieza que deseamos eliminar, (Ilustración 4.15).

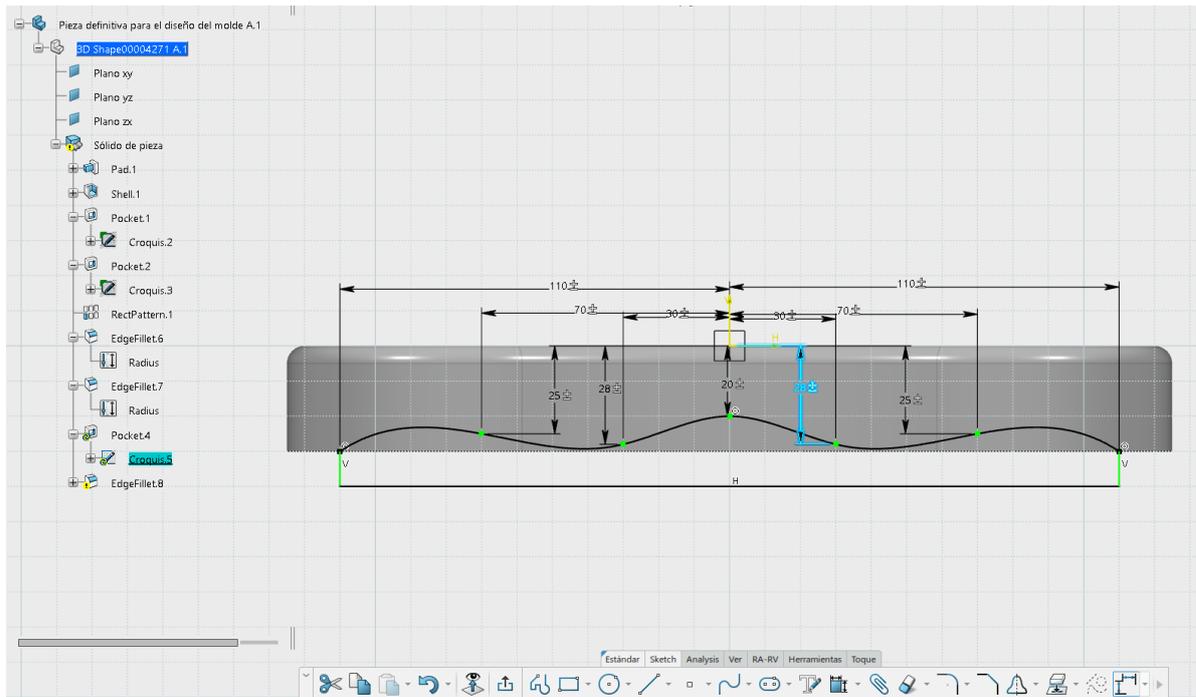


Ilustración 4.15 Croquis 5, creación del perfil con una spline.

Por último, le daremos un redondeo a las esquinas generadas de 6mm de radio, (Ilustración 4.16).

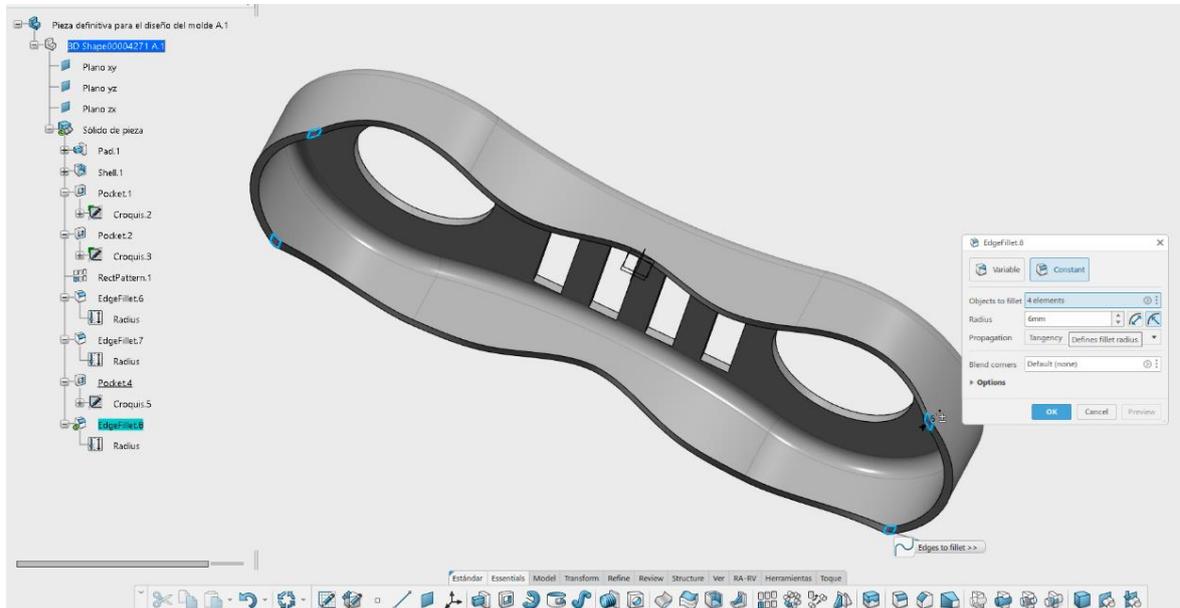


Ilustración 4.16 EdgeFillet 8, redondeo de aristas.

4.7 Pieza final



Ilustración 4.17 Vista superior de la pieza finalizada.

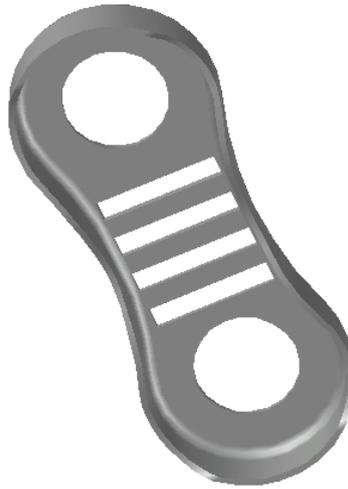


Ilustración 4.18 Vista inferior de la pieza terminada.



Ilustración 4.19 Vista lateral de la pieza finalizada.



5 Análisis del modelo con Inspire Mold

Inspire Mold es una aplicación para el análisis y simulación de la inyección de plásticos, la cual pertenece a la compañía Altair.

A la hora de diseñar un modelo es muy importante tener en cuenta la etapa de fabricación, realizando la simulación de su comportamiento. En este caso se trata de la etapa de la inyección del plástico en el molde y su enfriamiento.

Es importante que el modelo sea bueno en cuanto a su forma y dimensiones para que no haya problemas en la etapa de la fabricación de la pieza de plástico.

5.1 Preparación del análisis y los parámetros

Antes de proceder a realizar las simulaciones, debemos de indicarle al programa los parámetros correspondientes a la inyección y las características de la máquina de inyección que utilizaremos, los cuales podemos obtenerlos de la hoja de características de la máquina de inyección.

En los parámetros de la máquina establecemos el volumen máximo de inyección, la presión máxima de inyección, el caudal máximo de inyección y la fuerza de cierre máxima. Estos valores los podemos ver en la siguiente imagen:

The screenshot shows a dialog box titled 'Parámetros de proceso' with a close button (X) in the top right corner. It has two tabs: 'Etapas' and 'Máquina', with 'Máquina' selected. The dialog contains four input fields with their respective values:

Parámetro	Valor
Volumen máximo de inyección	0.000318 m3
Presión máxima de inyección	1.38e+07 Pa
Caudal máximo de inyección	0.000133 m3/s
Fuerza de cierre máxima	1e+06 N

Below the input fields, there is a checkbox labeled 'Parar el cálculo si se exceden los parámetros de máquina', which is currently unchecked.

Ilustración 5.1 Parámetros de la máquina, Inspire Mold.

En cuanto a los parámetros de las etapas de inyección especificamos los parámetros necesarios para las diferentes etapas:

- **Etapas de llenado:**

El tiempo de llenado, el punto de conmutación, la presión de sostenimiento.

Hemos establecido el punto de conmutación cuando el volumen de llenado esté al 95% del total. En ese punto comenzará la presión de sostenimiento establecida al 75% de la presión de conmutación hasta llenar el 100% de la pieza.

- **Etapas de compactación:**

El tiempo de sostenimiento de presión.

Este tiempo tiene que ser suficiente para que compensar la contracción producida por el enfriamiento de la pieza. Un buen tiempo de compactación nos garantiza una buena estabilidad dimensional, una compactación adecuada, ausencia de deformaciones y unas buenas propiedades mecánicas.

- **Etapas de enfriamiento:**

El tiempo de finalización, el cual será un valor el cual nos permita ver el comportamiento de la pieza hasta que su temperatura se haya estabilizado. Estos valores podemos verlos en la siguiente imagen:

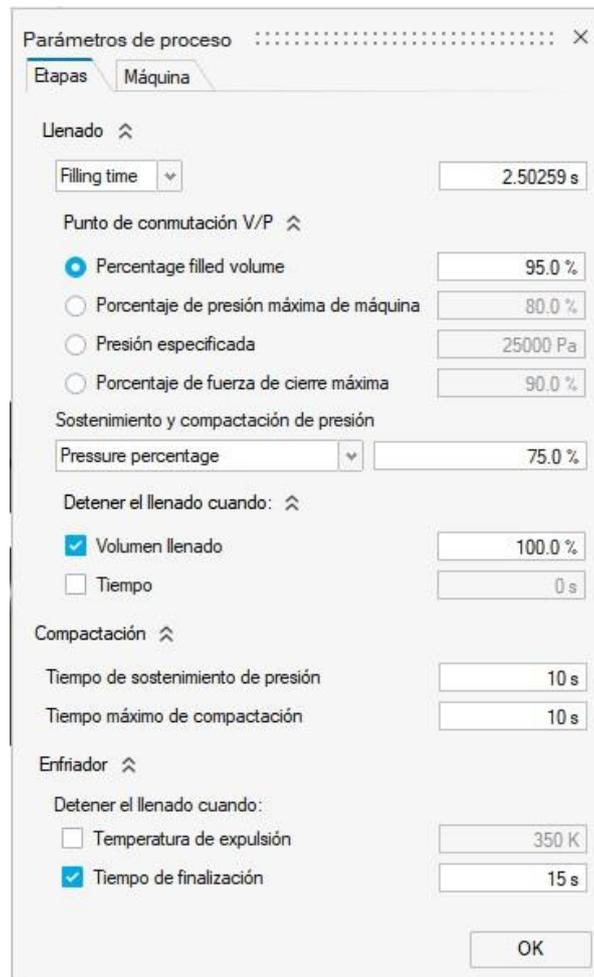


Ilustración 5.2 Parámetros del proceso, Inspire Mold.

Los datos introducidos para la simulación de la inyección son los que se muestran en la tabla Tabla 5.1.

	PP	ABS
Tiempo de llenado	Automático	Automático
Punto de conmutación V/P	95%	95%
Presión de sostenimiento [%]	75%	75%
Tiempo máximo de compactación [s]	10	10
Tiempo de finalización[s]	15	15
Temperatura exterior [°C]	25	25
Temperatura masa fundida [°C]	240	230
Temperatura superficie molde [°C]	60	40

Tabla 5.1 Parámetros de la inyección.

5.2 Elección del material a utilizar

Valoraremos dos posibles materiales para la fabricación de nuestra pieza, estos serán polipropileno (PP) y acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).

Para ello realizaremos las simulaciones con ambos materiales y veremos cual tiene mejor comportamiento y nos ofrece unas mejores cualidades finales de la pieza.

Veremos en primer lugar la idoneidad de la ubicación del punto de inyección para valorar donde ubicaremos este a la hora de diseñar el molde.

Analizaremos los tiempos de llenado, la presión de inyección, la formación de líneas de soldadura, las acumulaciones de aire, las temperaturas tanto de evolución del flujo como las finales y la densidad final.

5.3 Idoneidad del punto de inyección

El programa Inspire Mold nos permite hacer un primer cálculo de la optimización de la entrada.

- **IDONEIDAD UN PUNTO DE INYECCIÓN:**

El programa nos ubica el punto de inyección automáticamente en la zona óptima.

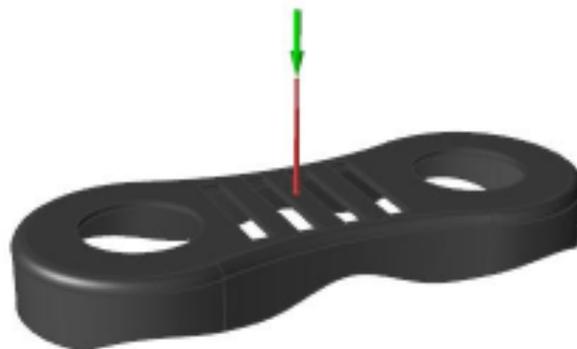


Ilustración 5.3 Idoneidad un punto de inyección, Inspire Mold.

- **IDONEIDAD DOS PUNTOS DE INYECCIÓN:**

La zona óptima para la ubicación de los dos puntos de inyección sería la siguiente:



Ilustración 5.4 Idoneidad dos puntos de inyección, Inspire Mold.

5.4 Análisis con polipropileno (PP)

En primer lugar, analizaremos el modelo con PP. En la siguiente imagen vemos una gráfica que relaciona el volumen específico con la presión en MPa y la temperatura en °C:

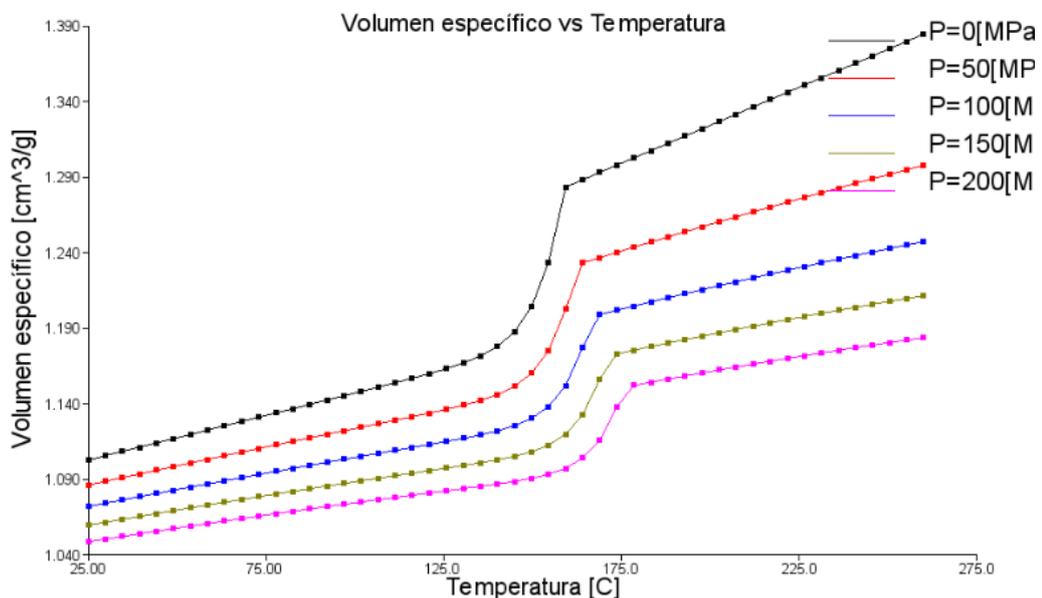


Ilustración 5.5 Gráfica PVT del PP, Moldflow.

También observamos su viscosidad en función de la velocidad de cizalla.

Una velocidad de cizalla alta provoca que el material se degrade, sea frágil o tenga un acabado deficiente de la superficie.

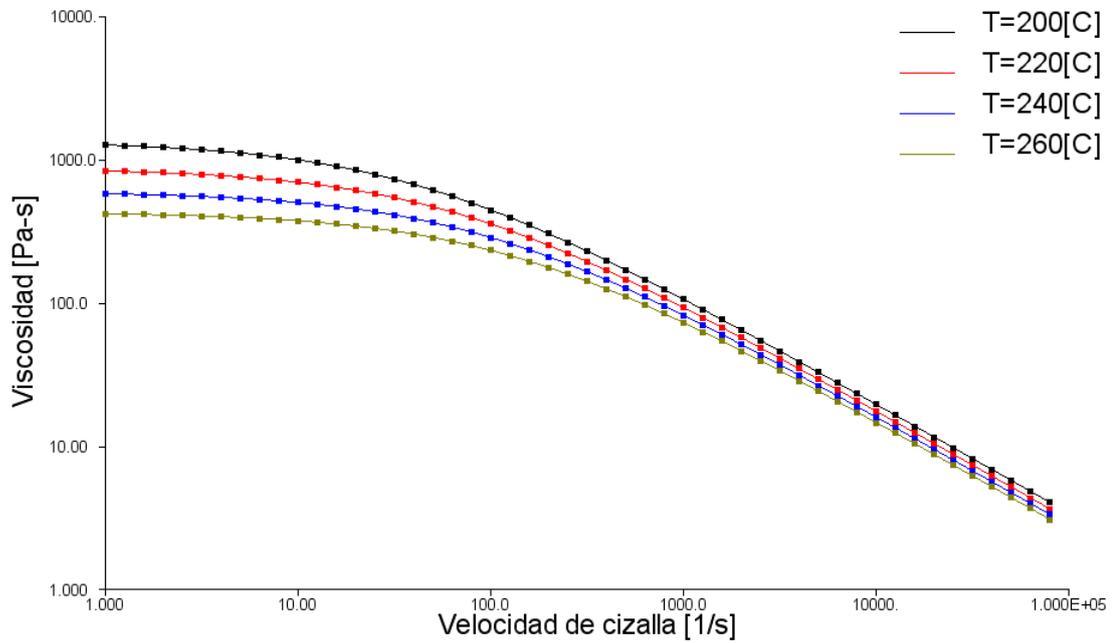


Ilustración 5.6 Gráfica Viscosidad-Velocidad de cizalla del PP, Moldflow.

En la siguiente imagen vemos como seleccionamos el material con el cual vamos a hacer la simulación:



Ilustración 5.7 Selección del PP, Inspire Mold.

5.4.1 Análisis con un punto de inyección

- **TIEMPO DE LLENADO**

El tiempo de llenado nos indica el tiempo que tarda en llenarse la pieza. En este caso podemos observar que es de 2,66s.

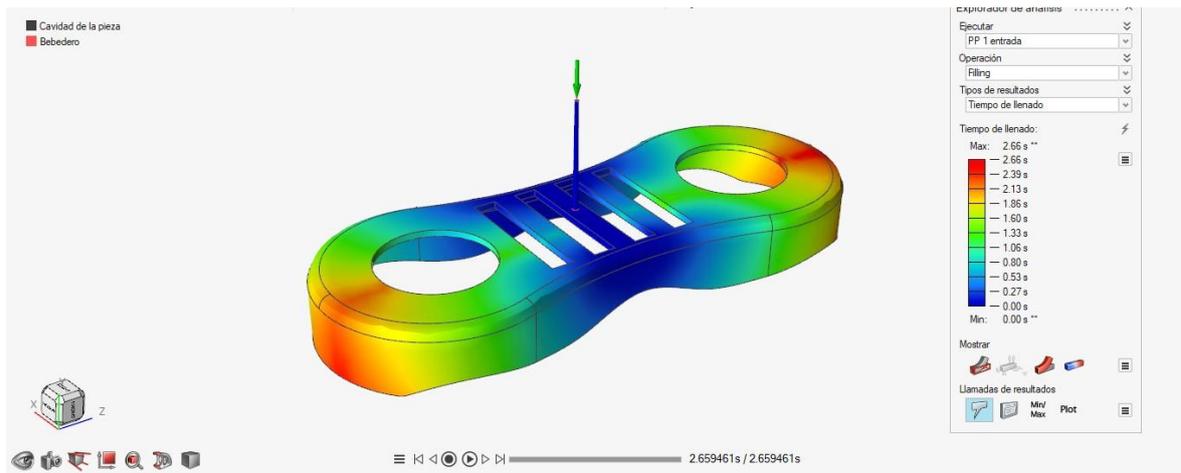


Ilustración 5.8 Tiempo de llenado PP, Inspire Mold.

- **PRESIÓN DE LLENADO**

En la imagen podemos ver la presión al final de la etapa de llenado, la cual es de 24,69MPa en el punto de inyección, y en torno a 7MPa en la cavidad, esto es la presión que tenemos de mantenimiento.

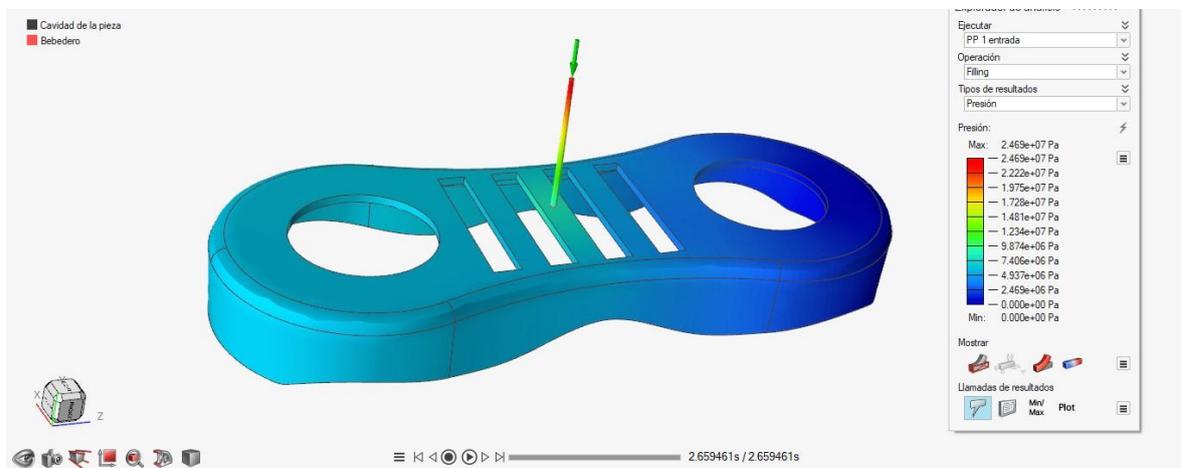


Ilustración 5.9 Presión de llenado PP, Inspire Mold.

En la siguiente gráfica podemos ver la presión en la etapa de llenado, donde tenemos la máxima presión que es la de conmutación a 2,4s, y a partir de ahí disminuimos a la presión de mantenimiento.

También podemos ver como dentro de la pieza tenemos una presión más o menos uniforme.

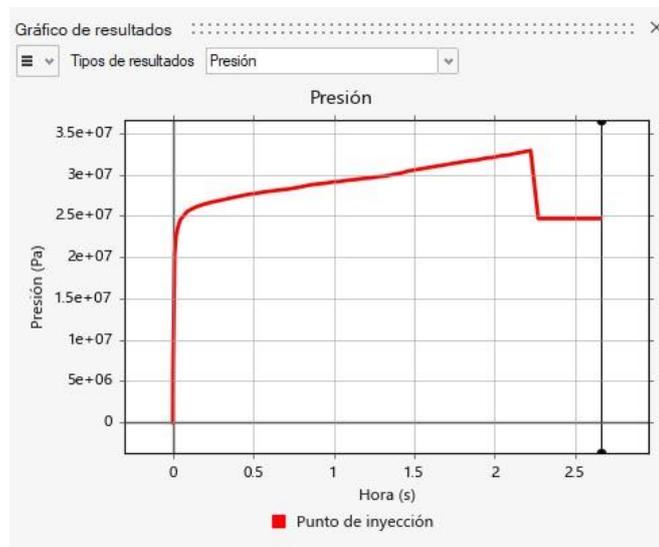


Ilustración 5.10 Gráfica presión de llenado PP, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA DE FLUJO**

Esta temperatura nos indica la temperatura que hay en el frente de flujo. Podemos ver una temperatura máxima de 514,2K (241,2 °C) y una mínima de 495,2K (222,2 °C).

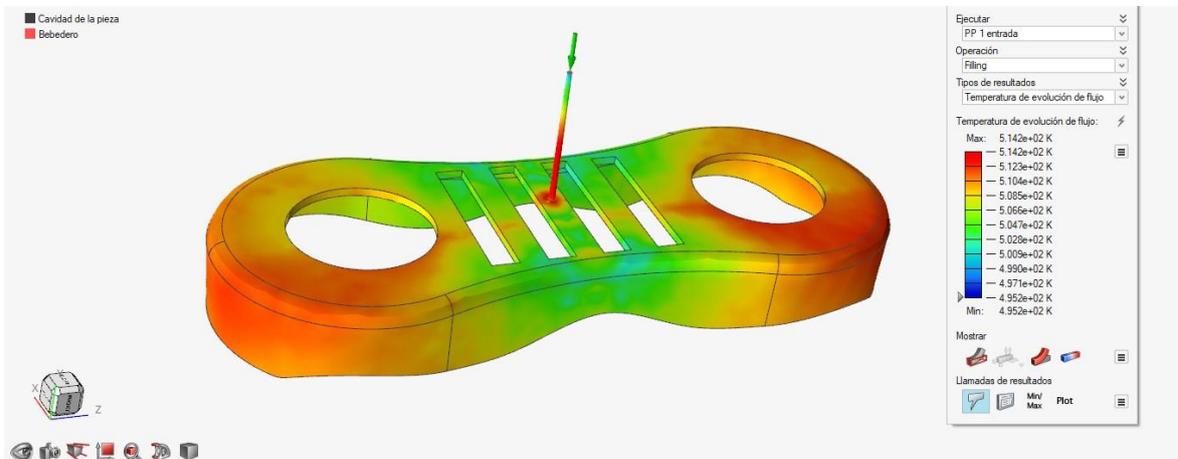


Ilustración 5.11 Temperatura de flujo un punto de inyección PP, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA AL FINAL DE LA FASE DE LLENADO**

La temperatura al final de la etapa de llenado está alrededor de 380K (107 °C).

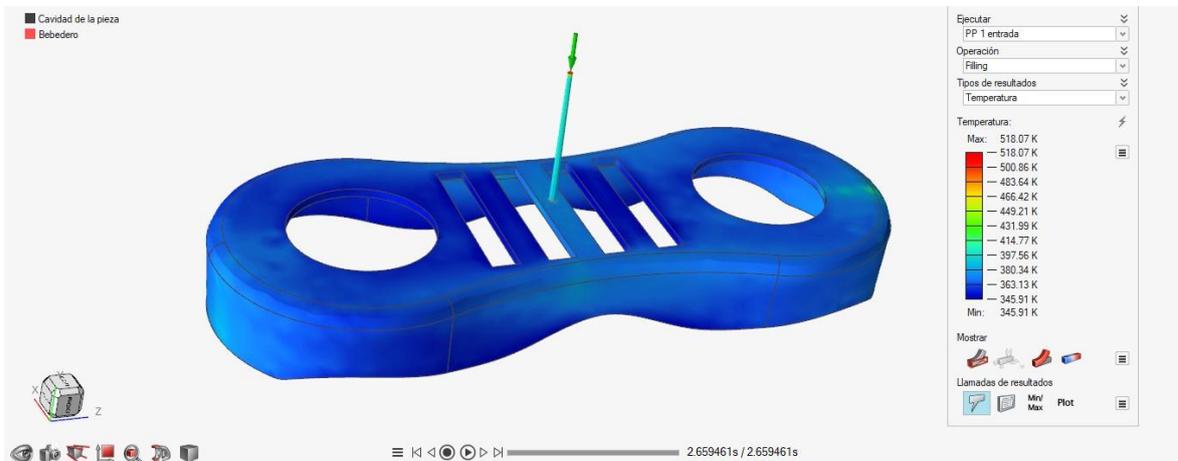


Ilustración 5.12 Temperatura al final de la etapa de llenado PP, un punto de inyección.

- **TIEMPO DE ENFRIAMIENTO**

Esta temperatura nos indica la temperatura al final de la fase de enfriamiento. Esta es de 330K (57 °C) en un tiempo de 16,17s.

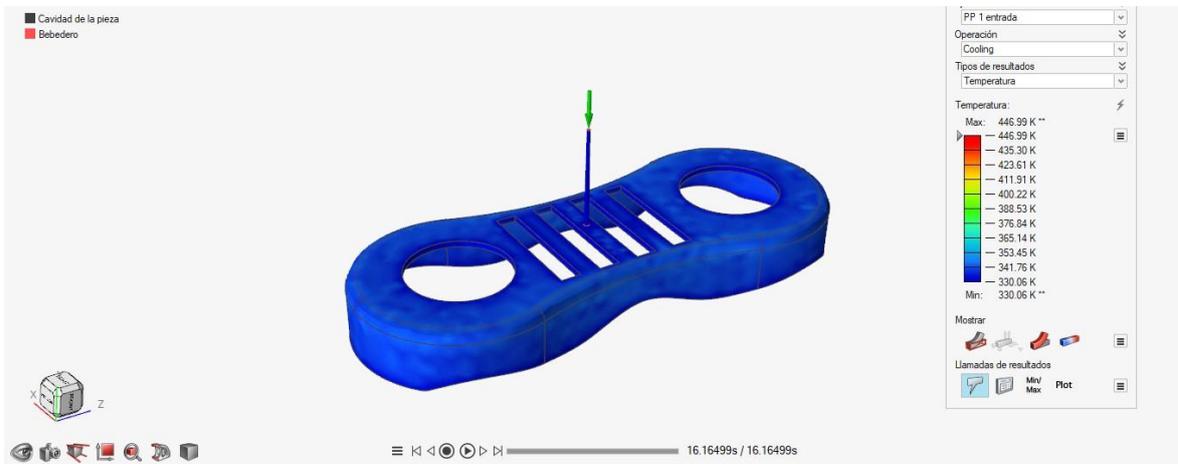


Ilustración 5.13 Temperatura de enfriamiento un punto de inyección PP, Inspire Mold.

La gráfica que vemos a continuación nos muestra la temperatura y el tiempo de enfriamiento de la pieza.

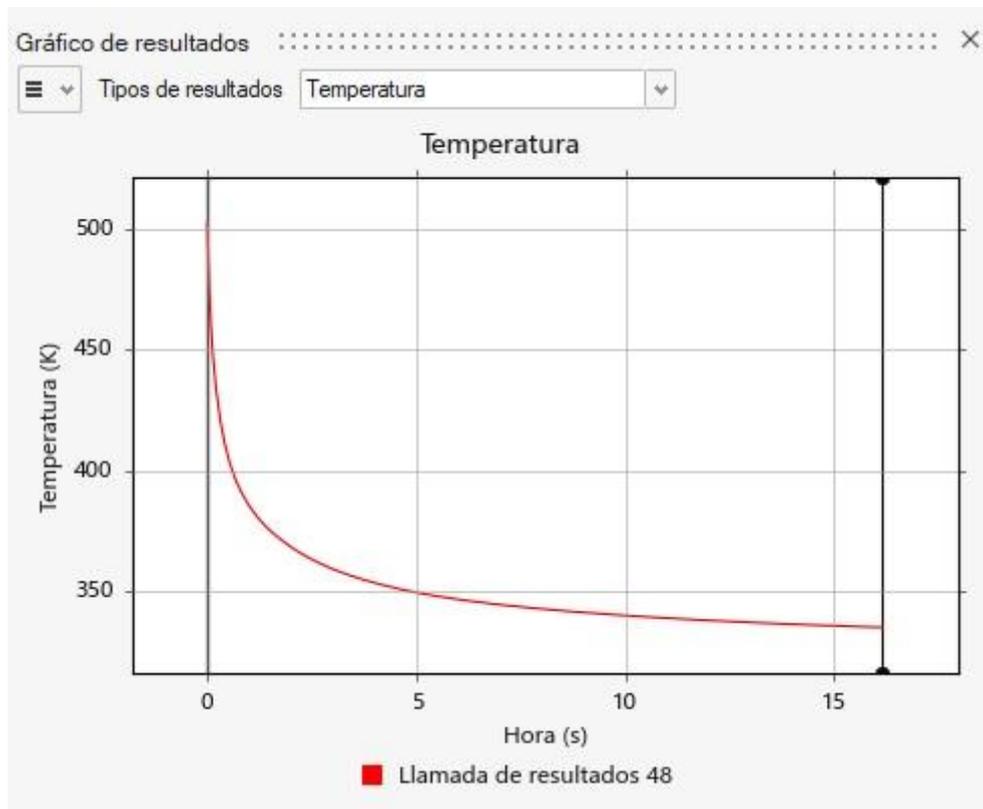


Ilustración 5.14 Gráfica tiempo de enfriamiento un punto de inyección PP, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA ESFUESO CORTANTE**

Esta temperatura nos muestra la temperatura que tiene el flujo de material cuando pasa por la cavidad en la fase de llenado. Podemos ver una temperatura de entre 513K (240 °C) y 425,7K (152,7 °C).

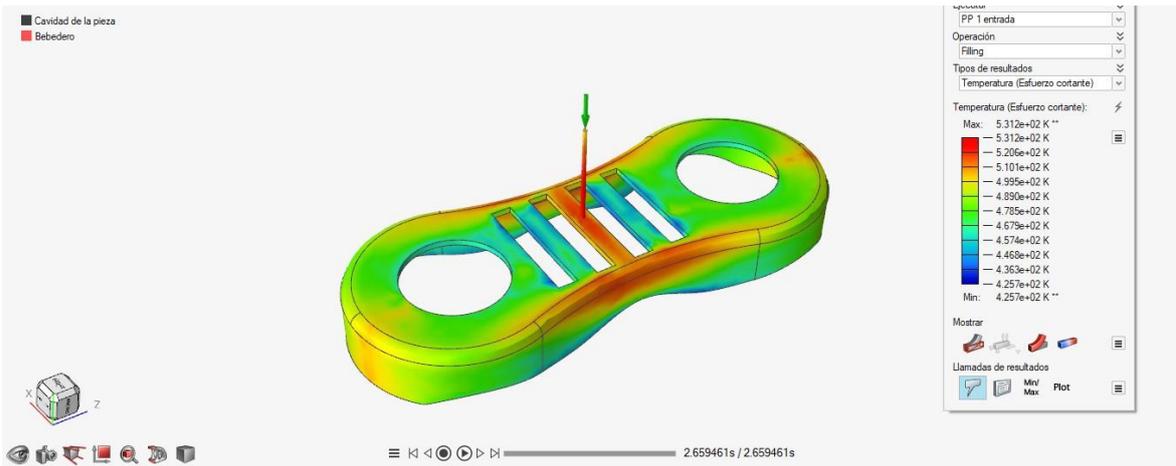


Ilustración 5.15 Velocidad esfuerzo constante un punto de inyección PP, Inspire Mold.

- **DENSIDAD**

Podemos ver una densidad constante al final de la fase de llenado.

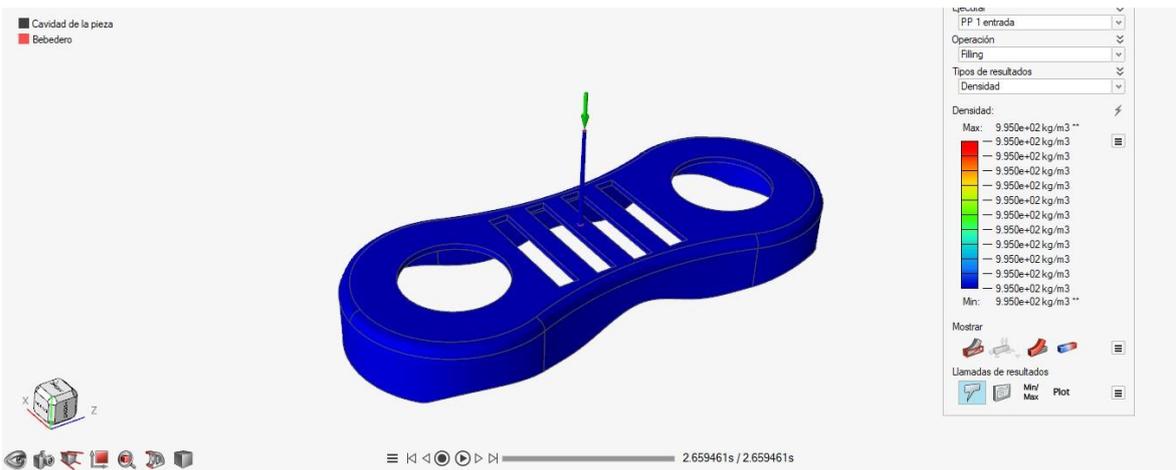


Ilustración 5.16 Densidad un punto de inyección PP, Inspire Mold.

- **LÍNEAS DE SOLDADURA**

Podemos ver la formación de líneas de soldadura a lo largo de la pieza justo por la mitad.

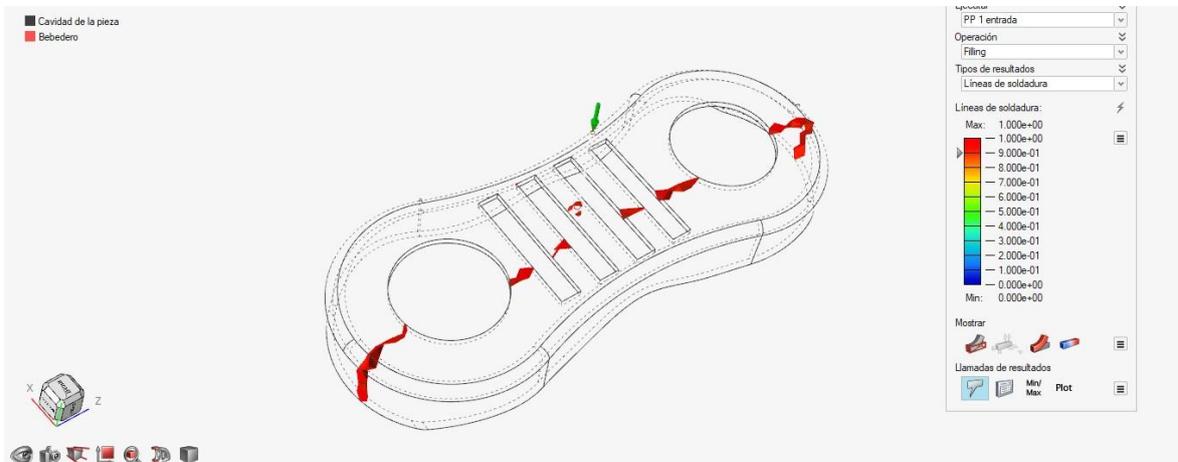


Ilustración 5.17 Líneas de soldadura un punto de inyección PP, Inspire Mold.

- **AIRE ATRAPADO**

Hay pequeñas formaciones de aire atrapado en la zona de la pieza donde el plástico fundido llega en último lugar. Y en un punto en la zona superior.

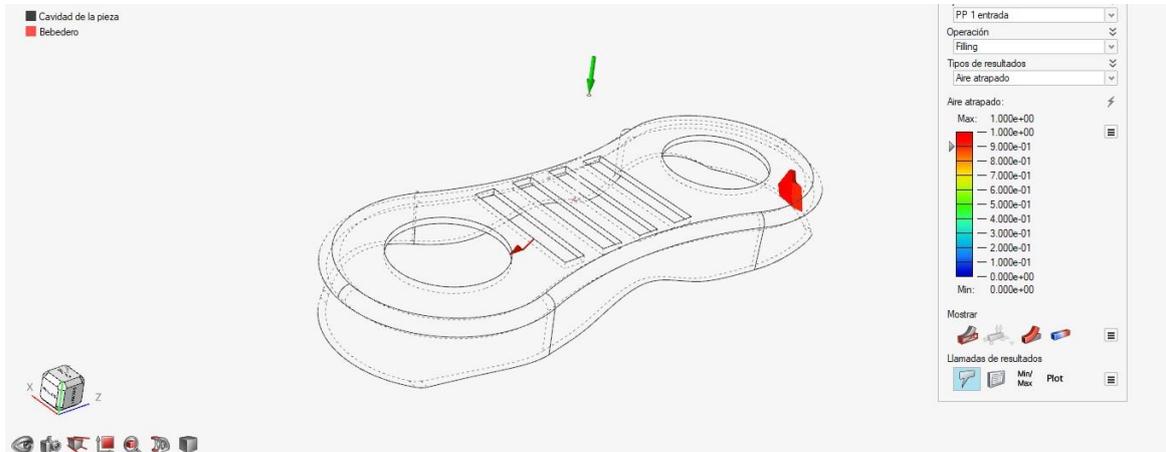


Ilustración 5.18 Aire atrapado un punto de inyección PP, Inspire Mold.

5.4.2 Análisis con dos puntos de inyección

- **TIEMPO DE LLENADO**

Con dos puntos de inyección el tiempo de llenado es inferior. Este es de 1,33s.

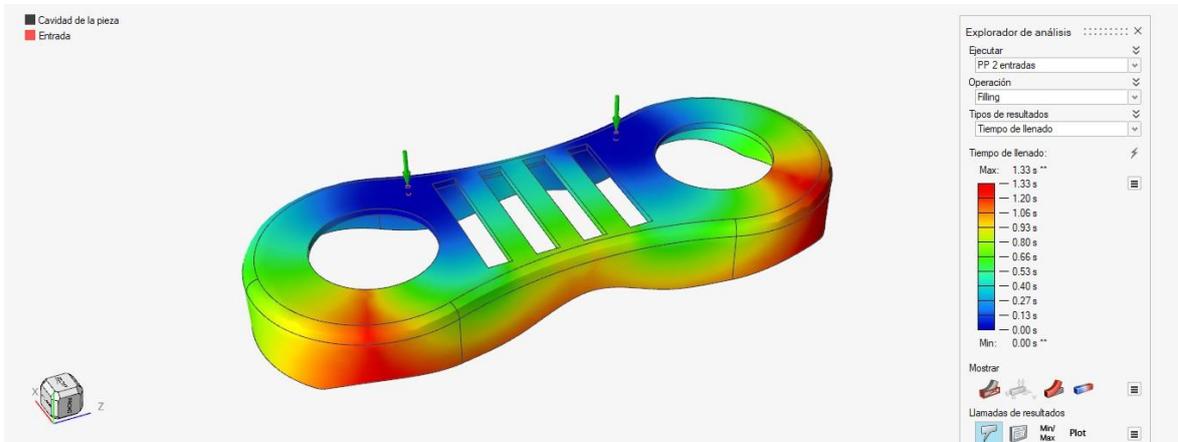


Ilustración 5.19 Tiempo de llenado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

- **PRESIONEN DE LLENADO**

La presión de conmutación es de 13MPa en el punto de inyección, y la de remanencia es de 9,9MPa, estas presiones son muy inferiores a la que teníamos con un punto de inyección.

