



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica
Superior de Jaén

**DISEÑO PARAMÉTRICO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE
PLÁSTICO PARA LA FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE
PLÁSTICO, MEDIANTE UN SOFTWARE CAD COMERCIAL**

Autor: Raúl Moral Guerrero

Grado: Ingeniería Mecánica

Director: Miguel Ángel Rubio Paramio
Codirector: Jorge Manuel Mercado Colmenero
Departamento del director: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Fecha: 14/05/2024

Licencia CC



CREA



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén

D. Miguel Ángel Rubio Paramio y D. Jorge Manuel Mercado Colmenero, tutores del Proyecto Fin de Carrera titulado: DISEÑO PARAMÉTRICO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA LA FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE PLÁSTICO, MEDIANTE UN SOFTWARE CAD COMERCIAL, que presenta Raúl Moral Guerrero, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Mayo de 2024

El alumno

Los tutores:

ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN	1
1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.2.- INTRODUCTION	2
1.3.- ANTECEDENTES.....	3
1.3.1.- ETAPAS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS	4
1.3.2.- MÁQUINA DE INYECCIÓN	5
1.3.3.-EL MOLDE DE INYECCIÓN	6
1.3.4.-NORMALIZACIÓN DEL MOLDE DE INYECCIÓN.....	9
1.3.5.-DISEÑO DE LA PIEZA	11
1.3.6.-HERRAMIENTAS 3D QUE FACILITAN EL DISEÑO DE MOLDES	17
1.4.- JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN.....	18
1.5.- OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	19
1.6.- SOFTWARES UTILIZADOS Y DISCUSIÓN DE SU ELECCIÓN.....	19
2.- METODOLOGÍA DEL PROCEDIMIENTO DE MODELADO PARAMÉTRICO	20
2.1.-ELEMENTOS DEL MOLDE A PARAMETRIZAR	20
2.2.- PROCESO DE PARAMETRIZACIÓN DE ELEMENTOS DEL MOLDE MEDIANTE CATIA V5	38
3.- RESULTADOS	39
3.1.- IMÁGENES 3D DE LOS MOLDES OBTENIDOS	39
3.2.- SIMULACION MODLFOW	54
Escenario 1	56
Escenario 2	62
Escenario 3	68
3.3.- CONCLUSIONES DE LA SIMULACIÓN.....	77
4.- CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	77
5.- BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXO 1 (PLANOS).....	79
ANEXO 2 (PARAMETRIZACIÓN DE ELEMENTOS E INTRODUCCIÓN EN ENSAMBLAJES)	79

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO A NIVEL MUNDIAL DE 1950 A 2020, STATISTA 2021	1
Figura 2: WORLDWIDE PLASTIC PRODUCTION FROM 1950 TO 2020, STATISTA 2021	2
Figura 3. Máquina de inyección con husillo y cierre horizontal	5
Figura 4. Molde de inyección formado por placas.	7
Figura 5: Partes del molde de inyección.....	9
Figura 6: Pieza a inyectar	13
Figura 7: Entradas de material.....	13
Figura 8: Vista de la pieza incorporada en el molde.....	14
Figura 9: Vista de la pieza incorporada en el molde.....	14
Figura 10: Vista de la pieza incorporada en el molde.....	15
Figura 11: Placa cavidad y placa punzón de un molde comercial.....	15
Figura 12: Vista de los machos para modelar la pieza.....	16
Figura 13: Vista de los machos para modelar la pieza.....	16
Figura 14: Vista general del molde de inyección del catálogo del fabricante VAP	21
Figura 15: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas base fija y móvil.....	24
Figura 16: Modelado CAD del molde con resalto de las placas figura	24
Figura 17: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas sufridera fija y móvil.....	25
Figura 18: Modelado CAD del molde con resalto de las placas sufrideras.....	25
Figura 19: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas figura fija y móvil	26
Figura 20: Modelado CAD del molde con resalto de las placas figura	26
Figura 21: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas figura fija y móvil.....	27
Figura 22: Modelado CAD del molde con resalto de las placas puente	27
Figura 23: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas expulsoras	28
Figura 24: Modelado CAD del molde con resalto de las placas expulsoras	28
Figura 25: Vistas del molde de inyección con los parámetros de los asquillos guías	29
Figura 26: Alzado del casquillo guía.....	29
Figura 27: Modelado CAD del molde con resalto de los casquillos guías	29
Figura 28: Alzado de la columna guía	30
Figura 29: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las columnas guía	30
Figura 30: Modelado CAD del molde con resalto de las columnas guía	30
Figura 31: Alzado y perfil de los tornillos de sujeción	31
Figura 32: Planta y alzado del molde con los parámetros de los tornillos de sujeción	31