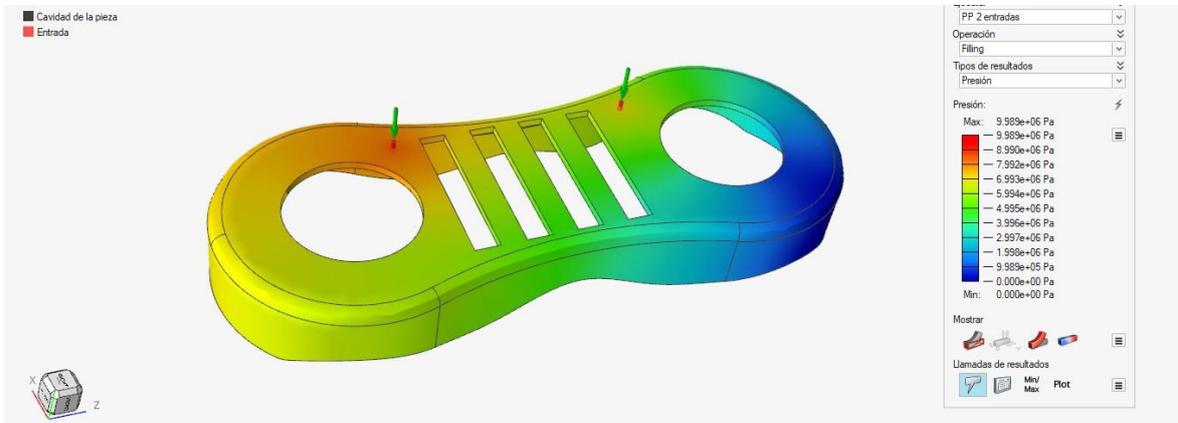


Ilustración 5.20 Presión de llenado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.



Ilustración 5.21 Gráfica presión de llenado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA DE FLUJO**

La temperatura en el frente de flujo está entre los 502K (229 °C) y 499K (226 °C).

Al ser el tiempo de llenado menor la temperatura es más constante.

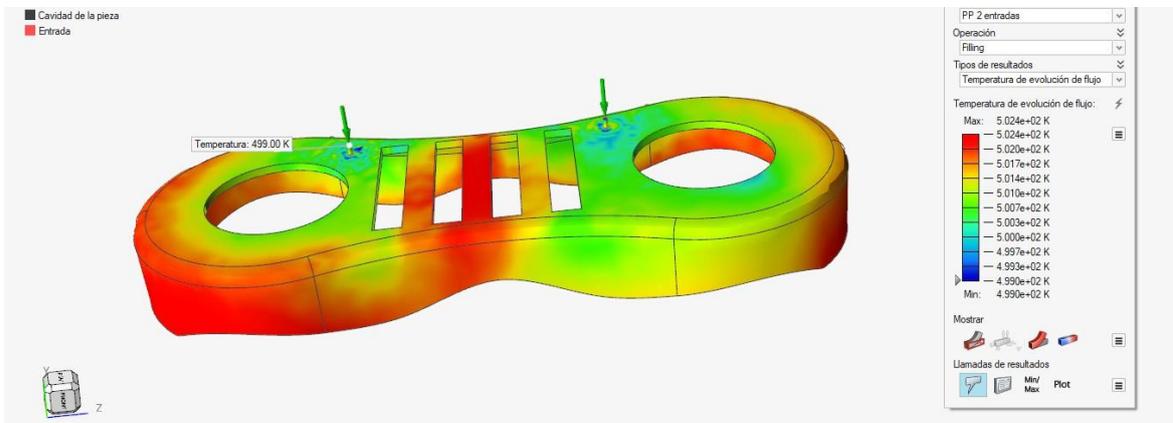


Ilustración 5.22 Temperatura de flujo dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA AL FINAL DE LA FASE DE LLENADO**

La temperatura al final de la fase de llenado es 381K (108 °C), observando que tenemos una zona con una alta temperatura, de 503K (230 °C), debido al bajo tiempo de llenado que tenemos.

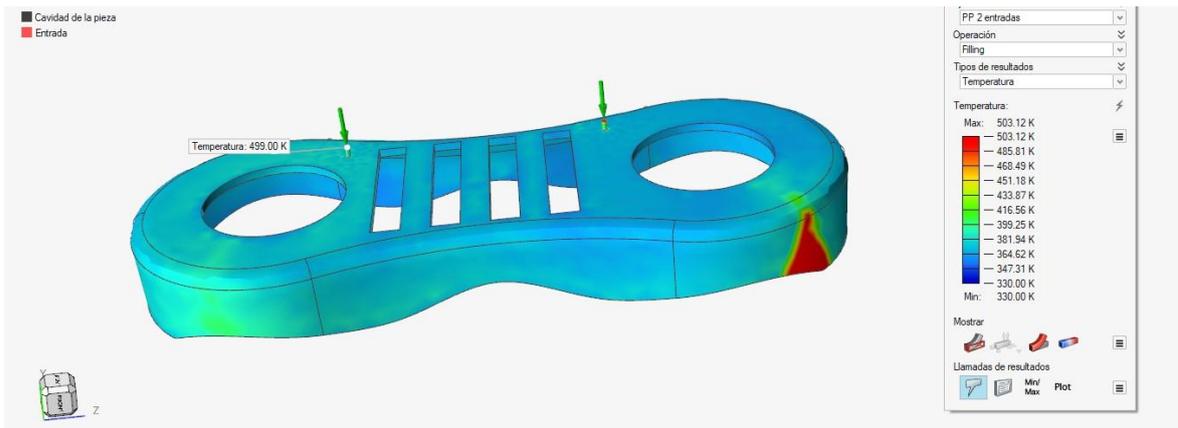


Ilustración 5.23 Temperatura al final de fase de llenado PP, dos puntos de inyección.

- **TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO**

La temperatura al final de la etapa de enfriamiento es de 330,2K (57,2 °C) en un tiempo de 16,17s.

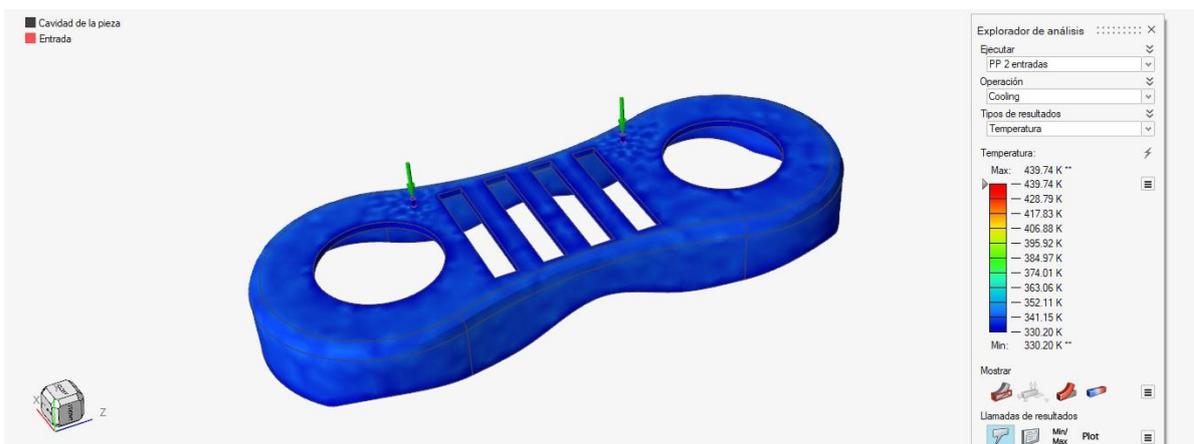


Ilustración 5.24 Temperatura de enfriamiento dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

La gráfica de enfriamiento es la siguiente:

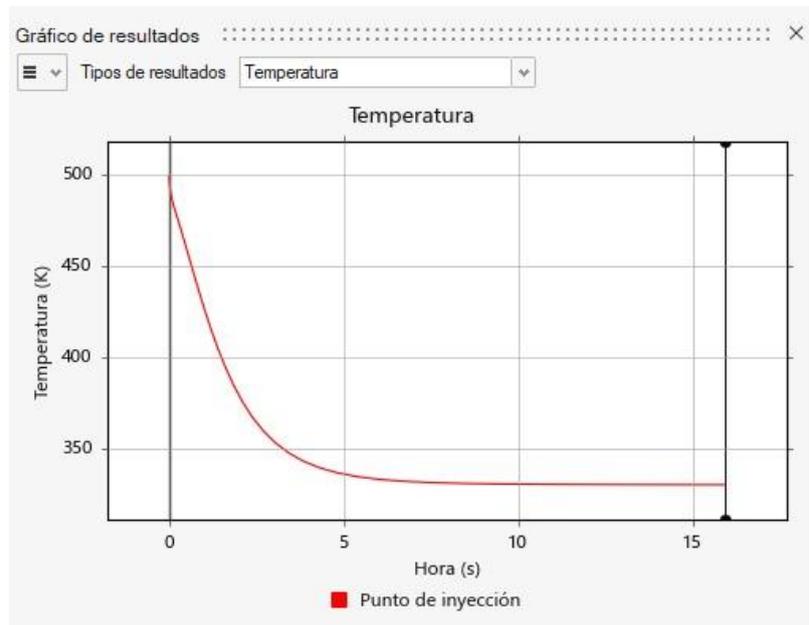


Ilustración 5.25 Gráfica tiempo de enfriamiento dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA ESFUERZO CORTANTE**

Esta temperatura está entre un valor máximo de 501K(228 °C) y 453K (180 °C).

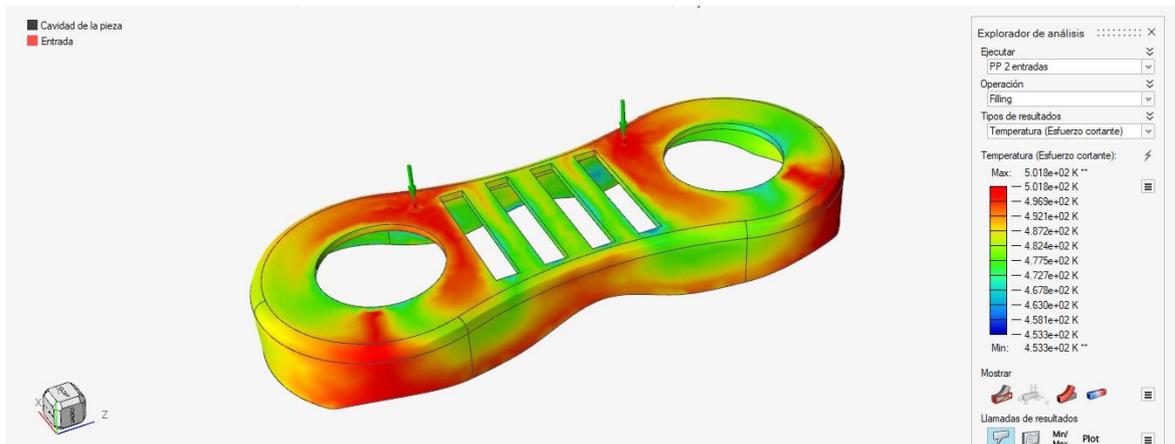


Ilustración 5.26 Temperatura esfuerzo cortante dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

- **DENSIDAD**

La densidad tiene un valor constante en toda la pieza al final de la etapa de llenado.

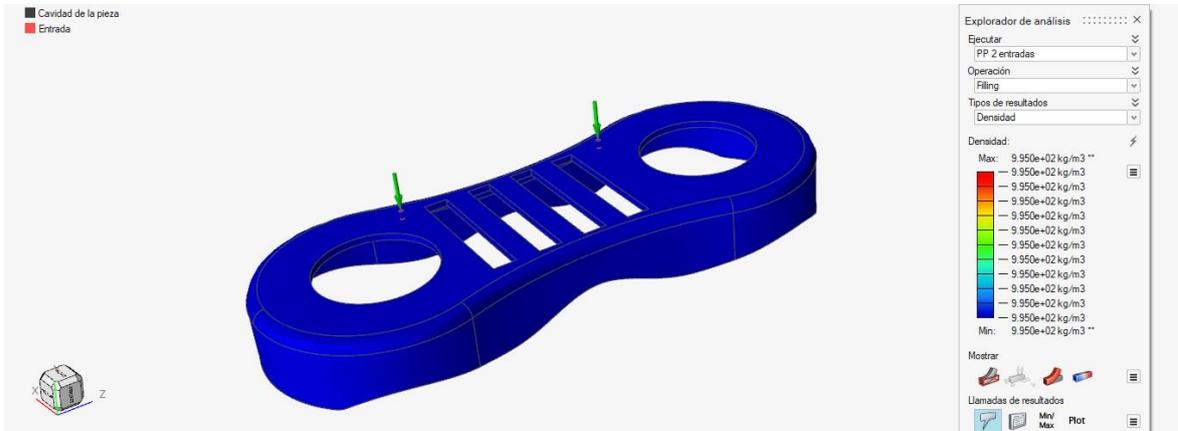


Ilustración 5.27 Densidad dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

- **LÍNEAS DE SOLDADURA**

Podemos ver la formación de líneas de soldadura en diversos puntos de la pieza.

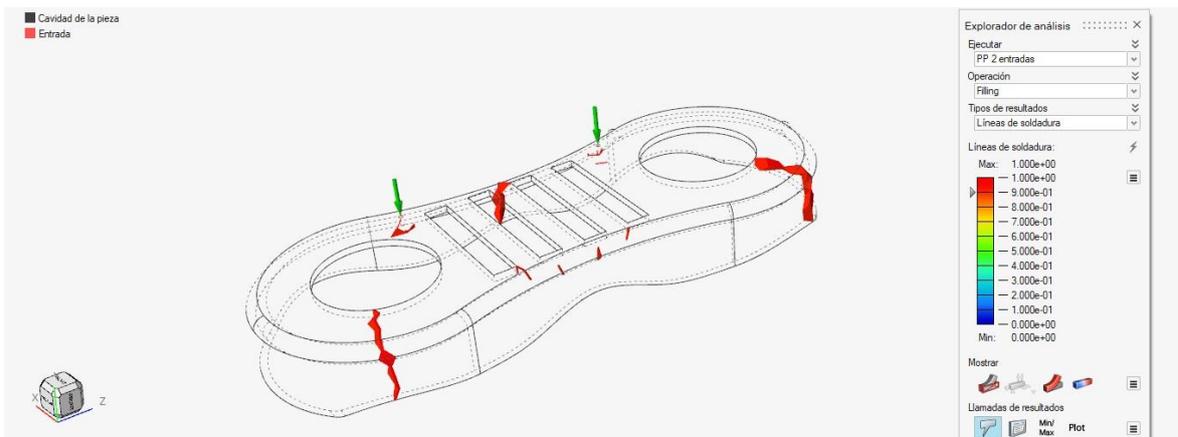


Ilustración 5.28 Líneas de soldadura dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

- **AIRE ATRAPADO**

Encontramos puntos donde hay aire acumulado en 3 puntos de la pieza.

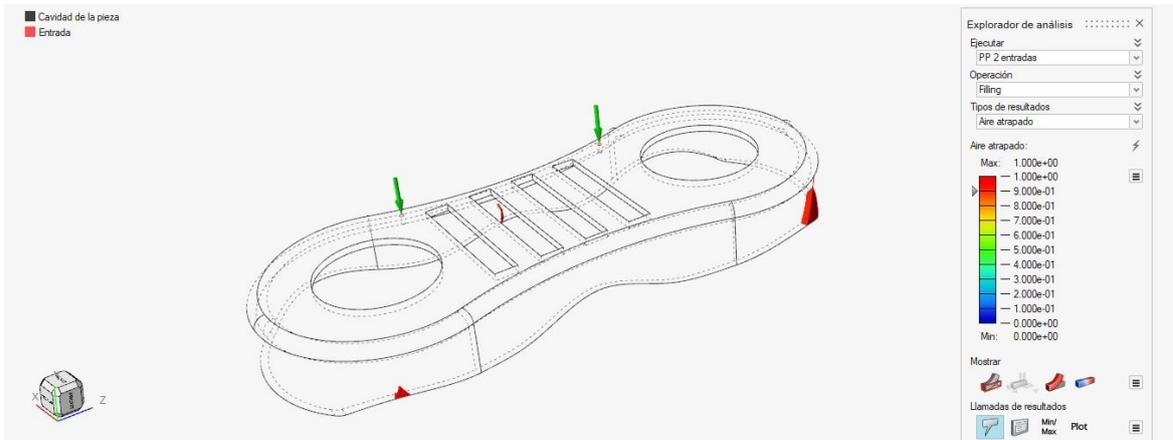


Ilustración 5.29 Aire atrapado dos puntos de inyección PP, Inspire Mold.

5.4.3 Resumen de resultados con PP

	PP	
	1 PUNTO	2 PUNTOS
Tiempo de llenado [s]	2,66	1,33
Presión de llenado [Mpa]	24,69	9,9
Temperatura de flujo máxima[°C]	241	229
Temperatura al final de la fase de llenado[°C]	107	108/230
Tiempo de enfriamiento [s]	16,17	16,17
Temperatura esfuerzo cortante [°C]	240	228
Densidad [kg/m3]	995	995

Tabla 5.2 Resultados de la inyección con PP.

Como podemos ver el tiempo de llenado con dos puntos de inyección es menor que con uno, esto provoca que tengamos una distribución de temperaturas no uniforme al final de la fase de llenado, además de una presión de inyección menor, y una distribución de presión en la cavidad no uniforme. También podemos observar mayor cantidad de aire acumulado en el caso los dos puntos de inyección. En cuanto a las líneas de soldadura, con dos puntos de inyección las tenemos más repartidas, con un punto de inyección están todas localizadas en la zona intermedia a lo largo de toda la pieza. Habría que saber los esfuerzos a los que estará sometida la pieza para evaluar este defecto.

5.5 Análisis con acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

En este apartado analizaremos la inyección con ABS. Podemos ver la gráfica que relaciona su volumen específico con la presión en MPa, y la temperatura en °C:

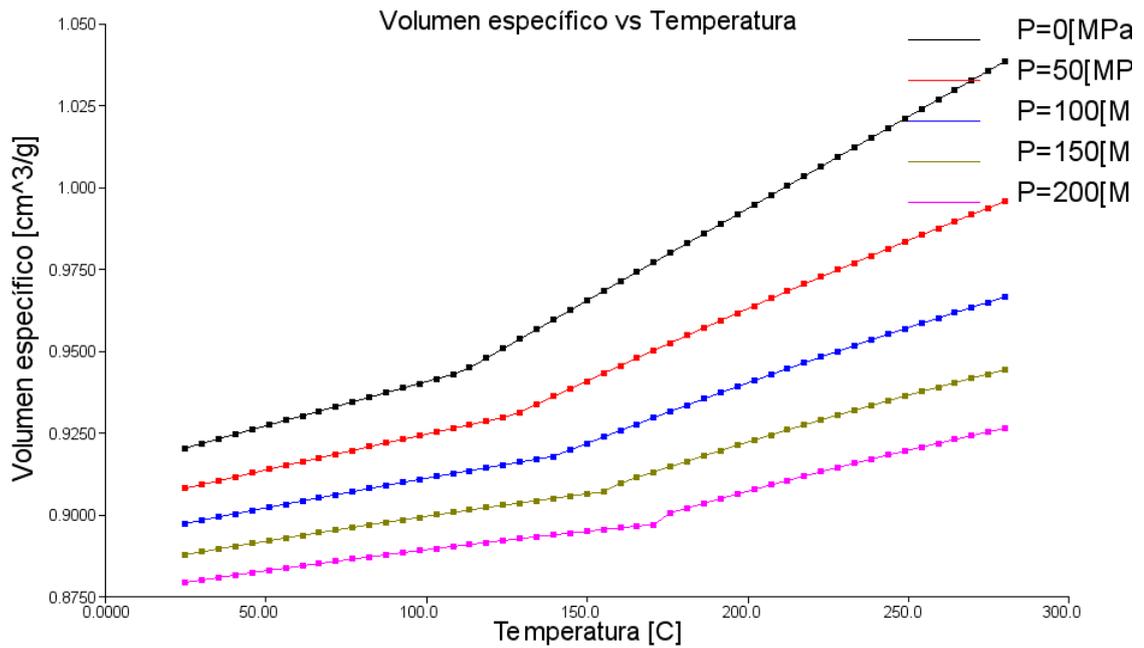


Ilustración 5.30 Gráfica PVT del ABS, Molflow.

También observamos el comportamiento de su viscosidad en función de la velocidad de cizalla:

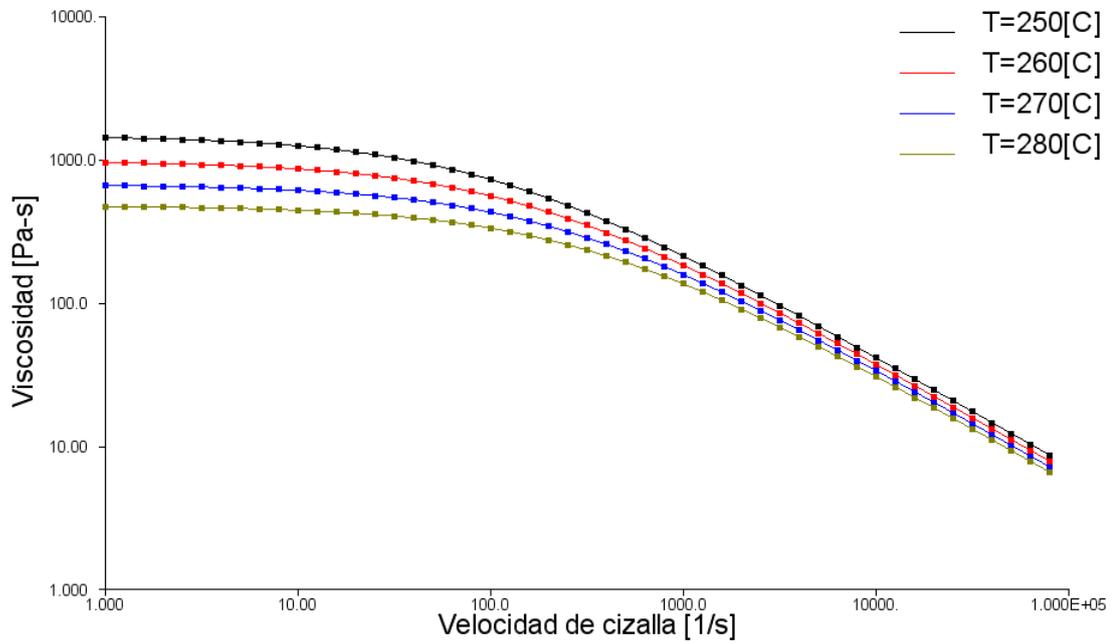


Ilustración 5.31 Gráfica viscosidad-velocidad de cizalla del ABS, Moldflow.

En la siguiente imagen vemos la selección del material, ahora del ABS:



Ilustración 5.32 Selección del ABS, Inspire Mold.

5.5.1 Análisis con un punto de inyección

- TIEMPO DE LLENADO

Podemos ver que el tiempo de llenado es mayor que en el caso del PP, esto es debido a que la densidad es mayor. En total la etapa de llenado dura 3,128s.

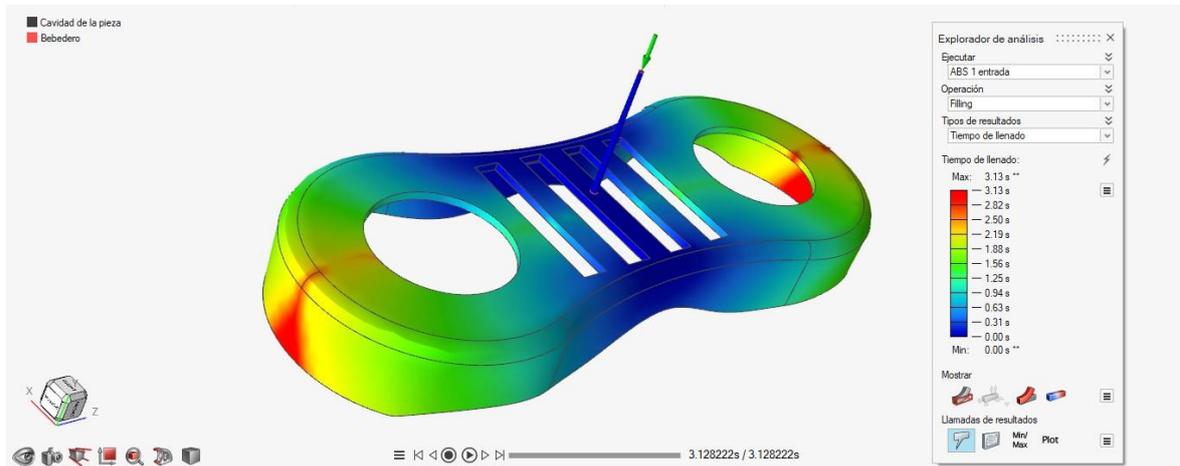


Ilustración 5.33 Tiempo de llenado un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

- **PRESIONEN DE LLENADO**

Podemos ver una presión de remanencia de 73,9MPa, mucho más elevada que la presión que teníamos con el PP.

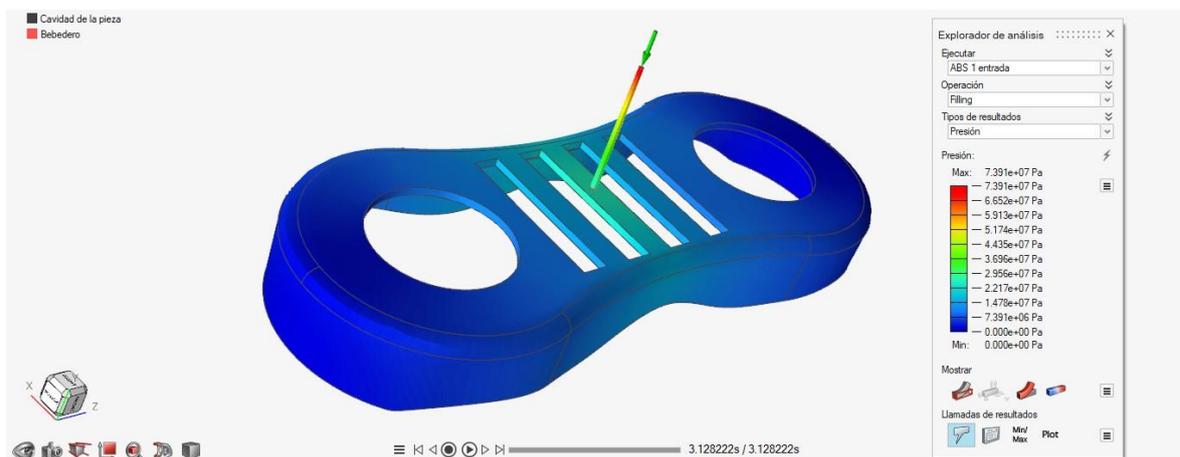


Ilustración 5.34 Presion de llenado un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

En la gráfica podemos ver una presión de conmutación de casi 100MPa.

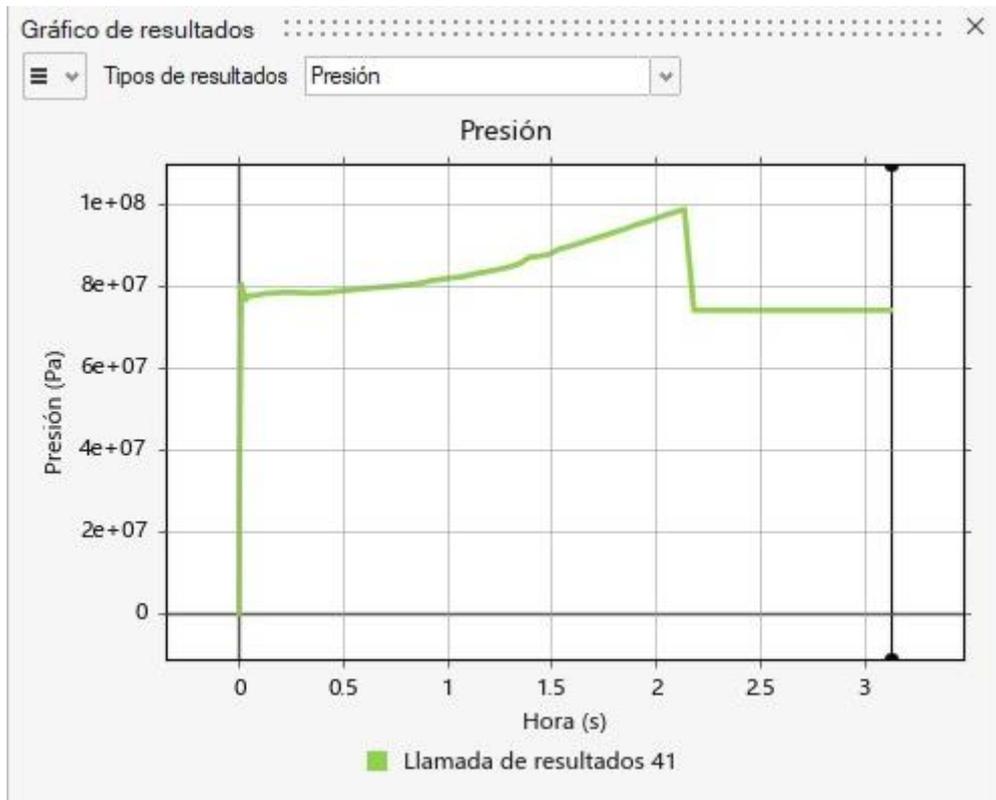


Ilustración 5.35 Gráfica presión un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA DE FLUJO**

La temperatura del flujo está entre los 532K (259 °C) y 467K (194 °C).

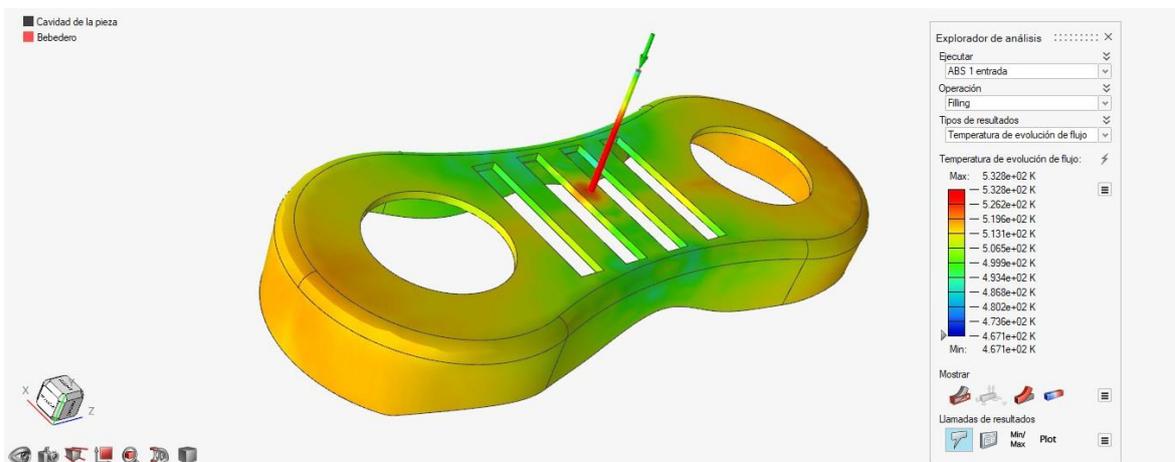


Ilustración 5.36 Temperatura de flujo un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA AL FINAL DE LA FASE DE LLENADO**

La temperatura al final de la fase de llenado está en torno a 418K (145 °C) viendo que en las zonas más alejadas tenemos una mayor temperatura, estas zonas están en torno a los 500K (227 °C).

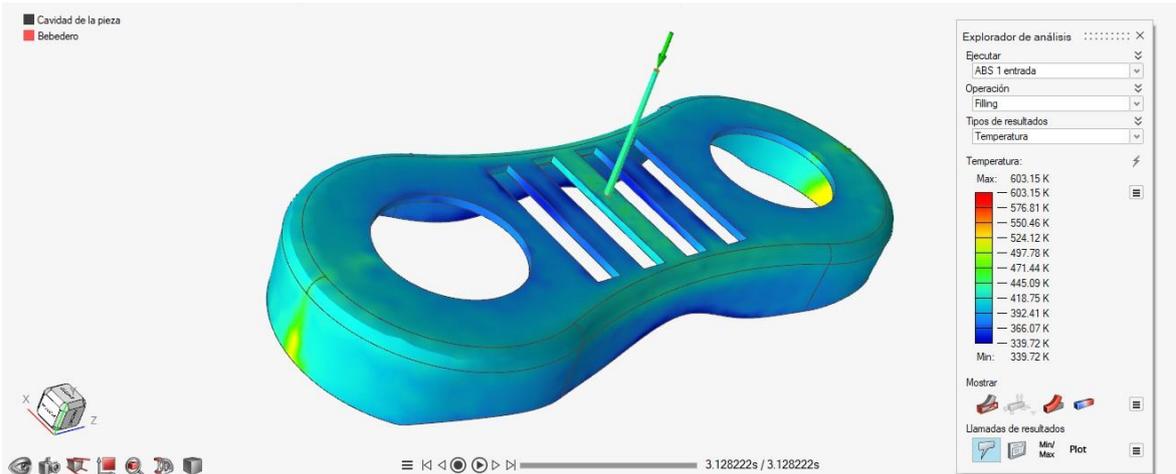


Ilustración 5.37 Temperatura al final del llenado ABS, un punto de inyección.

- **TIEMPO DE ENFRIAMIENTO**

Alcanzamos una temperatura de 330K (57°C) a los 16,34s.

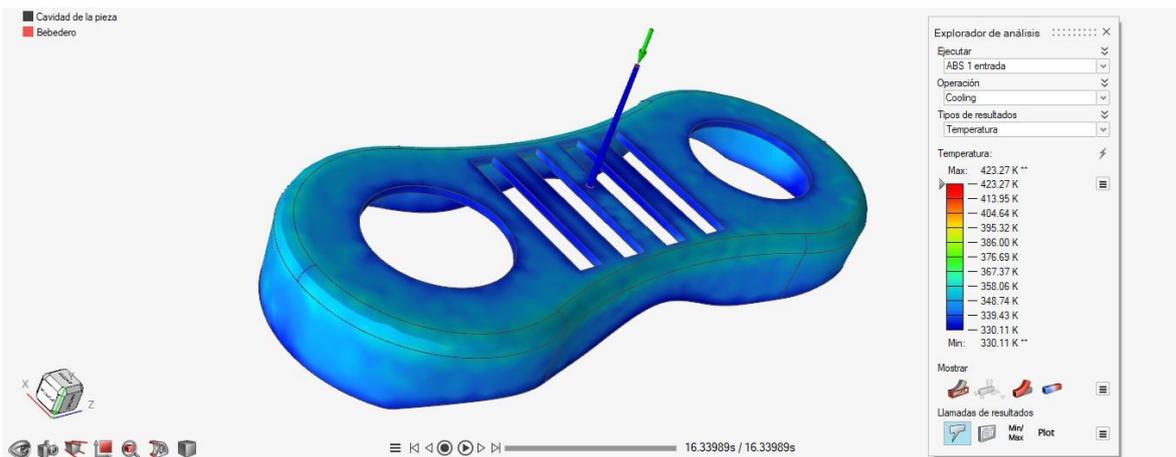


Ilustración 5.38 Temperatura de enfriamiento un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

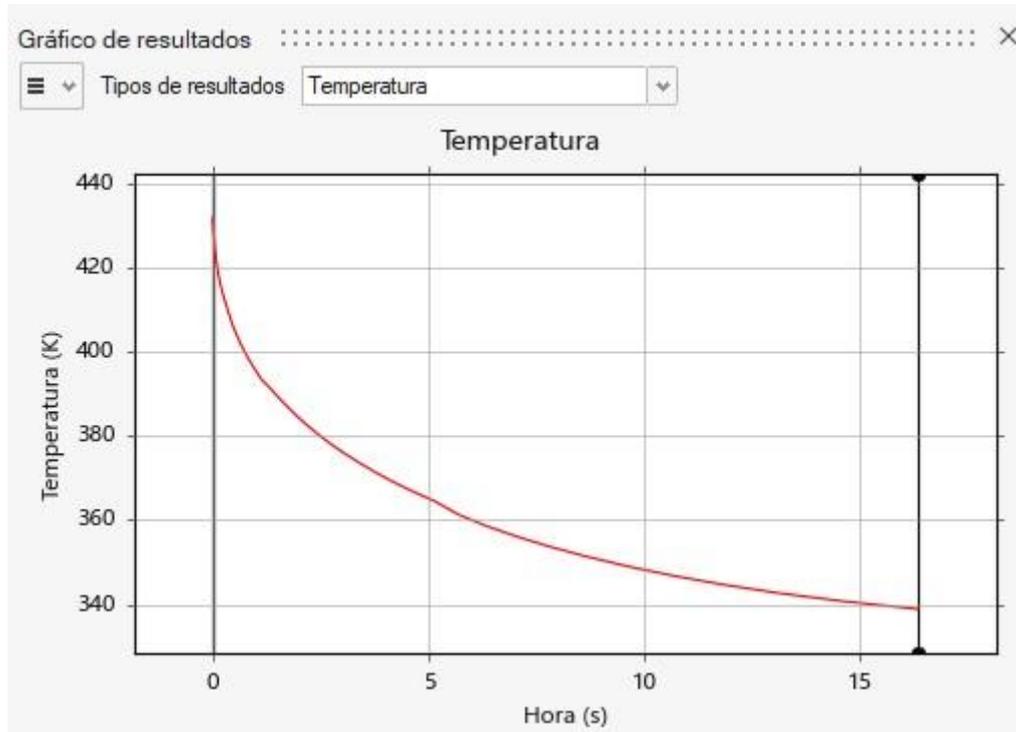


Ilustración 5.39 Gráfica tiempo de enfriamiento un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA ESFUERZO CORTANTE**

Tenemos una temperatura máxima de 554K (281°C), la cual es bastante alta.

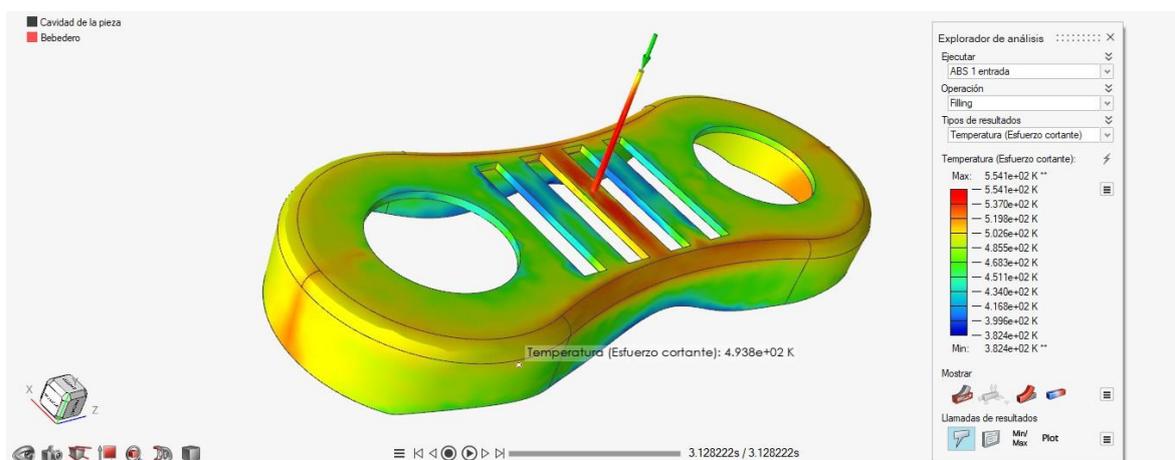


Ilustración 5.40 Temperatura esfuerzo cortante un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

- **DENSIDAD**

La densidad al final de la etapa de llenado es constante en toda la pieza.

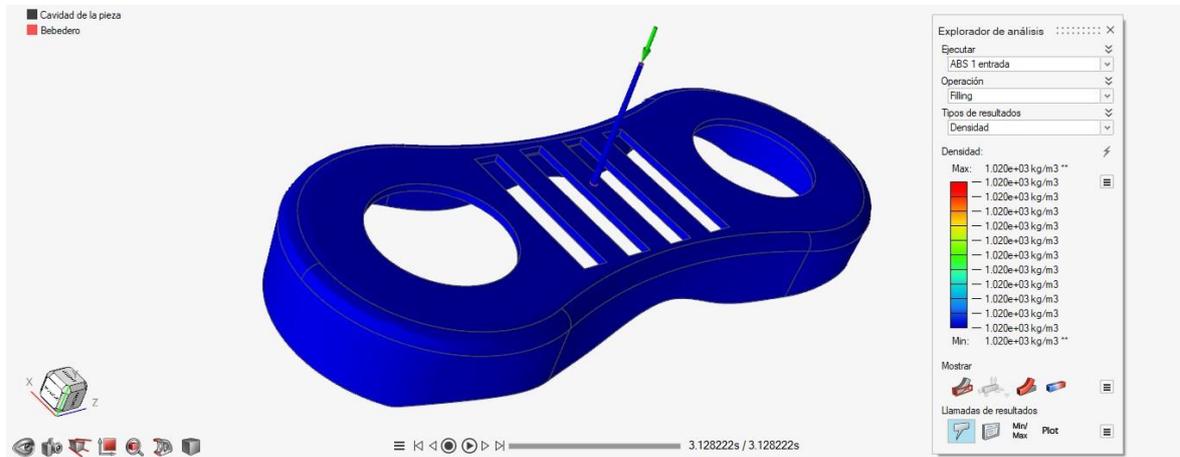


Ilustración 5.41 Densidad un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

- **LÍNEAS DE SOLDADURA**

La formación de líneas de soldadura es muy similar al caso del PP con un punto de inyección.

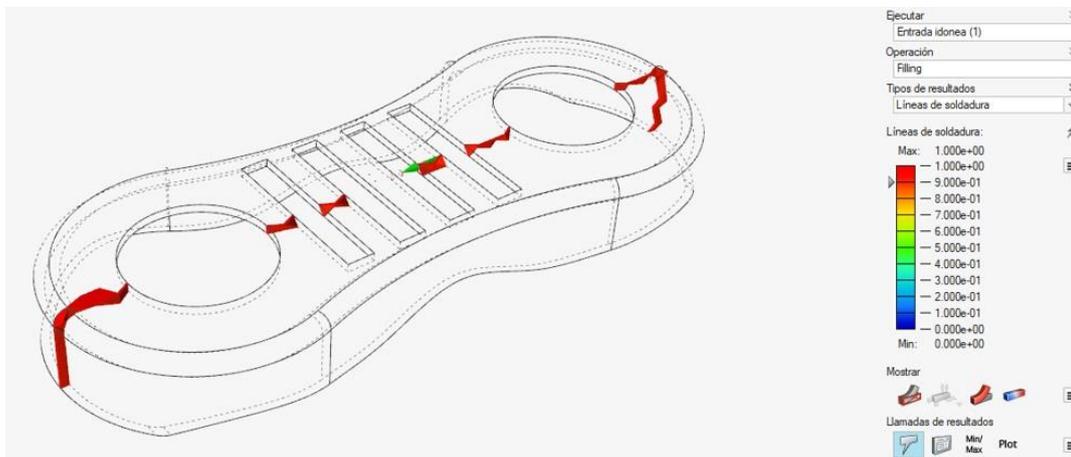


Ilustración 5.42 Líneas de soldadura un punto de inyección ABS, Inspire Mold.

- **AIRE ATRAPADO**

Tenemos aire atrapado en los extremos de la pieza, los cuales son los dos puntos donde llega el plástico fundido más tarde.

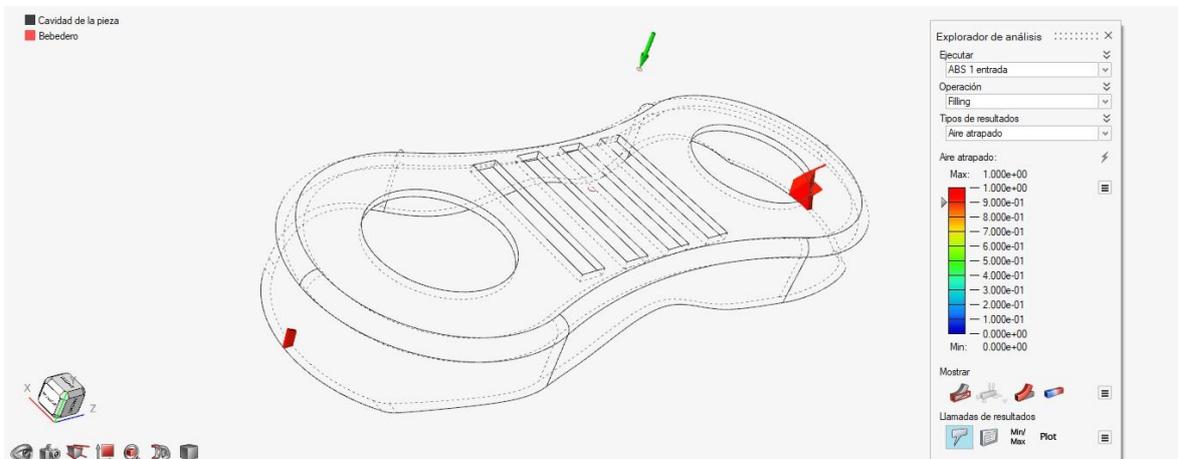


Ilustración 5.43 Aire atrapado

5.5.2 Análisis con dos puntos de inyección

- **TIEMPO DE LLENADO**

El tiempo de llenado es de 1,36s.

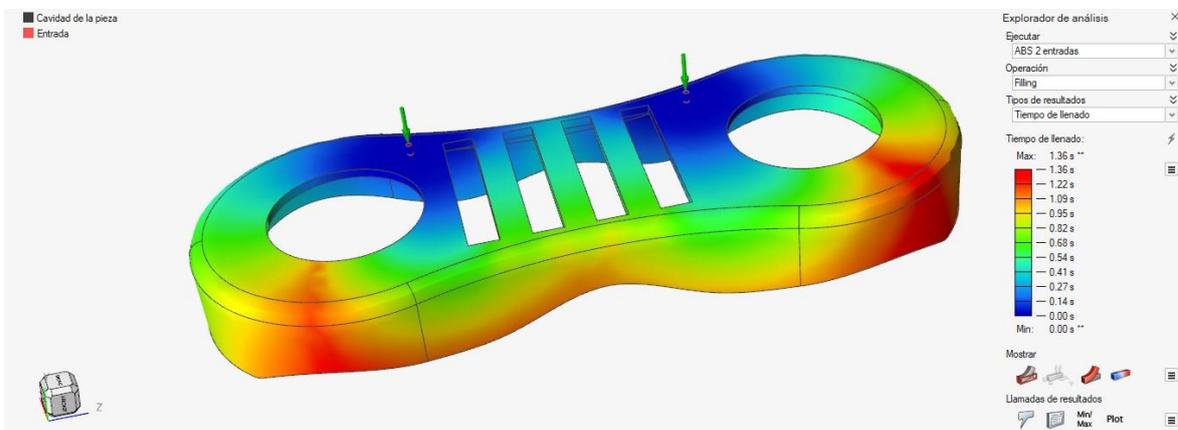


Ilustración 5.44 Tiempo de llenado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **PRESIÓN DE LLENADO**

La presión en el punto de inyección al final del llenado es de 33,8 MPa, esta es la presión de mantenimiento.

Podemos ver una distribución de presiones bastante desigual en la cavidad.

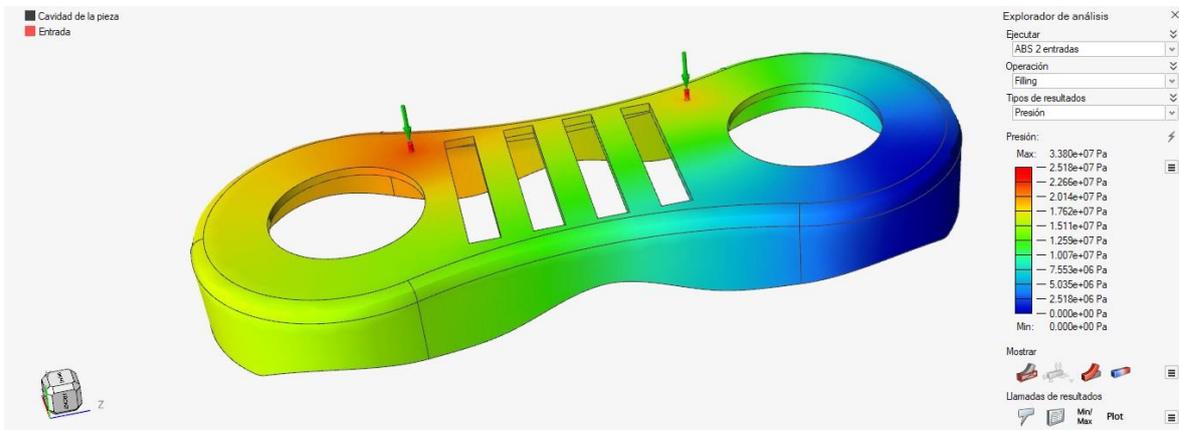


Ilustración 5.45 Presión de llenado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

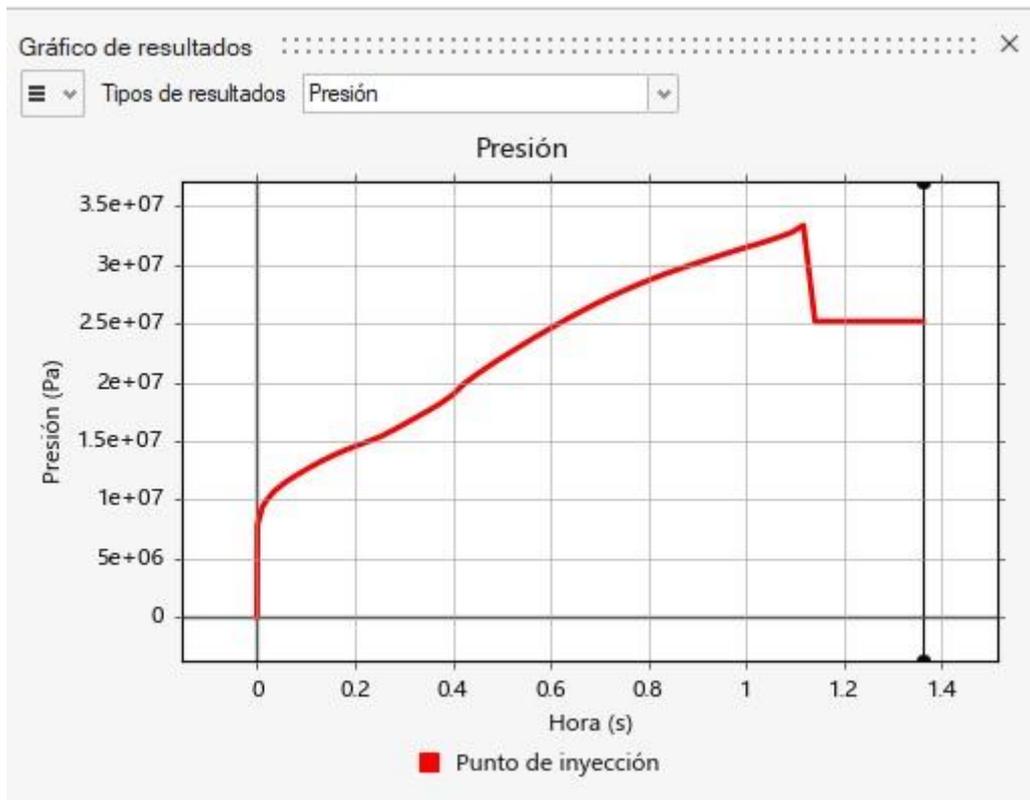


Ilustración 5.46 Gráfica presión de llenado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA DE FLUJO**

La temperatura en el frente de flujo máxima es de 492K (219°C) y mínima de 483K (210°C).

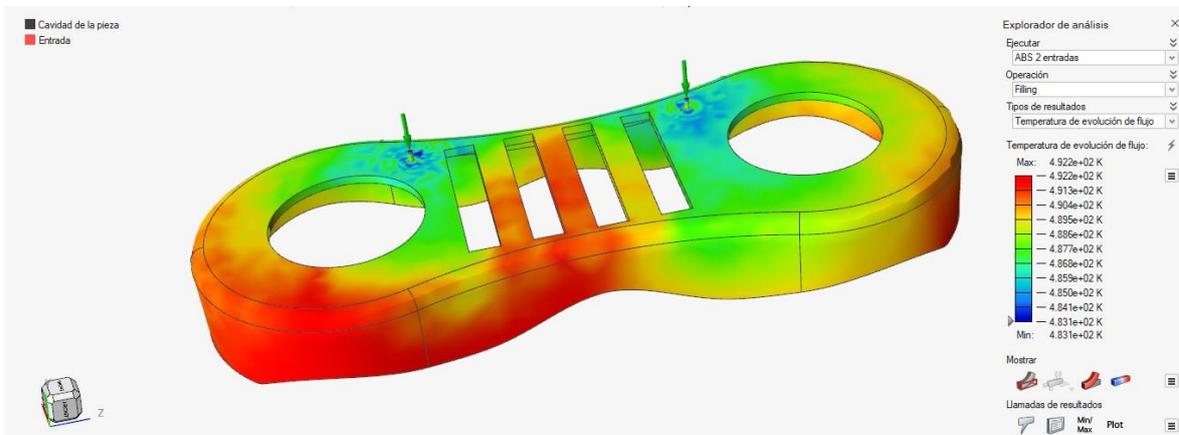


Ilustración 5.47 Temperatura de flujo dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA AL FINAL DE LA FASE DE LLENADO**

La pieza tiene una temperatura en toda ella de aproximadamente 420K (147 °C), viendo que la zona donde el tiempo de llenado es mayor tiene una temperatura de aproximadamente 500K (227 °C).

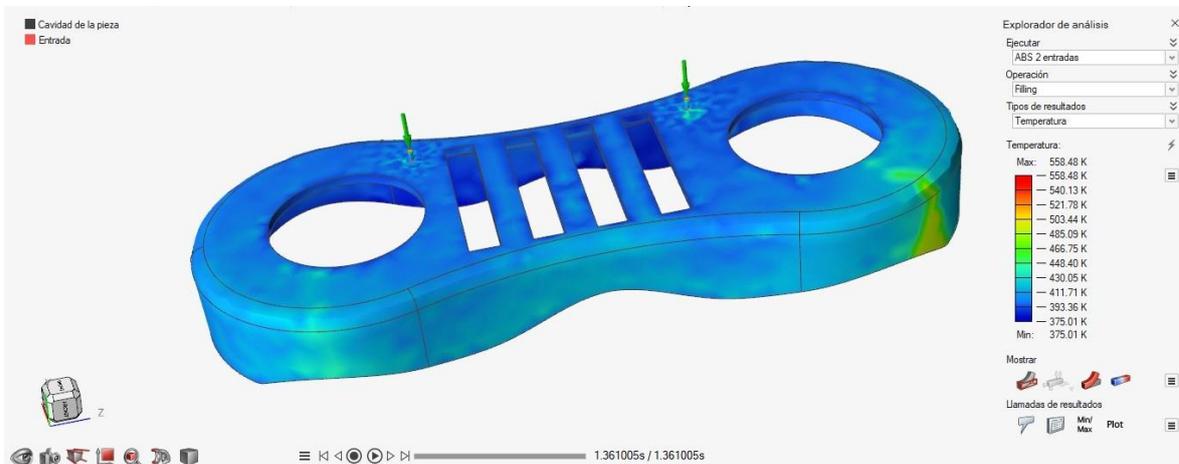


Ilustración 5.48 Temperatura de enfriamiento dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **TIEMPO DE ENFRIAMIENTO**

La gráfica la Ilustración 5.49 nos muestra una temperatura de enfriamiento de 330K (57 °C) en un tiempo de 15,47s.

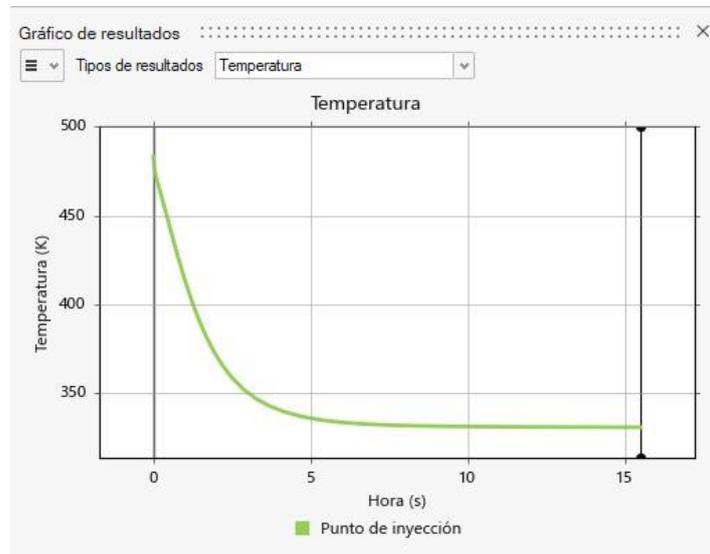


Ilustración 5.49 Gráfica tiempo de enfriamiento dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **TEMPERATURA ESFUERZO CORTANTE**

Esta temperatura se encuentra entre los 498K (225 °C) y los 448K (175 °C).

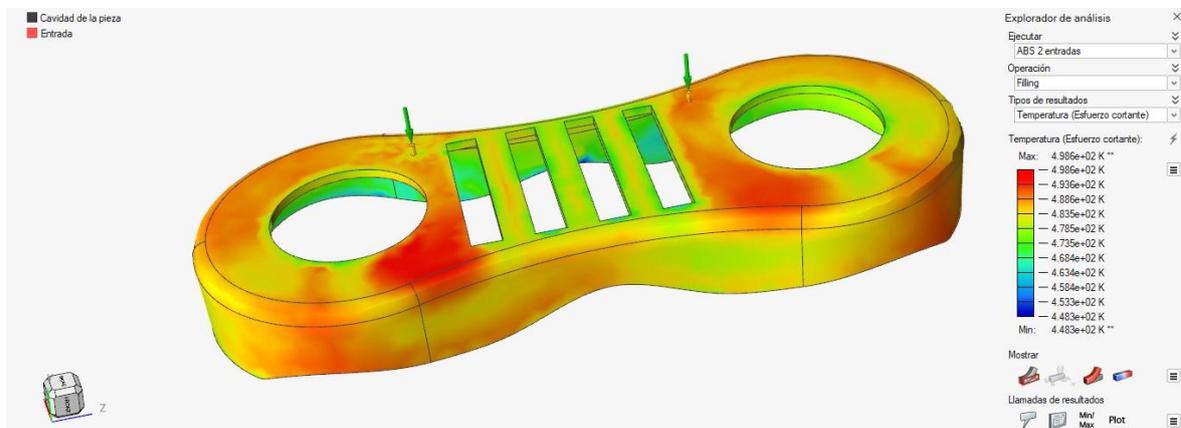


Ilustración 5.50 Temperatura esfuerzo cortante dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **DENSIDAD**

La densidad es constante en toda la pieza al final de la fase de llenado.

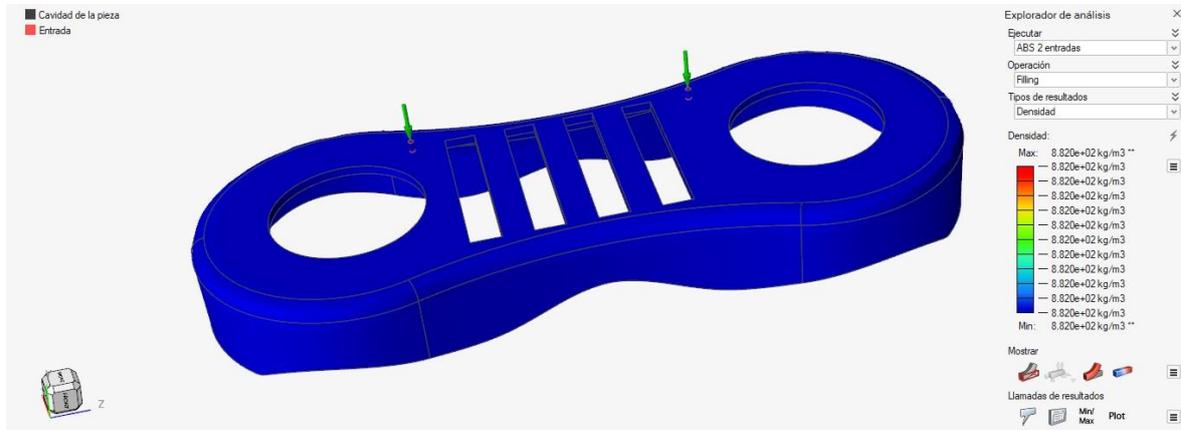


Ilustración 5.51 Densidad dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **LÍNEAS DE SOLDADURA**

Se forman líneas de soldadura en diversas zonas de la pieza de forma muy parecida que con el PP.

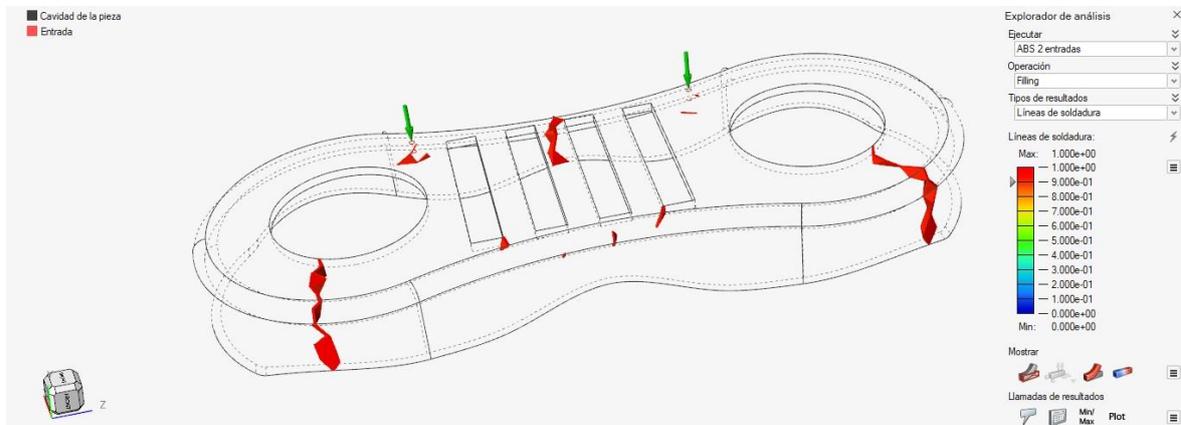


Ilustración 5.52 Líneas de soldadura dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

- **AIRE ATRAPADO**

Podemos ver aire atrapado solamente en un punto de la pieza donde el tiempo de llenado es mayor. En comparación con el PP, se forma menos acumulación de aire en el caso de dos puntos de inyección.

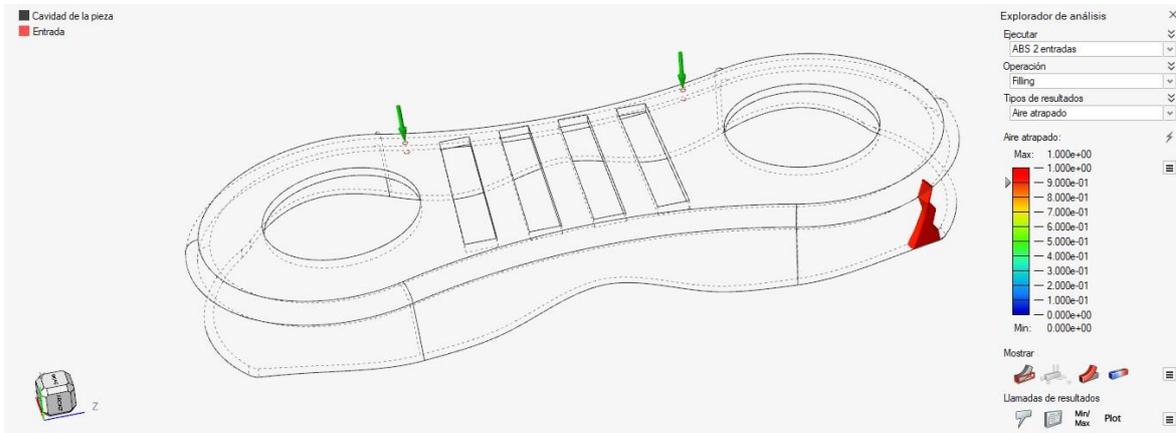


Ilustración 5.53 Aire atrapado dos puntos de inyección ABS, Inspire Mold.

5.5.3 Resumen de los resultados con ABS

	ABS	
	1 PUNTO	2 PUNTOS
Tiempo de llenado [s]	3,13	1,36
Presión de llenado [Mpa]	73,9	25
Temperatura máxima de flujo [°C]	259	219
Temperatura al final de la fase de llenado[°C]	145/227	147/227
Temperatura de enfriamiento [°C]	16,34	15,47
Temperatura esfuerzo cortante [°C]	281	225
Densidad [kg/m3]	1020	882

Tabla 5.3 Resultados de la inyección con ABS.

En el caso del ABS podemos observar diferencias entre utilizar un punto de inyección o dos similares a las que teníamos con el PP, mayor tiempo de llenado con un punto que con dos, mayor presión de llenado con un punto que con dos, en este caso bastante elevadas. Con dos puntos de inyección podemos ver una presión no uniforme en la cavidad.

5.6 Análisis de los resultados

El ABS nos provoca unas mayores presiones de inyección debido a su alta densidad, sobre todo en el caso de un punto de inyección. También podemos ver como la pendiente de la presión en el llenado es menor con el ABS que con el PP, esto se debe a la densidad del material, cuanto mayor densidad menor pendiente.



Con el ABS, y con dos puntos de inyección con PP, tenemos unas temperaturas menos uniformes al final de la etapa de llenado.

Otro aspecto para considerar es el coste de fabricación. Si nos decantamos por un diseño con dos puntos de inyección este disparará notablemente el coste total.

Por lo que lo óptimo sería escoger fabricar la pieza con polipropileno y realizando solamente un punto de inyección.



6 Diseño del molde

6.1 Funciones del molde

Hay que tener en cuenta varios puntos antes de comenzar el proceso del diseño de un molde:

- Número de piezas que vemos a moldear.
- Como será el ciclo de moldeo.
- Cuál será el uso del producto.
- Cual serán las tolerancias de ensamble, si son necesarias.
- Los datos de contracción.
- Ángulos de salida.
- Tipo de sistema de canales (fríos o calientes).
- Tipo de molde que vamos a usar (2 placas, 3 placas).
- Localización de puntos de inyección.
- Acabados superficiales.
- Número de cavidades.
- Características de la máquina con la que contamos.
- Tipo de sistema de expulsión.

Debemos de tener en cuenta las funciones básicas del molde las cuales son las siguientes:

- Recibir el material fundido de la unidad de inyección.
- Dar la forma geométrica requerida a la pieza, con las dimensiones, tolerancias y acabados superficiales requeridos por el diseño.
- Enfriar el fundido hasta solidificarlo.
- Soportar las presiones de inyección, sostenimiento y cierre durante todo el ciclo de moldeo.
- Mantener la pieza enfriando hasta que se presente la mayor cantidad de contracciones en la pieza.

- Expulsar la pieza del molde con la menor fuerza de expulsión posible, sin dañarla estética, mecánica, funcional o dimensionalmente.
- Garantizar la seguridad de montaje, desmontaje, operación y mantenimiento.
- Hay que asegurar que el ciclo de inyección sea lo más corto posible.

6.2 Partes básicas del molde

Generalmente los moldes de inyección están formados por dos mitades, una mitad es la parte fija, y la otra la parte móvil o de expulsión.

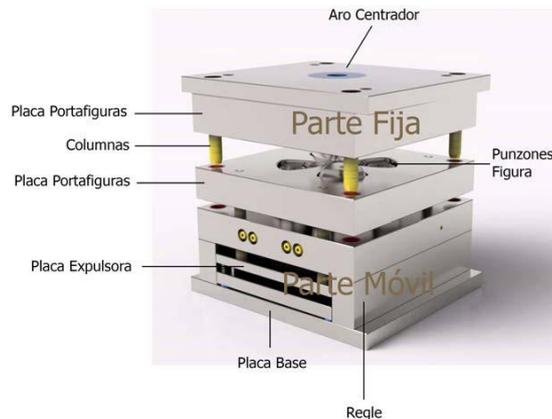


Ilustración 6.1 Partes de un molde de inyección de plástico

6.2.1 Parte fija o de inyección

Es la parte del molde que no se mueve en ningún momento durante todo el ciclo. Esta parte está sujeta al plato fijo de la máquina y es donde apoya el cilindro de inyección. Esto ocurre en el lado contrario a donde se encuentra la cavidad de la pieza, por donde se introduce el plástico fundido.

- **PLACA BASE O DE FIJACIÓN**

La función de la placa de fijación es unir la placa porta cavidades hembra y la máquina inyectora.

- **PLACA PORTA FIGURAS O DE LA CAVIDAD**



En estas placas se ubican las figuras de la pieza que vamos a moldear, podemos encontrar dos partes, una será la hembra la cual la encontraremos en la parte fija del molde, y la otra parte será el macho o el punzón, el cual está en la parte móvil. En esta placa también se ubican los canales de refrigeración

- **DISCO CENTRADOR**

Este disco sirve para centrar el molde con la máquina, es normalmente circular. El orificio de este disco coincide con el de la máquina por donde tiene que entrar el plástico fundido.

- **BEBEDEROS, CANALES DE DISTRIBUCIÓN Y ENTRADAS**

Son los huecos creados en el molde por donde circula el plástico fundido hasta que llega al cavidad.

- **CIRCUITOS DE REFRIGERACIÓN**

Se encuentran tanto en la parte fija del molde como en la parte móvil, su función es enfriar el molde con un refrigerante que circula por el circuito, para evitar su dilatación y para enfriar la pieza.

- **GUIAS O COLUMNAS DEL MOLDE**

Se encuentran tanto en la parte fija como en la móvil, y sirven para obtener un perfecto acoplamiento y con ello un sellado perfecto del molde para evitar fugas de plástico.

6.2.2 Parte móvil o de expulsión

Esta es la parte que está sujeta al plato móvil de la máquina y se mueve solidariamente con éste. Es donde está ubicado el sistema de expulsión.

- **PLACA BASE O DE FIJACIÓN**

Al igual que para la parte fija, sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la máquina de inyección. A diferencia de la anterior esta placa



normalmente no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada, por su zona posterior, del vástago expulsor de la máquina, hasta la placa expulsora del molde.

- **PLACA PORTA FIGURAS O DEL NÚCLEO**

Al igual que se ha descrito antes, esta parte lleva la forma de la pieza que se desea inyectar.

- **PLACA EXPULSORA**

Es una placa doble que lleva los expulsores y recuperadores. Va flotante y guiada en un determinado espacio dentro de esta mitad de molde y cuya misión consiste en extraer la pieza con los expulsores que aloja cuando el vástago de expulsión de la máquina hace presión sobre la misma. Mediante los recuperadores lleva la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre de ambas mitades.

- **REGLES**

Son rectángulos de hierro, puestos a ambos lados del molde, sujetos a la placa base y placa porta figuras mediante tornillos. Crean un hueco central entre la placa base y la placa porta figuras, por donde se deslizará mediante guías la placa expulsora.

- **EXPULSORES**

Son los encargados de expulsar la pieza del molde una vez este se ha abierto. La ubicación de estos depende de la forma de la pieza a inyectar. Son habitualmente de forma cilíndrica. Tienen un extremo en contacto con la superficie de la pieza y otra en la placa expulsora, la cual le transmite el movimiento para empujar la pieza y extraerla del molde.

- **RECUPERADORES**

Son varillas cilíndricas de mayor tamaño que los expulsores, ubicadas fuera del área de la pieza del molde y su misión es evitar que los expulsores dañen el molde cuando se cierran ambas mitades. Se asegura así una recuperación de la placa expulsora y de los expulsores hasta su posición inicial.



- **SALIDA DE GASES**

Son especies de ranuras mecanizadas en el molde, llamadas venting.

Permiten que el aire que hay en los huecos de la cavidad a llenar, junto con los gases que se generan en la inyección, puedan salir del molde al exterior.

Estas ranuras se ubican en aquellos puntos donde pueda quedar aire atrapado.

- **AGUJEROS ROSCADOS Y CÁNCAMOS**

El molde posee en todas sus placas agujeros roscados suficientemente grandes para la colocación de cáncamos, que serán utilizados durante el manejo en el taller por medio de polipastos o puentes grúa.

6.3 Configuración del molde con HASCO

Vamos a utilizar el asistente para moldes de la página de HASCO, con el cual obtendremos todos los componentes necesarios del molde.

En primer lugar, debemos de indicar las dimensiones que tendrá nuestro molde. Para ello debemos de tener en cuenta las dimensiones entre columnas de las columnas de nuestra máquina, las cuales viendo el esquema de esta son de 410x410mm. Como nuestra pieza tiene unas dimensiones de 250x100 mm (ver Anexo 3). Elegiremos un molde de unas dimensiones de 346x346, para obtener una geometría cuadrada.

Selección de anchura

Indicaciones en mm



Selección de longitud

Indicaciones en mm

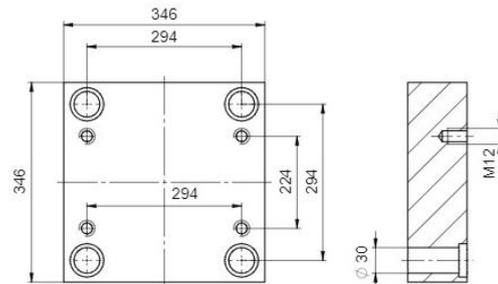
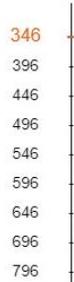


Ilustración 6.2 Elección tamaño de molde, HASCO.

A continuación, seleccionaremos una a una las placas del molde, eligiendo el ancho y el material de estas. Para el material hemos seleccionado en todas las placas un acero 1.1730, excepto para las dos placas de las cavidades que utilizaremos un acero 1.2162 debido a que estas requieren de un acero de alta dureza y resistencia por las condiciones en las que trabajarán.

6.3.1 Placa de cavidad parte fija

En primer lugar, dimensionaremos la placa de cavidad, a la cual le daremos un espesor suficiente para que contenga la pieza y los canales de refrigeración.

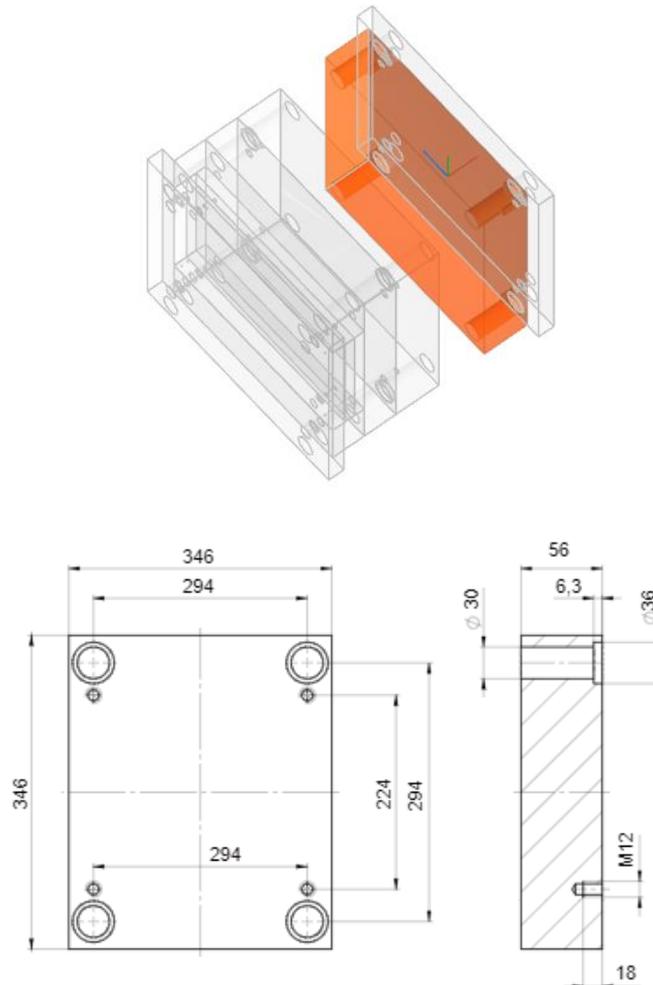


Ilustración 6.3 Dimensiones de la placa de la cavidad de la parte fija, HASCO.

6.3.2 Placa de la cavidad parte móvil

La placa de la cavidad de la parte fija será del mismo espesor, 56mm y como hemos dicho antes, el material será acero 1.2162.

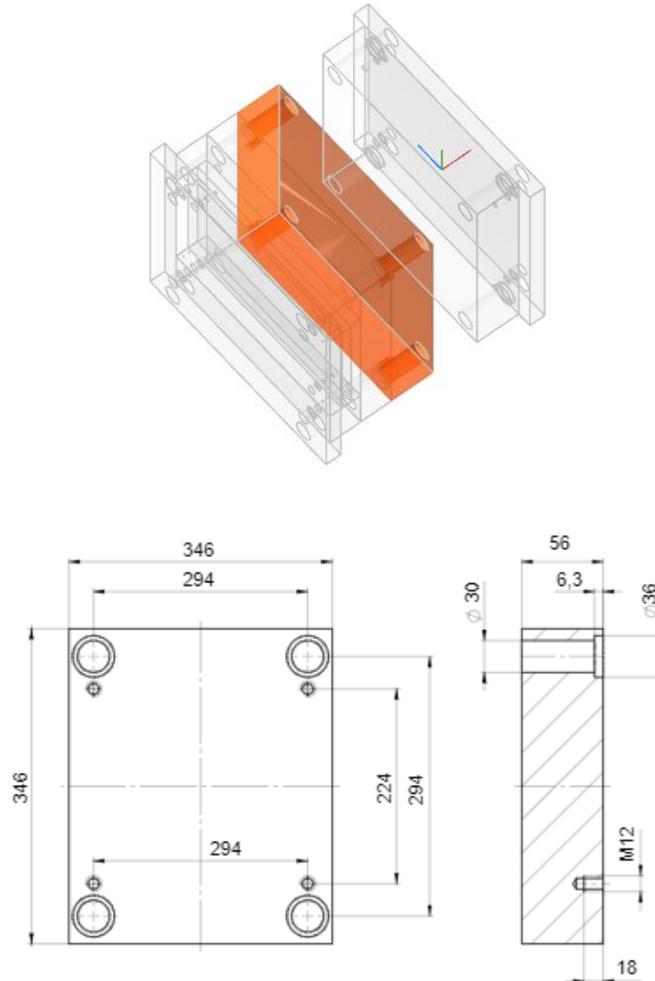


Ilustración 6.4 Dimensiones de la cavidad de la parte fija, HASCO.

6.3.3 Placa de sujeción

La placa de sujeción ubicada en la zona de inyección tendrá un espesor de 27mm y contendrá el disco centrador, ya que por esa zona la máquina inyectará el plástico a través de este.

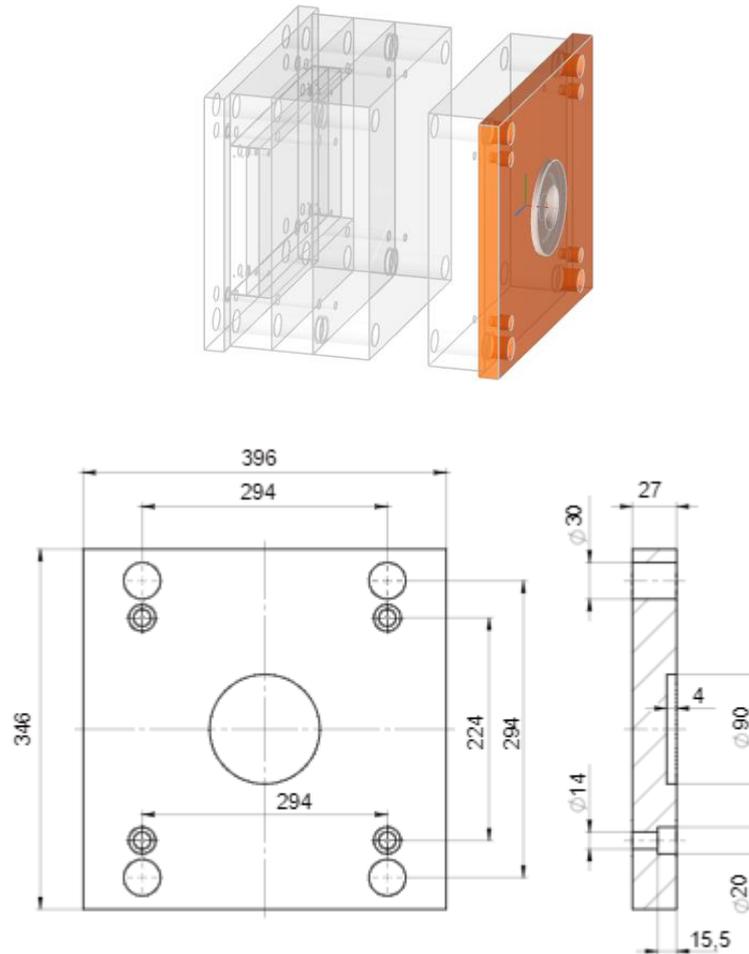


Ilustración 6.5 Dimensiones de la placa de sujeción, HASCO.

6.3.4 Placa intermedia

La placa intermedia tendrá un espesor de 46mm y se fabricará en acero 1.1730.

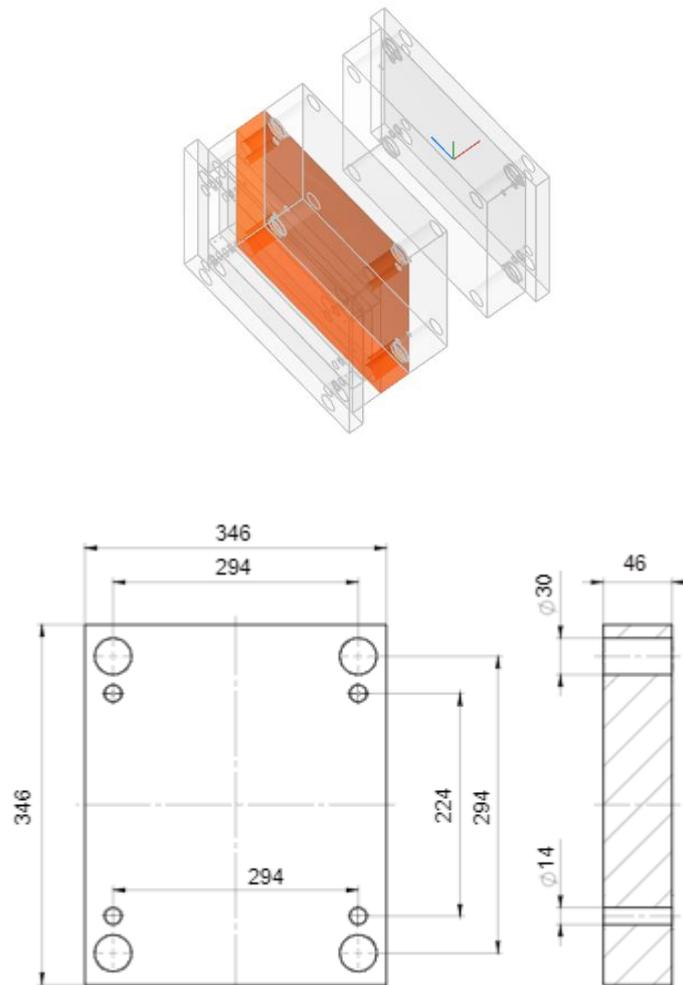


Ilustración 6.6 Dimensiones de la placa intermedia, HASCO.

6.3.5 Regles

Estos deberán de tener un espesor suficiente para que los expulsores puedan llegar a extraer correctamente la pieza, teniendo en cuenta el espesor de la placa intermedia y de la cavidad de 56mm, con unos regles de 76mm sería suficiente.

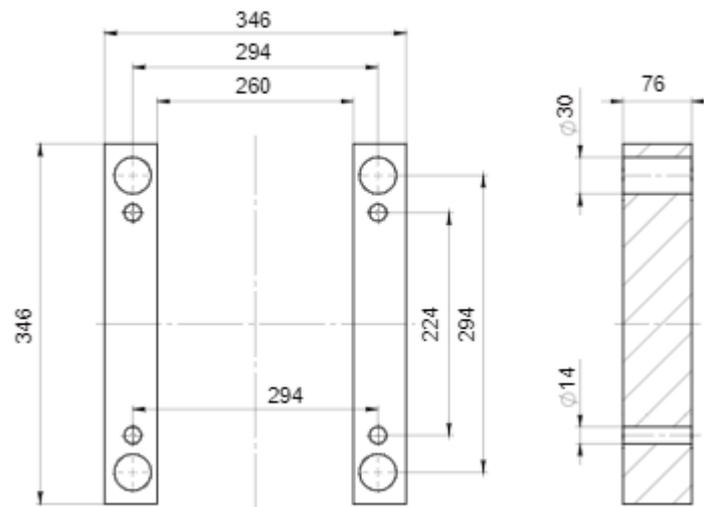
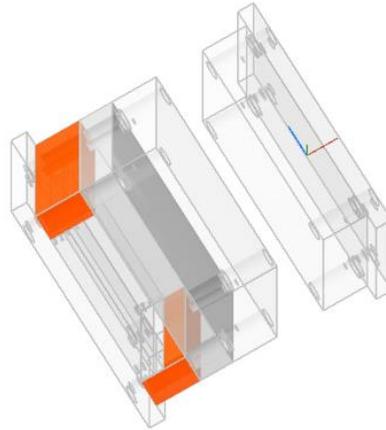


Ilustración 6.7 Dimensiones de los regles, HASCO.

6.3.6 Placa de base de expulsión

Se ha seleccionado un espesor de 22mm en acero 1.1730.