Figura 33: Modelado CAD del molde con resalto de los tonillos de sujeción	32
Figura 34: Alzado y perfil de los tornillos del anillo centrador	32
Figura 35: Modelado CAD del molde con resalto de los tonillos de sujeción del anillo centrador	33
Figura 36: Vista corte del anillo centrador	34
Figura 37: Modelado CAD del molde con resalto del anillo centrador	34
Figura 38: Vista corte del bebedero	35
Figura 39: Modelado CAD del molde con resalto del bebedero	36
Figura 40: Alzado de los expulsores de la pieza.....	36
Figura 41: Modelado CAD del molde con resalto de los expulsores	37
Figura 42: Vista corte de las boquillas de refrigeración	38
Figura 43: Modelado CAD del molde con resalto de los expulsores	38
Figura 44: Vista isométrica del molde 130x145	39
Figura 45: Alzado del molde 130x145	40
Figura 46: Planta del molde 130x145	41
Figura 47: Perfil del molde 130x145.....	42
Figura 48: Configuración 1 de la tabla de diseño correspondiente al molde 130x145	43
Figura 49: Vista isométrica del molde 196x296	43
Figura 50: Alzado del molde 196x296	44
Figura 51: Planta del molde 196x296.....	45
Figura 52: Perfil del molde 196x296.....	46
Figura 53: configuración 10 de la tabla de diseño correspondiente al molde 196x296.....	47
Figura 54: Vista isométrica del molde 345x550	47
Figura 55: Alzado del molde 345x550	48
Figura 56: Planta del molde 345x550	49
Figura 57: Perfil del molde 345x550.....	50
Figura 58: Configuración 31 correspondiente al molde 345x550	50
Figura 59: Vista isométrica del molde 496x696	51
Figura 60: Alzado del molde 496x696	52
Figura 61: Planta del molde 496x696	53
Figura 62: Perfil del molde 496x696.....	54
Figura 63: Pieza a inyectar	55
Figura 64: Información de la simulación 1.....	56
Figura 65: Resultado del tiempo de llenado de la pieza para la simulación 1.....	57
Figura 66: Resultado de la confianza de llenado de la pieza para la simulación 1	57
Figura 67: Resultado de la temperatura del fluido de la pieza para la simulación 1	58

Figura 68: Resultado del tiempo para alcanzar la expulsión de la pieza para la simulación 1	58
Figura 69: Resultado de la calidad de refrigeración de la pieza para la simulación 1	59
Figura 70: Resultado de la temperatura del circuito refrigerante de la pieza para la simulación 1	59
Figura 71: Resultado de los rechupes que puede sufrir la pieza para la simulación 1	60
Figura 72: Resultado de los rechupes que puede sufrir la pieza para la simulación 1	60
Figura 73: Resumen de la simulación 1	61
Figura 74: Imagen de la zona sin llenar de la pieza de la simulación 1	61
Figura 75: Información de la simulación 2	62
Figura 76: Resultado del tiempo de llenado de la pieza para la simulación 2	63
Figura 77: Resultado de la confianza de llenado de la pieza para la simulación 2	64
Figura 78: Resultado de la temperatura de fluido de la pieza para la simulación 2	64
Figura 79: Resultado del tiempo para alcanzar la expulsión de la pieza para la simulación 2	65
Figura 80: Resultado de la calidad de refrigeración de la pieza para la simulación 2	65
Figura 81: Resultado de la temperatura del circuito refrigerante de la pieza para la simulación 2	66
Figura 82: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 2	66
Figura 83: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 2	67
Figura 84: Resumen final de la simulación 2	67
Figura 85: Imagen de la zona sin llenar de la pieza de la simulación 2	68
Figura 86: Información de la simulación 3	69
Figura 87: Resultado del tiempo de llenado de la pieza para la simulación 3	69
Figura 88: Resultado de la confianza de llenado de la pieza para la simulación 3	70
Figura 89: Resultado de la temperatura de fluido de la pieza para la simulación 3	70
Figura 90: Resultado del tiempo para alcanzar la expulsión de la pieza para la simulación 3	71
Figura 91: Resultado de la calidad de refrigeración de la pieza para la simulación 3	71
Figura 92: Resultado de la temperatura del circuito refrigerante de la pieza para la simulación 3	72
Figura 93: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 3	72
Figura 94: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 3	73
Figura 95: Resumen final de la simulación 3	74
Figura 96: Imagen de la zona sin llenar de la pieza de la simulación 3	74
Figura 97: Creación del elemento a parametrizar	80
Figura 98: Creación de los parámetros del elemento	81
Figura 99: Creación de los parámetros del elemento	81
Figura 100: Asignación de valores a los parámetros	82
Figura 101: Comprobación de la creación y asignación de los parámetros	82