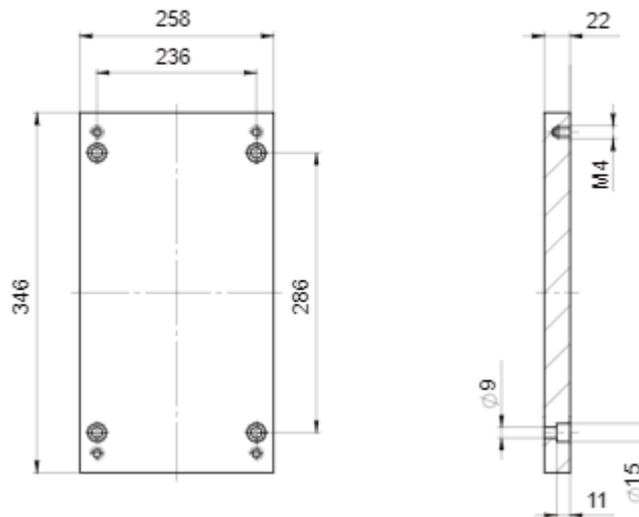
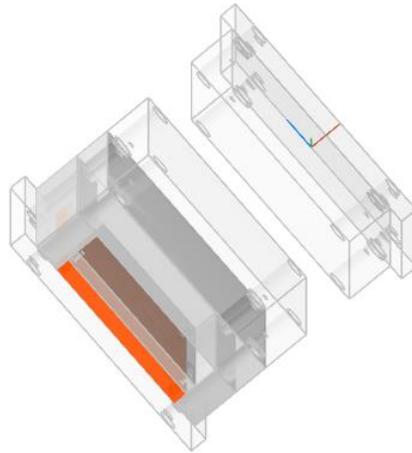


Ilustración 6.8 Dimensiones de la placa de base de expulsión, HASCO.

6.3.7 Placa de retención de expulsión

Se ha seleccionado un espesor de 17mm y un acero 1.1730.

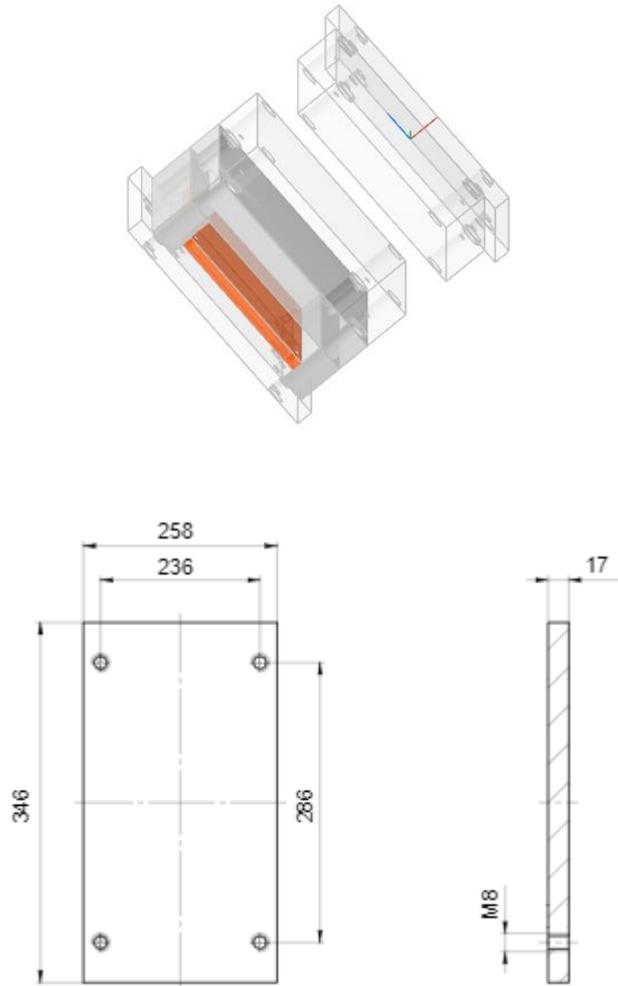


Ilustración 6.9 Modelado de la placa de retención de expulsión, HASCO.

6.3.8 Placa de sujeción

Esta placa es igual que la de sujeción de la parte móvil, pero sin disco centrador.

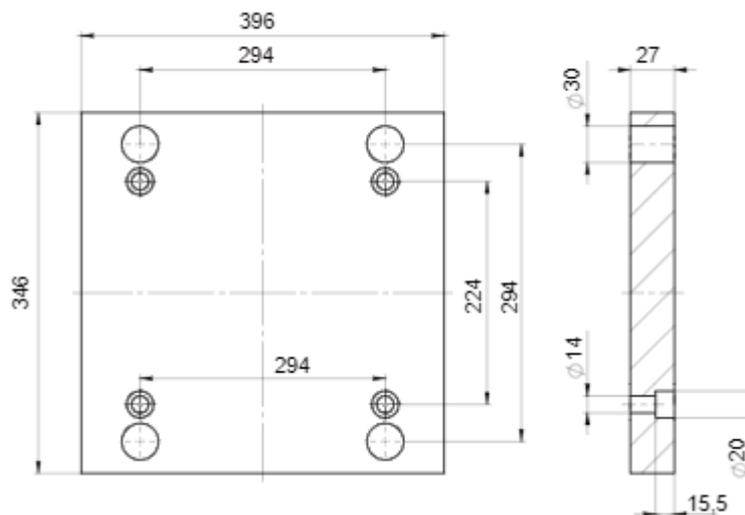
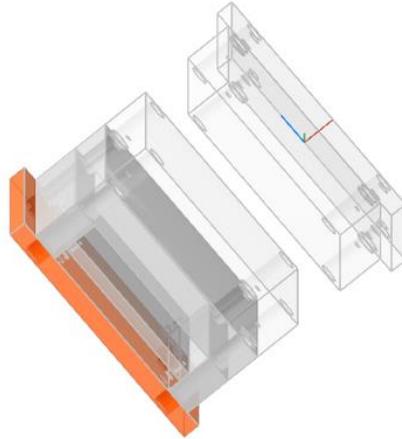


Ilustración 6.10 Placa de sujeción parte fija, HASCO.

6.3.9 Otros componentes

- Disco centrador.

Disco centrador	Tipo	h2	s1	d2	d1	h1	Nr./No.
Z7510/125x12	3	4	-	36	125	12	Z7510/125x12

Tabla 6.1 Dimensiones disco centrador, HASCO.

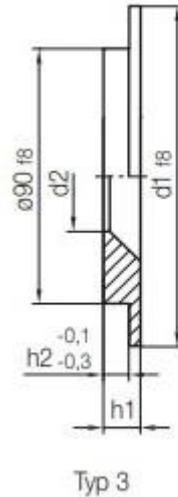


Ilustración 6.11 Disco centrador, HASCO.

- **Manguito de centrado.**

Manguito de centrado	d3	l1
Z20/30x140	30	140

Tabla 6.2 Dimensiones manguito de centrado, HASCO.

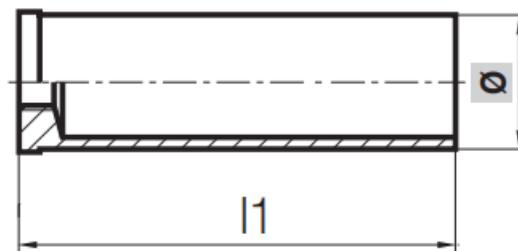


Ilustración 6.12 Manguito de centrado, HASCO.

- **Pilar de guía.**

Pilar de guía	l1	d1	l2
Z00/56x24x75	56	24	75
Z00/56x22x75	56	22	75

Tabla 6.3 Dimensiones pilar guía, HASCO.

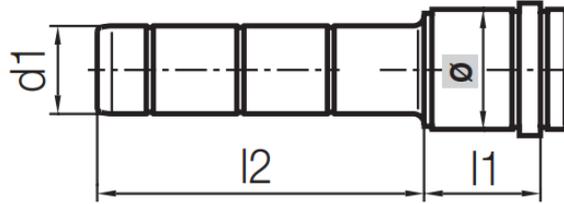


Ilustración 6.13 Pilar de guía, HASCO.

- Casquillo guía.

Casquillo guía	l2	d1
Z10/56x33	56	24
Z10/56x30	56	22

Tabla 6.4 Dimensiones casquillo guía.

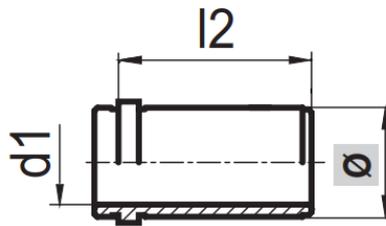


Ilustración 6.14 Casquillo de guía, HASCO.

- Anillo de bloqueo.

Anillo de bloqueo	d1	s1
Z691/12x2,5	12	2,5
Z691/8x2	8	2

Tabla 6.5 Dimensiones anillo de bloqueo.

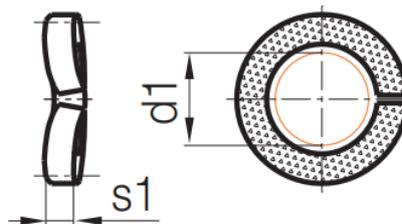


Ilustración 6.15 Anillo de bloqueo, HASCO.

- **Tornillo de cabeza de cilindro.**

Tornillo de cabeza de cilindro	d1	l1
Z31/12x30	12	30
Z31/12x150	12	150
Z31/10x30	8	30

Tabla 6.6 Dimensiones tornillo de cabeza de cilindro.

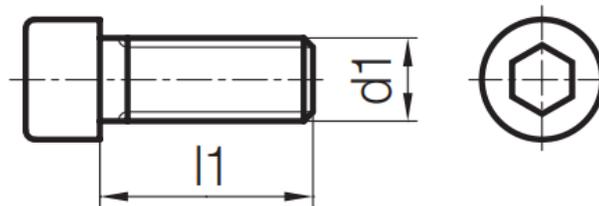


Ilustración 6.16 Tornillo de cabeza de cilindro, HASCO.

- **Disco de soporte.**
- **Tornillo avellanado.**

6.3.10 Resumen de los componentes

Una vez hemos introducido los datos de todas las placas, HASCO nos facilita la descarga del molde en varios formatos como STEP, STL, DWG, DXF etc. Los cuales pueden ser abiertos en un programa CAD, como Catia. Además, podemos descargar la lista de los componentes en formato .csv para abrirlo con Excel.

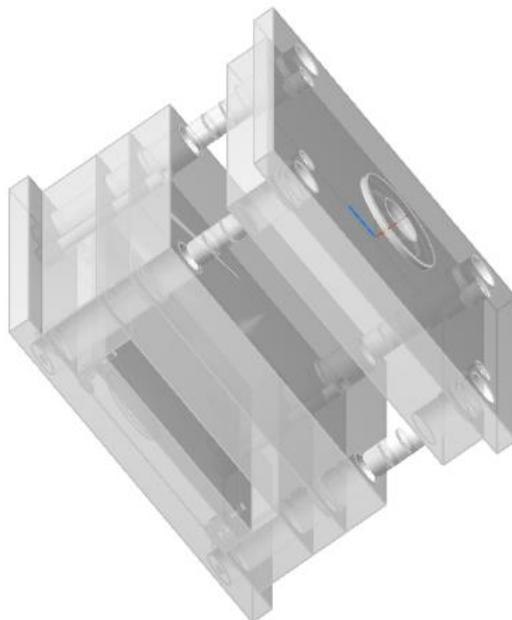


Ilustración 6.17 Molde final, HASCO.

En la siguiente tabla vemos todos los componentes que constituyen el molde, la designación del producto, la descripción de este y la cantidad de cada uno.

Posición	Designación de producto	Descripción	Cantidad
1	K20/346x346x56/1.2162	Placa de cavidad	1
2	K10/346x346x27/1.1730	Placa de sujeción	1
3	K20/346x346x56/1.2162	Placa de cavidad	1
4	K30/346x346x46/1.1730	Placa intermedia	1
5	K40/346x346x76/1.1730	Regles	2
6	K70/346x346x22/1.1730	Placa de base de expulsión	1
7	K60/346x346x17/1.1730	Placa de retención de expulsión	1
8	K10/346x346x27/1.1730	Placa de sujeción	1
9	Z7510/125x12	Disco centrador	1
10	Z20/30x140	Manguito de centrado	4
11	Z00/56x24x75	Pilar de guía	3
12	Z00/56x22x75	Pilar de guía	1
13	Z10/56x24	Casquillo guía	3
14	Z10/56x22	Casquillo guía	1

15	Z691/12x2,5	Anillo de bloqueo	8
16	Z31/12x30	Tornillo de cabeza de cilindro	4
17	Z31/12x150	Tornillo de cabeza de cilindro	4
18	Z691/8x2	Anillo de bloqueo	4
19	Z31/8x30	Tornillo de cabeza de cilindro	4
20	Z55/18x3	Disco de soporte	4
21	Z33/4x8	Tornillo avellanado	4

Tabla 6.7 Componentes del molde, HASCO.

6.4 Diseño del molde con 3DEXPERIENCE

Para diseñar el molde con 3EXPERIENCE tenemos que usar dos aplicaciones, uno es el de Core and Cavity, y el otro es el de Mold Tooling Design.

A continuación, vamos a describir el procedimiento que hemos seguido:

En primer lugar, una vez tenemos la pieza diseñada, tenemos que iniciar un nuevo Mold Project, le damos el nombre que queramos e insertamos nuestra pieza.



Ilustración 6.18 Iniciación de un nuevo Mold Project.

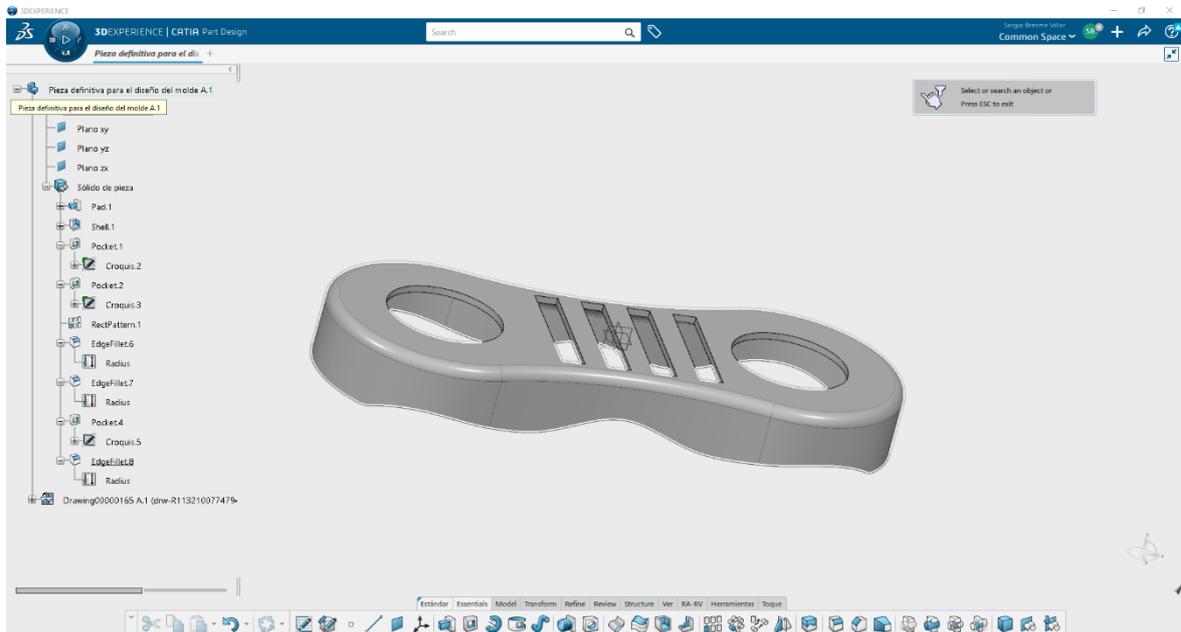


Ilustración 6.19 Inserción de la pieza.

Una vez hemos hecho esto, veremos que en el árbol de operaciones nos han aparecido varios apartados, los cuales corresponden al módulo de Mold Tooling Design, dentro de estos apartados tenemos una serie de operaciones que pertenecen al módulo de Core and Cavity, para movernos de un módulo a otro solo tenemos que pinchar dos veces en la operación que deseemos del árbol de operaciones.

A continuación, vamos a ver la distribución del árbol de operaciones:



Ilustración 6.20 Distribución del árbol de operaciones.

El árbol se divide en cuatro secciones inicialmente, y digo inicialmente porque luego añadiremos otras dos, una será el insert unit, donde crearemos los canales de refrigeración, los expulsores y los canales de colada. El otro se llamará mold base, aquí se encontrará el resto de las partes del molde y podemos importarlo de un fabricante que se encuentran en la base de datos de Catia, en mi caso he utilizado uno de Hasco.

Para empezar a diseñar el molde tenemos que ir al módulo de Core and Cavity, para ello en el árbol de operaciones vamos al apartado de molded part, aquí es donde se va a ir guardando todas las operaciones que vayamos haciendo desde el Core and Cavity, y pulsando dos veces en 3D Shape veremos que entramos en el módulo de Core and Cavity.

El objetivo de este módulo es crear dos superficies, una será el cuerpo y la otra la cavidad, entre ambas entrará el plástico fundido para formar la pieza, también tenemos que crear la superficie de partición, esta será la que divida el molde en las dos partes.

6.4.1 Dirección de tracción

Lo primero que debemos hacer es crear la dirección de tracción, esta es la dirección en la que se va a extraer la pieza. Como veremos en la siguiente imagen seleccionamos el sólido y automáticamente se nos genera la dirección y se asignan unos colores a cada superficie, aquí tenemos que definir la parte de la pieza que pertenece al core, el cual se muestra en rojo, y cual al cavity, que se muestra en verde.

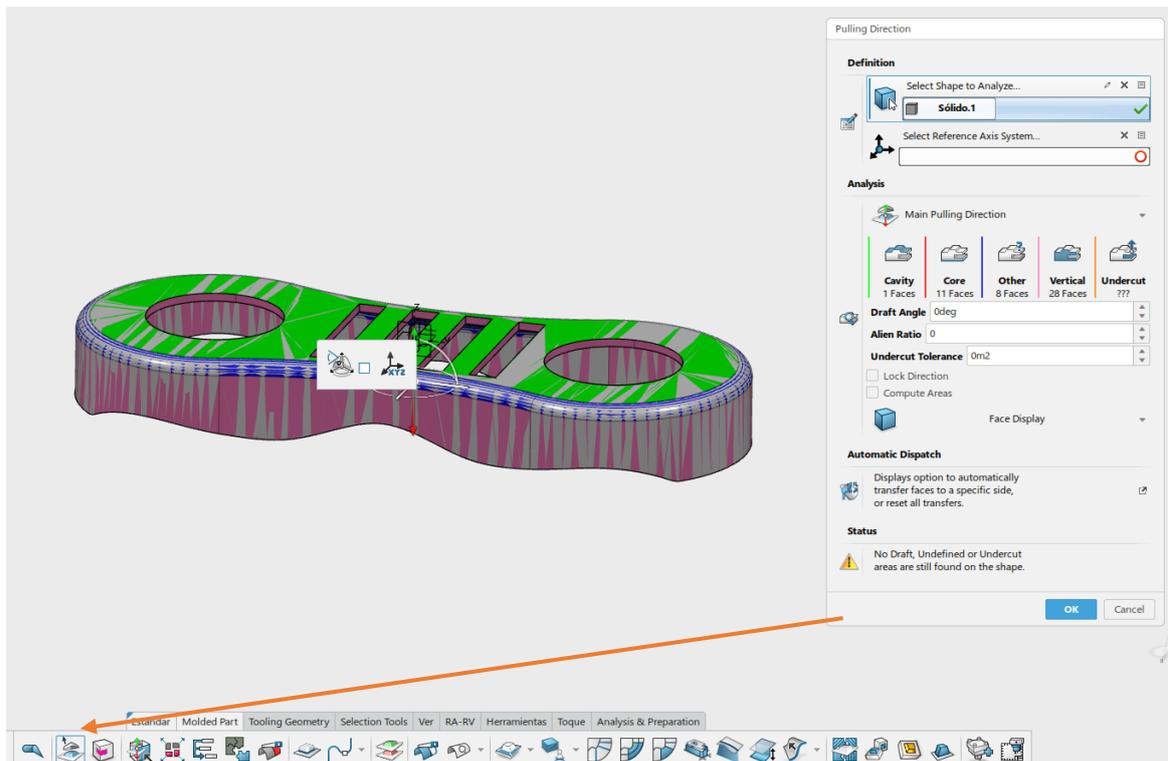


Ilustración 6.21 Creación de la dirección de tracción.

Como podemos ver en la imagen tenemos superficies de otros colores, estas son superficies verticales y superficies no reconocidas las cuales tenemos que asignar nosotros. Para una mejor visualización ocultamos la pieza sólida para que solo nos queden las superficies, para ello clicamos en el 3DShape del árbol, botón izquierdo y ocultar.

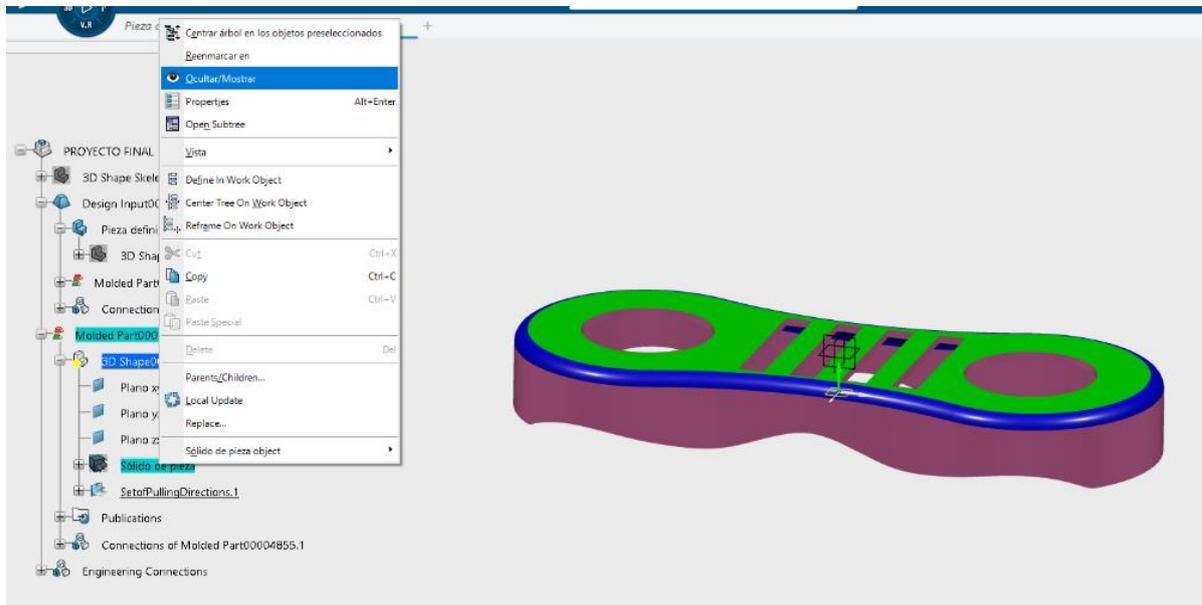


Ilustración 6.22 Ocultamos el sólido.

Para asignar core o cavity a cada superficie volvemos al pulling direction clicando dos veces en el árbol de operaciones, y pinchamos sobre la superficie, ahí se nos abrirá una barra de opciones donde podemos asignar esa zona. En la siguiente imagen podemos ver como seleccionamos las partes correspondientes al Cavity.

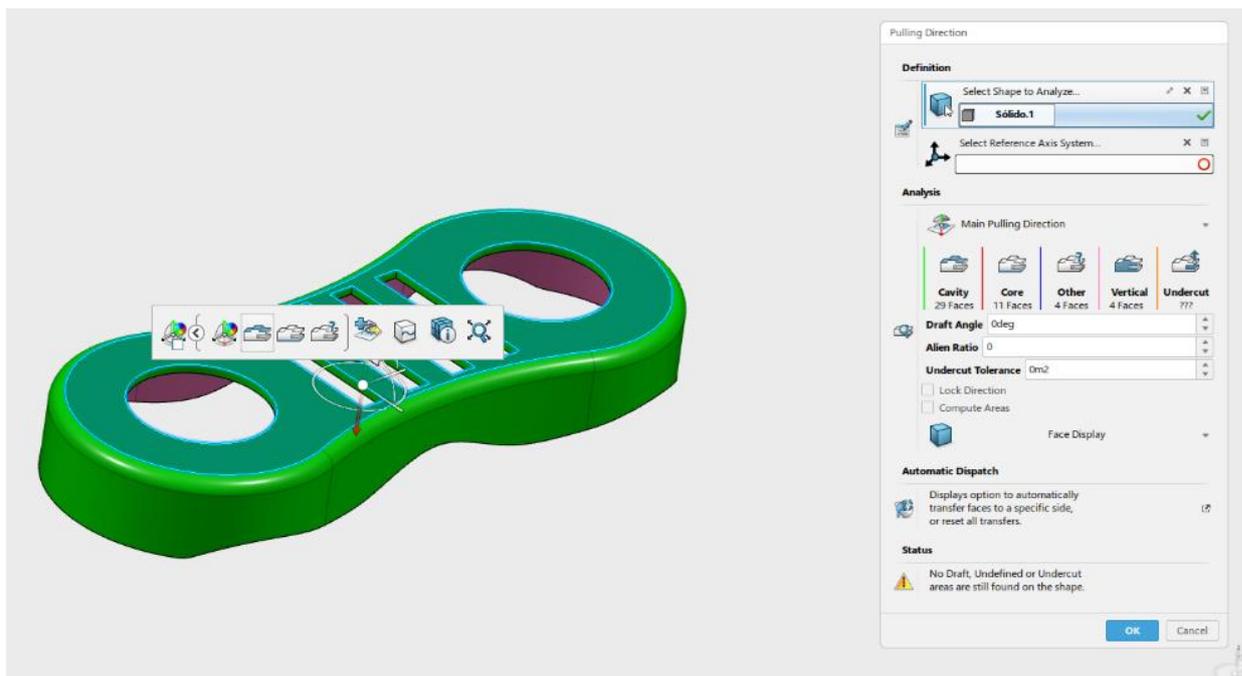


Ilustración 6.23 Asignación de Cavity a las superficies.

A continuación, podemos ver todas las superficies que corresponden al Cavity:

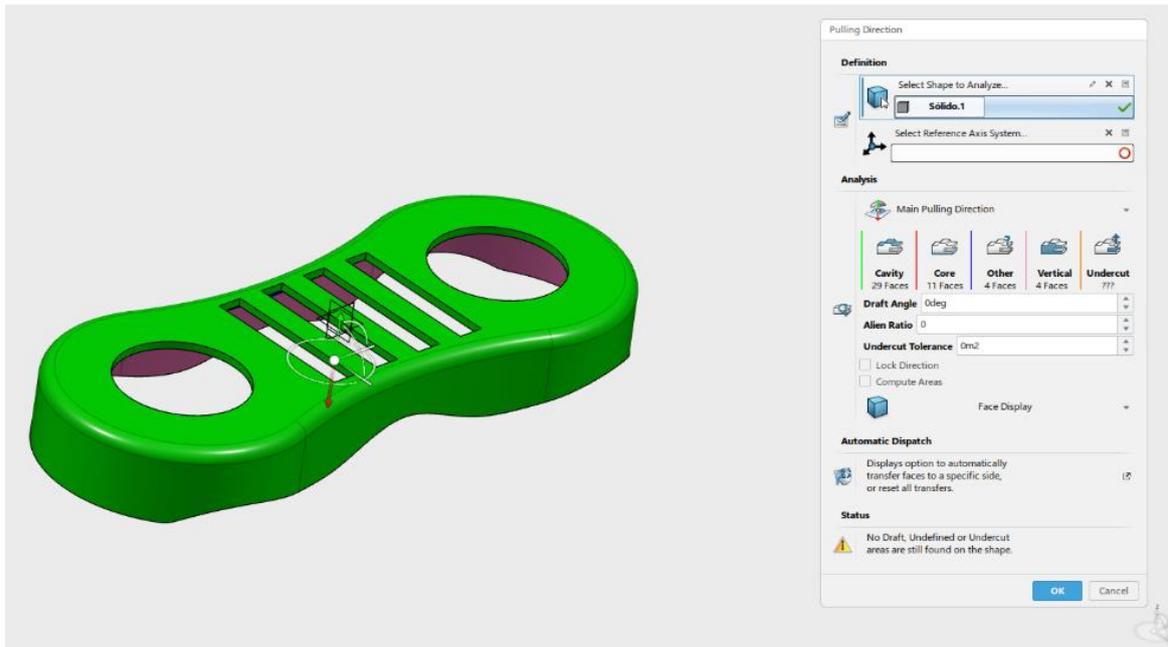


Ilustración 6.24 Superficies correspondientes al Cavity.

Lo mismo hacemos para el Core, como podemos ver a continuación:



Ilustración 6.25 Superficies correspondientes al Core

6.4.2 Extracción de las superficies

Extraemos las áreas del molde con el comando extract mold áreas. En la imagen que se muestra a continuación podemos ver este paso:

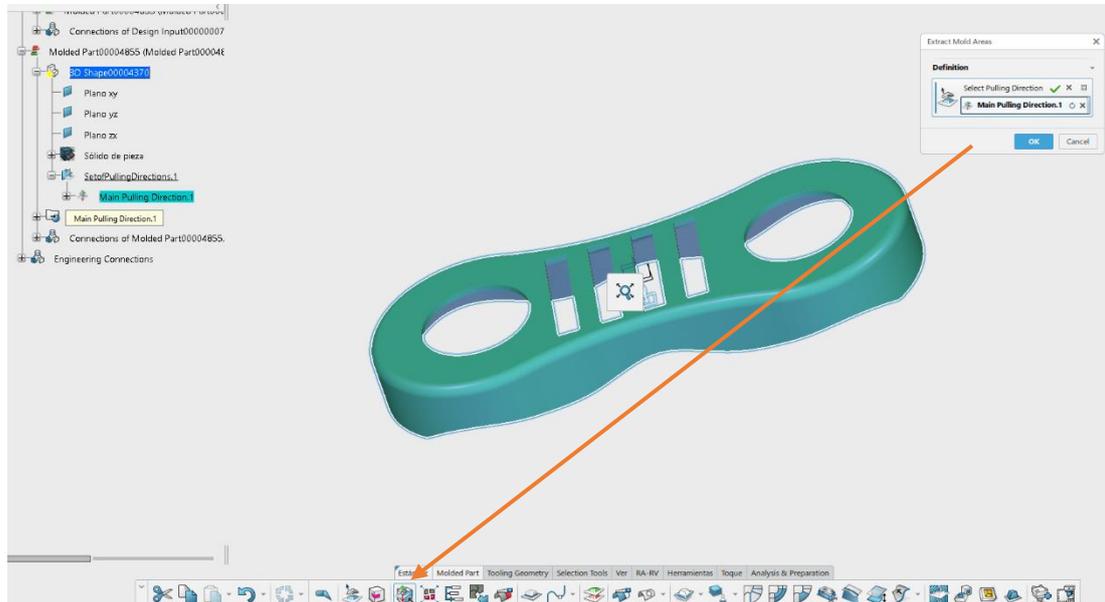


Ilustración 6.26 Extraemos el Core y el Cavity.

Una vez hemos extraído el cuerpo y la cavidad, podemos separar las dos partes para visualizarlas mejor:

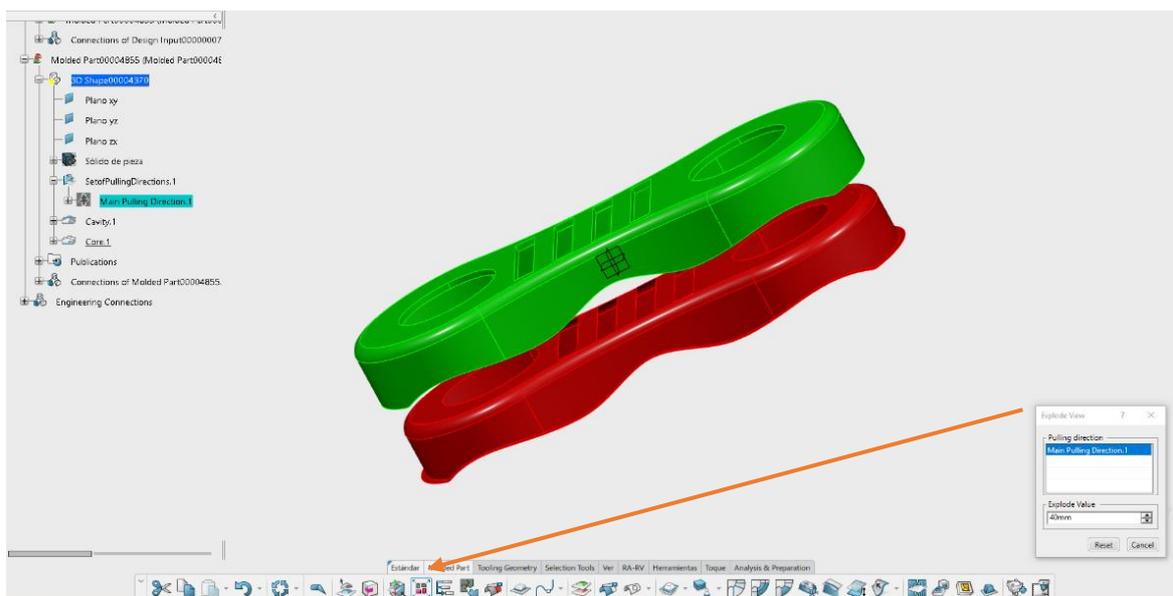


Ilustración 6.27 Separación del cuerpo y la cavidad con explode view

6.4.3 Creación de las líneas de partición

El siguiente paso es crear las líneas de partición con el comando Parting Line, las cuales necesitaremos posteriormente para crear la superficie de partición y las superficies auxiliares para cubrir los huecos.

En la siguiente imagen vemos como hemos creado las superficies de partición:

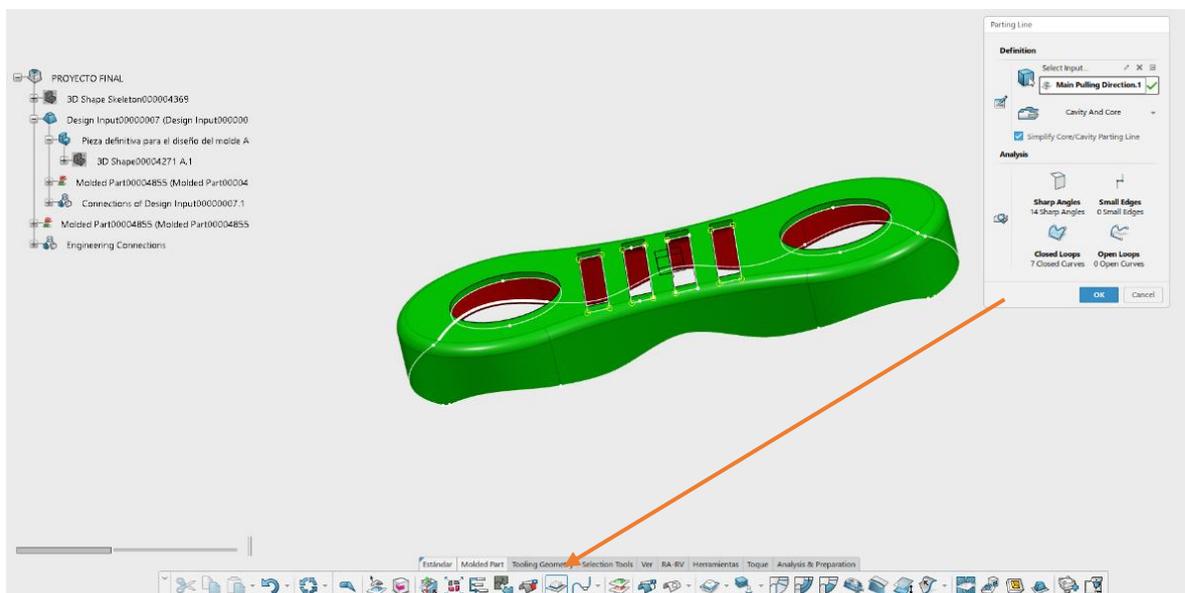


Ilustración 6.28 Creación de líneas de partición con Parting Line.

Como vemos en la imagen, lo único que tenemos que seleccionar es la dirección de extrusión que hemos creado anteriormente, las líneas de partición las detecta automáticamente.

En esta imagen podemos ver las líneas de partición creadas:

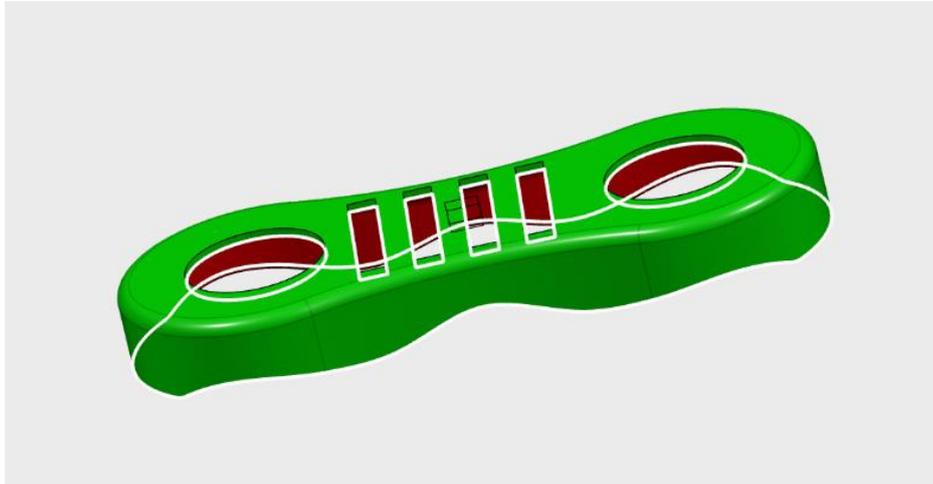


Ilustración 6.29 Líneas de partición creadas.

6.4.4 Creación de las superficies de partición

Ahora tenemos que crear las superficies de partición, para esto utilizamos el comando Parting Surface, luego tenemos que seleccionar una superficie la cual va a servir de guía para que se cree la superficie de partición:

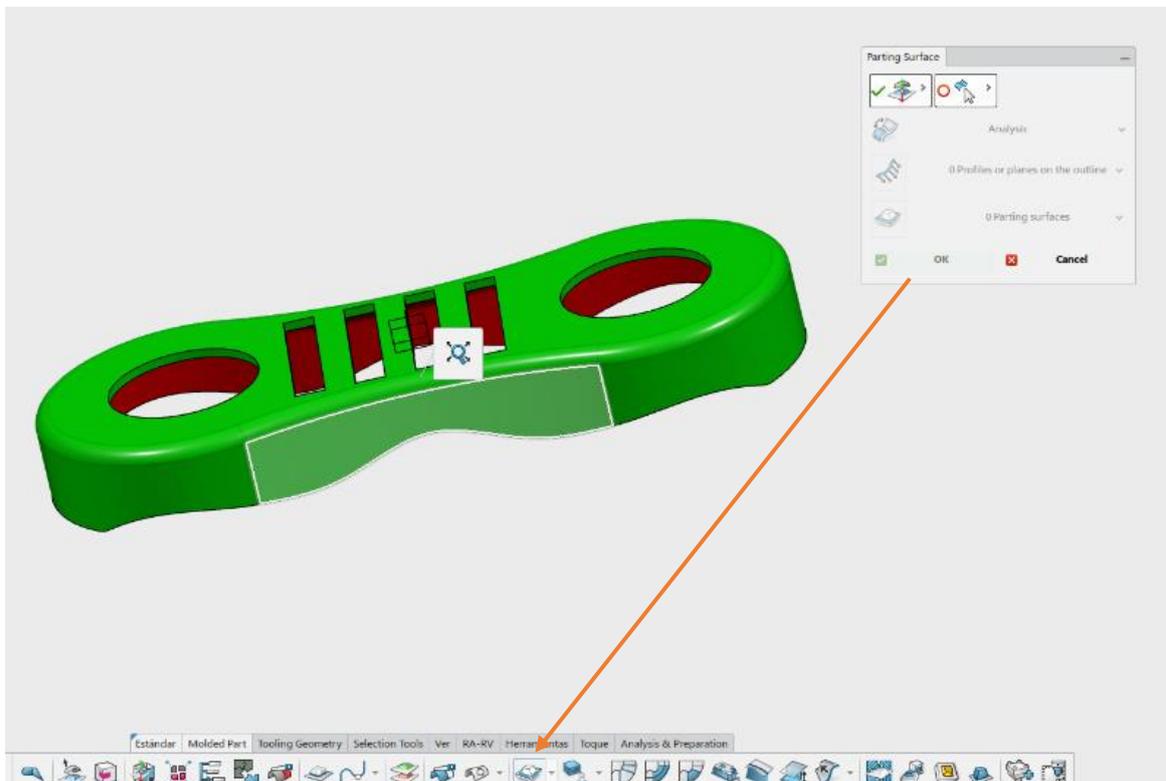


Ilustración 6.30 Selección de superficie

Una vez seleccionada la superficie, se nos crearán unos puntos en la línea de partición que hemos creado anteriormente, en mi caso con ese punto ya es suficiente para que se cree la superficie de partición, en otros casos nos quedarán huecos y solamente tenemos que crear algún punto más con la correspondiente dirección que queremos que tenga la superficie en ese punto.

A continuación, vamos a ver una imagen de la superficie generada:

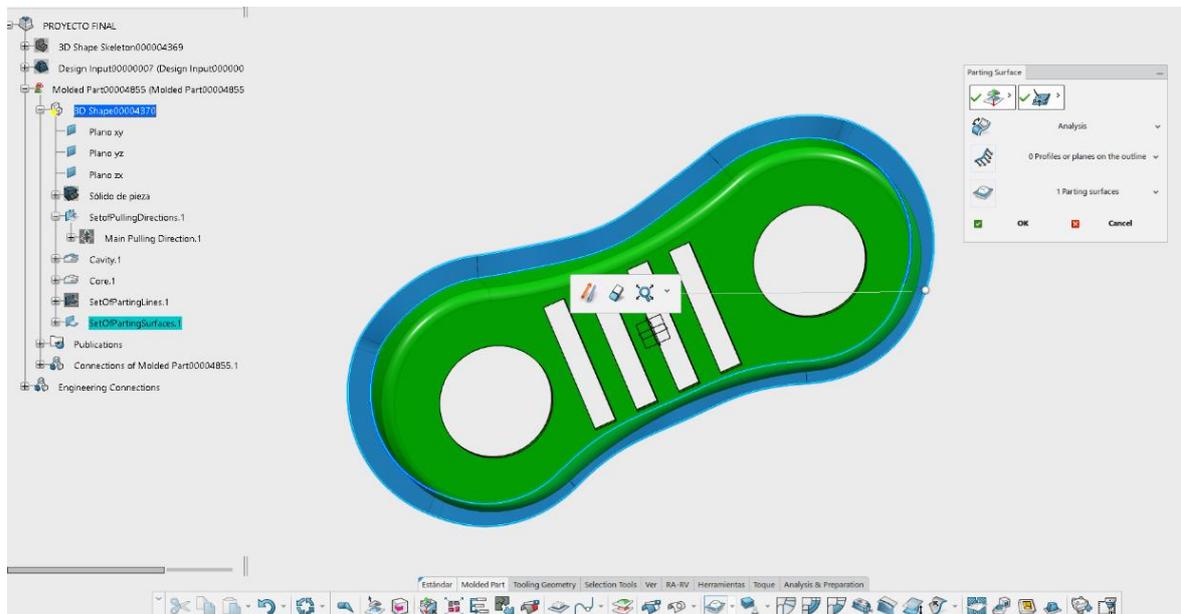


Ilustración 6.31 Creación de la superficie de partición.

Ahora podemos ajustar los perfiles para crear una superficie más suave, para ello pinchamos la línea y la desplazamos haciendo que gire y se modifique el relieve de la superficie, en mi caso no es necesario. También debemos cambiar el tamaño de la superficie para poder crear las cavidades.

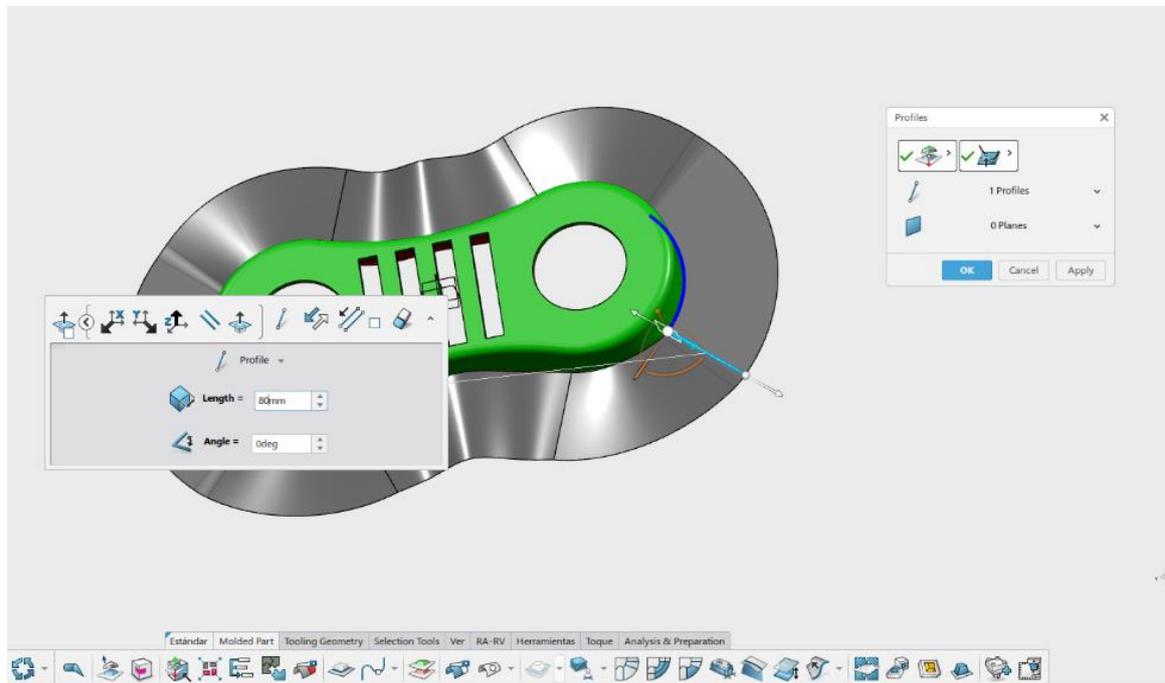


Ilustración 6.32 Alargamiento de la superficie de partición.

6.4.5 Creación de las superficies de relleno

Por último, solo queda crear las superficies de relleno, que son las que cubren los huecos de la pieza. Esas superficies las creamos utilizando Fill Surface y pinchando en la pieza, en este caso hemos seleccionado la cavidad. Una vez hecho esto las superficies de relleno se crearán automáticamente. Puede haber algunas superficies que no se creen automáticamente, para que las detecte solo tenemos que pinchar el perímetro donde se encuentra esa superficie y darle a aceptar. Es el caso de las dos superficies de color que se ven en la imagen.

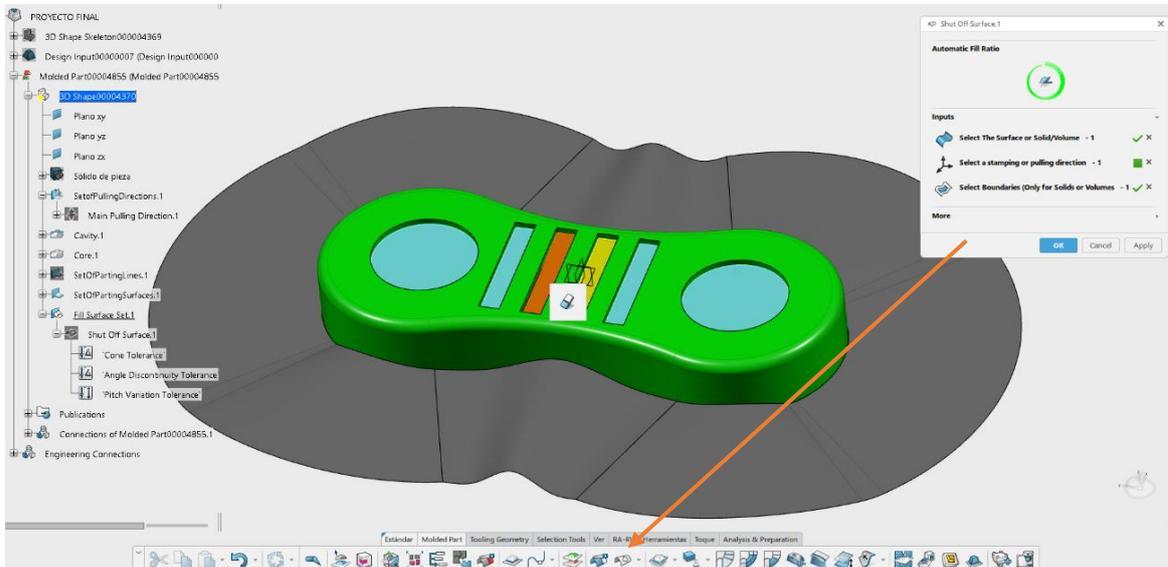


Ilustración 6.33 Creación de superficies de relleno.

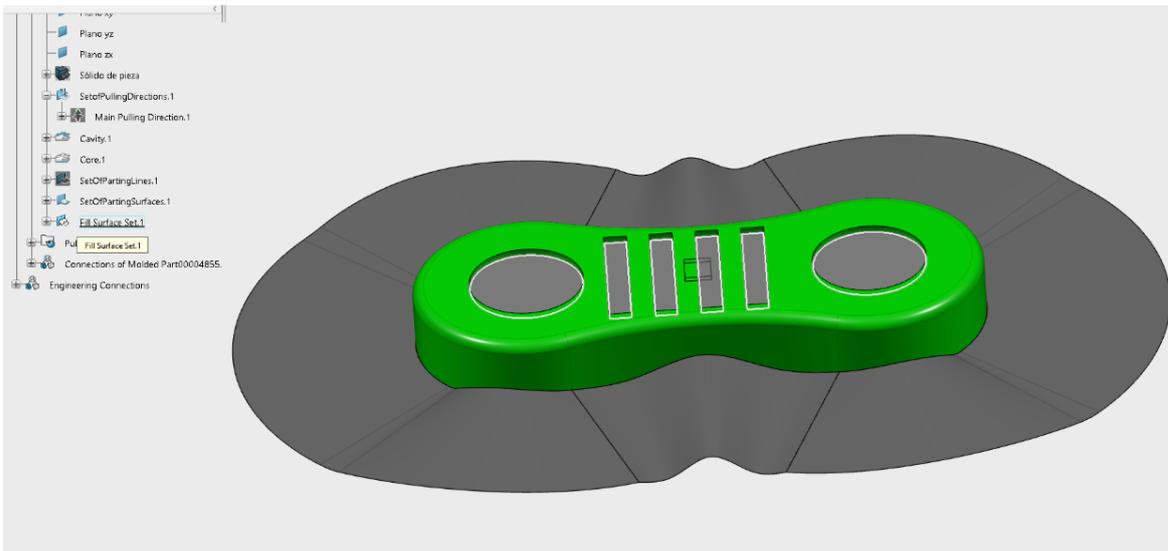


Ilustración 6.34 Pieza con las superficies de relleno y las superficies de partición.

Ahora ya tenemos todas las superficies que necesitamos para crear las cavidades del molde.

6.4.6 Creación del núcleo del molde

Para crear las cavidades, empezamos seleccionando Molded Part Publications, donde vamos a seleccionar el Core y el Cavity que hemos creado anteriormente. En la siguiente imagen podemos ver este paso:

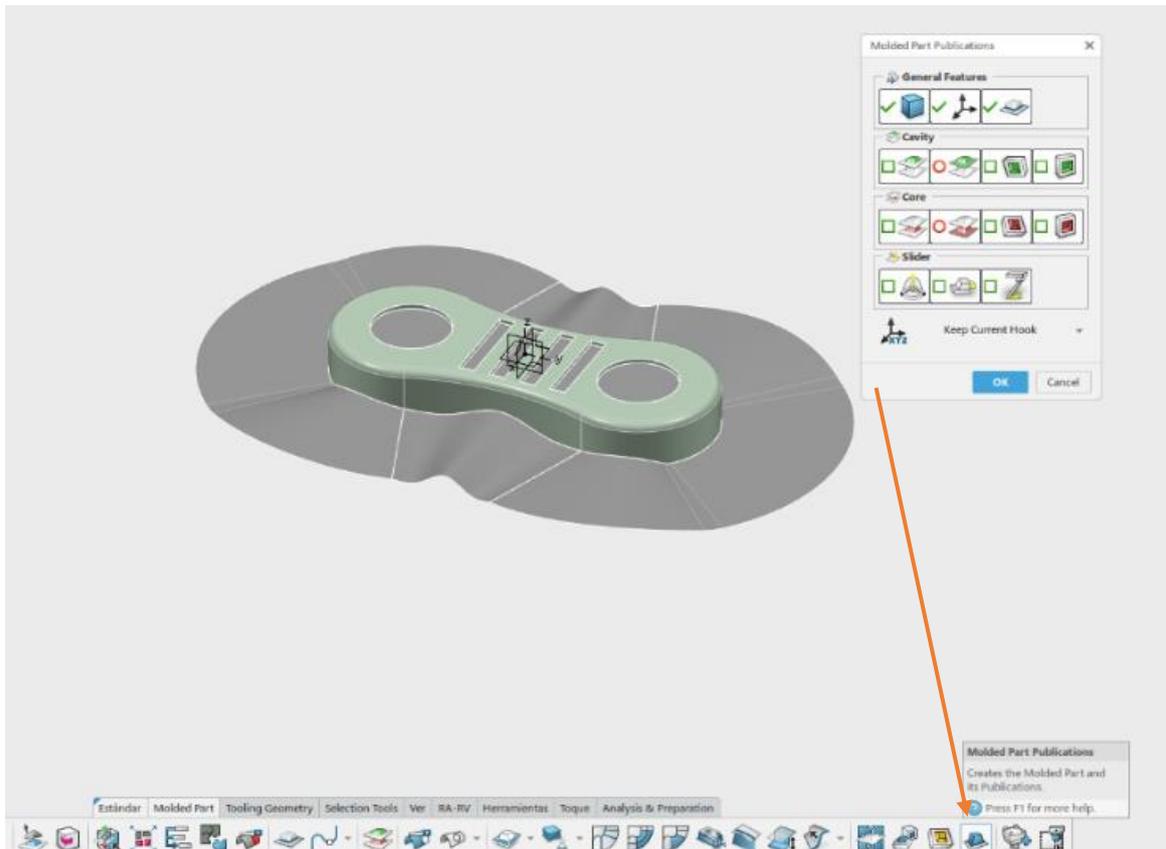


Ilustración 6.35 Selección de Mold Part Publications.

Vamos a hacer un breve repaso del objetivo de estas operaciones.

La finalidad del Mold Part Publications es crear las publicaciones de las dos partes de las cavidades, tanto de la cavidad como del núcleo. Estas publicaciones las leerá la unidad de molde que insertemos, Insert Unit. En ella crearemos los canales de refrigeración, los canales de alimentación y el sistema de expulsión. Todo esto en base a las publicaciones mencionadas anteriormente. Luego ya podemos finalizar el diseño del molde insertando las demás partes del molde pudiendo acceder a la base de datos de un fabricante.

Es importante llevar un orden como el que he mencionado ya que lo que vayamos creando se va alimentando de las publicaciones que se van creando.

Vamos a continuar con el diseño del molde. Dentro de Molded Part Publications tenemos 3 apartados fundamentales:



- Este corresponde a las superficies de la cavidad y el núcleo creadas anteriormente.



- Este corresponde al Mold Part Side Surface, el cual veremos a continuación.



- Este corresponde al Inset Manager, el cual también veremos a continuación.

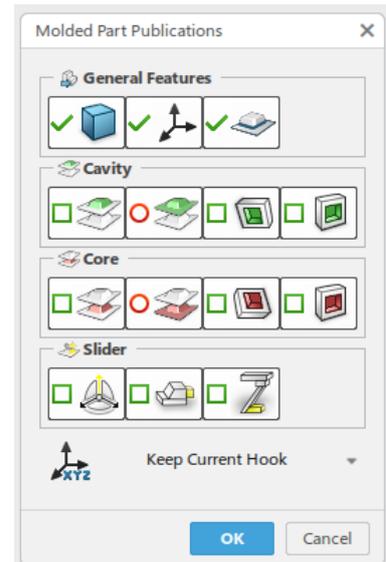


Ilustración 6.36 Mold part publications

En primer lugar, pinchamos en el recuadro correspondiente a las superficies y seleccionamos estas. Como podemos ver en la siguiente imagen los datos que vamos introduciendo se van poniendo con un tick verde.

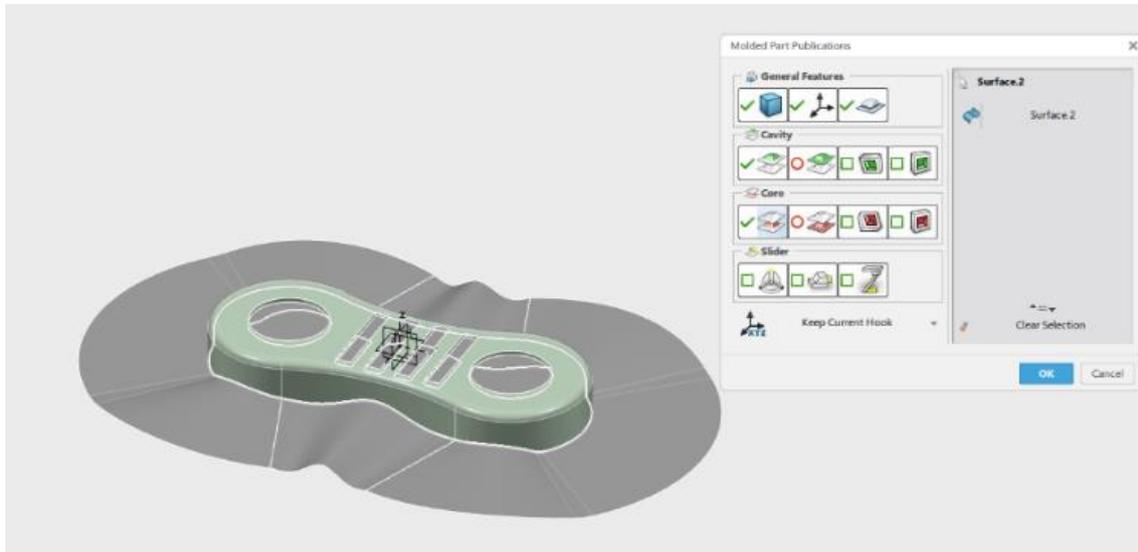


Ilustración 6.37 Selección de las superficies del Core y Cavity.

A continuación, tenemos que completar otros dos pasos, los dos siguientes recuadros corresponden al Mold Part Side Surface y al Insert Manager respectivamente.

El siguiente paso es crear el Mold Part Side Surface, para ello accederemos a esta operación y seleccionaremos los siguientes parámetros. En el hueco de Cavity seleccionaremos la superficie de la cavidad, la superficie de separación y las superficies de relleno. Y para el núcleo seleccionaremos la superficie de Core, la superficie de partición y las superficies de relleno. Como vemos todos los pasos hechos anteriormente y todas las superficies creadas las vamos utilizando ahora.

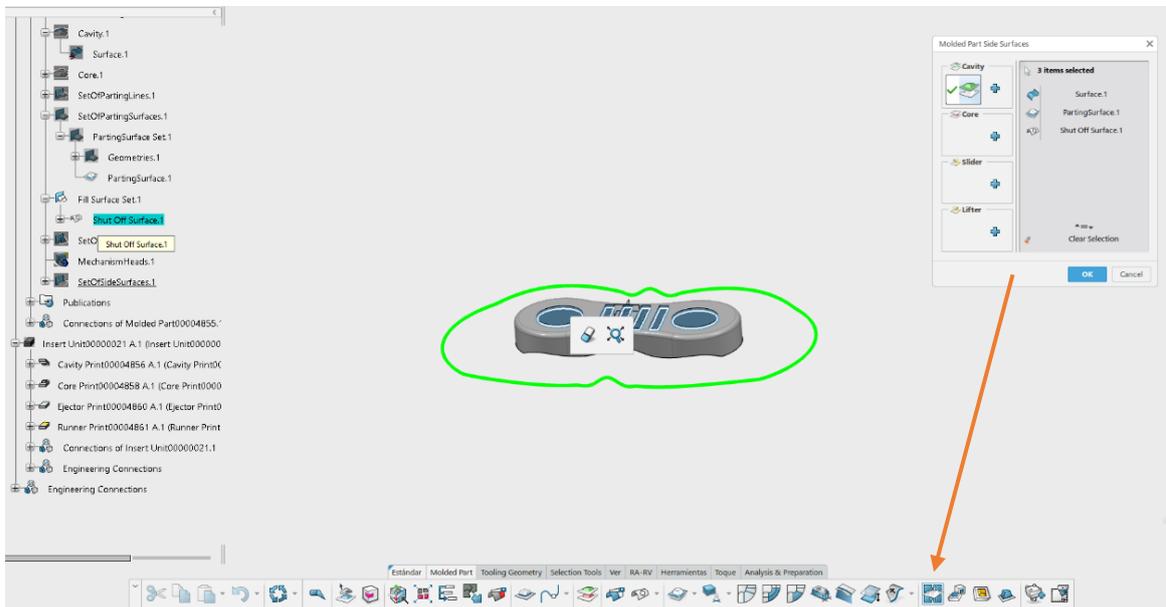


Ilustración 6.38 Mold Part Side Surface, Cavity

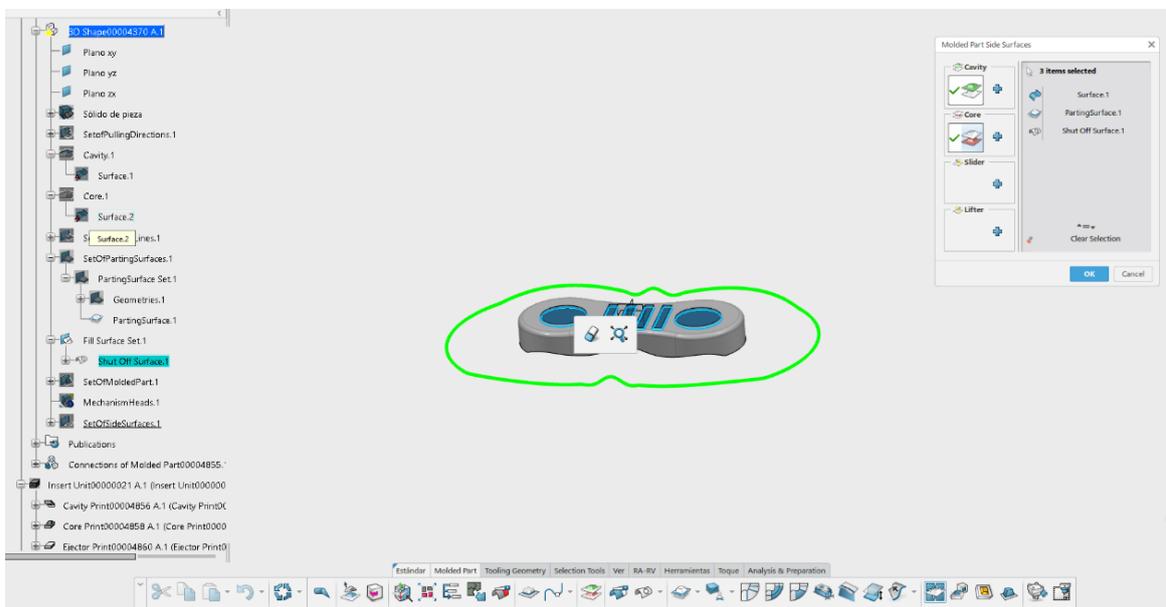


Ilustración 6.39 Mold Part Side Surface, Core

Finalmente creamos el Insert Manager, para ello necesitaremos la dirección de tracción que hemos creado anteriormente, la superficie lateral tanto del núcleo como de la cavidad

creada en el paso anterior y por último necesitaremos un sketch donde tendremos el rectángulo por donde crearemos el molde. En la siguiente imagen podemos ver este paso:

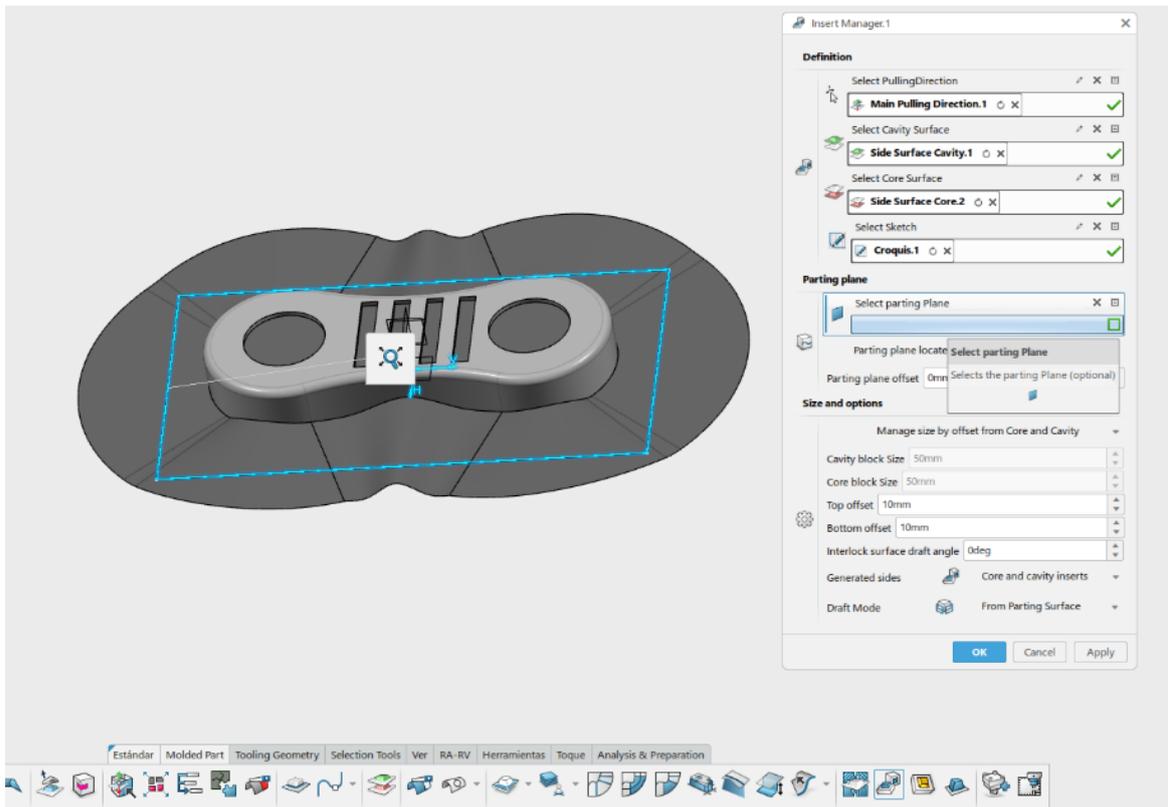


Ilustración 6.40 Insert Manager

El resultado del Insert Manager es la creación de la cavidad y del núcleo del molde como vemos a continuación:

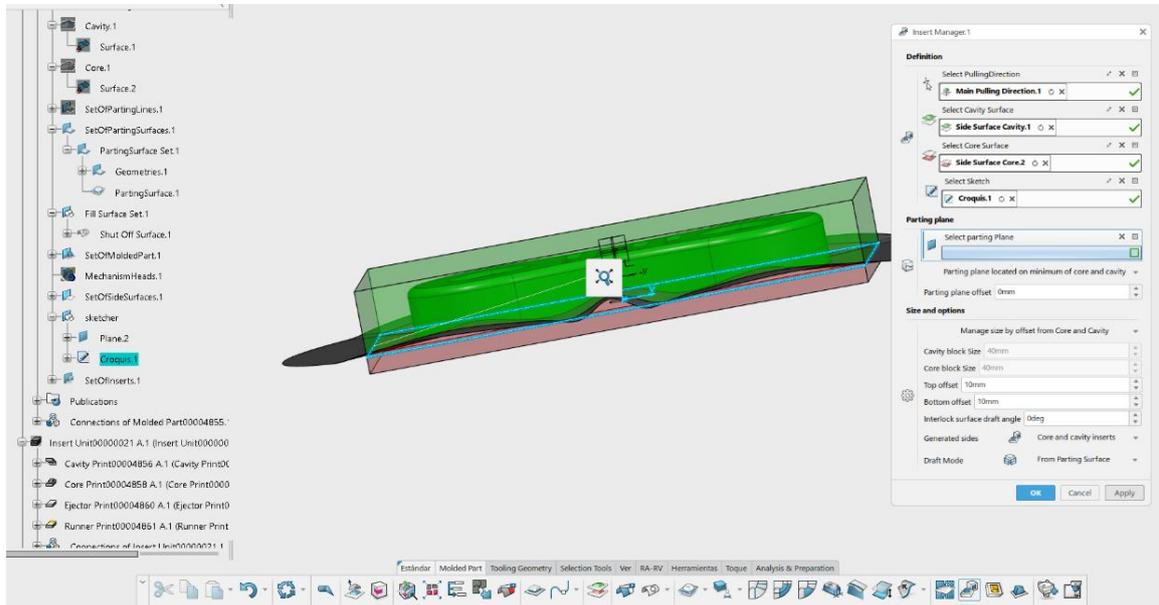


Ilustración 6.41 Creación del núcleo y la cavidad con Insert Manager

Una vez hemos completado esto, ya podemos terminar de completar el Mold Part Publications como vemos en la siguiente imagen:

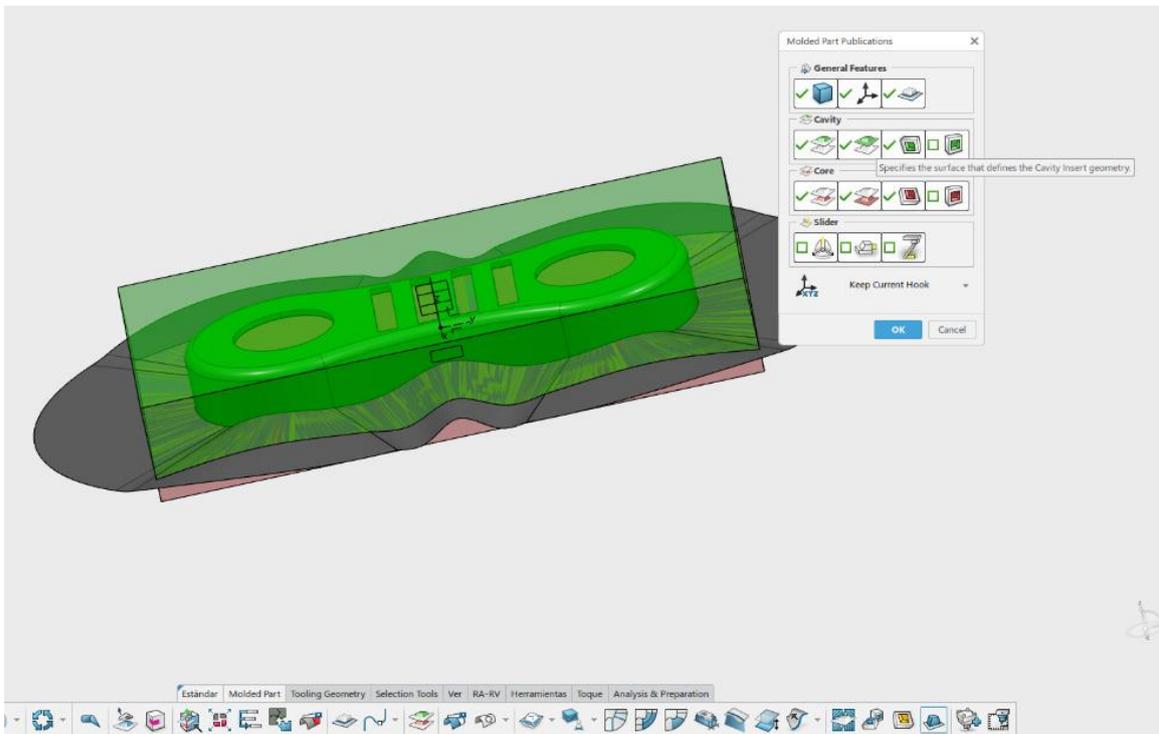


Ilustración 6.42 Finalización del Mold Part Publications

Como vemos, ya tenemos todos los apartados que necesitamos con un tick verde. Le damos a aceptar y nos crea las publicaciones.

Vemos que las cavidades del molde han cambiado de color:

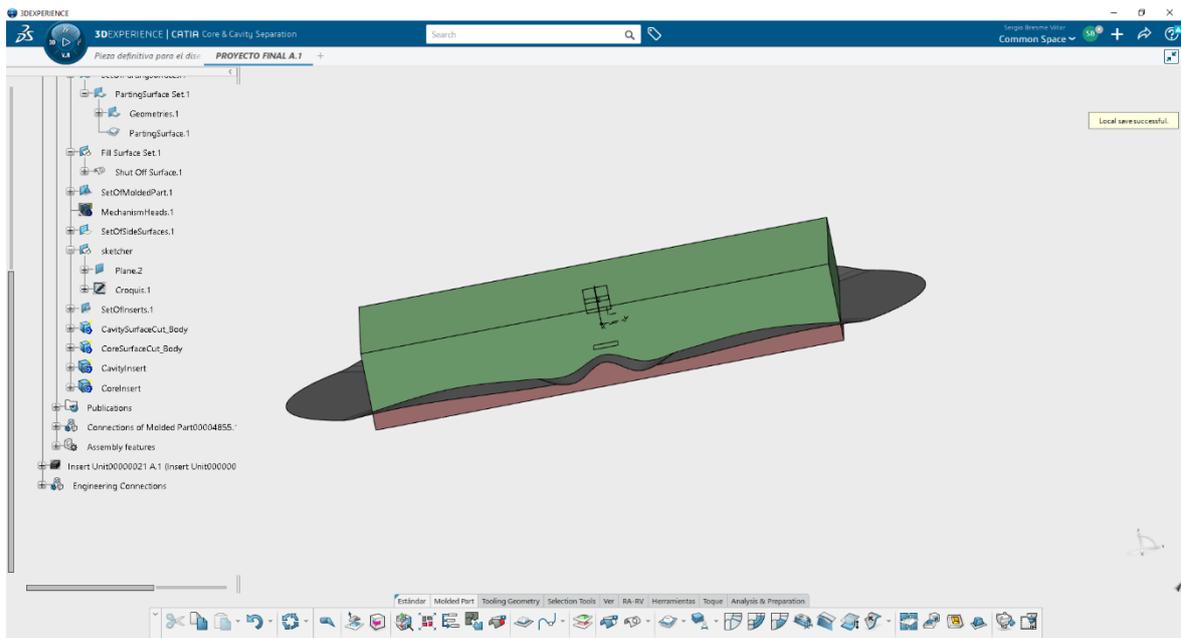


Ilustración 6.43 Mold Part Publications creado correctamente

Podemos hacer una pequeña simulación si permanecemos en el módulo de core and cavity y le damos al triángulo del icono de 3DEXPERIENCE:



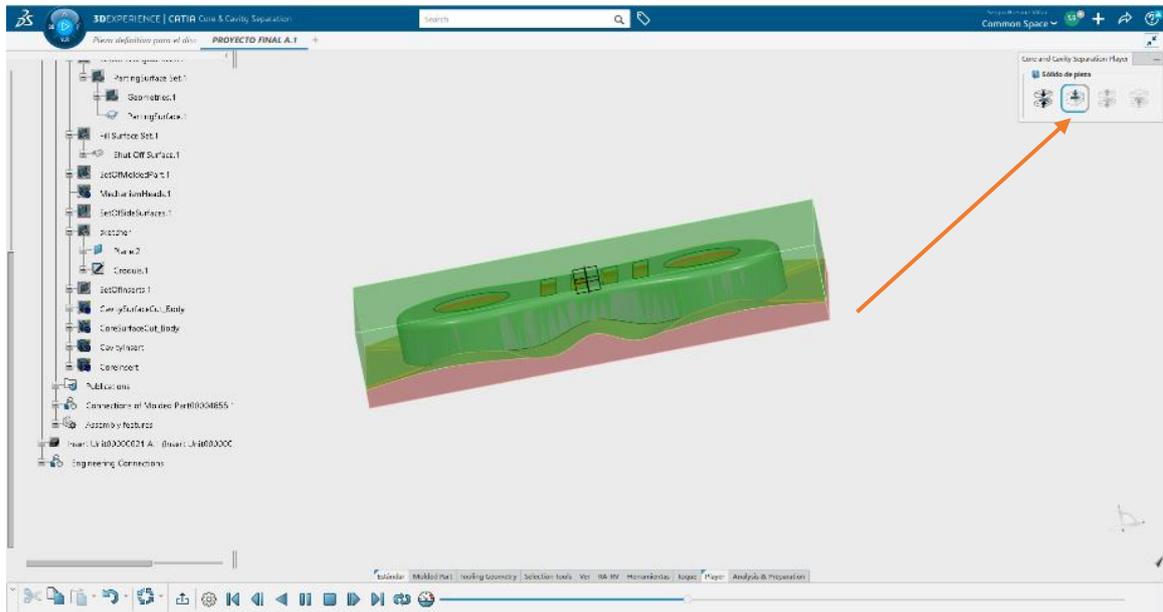


Ilustración 6.44 Llenado del molde

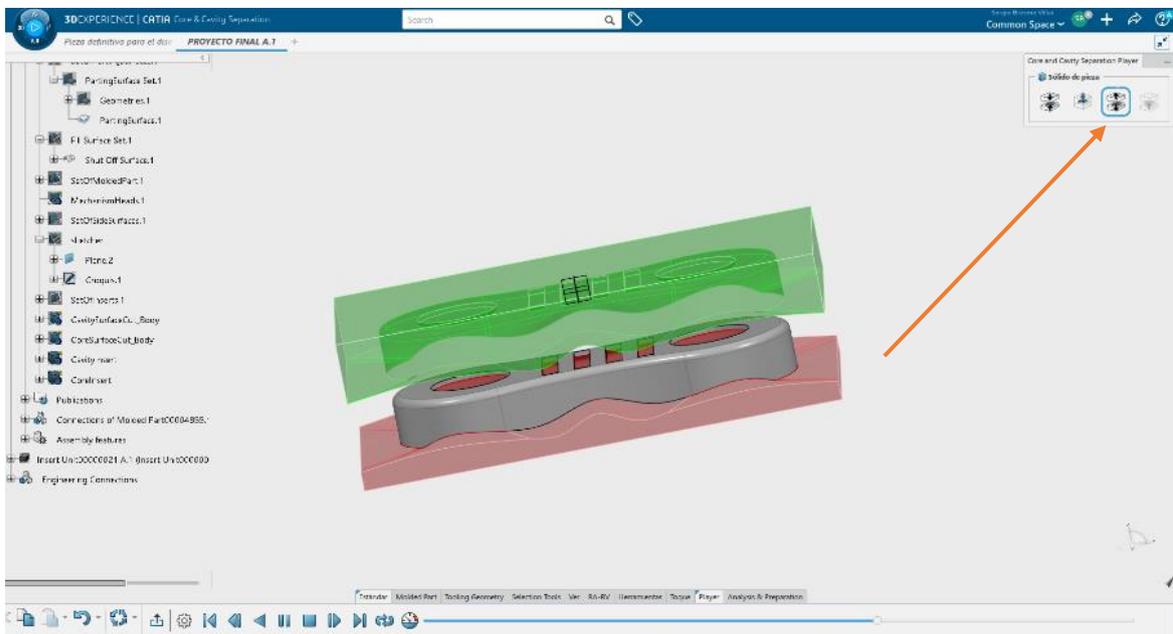


Ilustración 6.45 Apertura del molde

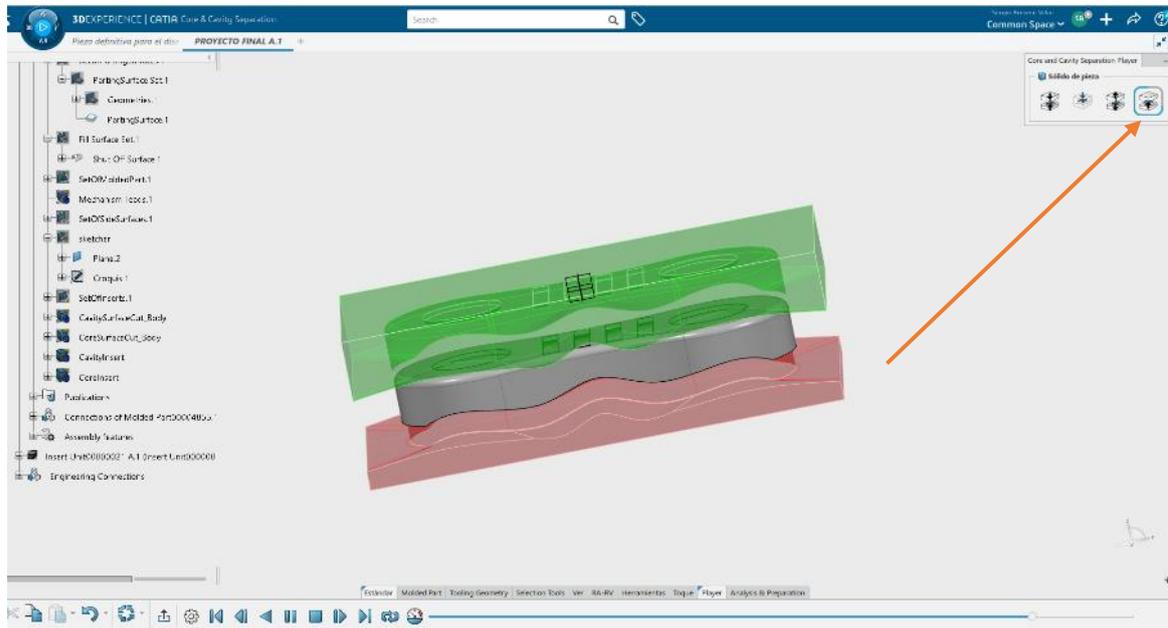


Ilustración 6.46 Expulsión de la pieza

6.4.7 Creación de la unidad del molde

Ahora insertamos una unidad la cual va a contener los apartados necesarios para crear el canal de alimentación, los expulsores y los canales de alimentación. Además, contendrá también las partes del molde que hemos creado con el Mold Part Publication. Para ello volvemos a Mold Tooling Design creamos un Insert Unit, vemos que el tono de las cavidades volverá a cambiar:

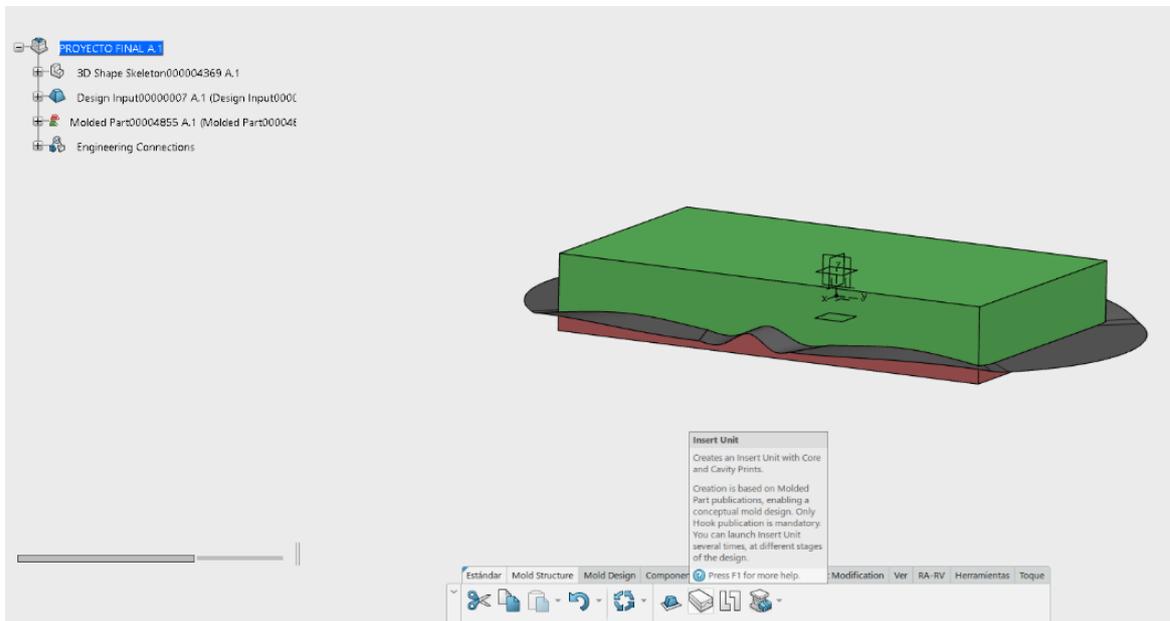


Ilustración 6.47 Selección del Insert Unit

A continuación, vemos que apartados tenemos en el árbol de operaciones:

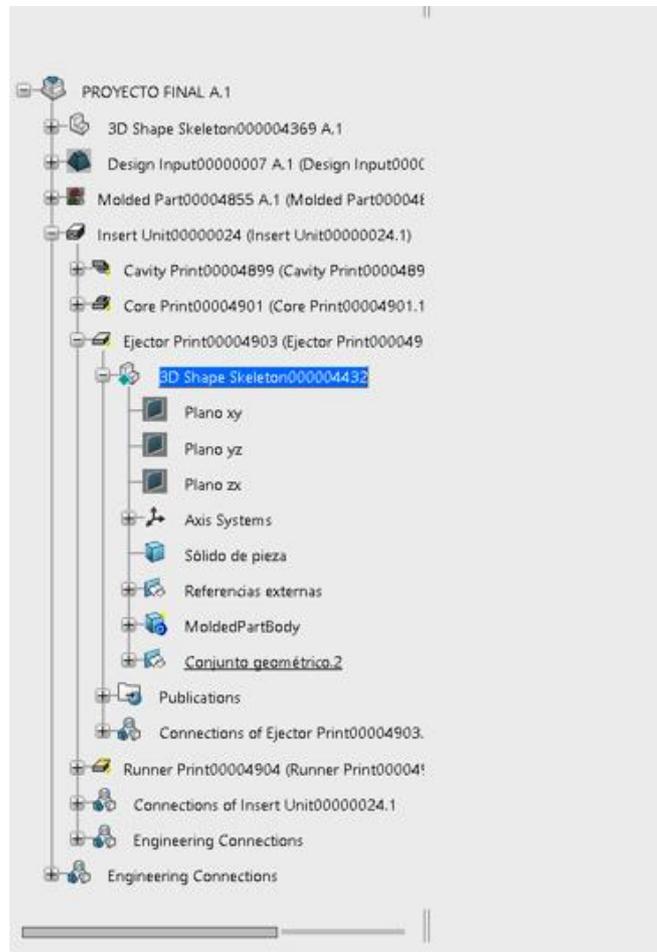


Ilustración 6.48 Campos que contiene el Insert Unit

Podemos ver en primer lugar la cavidad, donde se encontrará la parte del molde que hemos creado perteneciente a la cavidad. Seguido de este vemos el núcleo, donde está la parte del molde correspondiente al núcleo la cual hemos creado antes. Lugo tenemos el campo correspondiente a los eyectores, donde crearemos estos. Y por último tenemos los canales de alimentación.