Figura 102: Relación de los parámetros creados con las dimensiones físicas del elemento a parametrizar	83
Figura 103: Relación del parámetro C	83
Figura 104: Relación del parámetro C	84
Figura 105: Relación del parámetro C	84
Figura 106: Relación del parámetro C	85
Figura 107: Relación del parámetro B	85
Figura 108: Relación del parámetro B	86
Figura 109: Relación del parámetro B	86
Figura 110: Relación del parámetro B	87
Figura 111: Relación del parámetro A	87
Figura 112: Relación del parámetro A	88
Figura 113: Relación del parámetro A	88
Figura 114: Relación del parámetro A	89
Figura 115: Resultado final de la relación de parámetros.....	89
Figura 116: Introducción de la tabla de diseño	90
Figura 117: Introducción de la tabla de diseño	90
Figura 118: Introducción de la tabla de diseño	91
Figura 119: Introducción de la tabla de diseño	91
Figura 120: Introducción de la tabla de diseño	92
Figura 121: Introducción de la tabla de diseño	92
Figura 122: Introducción de la tabla de diseño (Asociación de variables de manera manual)	93
Figura 123: Introducción de la tabla de diseño (Asociación de variables de manera manual)	93
Figura 124: Introducción de la tabla de diseño (Asociación de variables de manera manual)	94
Figura 125: Introducción de la tabla de diseño (Asociación de variables de manera manual)	94
Figura 126: Creación de parámetros para un ensamblaje.....	95
Figura 127: Creación de parámetros para un ensamblaje.....	95
Figura 128: Creación de parámetros para un ensamblaje.....	96
Figura 129: Creación de parámetros para un ensamblaje.....	96
Figura 130: Inserción de la pieza en un ensamblaje.....	97
Figura 131: Inserción de la pieza en un ensamblaje.....	97
Figura 132: Inserción de la pieza en un ensamblaje.....	98
Figura 133: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje	98

Figura 134: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje	99
Figura 135: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje	99
Figura 136: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje	100
Figura 137: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje	100
Figura 138: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	101
Figura 139: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	101
Figura 140: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	102
Figura 141: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	102
Figura 142: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	103
Figura 143: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	103
Figura 144: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	104
Figura 145: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	104
Figura 146: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	105
Figura 147: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	105
Figura 148: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	106
Figura 149: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Placas del molde de inyección	9
Tabla 2. Normativa DIN E 16 750	10
Tabla 3: Dimensiones de los moldes del fabricante VAP	22
Tabla 4: Dimensiones de los moldes del fabricante VAP	23
Tabla 5: Parámetros de las placas base fija y móvil	24
Tabla 6: Parámetros de las placas sufrideras fija y móvil	25
Tabla 7: Parámetros de las placas figura fija y móvil	26
Tabla 8: Parámetros de las placas puente	27
Tabla 9: Parámetros de las placas expulsoras	28
Tabla 10: Parámetros del casquillo guía	29

Tabla 11: Medidas del casquillo guía	29
Tabla 12: Parámetros de las columnas guía.....	30
Tabla 13: Parámetros de las columnas guías	30
Tabla 14: Parámetros de los tornillos de sujeción	31
Tabla 15: Dimensiones posibles de los tornillos de sujeción.....	32
Tabla 16: Parámetros de los tornillos del anillo centrador	32
Tabla 17: Dimensiones de los tornillos del anillo centrador.....	33
Tabla 18: Parámetros del anillo centrador	34
Tabla 19: Dimensiones del anillo centrador	34
Tabla 20: Parámetros del bebedero	35
Tabla 21: Dimensiones del bebedero	35
Tabla 22: Parámetros de los expulsores	36
Tabla 23: Dimensiones de los expulsores	37
Tabla 24: Parámetros de las boquillas de refrigeración.....	38
Tabla 25: Dimensiones de las boquillas de refrigeración	38
Tabla 26: Parámetros a estudiar en los simulaciones mediante Moldflow	55
Tabla 27: Condiciones impuestas para simular el escenario 1	56
Tabla 28: Condiciones impuestas para simular el escenario 2	62
Tabla 29: Condiciones impuestas para simular el escenario 3	68
Tabla 30: Tabla resumen del escenario 1.....	75
Tabla 31: Tabla resumen de la escenario 2.....	75
Tabla 32: Tabla resumen del escenario 3.....	76

1.-INTRODUCCIÓN

1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

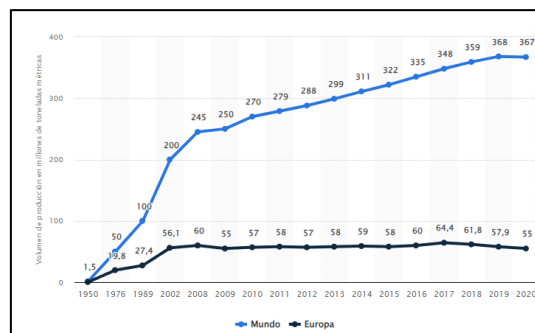
El presente proyecto ha sido redactado como Trabajo de Fin de Grado de la titulación de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Superior de Jaén, perteneciente a la Universidad de Jaén.