Dentro del campo del núcleo y la cavidad tenemos un apartado en cada uno correspondiente a los canales de refrigeración, aquí será donde diseñemos estos.

Todo lo que vayamos diseñando se va a ir publicando con sus restricciones, para que luego cuando insertemos el resto del molde lo reconozca y cada elemento cumpla su función correctamente.

- **Canales de refrigeración**

En primer lugar, vamos a crear los canales de refrigeración en la parte del molde correspondiente a la cavidad. Para ello tenemos que crear un geometrical set dentro del 3DShape de la cavidad. Veremos que cuando entramos en 3DShape cambiamos de Mold Tooling Design a Part Operation o a Core and Cavity Separation en función de la aplicación que tengamos abierta.

Crearemos un sketcher donde dibujaremos con una polilínea el perfil por donde van a ir los canales:

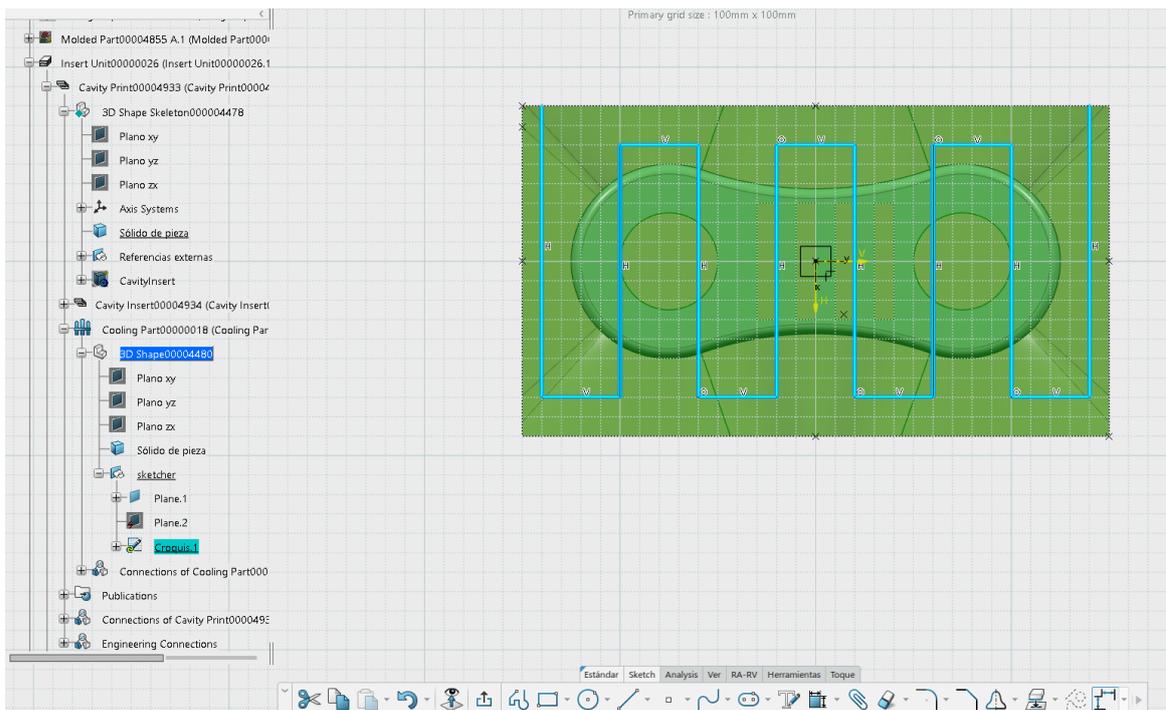


Ilustración 6.49 Croquis del perfil de los canales de refrigeración

Una vez tenemos esto, volvemos a Mold Tooling Design pinchando dos veces en Cooling Part, también podemos acceder a Mold Tooling Design pinchando dos veces en otro apartado del árbol que esté al mismo nivel que este o superior.

Para crear los canales, nos mantenemos dentro de Cooling Part, pinchamos en el perfil que hemos dibujado y luego el icono de Cooling Circuit from Curve. Automáticamente se

crearán los canales con un determinado diámetro el cual podemos modificar, en este caso seleccionaremos un diámetro de 6mm.

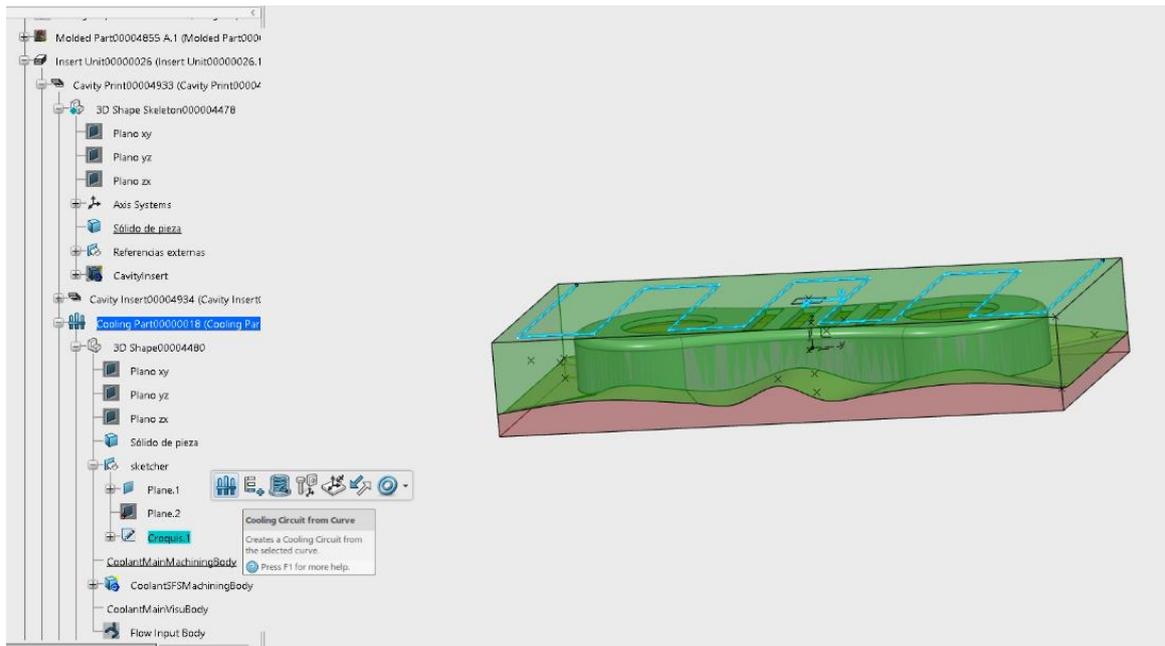


Ilustración 6.50 Cooling Circuit from Curve

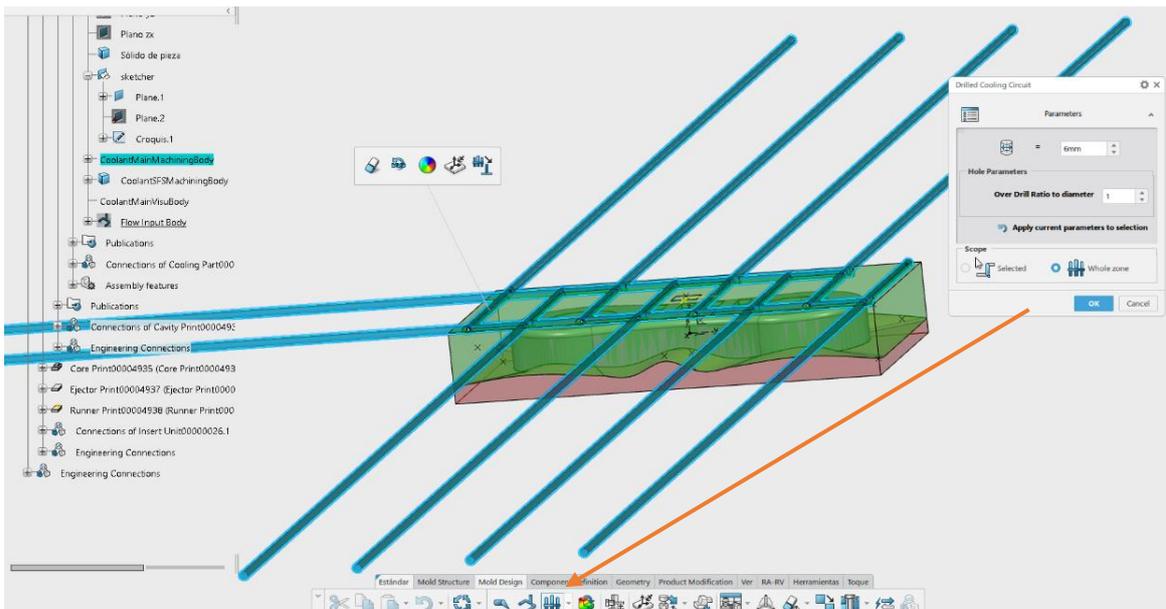


Ilustración 6.51 Creación de los canales de refrigeración

- **Expulsores**

Ahora vamos a crear los expulsores, para ello vamos a entrar en el apartado de los eyectores en 3DShape donde crearemos el sketcher necesario.

Para crear los expulsores vamos a necesitar crear una superficie en la pieza, la cual será la que empujarán los expulsores. Para ello crearemos dentro del 3DShape un geometrical set:

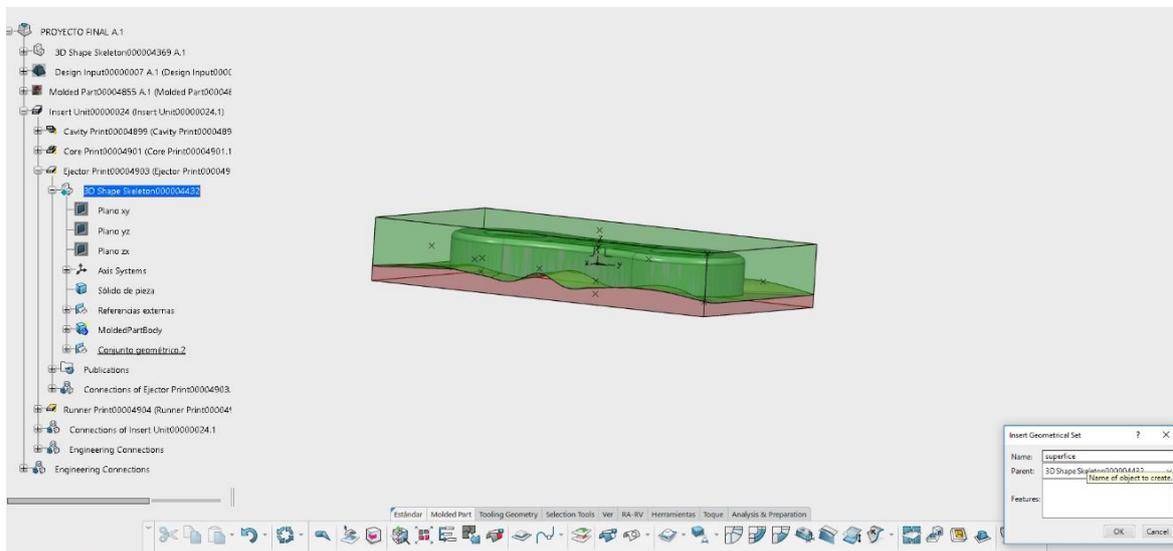


Ilustración 6.52 Creación de un Geometrical Set

Vamos a ocultar el molde para una mejor visualización. Vamos a extraer las superficies con el comando extract y luego las vamos a unir:

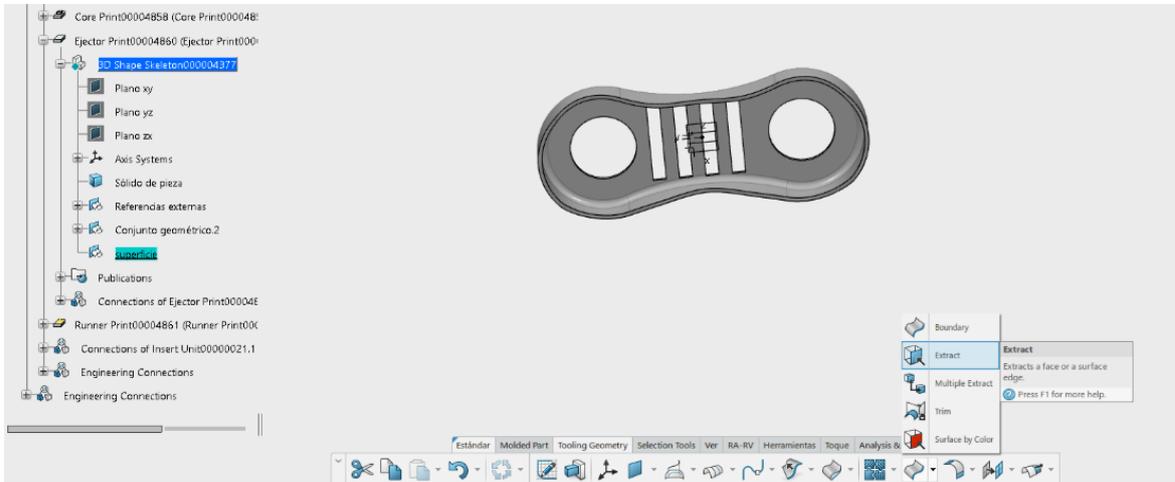


Ilustración 6.53 Comando extract

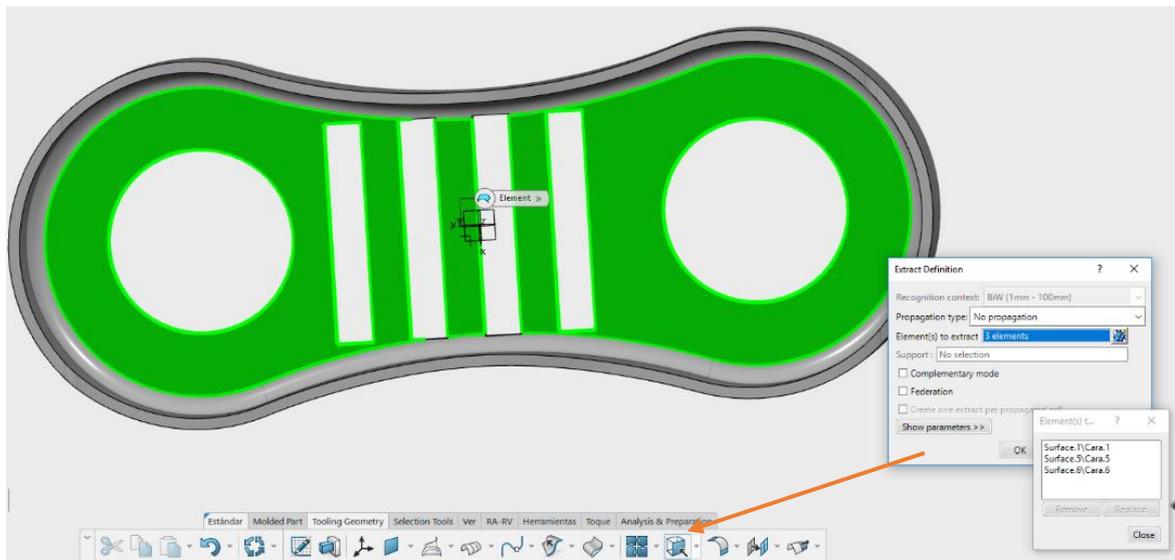


Ilustración 6.54 Extracción de las caras

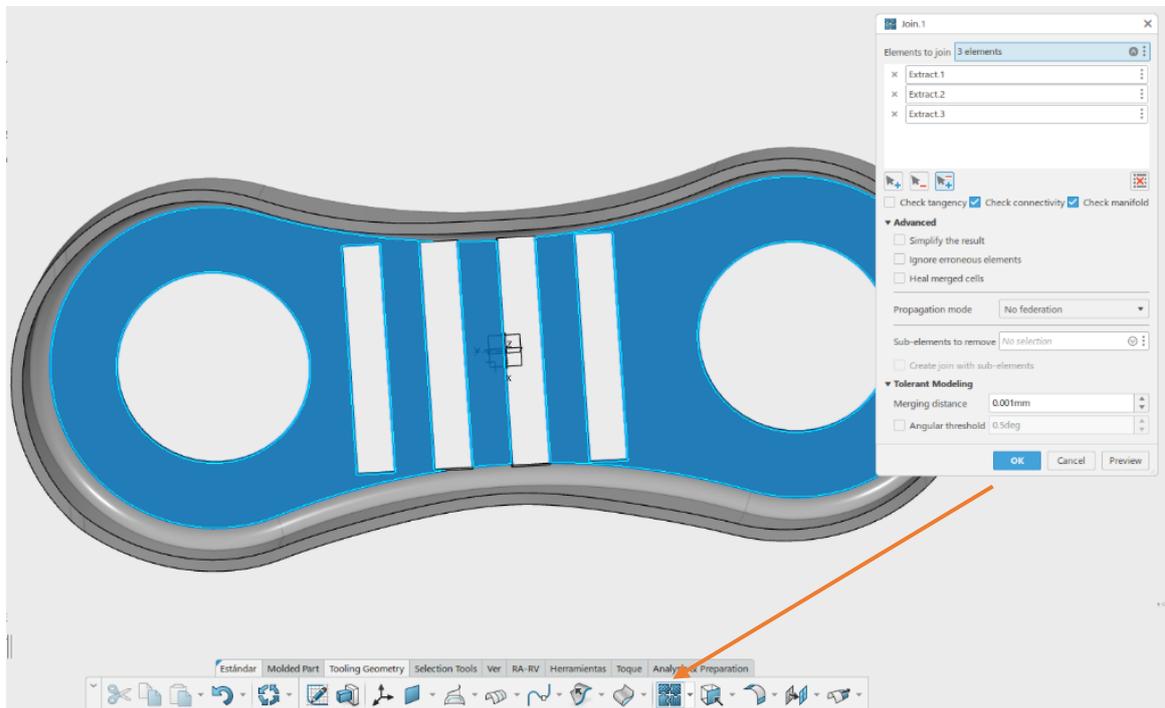


Ilustración 6.55 Unión de las caras extraídas

Ahora que ya tenemos la superficie, volvemos al Mold Tooling Design pinchando dos veces en el apartado de ejector, y pinchamos en el icono de From Ejector Component Reservation.

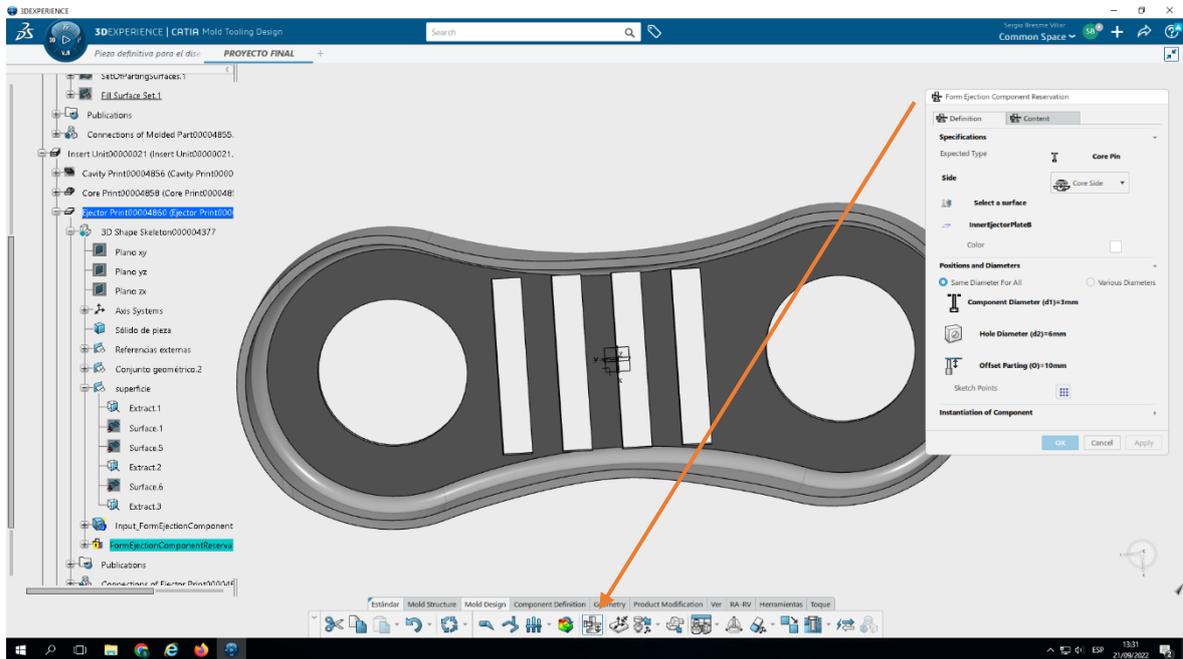


Ilustración 6.56 From Ejector Component Reservation

Para colocar los eyectores, en primer lugar, tenemos que seleccionar el tipo de componente que queremos como se muestra en la siguiente imagen:

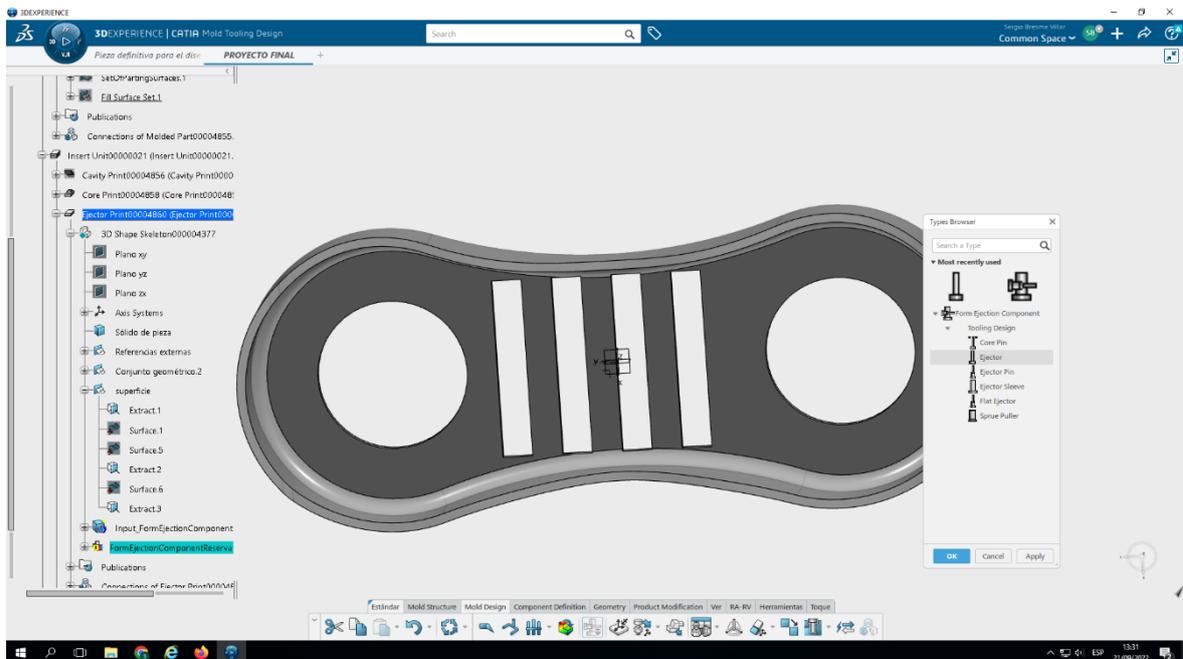


Ilustración 6.57 Selección de los eyectores

Ahora tenemos que seleccionar la superficie donde queremos que estén los eyectores, esta es la superficie que van a empujar, esto lo hacemos donde pone select a Surface en la Ilustración 6.56 From Ejector Component Reservation.

Y por último seleccionamos sketch point para ubicar los puntos donde irán los eyectores.

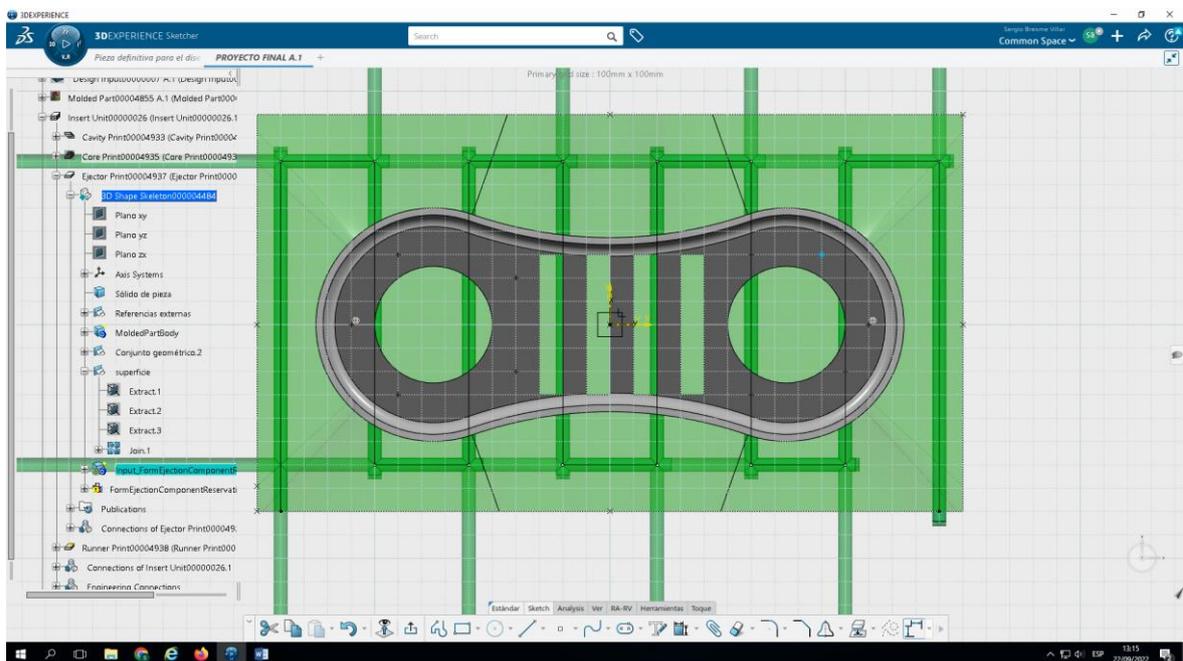


Ilustración 6.58 Puntos de ubicación de los eyectores

En la siguiente imagen podemos ver el resultado:

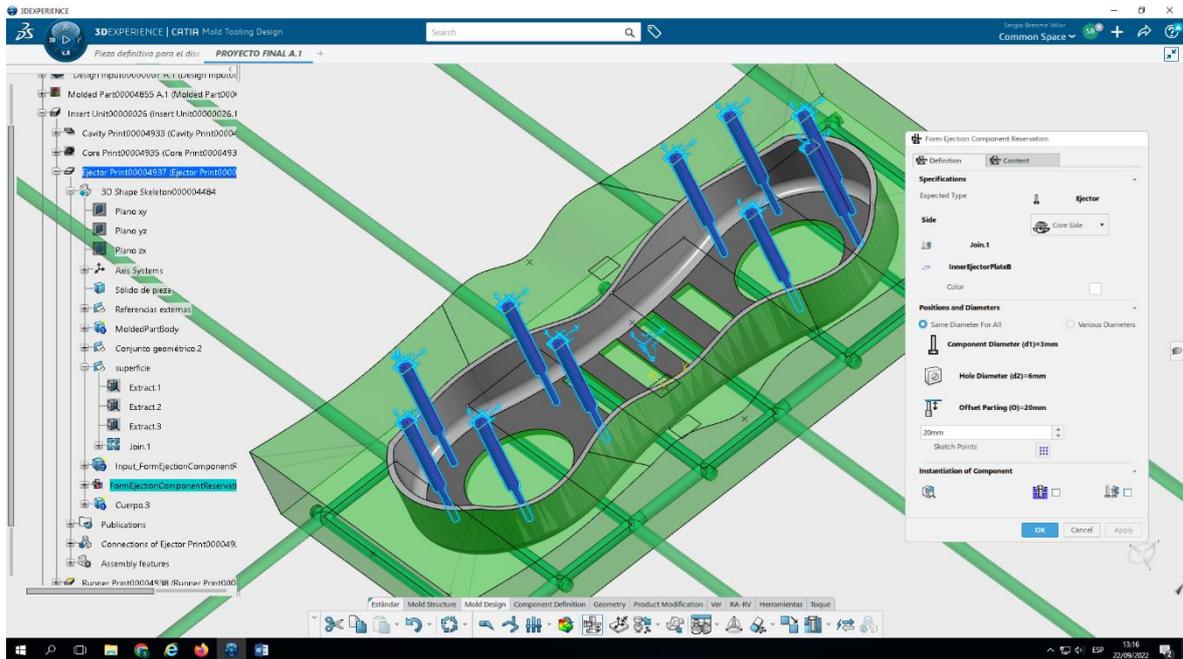


Ilustración 6.59 Diseño de los eyectores

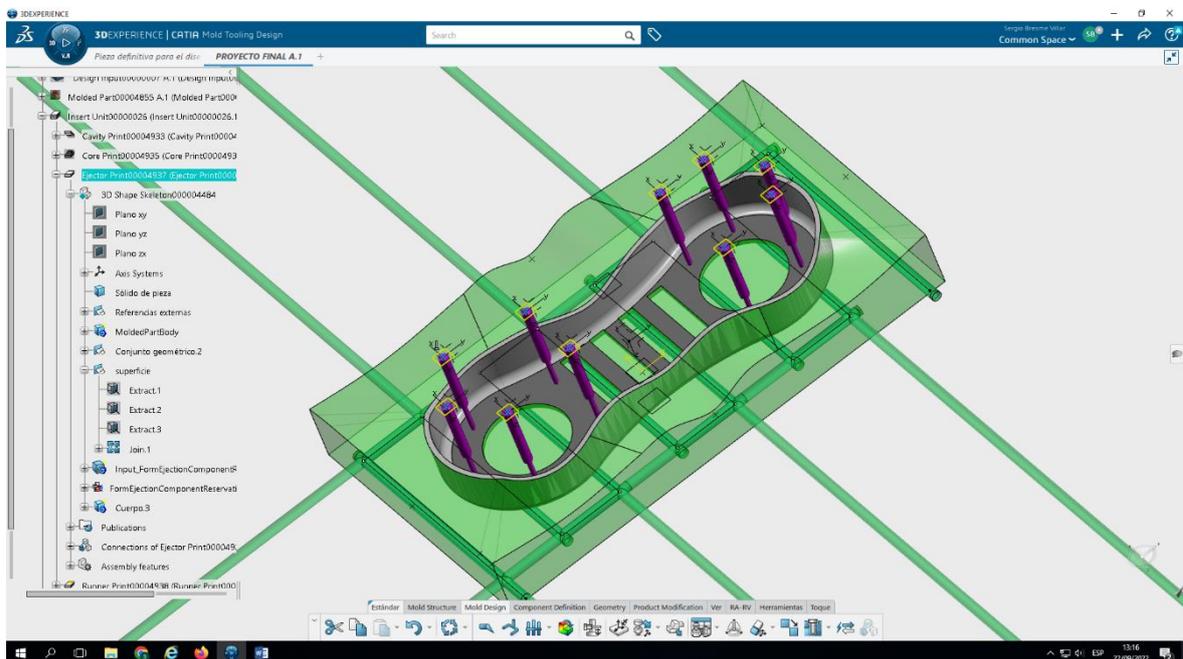


Ilustración 6.60 Visualización del canal de refrigeración y de los eyectores

El tamaño de los eyectores por ahora no nos importa porque se han creado las publicaciones con las restricciones de estos que irán asociadas a la placa de extracción del

molde que insertemos. Todo esto se encuentran dentro del apartado eyector, este apartado deberá de estar dentro del apartado del molde correspondiente a la expulsión.

- **Punto de inyección y canales**

Para crear el punto de inyección tenemos que hacerlo con el comando Injection Point, para ello ubicaremos un punto donde queramos este y seleccionamos ese punto. El punto lo ubicaremos tras haber analizado la inyección (apartado 5.3).

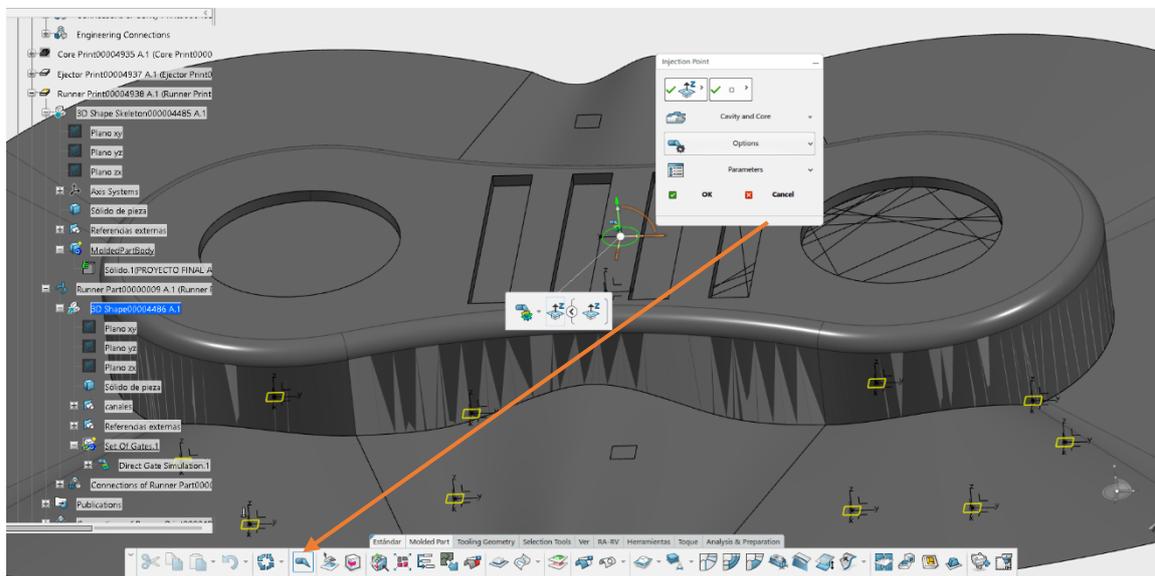


Ilustración 6.61 Ubicación del punto de inyección.

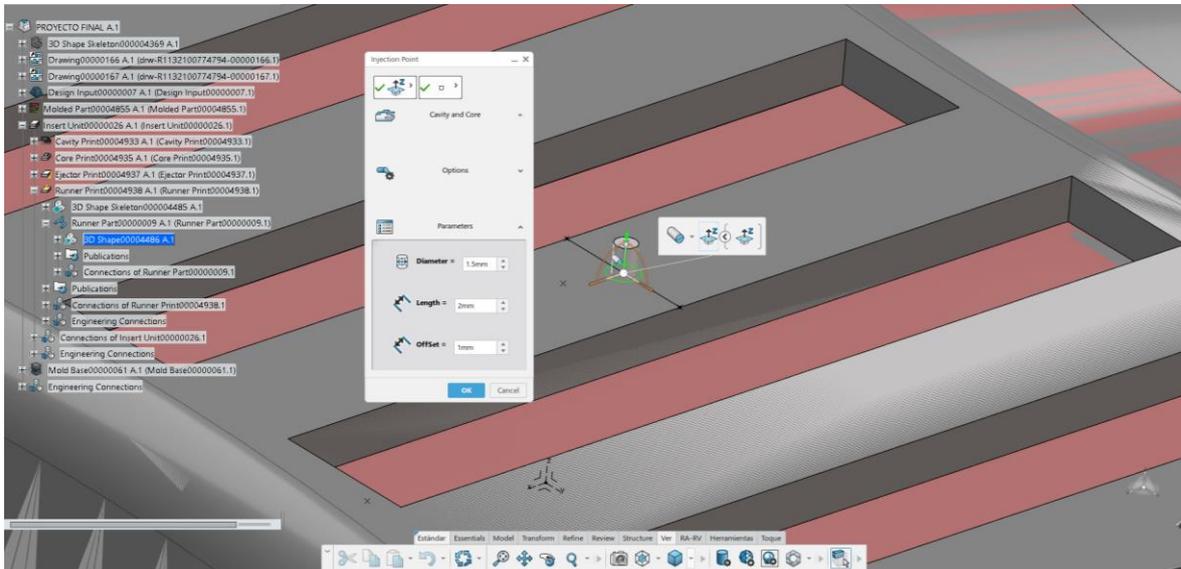


Ilustración 6.62 Creación de la entrada.

Para crear el bebedero necesitamos dibujar una línea por donde va a discurrir este. Para ello ubicamos un punto formando una línea perpendicular con la cara superior de la entrada.

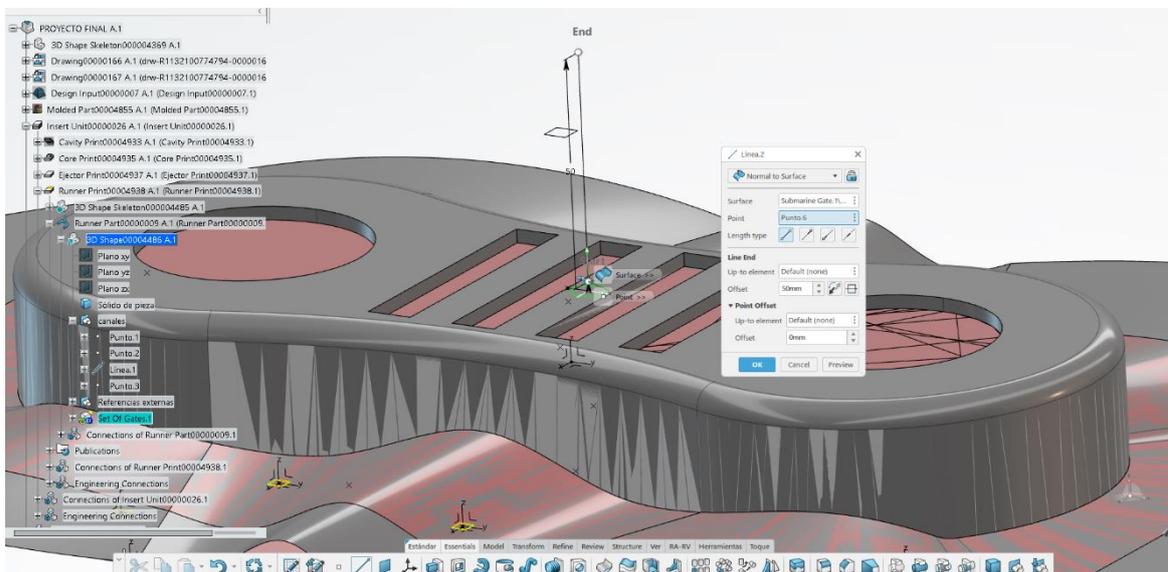


Ilustración 6.63 Línea para crear el canal de colada.

Cuando ya tenemos la línea dibujada seleccionamos el comando Runner y la línea por donde queremos que se forme el canal, por último definimos su geometría y aceptamos.

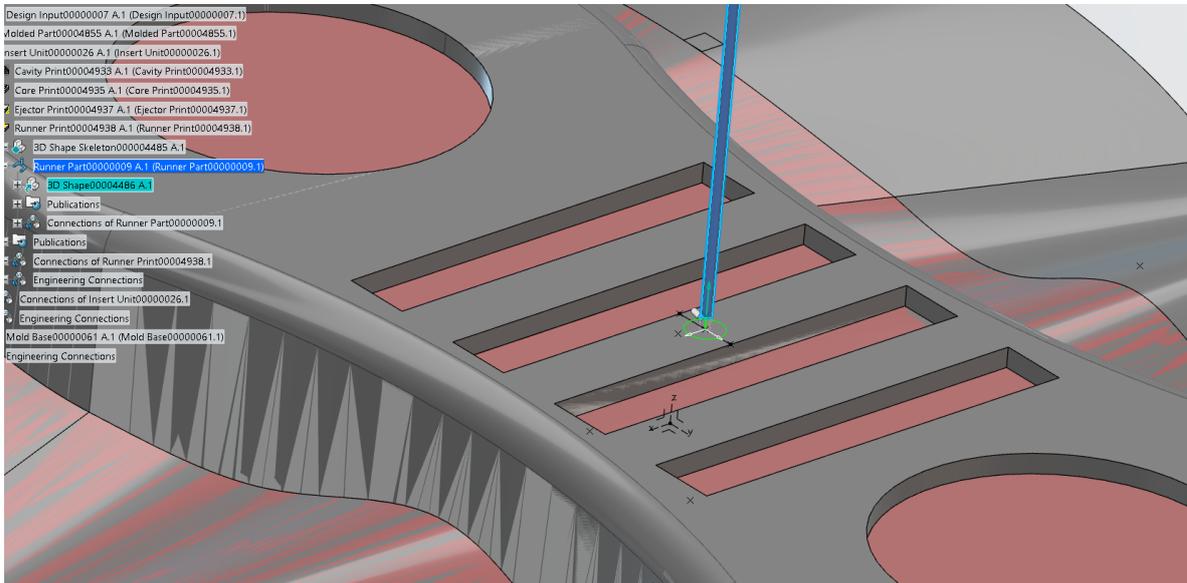


Ilustración 6.64 Creación del canal de colada.