El objetivo del presente documento consiste en exponer la metodología y pasos seguidos para llevar a cabo el diseño normalizado de un molde de inyección de plásticos mediante el software CAD Catia V5, así como la introducción y breve enseñanza de los elementos que forman un molde de inyección. Para ello se facilitará explicaciones, planos, imágenes obtenidas del software Catia V5, entre otros más recursos.

Como breve introducción podemos destacar que actualmente los polímeros o como comúnmente se conocen “Plásticos” tienen una gran importancia en la industria, siendo uno de los materiales más empleados en cualquier producto que nos podemos encontrar en el mercado, ya sea del ámbito sanitario/construcción/transporte/etc. El éxito de estos materiales radica principalmente en las propiedades físicas de los mismos, pudiendo destacar:

- Su baja densidad, lo que lo convierten en materiales muy ligeros, siendo elegidos en numerosas ocasiones para desempeñar funciones en situaciones donde se requiere componentes con peso reducido.
- Su facilidad para ser moldeables facilitando así la obtención de productos sin demasiado gasto de energía.
- Suelen ser materiales que no se ven afectados por la corrosión.
- Se puede obtener formas muy complejas.

Figura 1: PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO A NIVEL MUNDIAL DE 1950 A 2020, STATISTA 2021



Fuente: <https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>

Por lo tanto, debido a las ventajas físicas y la influencia de los polímeros en el entorno industrial actual se ha elegido como tema para Trabajo de Fin de Grado el “DISEÑO PARAMÉTRICO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA LA FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE PLÁSTICO, MEDIANTE UN SOFTWARE CAD COMERCIAL”.

1.2.- INTRODUCTION

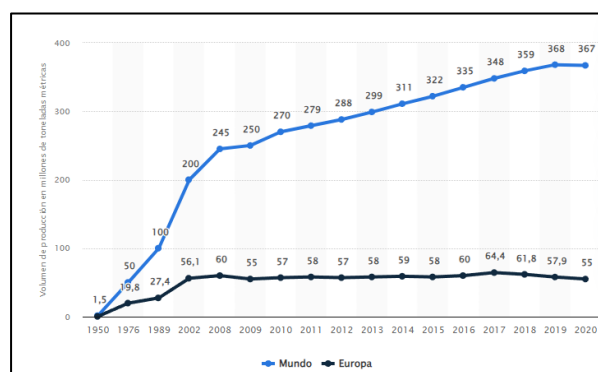
This project has been written as a Final Degree Project for the Mechanical Engineering degree from the Higher Polytechnic School of Jaén, belonging to the University of Jaén.

The objective of this document is to present the methodology and steps followed to carry out the standardized design of a plastic injection mold using the Catia V5 CAD software, as well as the introduction and brief teaching of the elements that make up an injection mold. For this I will provide explanations, plans, images obtained from the Catia V5 software, among other resources.

As a brief introduction we can highlight that currently polymers have great importance in the industry, being one of the most used materials in any product that we can find on the market, whether in the healthcare/construction field /transport/etc. The success of these materials lies mainly in their physical properties, highlighting:

- Its low density, which makes it very light materials, being chosen on numerous occasions to perform functions in situations where low weight components are required.
- Their ease of being moldable, thus facilitating the production of products without spending too much energy.
- They are usually materials that are not affected by corrosion.

Figura 2: WORLDWIDE PLASTIC PRODUCTION FROM 1950 TO 2020, STATISTA 2021



Source: <https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>

Therefore, due to the physical advantages and influence of polymers in the current industrial environment I have chosen “PARAMETRIC DESIGN OF A PLASTIC INJECTION MOLD FOR THE MANUFACTURE OF PLASTIC COMPONENTS THROUGH A COMMERCIAL CAD SOFTWARE” as the topic for the Final Degree Project.

1.3.- ANTECEDENTES

El proceso de moldeo por inyección de plástico es uno de los métodos más comunes y eficientes para fabricar piezas de plástico en gran cantidad y con alta precisión. Consiste en la fundición del material hasta llevarlo a un estado líquido para su posterior inyección en un molde para producir una pieza sólida una vez que el material se ha enfriado y compactado.

La aparición del proceso de moldeo por inyección de plástico fue debida a varios factores que llevaron a la búsqueda de un método de fabricación más eficiente y preciso para piezas plásticas. De entre los factores clave que contribuyeron a la aparición de este proceso podemos destacar:

1. Demanda de producción en masa: A medida que la demanda de productos de plástico aumentó en una variedad de industrias, surgió la necesidad de un método de producción eficiente y económico que pudiera producir grandes cantidades de piezas de plástico de manera consistente.

2. Reducción de costos: El moldeo por inyección permitió una reducción significativa en los costos de producción en comparación con otros métodos de fabricación, como el mecanizado, ya que generaba menos desperdicio de material y requería menos mano de obra.

3. Precisión y repetibilidad: El proceso de moldeo por inyección permitía la producción de piezas plásticas con alta precisión dimensional y repetibilidad, lo que era esencial para aplicaciones donde las tolerancias eran críticas, como en la industria automotriz y electrónica.

4. Diseño versátil: El moldeo por inyección ofrecía la capacidad de fabricar piezas con geometrías complejas y detalles precisos, lo que lo hacía adecuado para una amplia gama de productos y aplicaciones.

5. Eficiencia de materiales: El proceso minimizaba el desperdicio de material, ya que solo se utilizaba la cantidad de plástico necesaria para llenar el molde, lo que lo hacía más sostenible desde el punto de vista ambiental.

6. Automatización: El moldeo por inyección se puede automatizar fácilmente, lo que permite una producción continua y la capacidad de fabricar piezas durante largos períodos de tiempo sin intervención humana constante.

7. Versatilidad de materiales: Puede utilizarse con una amplia variedad de plásticos, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones y requisitos de rendimiento.

8. Auge de la industria del plástico: Con el desarrollo de nuevos plásticos y polímeros, y la creciente demanda de productos de plástico en la vida cotidiana, el moldeo por inyección se convirtió en un proceso esencial para la producción de una amplia gama de productos, desde envases hasta componentes automotrices y productos electrónicos.

En resumen, el moldeo por inyección de plástico surgió como una solución a la creciente demanda de piezas de plástico de alta calidad, eficiencia y precisión en una variedad de industrias. Su versatilidad y eficacia lo convirtieron en uno de los métodos de fabricación más importantes y ampliamente utilizados en la actualidad.

1.3.1.- ETAPAS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

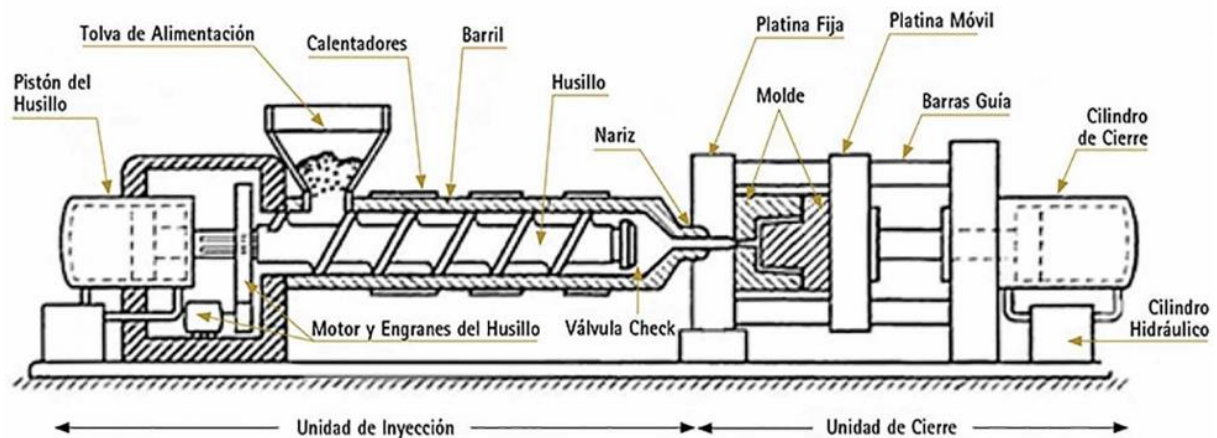
El proceso de inyección de plásticos requiere una gran precisión por lo que se debe de ejecutar en varias fases con una serie de movimientos perfectamente sincronizados:

- 1. Cierre del molde:** Se suministra el polímero en la unidad de inyección y se cierra el molde.
- 2. Avance del grupo de inyección:** Se produce la conexión del grupo de inyección con el molde a través de la boquilla.
- 3. Inyección:** A través de la boquilla de la unidad de inyección se inyecta el plástico en la cavidad del molde. Se mantiene la presión para conseguir que la pieza consiga las dimensiones deseadas.
- 4. Enfriamiento y endurecimiento:** La pieza se enfría y endurece en el interior del molde.
- 5. Retroceso del grupo de inyección:** Se produce la separación del grupo de inyección con el molde.
- 6. Apertura del molde:** El molde se abre y se libera la pieza.