6.4.8 Inserción de molde de HASCO

El siguiente paso es insertar un molde de un fabricante que en nuestro caso será HASCO.

Para ello seleccionamos Sample Supplier Mold Base, veremos que se nos despliega una pestaña con varios fabricantes y seleccionamos el de Hasco (Ilustración 6.65) y seleccionamos el tipo de molde que deseamos (Ilustración 6.66).

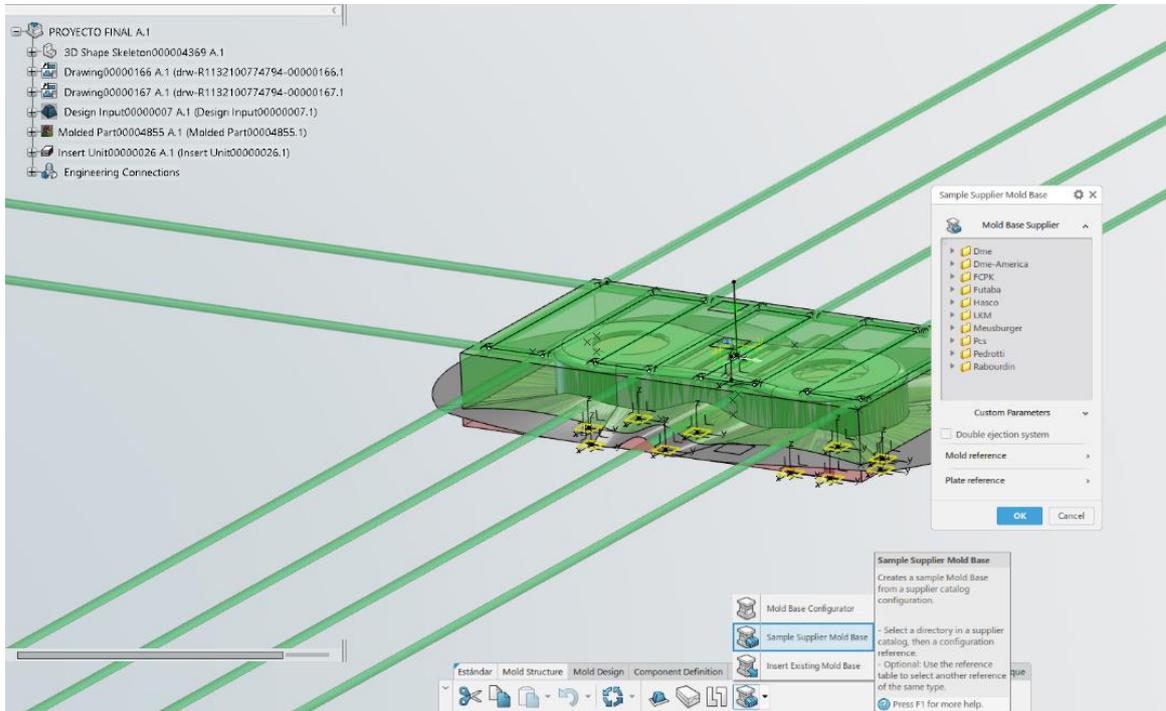


Ilustración 6.65 Insertamos molde de muestra de un proveedor.

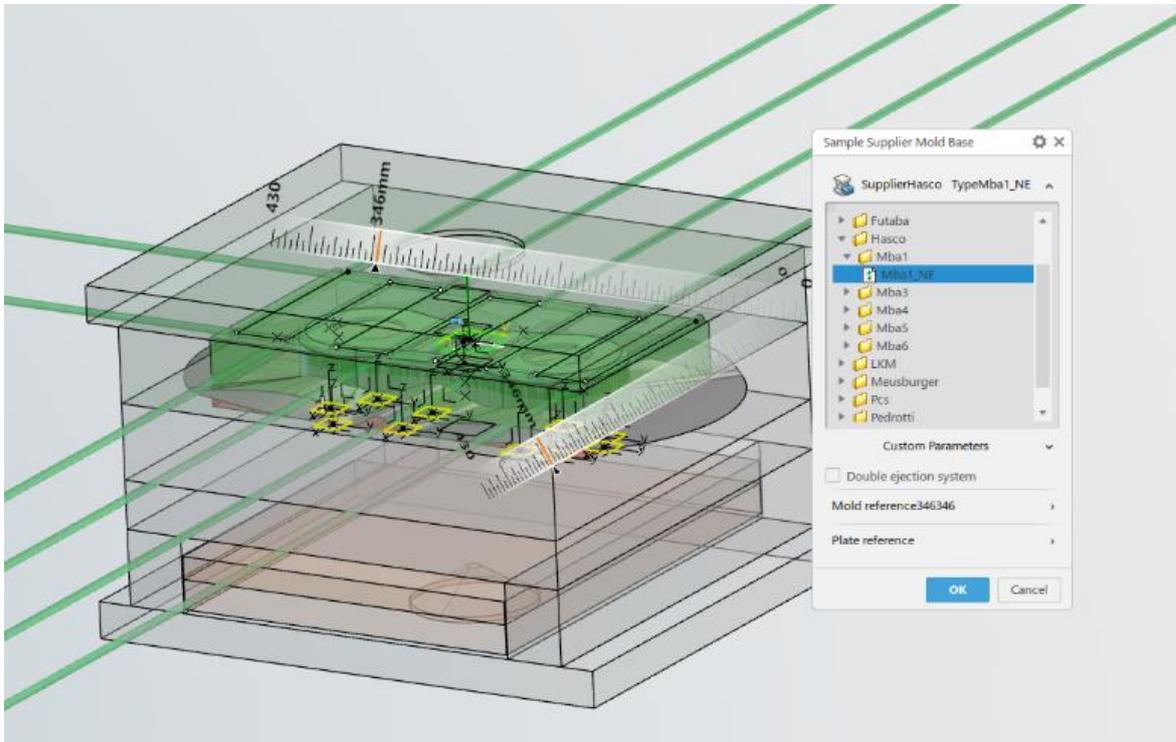


Ilustración 6.66 Seleccionamos una muestra de HASCO.

Seleccionamos el tamaño de molde que deseemos, pondremos las mismas dimensiones y materiales que hemos utilizado en el prediseño del molde con la aplicación de Hasco (6.3).

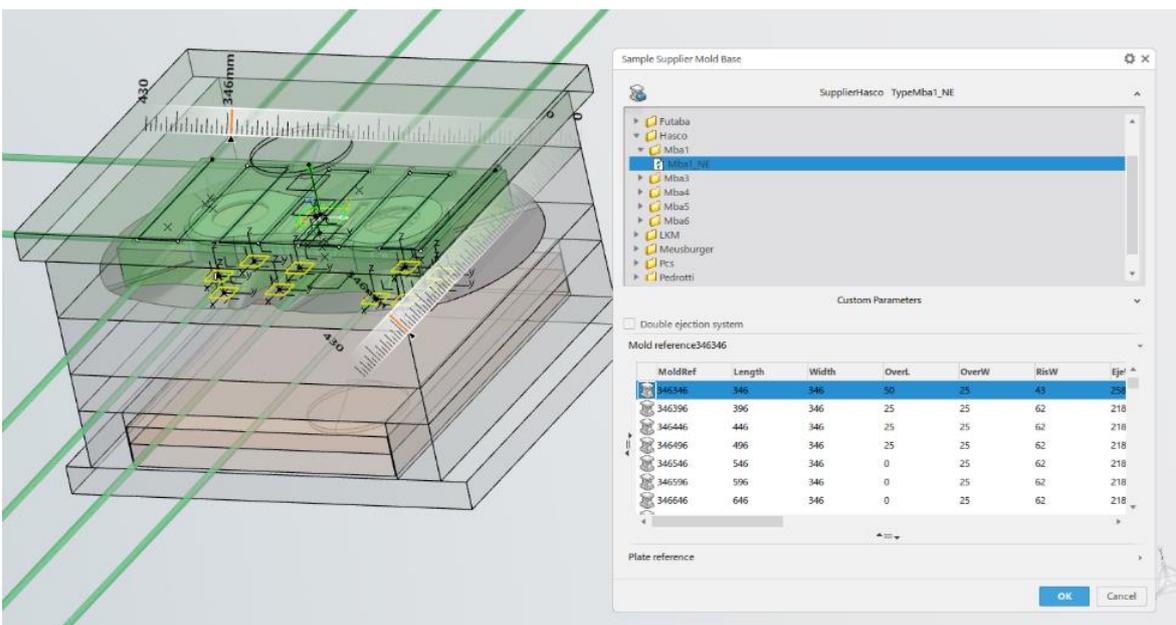


Ilustración 6.67 Selección del tamaño del molde.

- Selección de la placa de sujección de la parte fija

Seleccionamos un espesor de 27mm y será de un acero 1.1730.

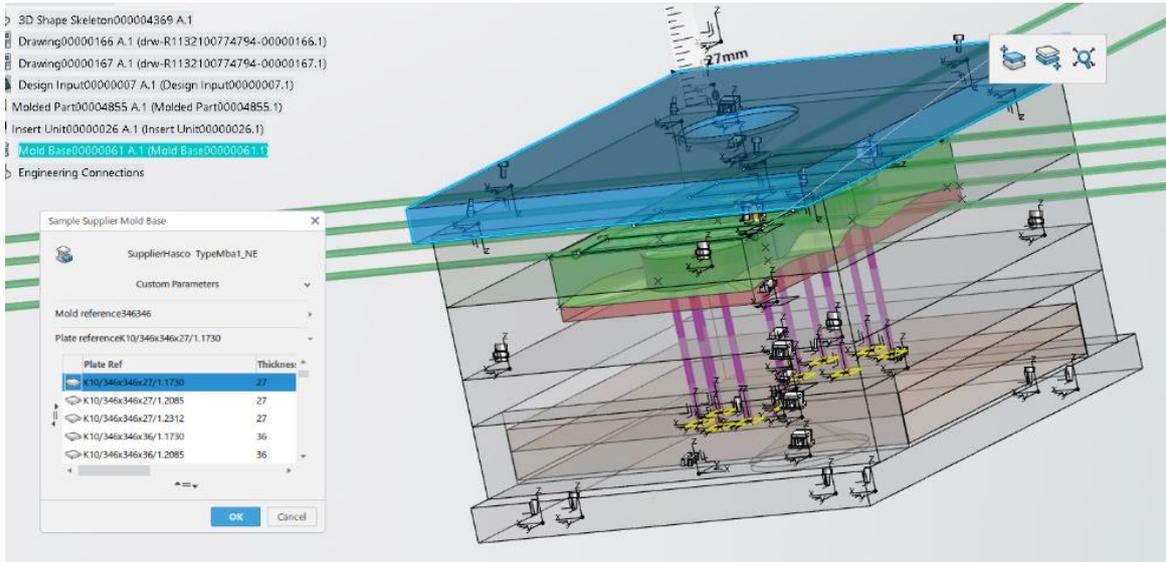


Ilustración 6.68 Selección de la placa de sujección de la parte fija.

- Selección de la placa de la cavidad de la parte fija

Seleccionaremos un espesor de 56mm y será de un acero 1.2162.

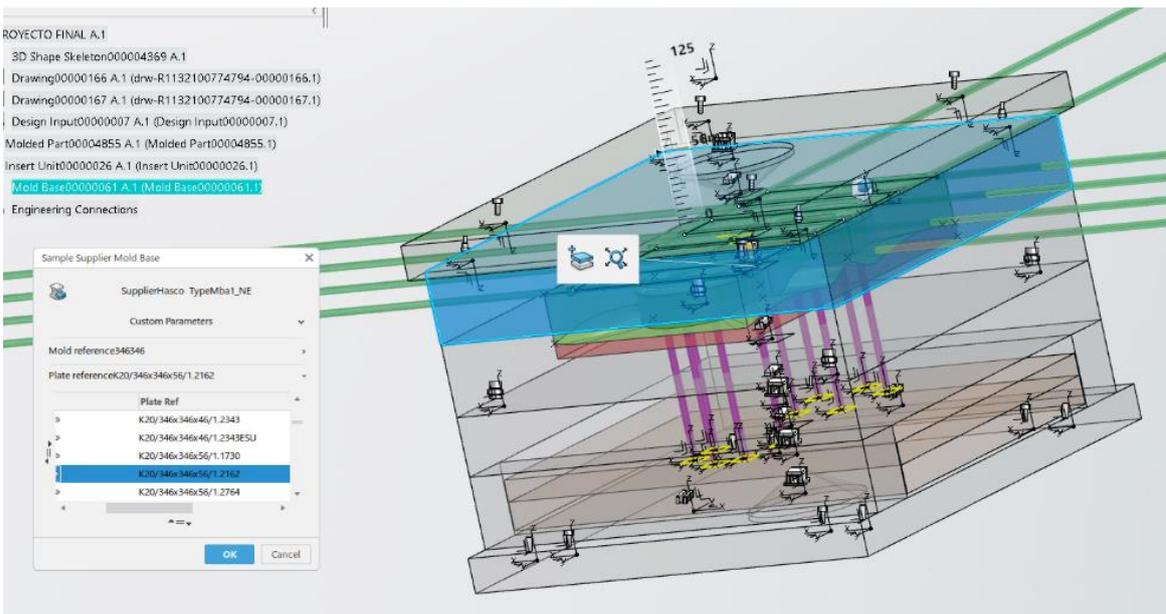


Ilustración 6.69 Selección de la placa de cavidad de la parte fija.

- Selección de la placa de cavidad de la parte móvil

Seleccionaremos un espesor de 56mm y será de un acero 1.2162.

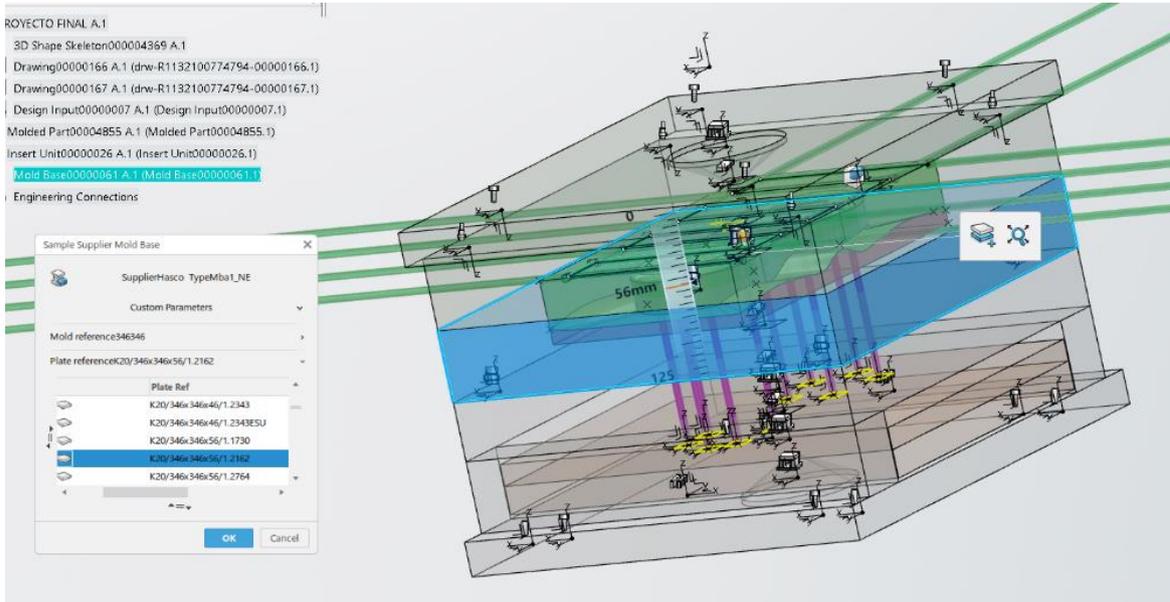


Ilustración 6.70 Selección de la placa de cavidad de la parte móvil.

- Selección de la placa intermedia

Seleccionamos un espesor de 46mm y será de un acero 1.1730.

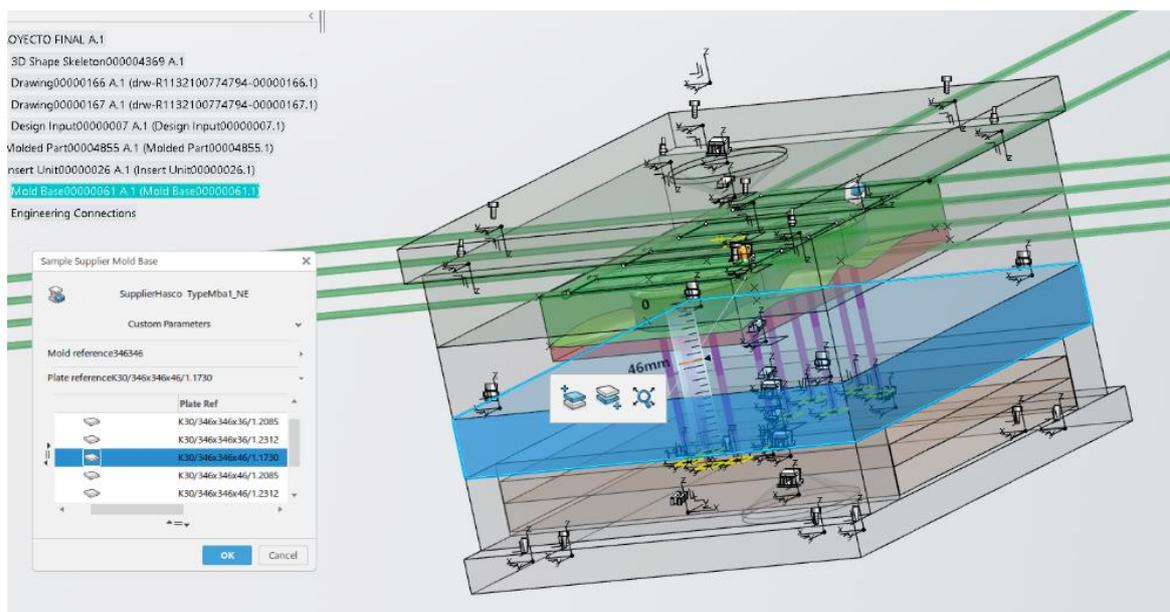


Ilustración 6.71 Selección de la placa intermedia.

- **Selección de los regles**

Seleccionamos un espesor de 76mm y serán de un acero 1.1730.

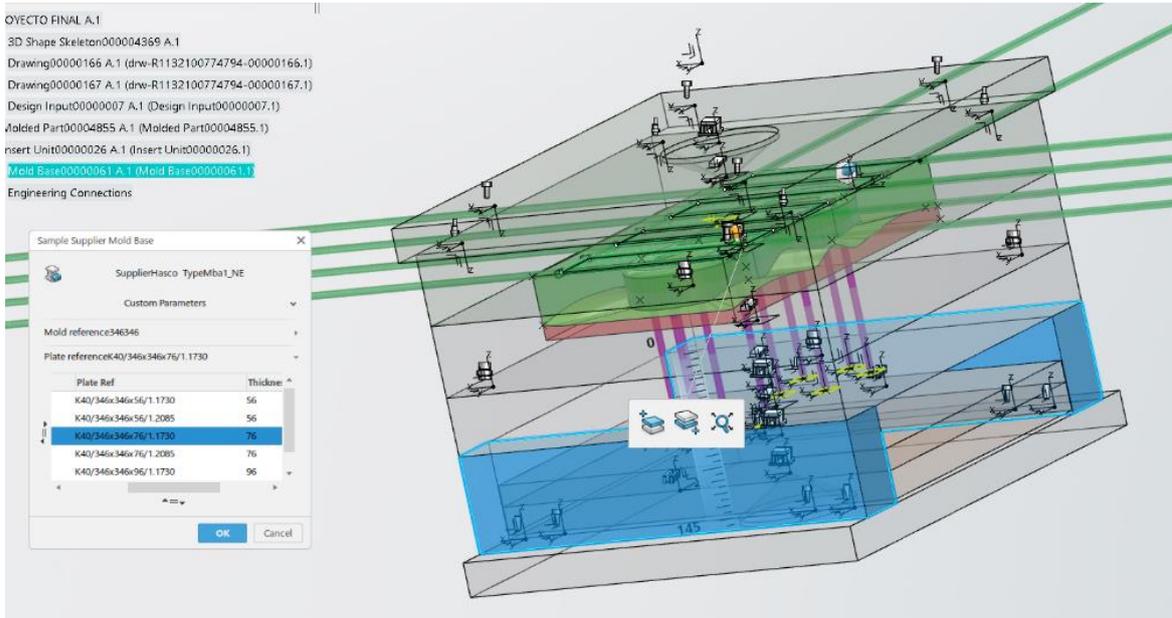


Ilustración 6.72 Selección de los regles.

- **Selección de la placa de base de expulsión**

Seleccionaremos un espesor de 17mm y serán de un acero 1.1730.

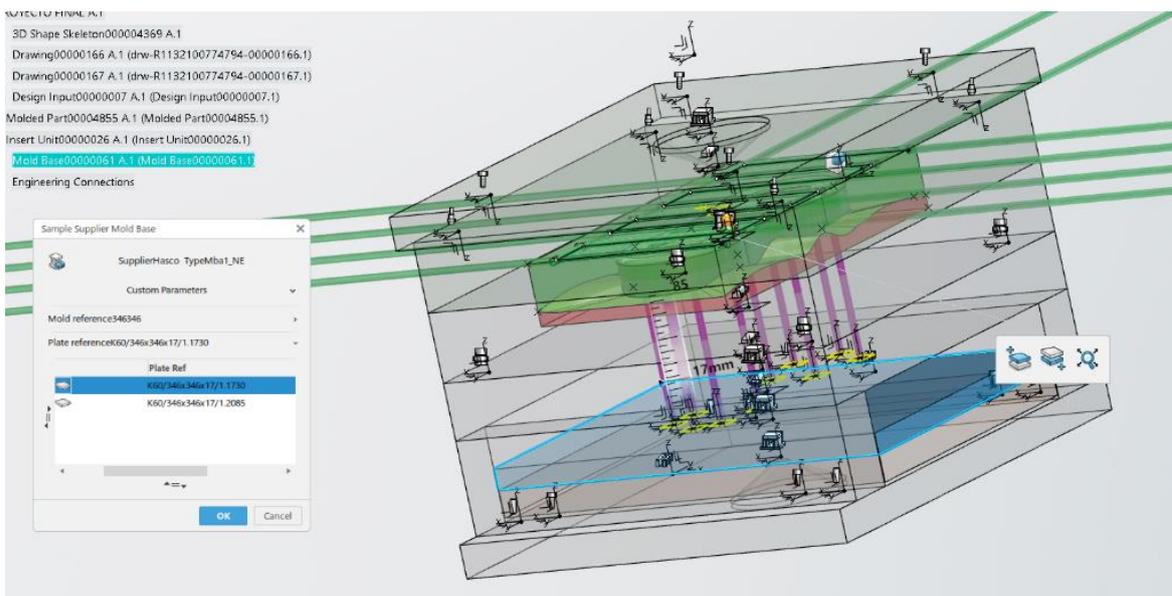


Ilustración 6.73 Selección de la placa de retención de expulsión.

- **Selección de la placa de retención de expulsión**

Seleccionamos un espesor de 22mm y será de un acero 1.1730.

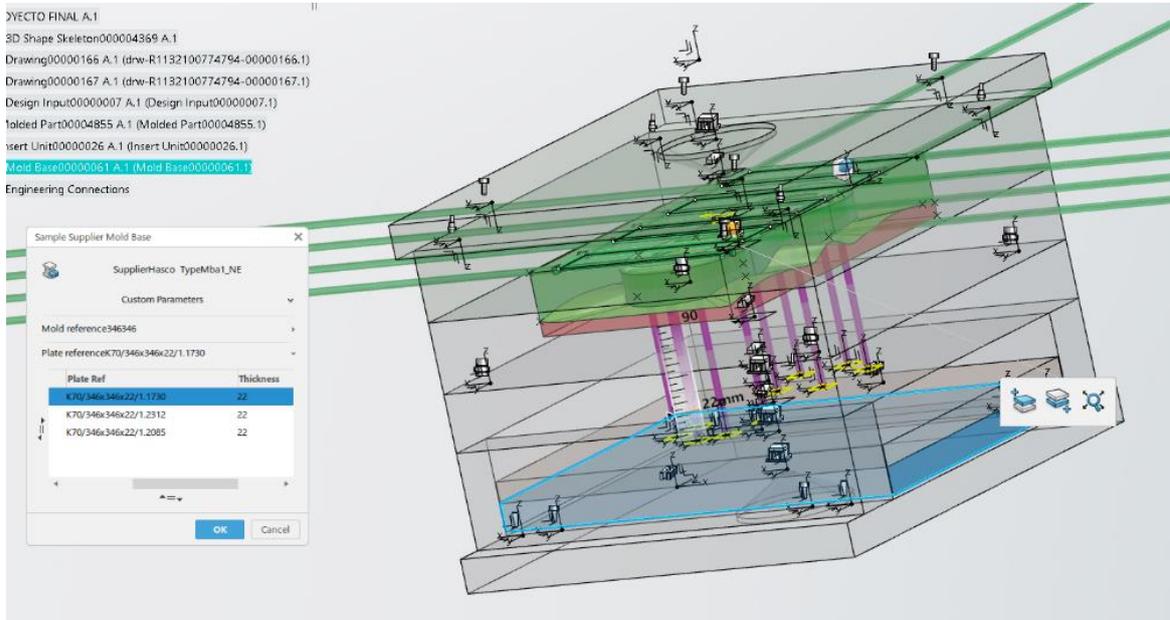


Ilustración 6.74 Selección de la placa de base de expulsión.

- **Selección de la placa de sujeción de la parte móvil**

Seleccionaremos un espesor de 27mm y será de un acero de 1.1730.

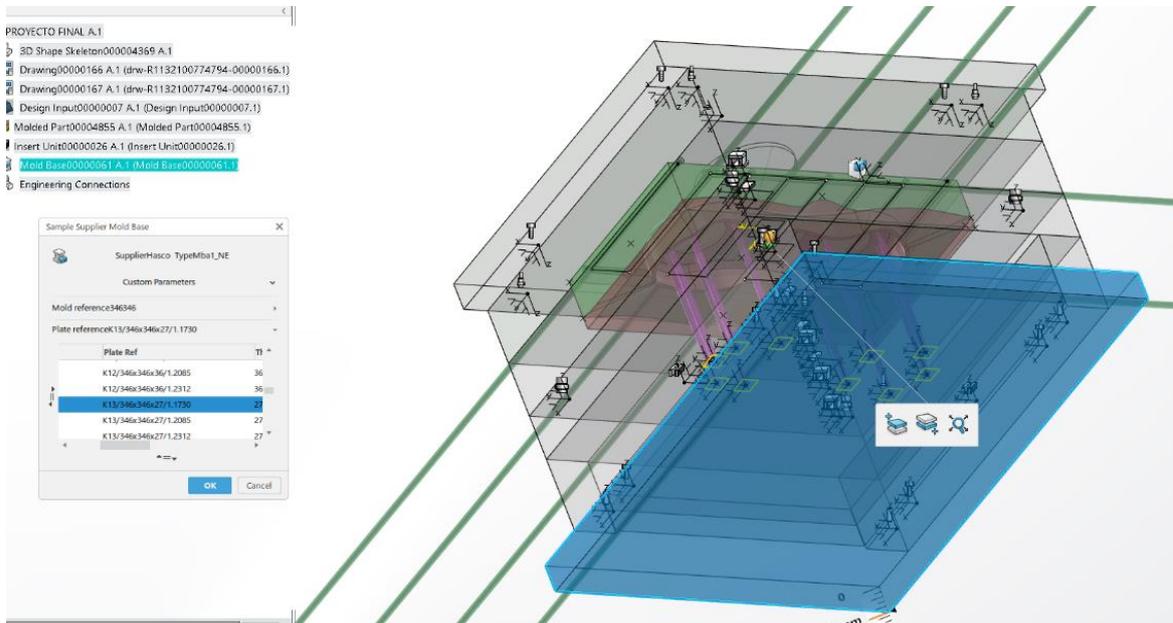


Ilustración 6.75 Selección de la placa de base de la parte móvil.

Una vez hemos seleccionado las dimensiones y materiales de todas las placas aceptamos y se generará automáticamente.

Vemos como tenemos la información de todos los componentes en el molde y su ubicación. El siguiente paso sería acceder a la base de datos de los componentes y seleccionarlos simplemente pinchando encima de cada uno. En mi caso no he podido realizar esto al no tener una cuenta de empresa con Hasco.

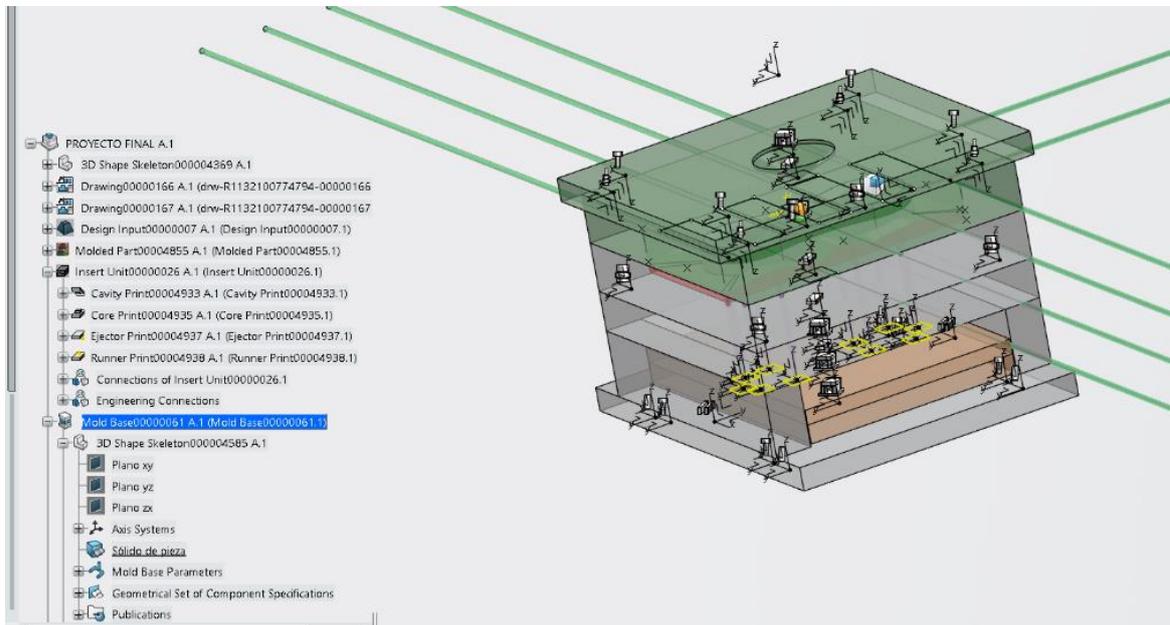


Ilustración 6.76 Molde completo.

6.4.9 Simulación de la extracción de la pieza

Todo lo que hemos ido creando en el Insert Unit (6.4.7), lo tenemos en el árbol de operaciones dentro del molde insertado. El molde insertado tiene varios subniveles correspondientes a cada parte del molde donde encontraremos todo lo que hemos creado en el insert unit con sus restricciones.

Podemos ver como los expulsores se han alargado cuando hemos creado el molde hasta la placa de base de expulsión, estos ahora se moverán solidariamente con esta placa y la pieza a extraer.

La placa de la cavidad (en verde), se encuentra en la parte fija del molde dentro de la placa de la cavidad. Y la placa del núcleo (en rojo), se encuentra en la parte móvil dentro de la placa de la cavidad.

Los canales de refrigeración los encontramos dentro de la placa de la cavidad de la parte fija del molde.

Todo esto se ha ubicado automáticamente cuando hemos introducido el molde del fabricante con sus restricciones correspondiente.

Podemos hacer la simulación de la extracción de la pieza:

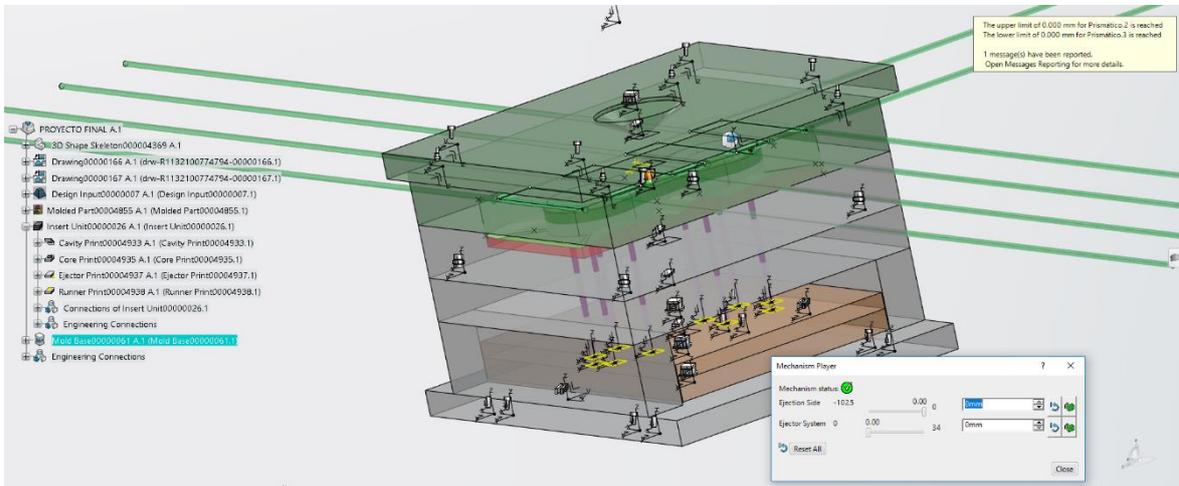


Ilustración 6.77 Molde preparado para simulación de la extracción.

- **Abertura del molde**

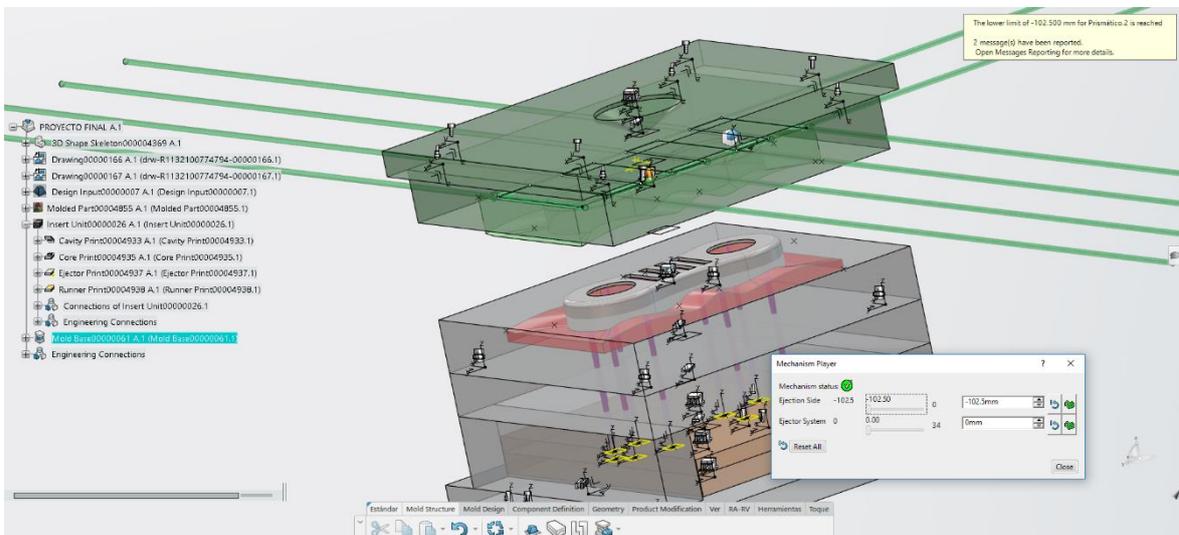


Ilustración 6.78 Apertura del molde.

- **Extracción de la pieza**

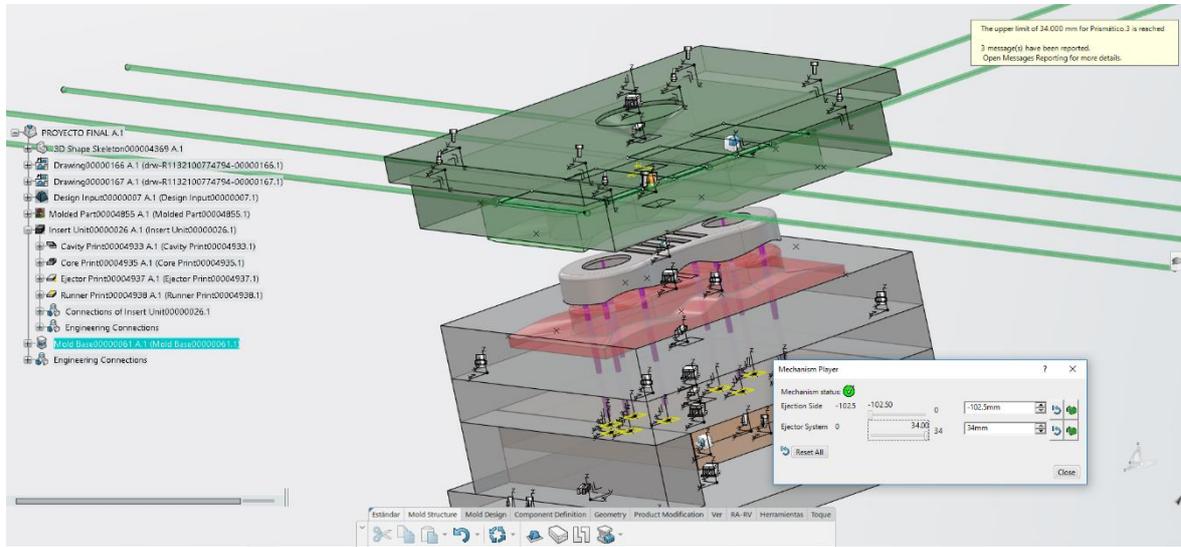


Ilustración 6.79 Extracción de la pieza.



7 Bibliografía

- [1] “TEMA 5. INYECCIÓN”.
- [2] “Los procesos de transformación del plástico | QuimiNet.”
<https://www.quiminet.com/articulos/los-procesos-de-transformacion-del-plastico-18863.htm> (accessed Feb. 09, 2023).
- [3] Mariano, “Fuerza de cierre (clamping Force),” Dec. 08, 2012.
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/08/fuerza-de-cierre-clamping-force.html> (accessed Feb. 09, 2023).
- [4] “INYECCION DE MATERIALES PLASTICOS I | Tecnología de los Plásticos.”
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html> (accessed Feb. 09, 2023).
- [5] Centro Tecnológico ASCAMM, “Contracciones del material polimérico en el proceso de moldeo.”
https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/DMPP/DMPP01/es_DFM_DMPP01_Contenidos/website_35_contracciones_del_material_polimrico_en_el_proceso_de_moldeo.html (accessed Feb. 09, 2023).
- [6] L. Florida, E. Municipality, and C. Guatemala Bolivia Cameroon Democratic Spain El Salvador Republic Ecuador Taiwan, “Editorial label ECORFAN: 607-8695 BCONIMI Control Number: 2020-25 143-50 Itzopan Street Twitter: @EcorfanC Holdings Mexico Title: Estudio de los Parámetros de Inyección de Polipropileno Para Una Probeta de Ensayo de Tensión”, Accessed: Feb. 09, 2023. [Online]. Available: www.ecorfan.org
- [7] “Inyección Eficiente de Plásticos: Defectos en piezas inyectadas y su solución.”
<http://inyeccion-eficiente-de-plasticos.blogspot.com/2013/01/defectos-en-piezas-inyectadas-y-su.html> (accessed Feb. 09, 2023).



- [8] “Entendiendo los defectos de la inyección de plástico parte 1 - DMD.”
<https://dmd.com.mx/2022/01/13/entendiendo-los-defectos-de-la-inyeccion-de-plastico-parte-1/> (accessed Feb. 09, 2023).
- [9] “Identificación de los plásticos por sus códigos | Aristegui Maquinaria.”
<https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/>
(accessed Feb. 08, 2023).
- [10] “Aditivos para plásticos, ¿Cuáles son sus funciones? | SP Group.” <https://www.spg-pack.com/blog/aditivos-plasticos/> (accessed Feb. 09, 2023).
- [11] “(28) LOS PLÁSTICOS | Paolo Ciancaglini Ribera - Academia.edu.”
https://www.academia.edu/26418800/LOS_PL%C3%81STICOS (accessed Feb. 05, 2023).
- [12] “INYECCION DE MATERIALES PLASTICOS II | Tecnología de los Plásticos.”
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html> (accessed Feb. 05, 2023).
- [13] Antoni González de Cabañes and Santiago González Mestre, “Diseño de piezas de plástico para inyección,” 2002. Accessed: Feb. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.raco.cat/index.php/Temes/article/download/29788/83039>
- [14] “Plataforma 3DEXPERIENCE: ¿Qué es? ¿Para qué sirve?”
<https://ibermaticaindustria.com/blog/3dexperience-que-es-y-para-que-sirve-la-nueva-plataforma-colaborativa-para-la-pyme-industrial/> (accessed Feb. 11, 2023).
- [15] “3DEXPERIENCE: ¿Qué son tenants, roles, dashboard y apps?”
<https://ibermaticaindustria.com/blog/plataforma-3dexperience-que-son-los-tenants-los-roles-los-dashboard-y-las-apps/> (accessed Feb. 11, 2023).
- [16] “3DEXPERIENCE ¿Qué aplicaciones incluye la plataforma?”
<https://ibermaticaindustria.com/blog/3dexperience-que-aplicaciones->



[incluye-descubre-todas-tus-herramientas-de-trabajo/](#) (accessed Feb. 11, 2023).



8 Anexos

8.1 Anexo 1

- Descripción del CYCOLAC™ RESIN DL100
- Descripción del SABIC PP

CYCOLACT™ RESIN DL100

REGION EUROPE

DESCRIPTION

CYCOLAC DL100 is a high heat, high impact, low emissions ABS/PC blend.