1.3.2.- MÁQUINA DE INYECCIÓN

La máquina de inyección está compuesta de varias partes, de manera que forma un conjunto donde se lleva a cabo todo el proceso de inyección de manera automática. Su parte más importante es la unidad de inyección. Esta unidad es la encargada de fundir, dosificar e inyectar el material en el molde. Existen varios tipos de máquinas de inyección, pero en este proyecto nos enfocaremos en la máquina de inyección con husillo y cierre horizontal.

Figura 3. Máquina de inyección con husillo y cierre horizontal



Fuente: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/308676-Beneficios-y-problematicas-del-proceso-de-la-inyeccion-de-plastico.html>

La **unidad de inyección** se compone por:

- **Tolva de alimentación:** Es el depósito de materia prima en donde se coloca el plástico a inyectar.
- **Barril/Cilindro de plastificación:** También llamado barril o cañón. Es el cilindro dentro del cual se produce la plastificación y se carga la dosis necesaria de material.
- **Resistencias calefactoras:** Resistencias eléctricas en varias zonas del cilindro para aportar calor y facilitar la plastificación del material.
- **Husillo de plastificación:** Tornillo que gira dentro del cilindro haciendo que el material se funda y avance hacia la parte delantera del cilindro.
- **Nariz/Boquilla:** En la parte delantera del cilindro se enrosca una boquilla, por donde saldrá el material fundido. El asiento de las boquillas suele ser esférico o cónico, y se apoya contra el bebedero del molde durante la inyección.

- **Pistón del husillo:** Es el encargado de hacer avanzar al husillo cuando se produce la inyección del material en el molde.
- **Motor y engranajes del husillo:** Son los responsables de transmitir el movimiento rotatorio al husillo.

La **unidad de cierre** se compone por:

- **Platina fija:** Es el elemento que sirve de nexo entre la boquilla de inyección con la placa base fija del molde.
- **Molde:** Componente donde se introduce el plástico fundido a presión y da la forma final a la pieza.
- **Platina móvil:** Elemento donde se sujeta la placa base móvil del molde.
- **Cilindro hidráulico/Cilindro de cierre:** Es el encargado de cerrar el molde en el momento de la inyección.

1.3.3.-EL MOLDE DE INYECCIÓN

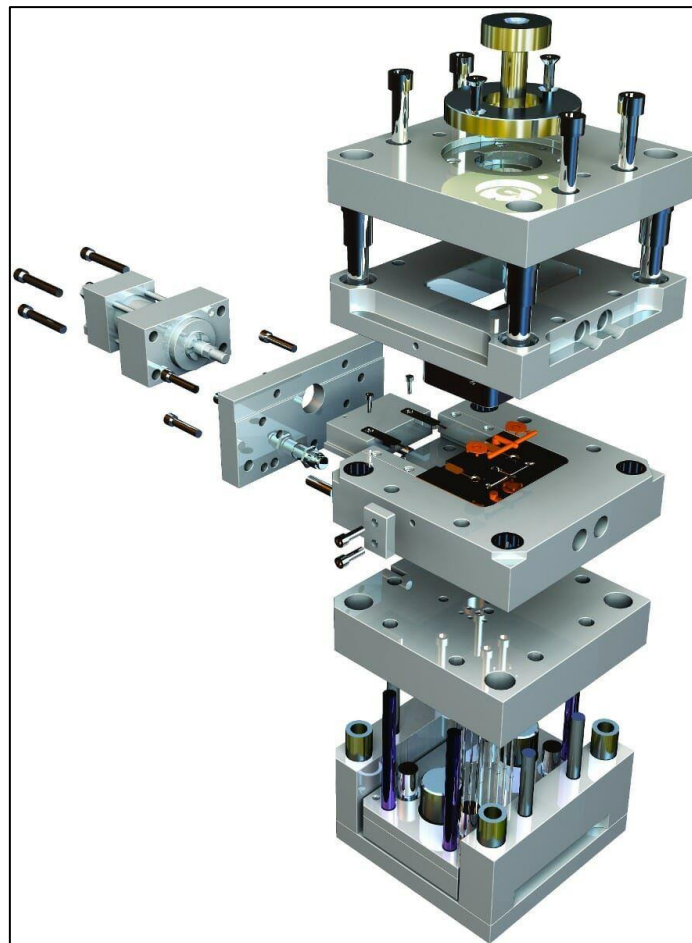
El molde es una de las partes fundamentales dentro del proceso de moldeo por inyección. La tarea principal del molde de inyección es recibir y distribuir el material plástico fundido, para posteriormente expulsar la pieza moldeada.

El diseño y la fabricación de un molde de inyección son procesos críticos. El molde debe ser diseñado con precisión para garantizar que la pieza final cumpla con las tolerancias y especificaciones requeridas. Se utilizan materiales de alta calidad y durabilidad, como aceros endurecidos, para resistir las altas temperaturas y presiones involucradas en el proceso.