TYPICAL PROPERTY VALUES

Revision 20220721

PROPERTIES	TYPICAL VALUES	UNITS	TEST METHODS
MECHANICAL			
Tensile Stress, yield, 5 mm/min	46	MPa	ISO 527
Tensile Stress, yield, 50 mm/min	45	MPa	ISO 527
Tensile Strain, yield, 5 mm/min	3.5	%	ISO 527
Tensile Strain, break, 5 mm/min	60	%	ISO 527
Tensile Strain, yield, 50 mm/min	3.4	%	ISO 527
Tensile Strain, break, 50 mm/min	10	%	ISO 527
Tensile Modulus, 1 mm/min	2200	MPa	ISO 527
Flexural Stress, yield, 2 mm/min	69	MPa	ISO 178
Flexural Modulus, 2 mm/min	2250	MPa	ISO 178
Ball Indentation Hardness, H358/30	91	MPa	ISO 2039-1
IMPACT			
Izod Impact, notched 80*10*4 +23°C	35	kJ/m ²	ISO 180/1A
Izod Impact, notched 80*10*4 -30°C	15	kJ/m ²	ISO 180/1A
Charpy 23°C, V-notch Edgew 80*10*4 sp=62mm	34	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Charpy -30°C, V-notch Edgew 80*10*4 sp=62mm	14	kJ/m ²	ISO 179/1eA
THERMAL			
Thermal Conductivity	0.2	W/m·°C	ISO 8302
CTE, 23°C to 60°C, flow	9.8E-05	1/°C	ISO 11359-2
CTE, 23°C to 60°C, xflow	9.8E-05	1/°C	ISO 11359-2
Vicat Softening Temp, Rate B/50	105	°C	ISO 306
Vicat Softening Temp, Rate B/120	107	°C	ISO 306
HDT/Be, 0.45MPa Edgew 120*10*4 sp=100mm	104	°C	ISO 75/Be
HDT/Ae, 1.8 MPa Edgew 120*10*4 sp=100mm	87	°C	ISO 75/Ae
Relative Temp Index, Elec	60	°C	UL 746B
Relative Temp Index, Mech w/impact	60	°C	UL 746B
Relative Temp Index, Mech w/o impact	60	°C	UL 746B
PHYSICAL			
Mold Shrinkage on Tensile Bar, flow	0.5 – 0.7	%	SABIC method
Density	1.08	g/cm ³	ISO 1183
Melt Volume Rate, MVR at 260°C/5.0 kg	8	cm ³ /10 min	ISO 1133
FLAME CHARACTERISTICS			
UL Yellow Card Link	E45329-236566	-	-
UL Recognized, 94HB Flame Class Rating	1.5	mm	UL 94
UL Recognized, 94HB Flame Class Rating 2nd value	3	mm	UL 94
INJECTION MOLDING			

PROPERTIES	TYPICAL VALUES	UNITS	TEST METHODS
Drying Temperature	90 – 100	°C	
Drying Time	2 – 4	Hrs	
Maximum Moisture Content	0.1	%	
Melt Temperature	250 – 280	°C	
Nozzle Temperature	245 – 275	°C	
Front - Zone 3 Temperature	250 – 280	°C	
Middle - Zone 2 Temperature	250 – 280	°C	
Rear - Zone 1 Temperature	230 – 260	°C	
Hopper Temperature	60 – 80	°C	
Mold Temperature	40 – 80	°C	

DISCLAIMER

Any sale by SABIC, its subsidiaries and affiliates (each a "seller"), is made exclusively under seller's standard conditions of sale (available upon request) unless agreed otherwise in writing and signed on behalf of the seller. While the information contained herein is given in good faith, SELLER MAKES NO WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING MERCHANTABILITY AND NONINFRINGEMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY, NOR ASSUMES ANY LIABILITY, DIRECT OR INDIRECT, WITH RESPECT TO THE PERFORMANCE, SUITABILITY OR FITNESS FOR INTENDED USE OR PURPOSE OF THESE PRODUCTS IN ANY APPLICATION. Each customer must determine the suitability of seller materials for the customer's particular use through appropriate testing and analysis. No statement by seller concerning a possible use of any product, service or design is intended, or should be construed, to grant any license under any patent or other intellectual property right.



HOJA DE SEGURIDAD

De acuerdo con el Reglamento (CE) n ° 1907/2006 y 453/2010 (REACH)

Fecha de impresión: 29-05-2015

Número de Revisión: 2

Fecha de revisión: 28-05-2015

1. IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA/PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD/EMPRESA

Marca comercial:	SABIC® PP
Product Name:	108MF10 - 00900
Nombre del producto:	Poli(propileno-etileno) [CASRN 9010-79-1]
Tipo de producto:	Producto comercial
Uso recomendado:	Se puede utilizar para producir artículos moldeados, extruídos o como componente de otros productos industriales.
Compañía:	SABIC SALES Europe B.V. or any of its Affiliates Europaboulevard 1, 6135 LD SITTARD P.O. Box 5151, 6130 PD SITTARD The Netherlands
Fabricante:	SABIC Polymers Genk, Belgium Geleen, The Netherlands Wilton, United Kingdom and/or Gelsenkirchen, Germany
Teléfono de urgencias:	SITTARD +31 (0)46 476 55 55 (0h - 24h)
E-mail:	sds.info@sabic.com
Dirección del sitio web:	www.sabic.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Los aditivos de este producto (si lo hay) están unidos en una matriz de resina termoplástica. De conformidad con el GHS para la clasificación del producto, el peligro potencial puede ser evaluado con respecto a la forma físico-química y / o biodisponibilidad de los componentes individuales de la resina termoplástica. Par par Donde se muestran las clasificaciones GHS a continuación, estos se basan en los componentes individuales en la matriz de resina termoplástica. En las condiciones normales de utilización de la resina, estos componentes peligrosos no es probable que contribuya a la exposición laboral. Por favor, lea toda la hoja de datos de seguridad y / o consultar a un profesional de EHS para una comprensión completa.

Clasificación de la sustancia o mezcla

REGLAMENTO (CE) No 1272/2008

no peligroso No está clasificado

Clasificación de acuerdo con las Directivas de la UE 67/548/CEE ó 1999/45/CE

CLP / SGA etiquetado

GHS etiquetado no es obligatorio

Declaraciones cautelares

No hay Declaraciones cautelares específicas requeridas GHS - guarden todas las otras advertencias e instrucciones de manejo en esta FDS.

Otros peligros que no dan lugar a la clasificación

SABIC general de emergencia

- Pellets inodoros o con un ligero olor
- El material derramado puede comportar un riesgo de resbalamiento
- Puede quemarse en un fuego y generar un humo denso y tóxico
- El plástico fundido puede provocar quemaduras térmicas graves
- Los gases generados durante el proceso de fusión pueden provocar irritación en los ojos, la piel y el aparato respiratorio. Una sobreexposición intensa puede provocar náuseas, cefaleas, escalofríos y fiebre. Para obtener más información sobre otros efectos, consulte los siguientes apartados.
- Las operaciones secundarias tales como moler, pulir o serrar pueden generar polvo, el cual puede comportar un riesgo respiratorio o de explosión.

Otra información: Refrescar la piel rápidamente con agua fría después del contacto con material fundido. El calentamiento puede liberar gases peligrosos. También pueden producirse humos peligrosos en operaciones de post-procesado.

Problemas de procesamiento: Vapores de procesamiento pueden causar irritación en los ojos, la piel y las vías respiratorias. En casos de exposición grave, también pueden producirse náuseas y dolor de cabeza. Grease-como el procesamiento de vapor se condensa en los conductos de ventilación, moldes y otras superficies puede causar irritación y lesiones en la piel.

Condiciones Médicas Agravadas: **RESTRICCIONES MÉDICAS:** No hay efectos conocidos para la salud agravado por la exposición a este producto. Sin embargo, individuos sensibles y las personas con problemas respiratorios pueden ser afectados por la exposición a los componentes en los vapores de procesamiento.

3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Tipo De Producto Mezcla

Para el texto completo de las frases H mencionadas en esta Sección, ver la Sección 16

Los componentes no peligrosos y porcentaje exacto (concentración) de la composición han sido retenidos como secreto comercial.

Este producto se compone fundamentalmente de polímeros de alto peso molecular que no se espera que sea peligroso. Los ingredientes de este producto están presentes dentro de la matriz polimérica y no se espera que sea peligroso.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Salga a respirar aire fresco si ha inhalado accidentalmente el humo producido por sobrecalentamiento o combustión En el caso de molestias prolongadas acudir a un médico
Contacto con la piel:	En caso de contacto con el polímero caliente, enfriar rápidamente la piel con agua fría Lávese inmediatamente con jabón y agua abundante Consultar un médico
Contacto con los ojos:	Lavar inmediatamente con mucha agua. Después del lavado inicial, quitar las lentillas de contacto eventuales y seguir lavando por lo menos durante 15 minutos Si persiste la irritación de los ojos, consultar a un especialista
Ingestión:	Sin riesgos que requieran medidas especiales de primeros auxilios
Precauciones:	Enfriar el producto fundido en la piel con agua abundante. No quitar el producto solidificado No arranque el polímero de la piel

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Temperatura de autoignición: >300°C

Peligro de explosión superior: indeterminado

Inferior: indeterminado

Medios de extinción adecuados: Utilizar polvo químico seco, CO₂, agua pulverizada o espuma de "alcohol". El agua es el mejor agente extintor. El dióxido de carbono y polvo químico seco generalmente no se recomienda debido a su falta de capacidad de refrigeración puede permitir reignición en fuegos de resina grandes (BLOB, babea, etc)

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad: No usar un chorro compacto de agua ya que puede dispersar y extender el fuego

Productos de descomposición peligrosos: El fuego puede producir un humo negro y denso conteniendo productos de combustión peligrosos, Óxidos de carbono.

Peligros de Productos de Combustión: El fuego producirá humo negro y denso que contiene los productos combustión peligrosos, Óxidos de carbono, Fragmentos de hidrocarburo.

Equipo de protección especial para los bomberos: En caso de fuego, protejase con un equipo respiratorio autonomo (EU: NEN-EN137)

Peligros específicos: Adóptense precauciones contra las descargas electroestaticas Durante el proceso, el polvo puede formar una mezcla explosiva con el aire La descomposicion termica puede llegar a desprender gases y vapores irritativos

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Métodos de limpieza: Barrer y palear dentro de recipientes apropiados para su eliminación. No crear nubes de polvo usando cepillo o aire comprimido.

Precauciones personales: Ver sección 8. En caso de vertido, tomar precauciones, ya que el material puede hacer que las superficies se vuelvan muy resbaladizas.

Precauciones para la protección del medio ambiente: No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario. No debe liberarse en el medio ambiente.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- Manipulación:** Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Proveer una extracción apropiada y recogida de polvo en la maquinaria. Minimice la generación y acumulación de polvo. Limpieza de rutina debe ser instituido para asegurar que el polvo no se acumulen en las superficies. Los polvos secos pueden construir cargas de electricidad estática cuando se someten a la fricción de las operaciones de transferencia y de mezcla. Proporcionar las precauciones adecuadas, como la conexión a tierra y de unión, o atmósferas inertes.
- Almacenamiento:** Guárdelo en un lugar seco y fresco. Manténgase separado del calor y de las fuentes de ignición. Mantener alejado de la luz directa del sol.

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

- Límites de exposición:** Sin componentes con esta información, excepto lo indicado abajo

SABIC límites de exposición recomendados se han establecido para ciertos productos químicos.

- Disposiciones de ingeniería:** En presencia de humos peligrosos, protéjase con una mascara autónoma. Usar pantalla facial y traje de protección por si surgen anomalías en el proceso. Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Proporcionar un sistema adecuado de ventilación aspirante en la maquina.
- Protección de las manos:** Guantes protectores. (EU: NEN-EN 374). Al manipular el material caliente, llevar guantes resistentes al calor protectores que son capaces de soportar la temperatura de la resina fundida.
- Protección de los ojos:** Gafas protectoras con cubiertas laterales. (EU: NEN-EN 165-166).
- Protección respiratoria:** En presencia de humos peligrosos, protéjase con una mascara autónoma. En caso de ventilación insuficiente, usar equipo de respiración adecuado. (EU: NEN-EN149).
- Protección de la piel y del cuerpo:** Ropa de manga larga. (EU: NEN-EN 340-369-465).
- Medidas de higiene:** Mientras se utiliza, se prohíbe comer, beber o fumar.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico:	Sólido
Aspecto:	gránulos
Color:	mismo código de color
Olor:	característico
Punto /intervalo de ebullición:	La descomposicion comienza desde 300°C
Punta/intervalo de fusión:	140-170°C (284-338°F)
Temperatura de autoignición:	>300°C
Presión de vapor:	despreciable
Densidad:	0.905-0.930 g/cm ³
Hidrosolubilidad:	insoluble
Velocidad de evaporación:	despreciable
Contenido (%) COV (compuestos orgánicos volátiles):	despreciable
Peligro de explosión:	
superior:	indeterminado
Inferior:	indeterminado

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:	Estable en condiciones normales. La polimerización peligrosa no ocurre.
Condiciones que deben evitarse:	No deje que la temperatura rebase 300°C. El calentamiento puede liberar gases peligrosos. No exceda de fundir las recomendaciones de temperatura en la documentación del producto. Purgas de material caliente se debe recoger en pequeñas formas planas y delgadas y se inactivó con agua para permitir un enfriamiento rápido. No permitir que el producto permanezca en el barril a temperaturas elevadas durante períodos prolongados de tiempo.
Productos de descomposición peligrosos:	Los vapores del procesamiento generados en las condiciones de procesamiento recomendadas pueden incluir trazas de hidrocarburos, Óxidos de carbono.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL50/oral/rata:	>5000 mg/kg
DL50/dérmica/conejo:	>2000 mg/kg
Toxicidad subcrónica:	sin datos disponibles
Irritación primaria:	La sustancia no es generalmente irritante y solamente es ligeramente irritante para la piel
Observaciones:	Se han tomado los datos toxicológicos de productos de una composición similar
Estudios especiales:	No hay información

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Efectos ecotoxicológicos:	No se conocen ni esperan daños ecológicos bajo uso normal. Las partículas pequeñas pueden tener un efecto sobre los organismos del agua y del suelo.
Otra información:	ninguno(a).

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Desechos de residuos / producto no utilizado:	Donde sea posible, es preferible el reciclaje en vez de la deposición o incineración. Eliminar, observando las normas locales en vigor.
Envases contaminados:	Eliminar los recipientes vacíos para la reutilización local, la recuperación o para la eliminación de los residuos.
No. CER de eliminación de residuos:	702 - residuos de la fdu de plásticos, caucho sintético y fibras artificiales.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Clase de Transporte: No regulado.

Dot:

ADR/RID

IMDG

ICAO

IATA-DGR

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Información reglamentaria adicional puede ser solicitada a través de su oficina de ventas local.

Inventarios Internacionales:

TSCA (EE. UU.):	Enumerada
DSL (Inventario canadiense):	Enumerada
ENCS (Japón):	Enumerada
IECSC (China):	Enumerada
KECL (Korea):	Enumerada
PICCS (Filipinas):	Enumerada
AICS (Inventarios químicos australianos):	Enumerada

Nueva Zelanda
Información REACH:

No listado

Para obtener la información REACH relacionada con este producto, le rogamos que se ponga en contacto con sds.info@sabic.com

Más información sobre el inventario:

Si una entrada está "Enumerada" anteriormente significa que todos los componentes químicos se encuentran en la lista del inventario respectivo y/o que existe una exención calificada para uno o más componentes. Una entrada "No listado" anteriormente indica que el importe o la producción de uno o más componentes están restringidos en ese país/región. Los artículos están exentos del registro y, por lo tanto, no están enumerados en los inventarios químicos nacionales.

Índice salud hms:

Health: 0

Inflamabilidad: 1

Reactivity: 0

16. OTRA INFORMACIÓN

SABIC y marcas marcados con TM son marcas comerciales de SABIC o sus subsidiarias o afiliadas.

SDS Alcance

Europa: En cumplimiento del Reglamento (CE) n° 1907/2006 y 453/2010 (REACH)

Este documento es aplicable también en otros países y regiones.

Preparado por:

Tutela de Producto y Toxicología

CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD: La información contenida en la Hoja de Datos de Seguridad es, en la fecha de su emisión a lo mejor de nuestro conocimiento correcto de acuerdo a los datos de que disponemos. La información que se entiende como una guía para el uso seguro, manipulación, eliminación, almacenamiento y transporte de los productos y no implica ninguna garantía (implícita o explícita no) o especificación. El Proveedor no podrá, en la medida permitida por la ley será responsable por cualquier error o inexactitud en la información contenida en esta Hoja de Datos de Seguridad. La información se refiere exclusivamente a los productos especificados, que pueden no ser adecuados para la combinación con otros materiales o el uso en procesos distintos de los específicamente descritos aquí.

Fin de la Ficha de Datos de Seguridad



8.2 Anexo 2

- Aceros que componen el molde.

Werkstoff-Nr: 1.1730

HASCO-Farbcode: weiß

DIN-Kurzname: C45

Härte bei Anlieferung: geglüht auf ca. 190 HB (~ 650 N/mm²)

Richtanalyse (%):

C	Si	Mn			
0,45	0,27	0,7			

Charakteristik

Werkstoffeigenschaften:

Unlegierter Werkzeugstahl, gut zerspanbar, Schalenhärter

Verwendung:

Verwendungszweck im Werkzeug- und Vorrichtungsbau, wo ungehärtete Bauteile zum Einsatz kommen, wie z.B. Formrahmen und Anbauteile. Dieser Werkstoff wird üblicherweise im Anlieferungszustand eingesetzt.

Physikalische Eigenschaften

Wärmeausdehnungskoeffizient

(10⁻⁶·m)/(m·K)

100	200	300	400	500	600	700 °C
11,0	12,0	13,0	13,5	14,0	14,2	

Wärmeleitfähigkeit

W/(m·K)

20	350	700 °C
50		

Für höher beanspruchte Bauteile empfehlen wir unsere Einsatz- und Vergütungsstähle, sowie unsere Durchhärterstähle.

Hinweise

Polieren: Nicht üblich.

Narben: Nicht üblich.

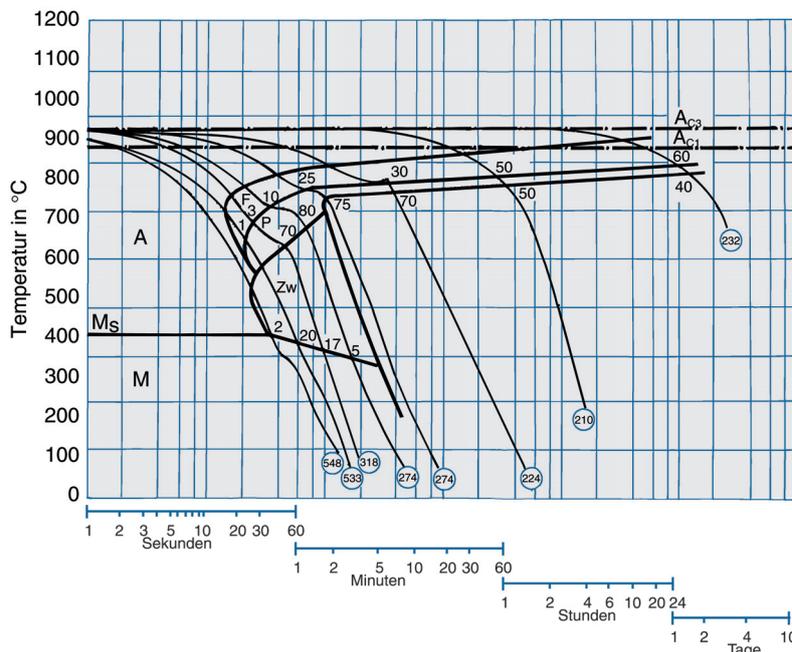
Nitrieren: Nicht üblich.

Härten: Härten ist grundsätzlich nicht üblich, die Gefahr von Spannungsrisen und Härteverzug ist sehr groß. Sollte in Ausnahmefällen eine Härtebehandlung nötig sein, sollten die Angaben aus dem Zeit-Temperatur-Umwandlungs- und Anlassschaubild entnommen werden. Die für das entsprechende Werkstück geeigneteste Wärmebehandlung sollte von der Härterei festgelegt werden. Die erforderliche Härte sollte der Härterei vorgeschrieben und bei Rücklieferung überprüft werden.

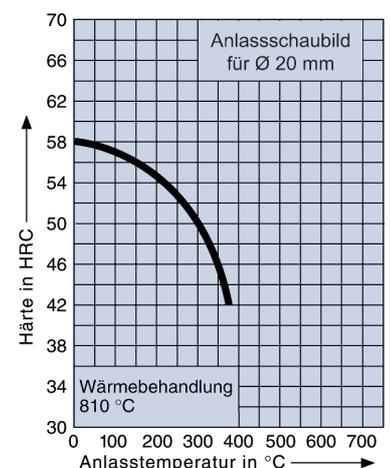
Weichglühen: 680°C – 710°C, ca. 3 Std.

Spannungsarmglühen: Zur Beseitigung von Restspannungen nach der Grobzerspannung bei ca. 620°C, ca. 4 Std. mit langsamer Ofenabkühlung.

Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



Anlassschaubild



Werkstoff-Nr: 1.2162
DIN-Kurzname: 21 MnCr 5
Richtanalyse (%):

C	Si	Mn	Cr		
0,21	0,25	1,25	1,15		

HASCO-Farbcode: gelb
Flachstahl: grau
Härte bei Anlieferung: Weichgeglüht auf ca. 210HB (~ 710 N/mm²)

Charakteristik

Werkstoffeigenschaften:
 Standard Einsatzstahl mit guter Zerspanbarkeit. Nach entsprechender Wärmebehandlung hohe Oberflächenhärte mit großer Verschleißfestigkeit und zähem Kern.

Verwendung:
 Formplatten und Einsätze für die Kunststoffverarbeitung. Rahmenplatten für Spritzgieß- und Presswerkzeuge mit höherer Beanspruchung. Formbauteile mit funktionsbedingtem Verschleiß. Sonstige Bauteile, bei denen Oberflächenhärte und Kernfestigkeit gefordert werden.

Physikalische Eigenschaften

Wärmeausdehnungskoeffizient
 (10⁻⁶·m)/(m·K)

100	200	300	400	500	600	700
12,2	12,9	13,5	13,9	14,2	14,5	14,8

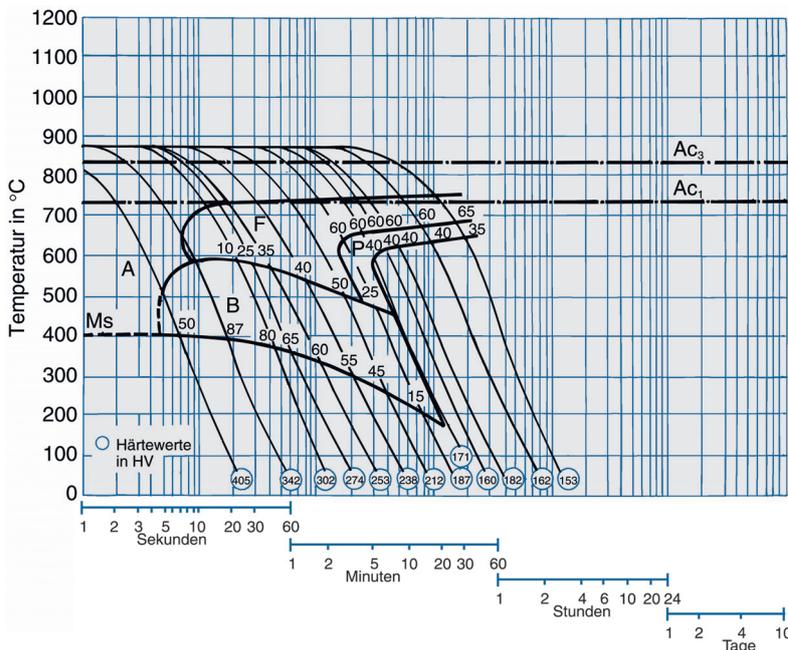
Wärmeleitfähigkeit
 W/(m·K)

20	350	700
39,5	36,5	33,5

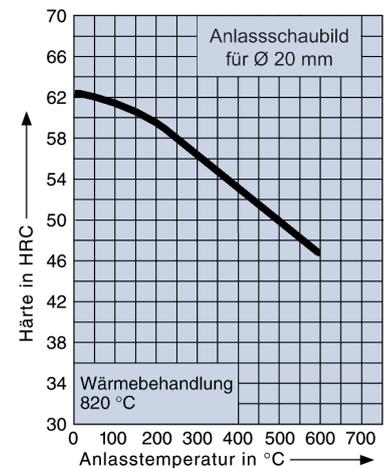
Hinweise

- Polieren:** Technische Polituren sind möglich.
- Narben:** Ist möglich.
- Nitrieren:** Nicht üblich, da die Härte hierbei zu sehr abfällt. Gehärtete Werkstücke aus diesem Einsatzstählen werden nicht nitriert.
- Härten:** 810°C – 840°C
 Angaben können dem ZTU- und Anlassschaubild entnommen werden. Die für das entsprechende Werkstück geeigneteste Wärmebehandlung sollte von der Härterei festgelegt werden. Die erforderliche Härte sollte der Härterei vorgeschrieben und bei Rücklieferung überprüft werden.
- Weichglühen:** 690°C, ca. 4 Std.
- Spannungsarmglühen:** Zur Beseitigung von Restspannungen nach der Grobzerspannung bei ca. 600°C – 650°C, ca. 4 Std. mit langsamer Erwärmung und Ofenabkühlung.
- Anlassen:** 2 – 3 Stunden bei 180°C – 300°C
- Gebräuchliche Arbeitshärte:** Oberflächenhärte 58 - 61 HRC, Kernfestigkeit 1000 - 1200 N/mm²

▼ Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild



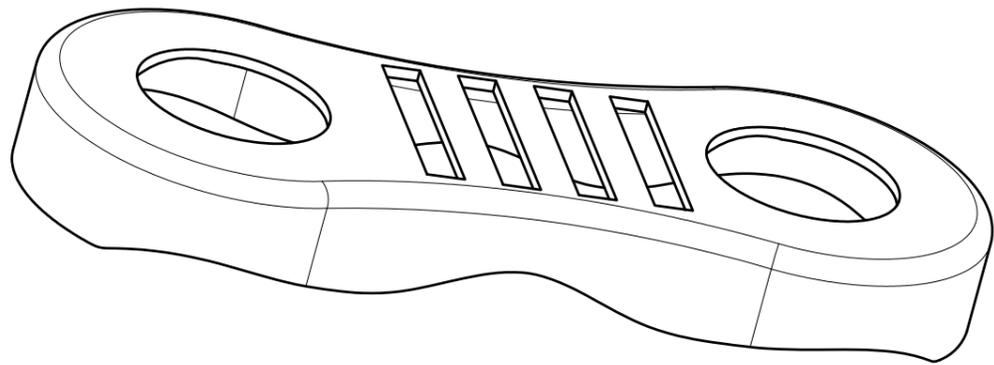
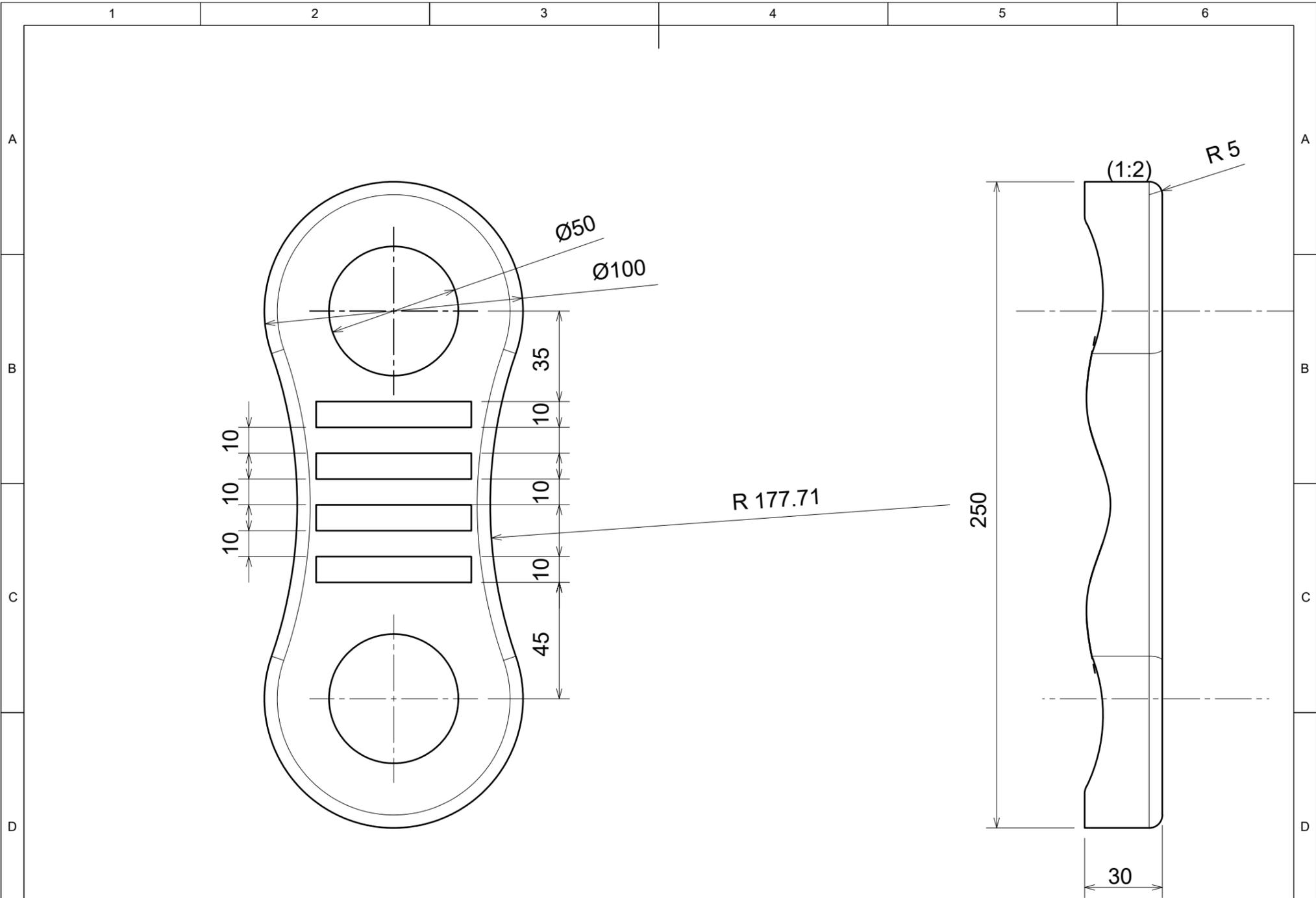
▼ Anlassschaubild





8.3 Anexo 3

- Plano de la pieza
- Planos del molde



Tolerancias generales para dimensiones lineales y angulares, norma DIN-16742 (TG6 para Termoplásticos).

Tolerance group		Límites dimensionales (GA) para rangos de dimensiones nominales en mm															
		De 1 a 3	>3 a 6	>6 a 10	>10 a 18	>18 a 30	>30 a 50	>50 a 80	>80 a 120	>120 a 180	>180 a 250	>250 a 315	>315 a 400	>400 a 500	>500 a 630	>630 a 800	>800 a 1000
TG6	W	±0,07	±0,012	±0,18	±0,22	±0,26	±0,31	±0,37	±0,57	±0,80	±0,93	±1,05	±1,15	±1,60	±2,20	±2,50	±2,80
	NW	±0,012	±0,18	±0,22	±0,26	±0,31	±0,37	±0,57	±0,80	±0,93	±1,05	±1,15	±1,60	±2,20	±2,50	±2,80	±3,10

DESIGNED BY: SERGIO BRESME VILLAR	<h1>PIEZA PARA DISEÑO DE MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS</h1>	M	–
DATE: 18/02/2023		L	–
CHECKED BY: XXX		K	–
DATE: XXX		J	–
SIZE: A3	DASSAULT SYSTEMES	I	–
SCALE: 1:2		H	–
WEIGHT (KG): XXX	DRAWING NUMBER: 1	G	–
DRAWING NUMBER: 1	SHEET: 1 / 1	F	–
This drawing is our property; It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		E	–
		D	–
		C	–
		B	–
		A	–

1

2

3

4

5

6

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

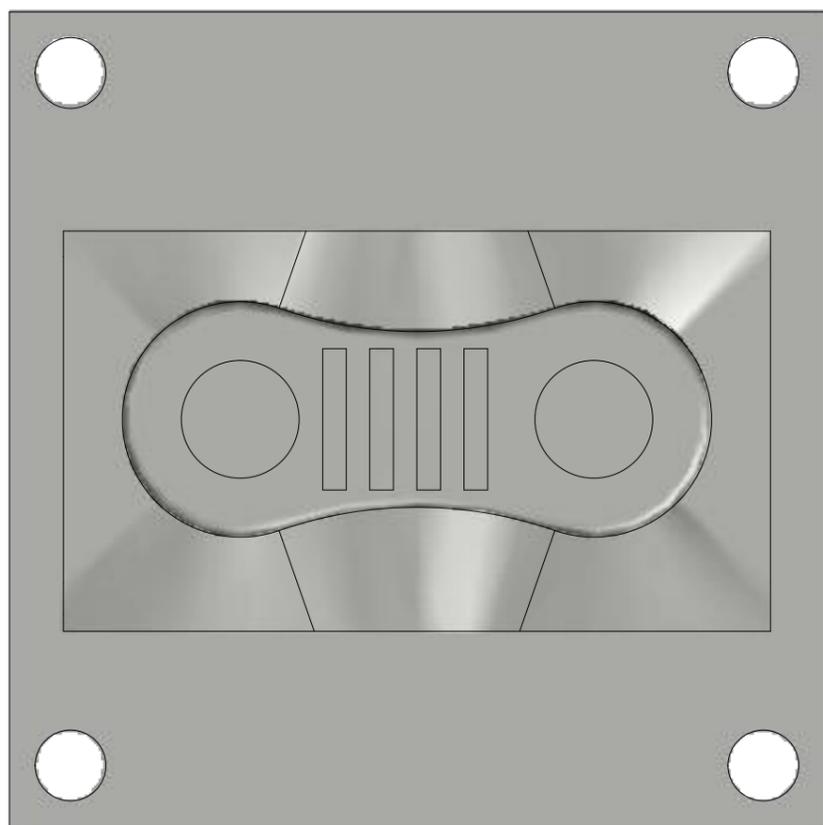
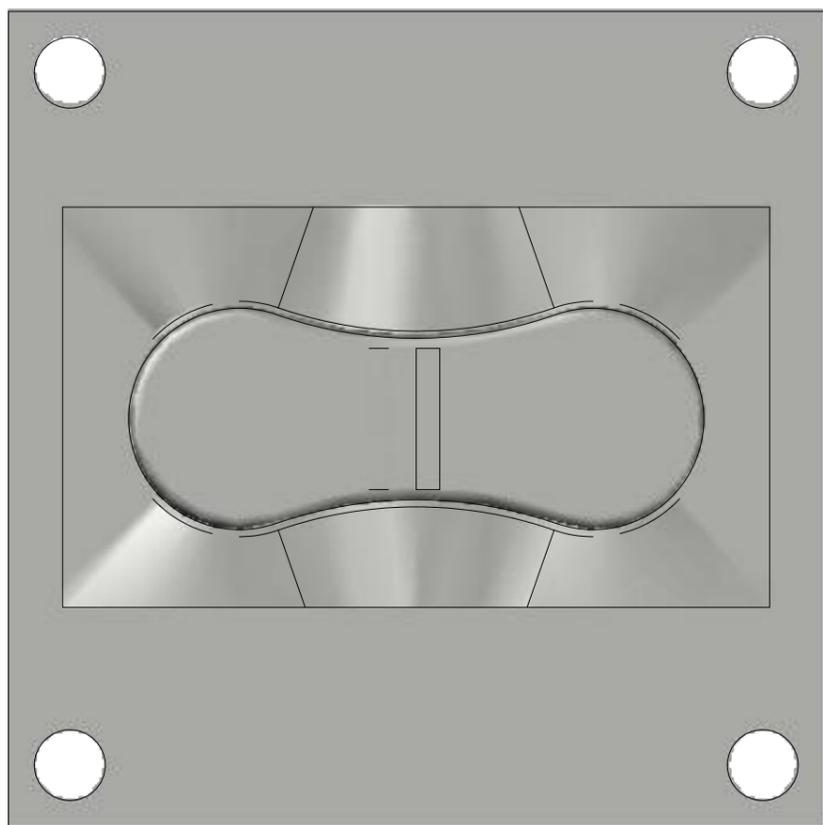
F

G

G

H

H



DESIGNED BY: SERGIO BRESME VILLAR	
DATE: 18/02/2023	
CHECKED BY: XXX	
DATE: XXX	
SIZE: A3	
SCALE: 1:3	WEIGHT (KG) XXX

PIEZA PARA DISEÑO DE MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS		M	-
		L	-
DASSAULT SYSTEMES		K	-
		J	-
DRAWING NUMBER 2		I	-
		H	-
SHEET 1 / 1		G	-
		F	-
		E	-
		D	-
		C	-
		B	-
		A	-

This drawing is our property; It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

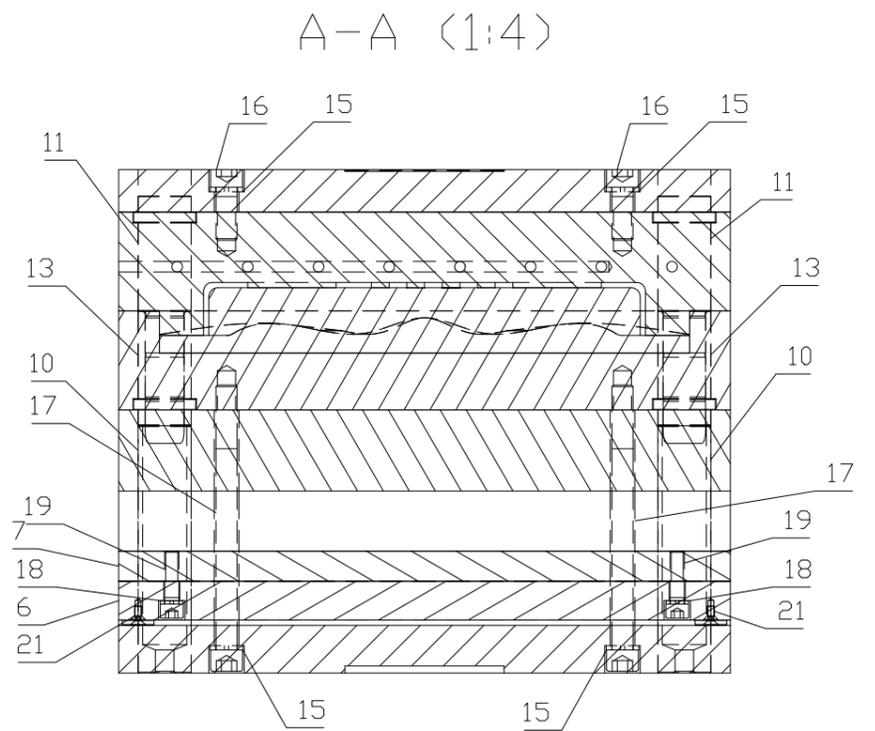
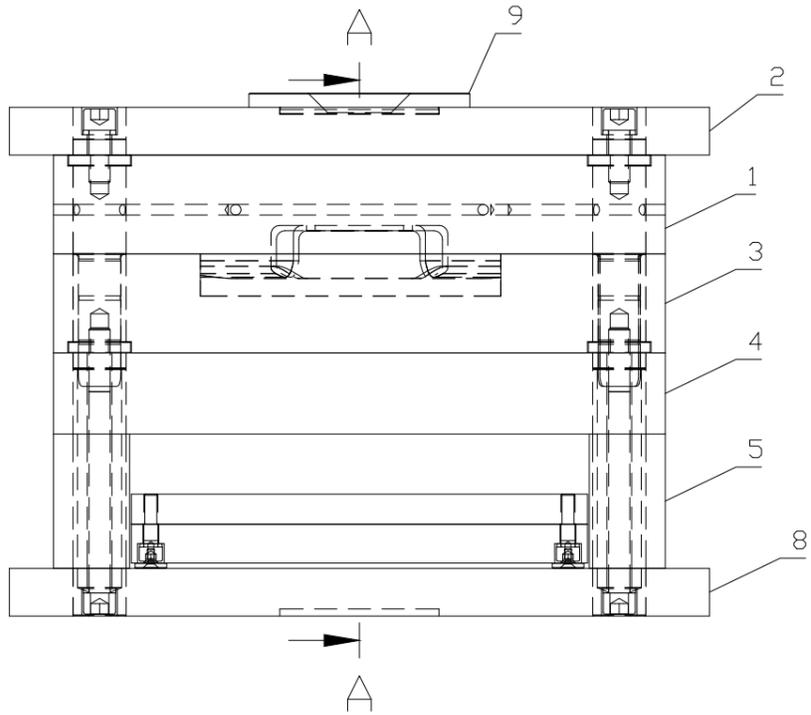
2

3

4

5

A3



Posición	Designación de producto	Descripción	Cantidad
1	K20/346x346x56/1.2162	Placa de cavidad	1
2	K10/346x346x27/1.1730	Placa de sujeción	1
3	K20/346x346x56/1.2162	Placa de cavidad	1
4	K30/346x346x46/1.1730	Placa intermedia	1
5	K40/346x346x76/1.1730	Regles	2
6	K70/346x346x22/1.1730	Placa de base de expulsión	1
7	K60/346x346x17/1.1730	Placa de retención de expulsión	1
8	K10/346x346x27/1.1730	Placa de sujeción	1
9	Z7510/125x12	Disco centrador	1
10	Z20/30x140	Manguito de centrado	4
11	Z00/56x24x75	Pilar de guía	3
12	Z00/56x22x75	Pilar de guía	1
13	Z10/56x24	Casquillo guía	3
14	Z10/56x22	Casquillo guía	1
15	Z691/12x2,5	Anillo de bloqueo	8
16	Z31/12x30	Tornillo de cabeza de cilindro	4
17	Z31/12x150	Tornillo de cabeza de cilindro	4
18	Z691/8x2	Anillo de bloqueo	4
19	Z31/8x30	Tornillo de cabeza de cilindro	4
20	Z55/18x3	Disco de soporte	4
21	Z33/4x8	Tornillo avellanado	4



DESIGNED BY: SERGIO BRESME VILLAR	<h1>PIEZA PARA DISEÑO DE MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS</h1>	M	—
DATE: 18/02/2023		L	—
CHECKED BY: XXX	<h2>DASSAULT SYSTEMES</h2>	K	—
DATE: XXX		J	—
SIZE: A3	DASSAULT SYSTEMES	I	—
SCALE: 1:4		H	—
WEIGHT (KG): XXX	DASSAULT SYSTEMES	G	—
DRAWING NUMBER: 3		F	—
SHEET: 1 / 1	DASSAULT SYSTEMES	E	—
		D	—
	DASSAULT SYSTEMES	C	—
		B	—
	DASSAULT SYSTEMES	A	—

This drawing is our property; It can't be reproduced or communicated without our written agreement.