Los moldes de inyección pueden representar un costo significativo en la producción de piezas de plástico, pero su durabilidad y capacidad para producir grandes cantidades de piezas hacen que sean una inversión valiosa a largo plazo. Los costos de diseño, fabricación y mantenimiento deben considerarse cuidadosamente en la planificación de la producción.

En resumen, un molde de inyección de plástico es una herramienta esencial en el proceso de moldeo por inyección y desempeña un papel fundamental en la fabricación de piezas de plástico de alta calidad y precisión. Su diseño, fabricación y mantenimiento adecuados son cruciales para el éxito en la producción de piezas plásticas.

Figura 4. Molde de inyección formado por placas.



Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/604186106241495960/>

Podemos diferenciar tres conjuntos fundamentales del molde de inyección:

- Conjunto fijo o de inyección
- Conjunto móvil
- Sistema de expulsión

Dentro del **conjunto fijo o de inyección** nos encontramos los siguientes componentes:

- **Disco centrador:** Permite alinear el bebedero del molde con la boquilla de la máquina inyectora.
- **Placa Base Fija:** Mantiene unido todo el conjunto fijo del molde a la platina fija de la máquina de inyección.

- **Bebedero:** Se trata de unos conductos, generalmente, verticales los cuales permiten el vertido del plástico fundido dentro del molde.
- **Placa Figura Fija o Cavidad:** Es la placa encargada de portar la cavidad donde se inyectará el plástico y se dará forma a la pieza final.
- **Placa Sufridera Fija:** Se encuentra entre la Placa Base Fija y la Placa Figura Fija y es la encargada de recibir las mayores exigencias del proceso de moldeo.
- **Casquillos guía:** Son los encargados de guiar a las columnas guías de la parte móvil del molde, para ello deben de ser de un material resistente que soporte bien las fricciones y permita el libre movimiento lineal.

Dentro del **conjunto móvil** nos podemos encontrar con los siguientes componentes:

- **Placa Figura Móvil o Punzón:** Se encarga de portar el punzón, el cual es el encargado de introducirse en la cavidad de la Placa Figura Fija y dar la forma final a la pieza.
- **Placa Sufridera Móvil:** Se encuentra entre la Placa Base Móvil y la Placa Figura Móvil y es la encargada de recibir las mayores exigencias del proceso de moldeo.
- **Placa Base Fija:** Mantiene unido todo el conjunto móvil del molde a la platina móvil de la máquina de inyección.
- **Placas Puente o Regles:** Sirven de unión entre la Placa Sufridera Móvil y la Placa Base Fija.
- **Columnas guías:** Su función es mantener acopladas todas las partes que forman el molde y permitir el movimiento de expulsión de la pieza.

Dentro del **sistema de expulsión** nos encontramos con dos **placas de expulsión**, en la placa superior se encuentran los expulsores los cuales son los encargados de expulsar la pieza una vez ha solidificado.

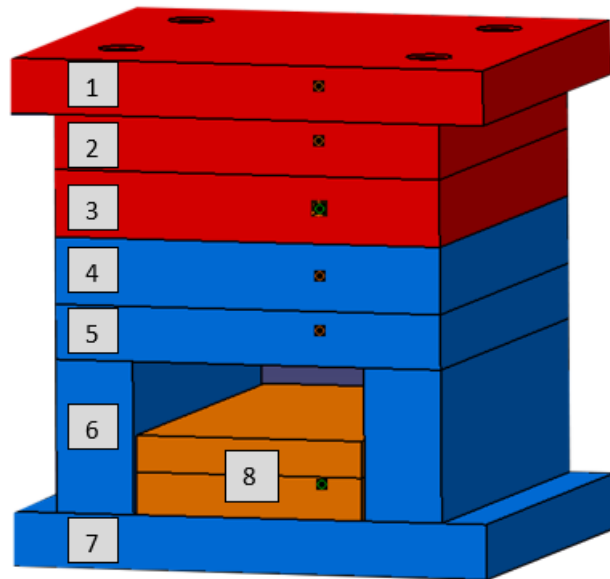
En la *figura 5* podemos observar las distintas placas que forman el molde, así como el conjunto fijo con el color rojo, el conjunto móvil con el color azul y el sistema de expulsión con el color marrón.

Figura 5: Partes del molde de inyección

Tabla 1. Placas del molde de inyección

1	Placa Base Fija
2	Placa Sufridera Fija
3	Placa Figura Fija o Cavidad
4	Placa Figura Móvil o Punzón
5	Placa Sufridera Móvil
6	Placa Puente o Regles
7	Placa Base Móvil
8	Placas Expulsoras

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

1.3.4.-NORMALIZACIÓN DEL MOLDE DE INYECCIÓN

La normalización o estandarización en el ámbito de la fabricación consiste en el establecimiento de una serie de reglas o normas que permite la regulación de los distintos componentes a fabricar, ya sea en lo referente a dimensiones, materiales de construcción, tolerancias, etc. De este modo al utilizar todas las entidades una normativa de referencia, los componentes o productos pueden ser utilizados entre otras entidades facilitando así el proceso de fabricación.

Como no podía ser de otra manera, un elemento tan importante y utilizado en la industria como el molde de inyección no podía estar exento de una correcta estandarización. Algunas de las normas a las que están sometidos los moldes de inyección de plásticos son:

- **ISO 9001:** Se trata de una norma específica del conjunto de normas ISO de ámbito internacional, la normativa ISO 9001 en concreto establece los requisitos para sistemas de gestión de calidad y puede ser relevante para las empresas que fabrican moldes de inyección de plástico, ya que se enfoca en la mejora continua y la calidad del producto.

- **ISO 14001:** Si una empresa está interesada en abordar las preocupaciones ambientales en la fabricación de moldes, la norma ISO 14001 se enfoca en sistemas de gestión ambiental.
- **ANSI/UL 746D:** Esta norma de Underwriters Laboratories (UL) aborda las pruebas de estabilidad térmica y de envejecimiento de los materiales plásticos utilizados en componentes eléctricos y electrónicos. Aunque se centra en los materiales, también es relevante para la selección de materiales en la fabricación de moldes de plástico.
- **Normativas y estándares locales:** Dependiendo del país o región en la que se fabriquen los moldes de inyección de plástico, es posible que deban cumplir con regulaciones específicas de seguridad, calidad y medio ambiente que varían de un lugar a otro. En el caso del molde fuese fabricado o utilizado en España estará regido por la normativa UNE correspondiente.
- **DIN E 16 750:** Se trata de una normativa específica que rige los moldes de inyección de plástico en Alemania, DIN (Deutsches Institut für Normung). Esta norma es muy amplia y contiene todos los criterios a considerar con los siguientes accesorios:

Tabla 2. Normativa DIN E 16 750

DENOMINACIÓN	NORMA DIN
Columnas guías	9825, Parte I
Bebedores	16 752, Parte I
Casquillos de sujeción de colada	16 757
Casquillos de extracción con cabeza cilíndrica	16 756
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica	1530, Parte I
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica y vástago reducido	1530, Parte II
Pasadores de extracción con cabeza cónica	1530, Parte III
Pasadores de extracción con cabeza cilíndrica, vástago reducido cuadrado (extractores planos o laminares)	1530, Parte IV

Fuente: <https://prezi.com/l2sjtw-miype/normas-de-materiales-para-la-fabricacion-de-moldes-dados-y/>

1.3.5.-DISEÑO DE LA PIEZA

El diseño de la pieza junto con el diseño del molde son etapas fundamentales y donde se debe tener en cuenta diversos aspectos, de entre los más importantes podemos destacar:

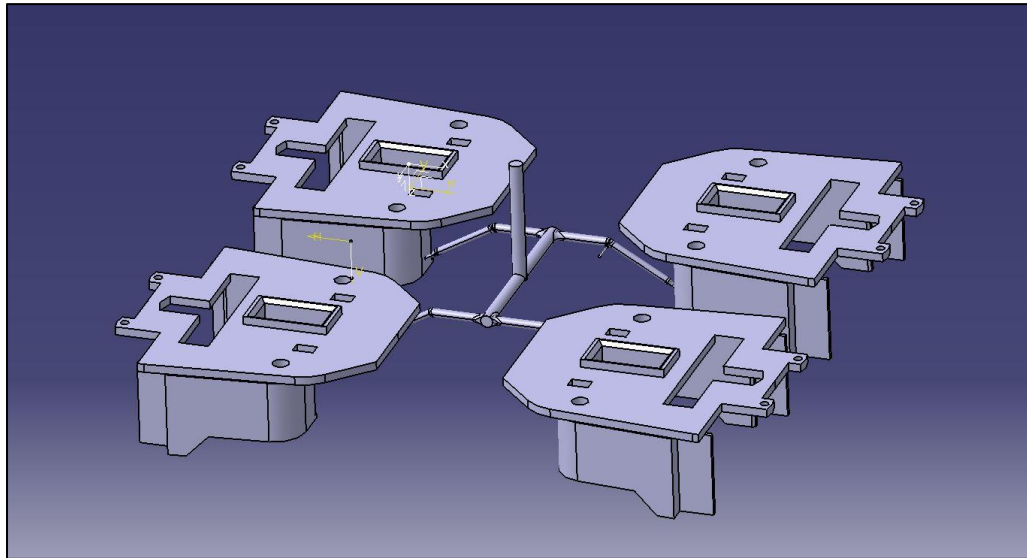
- **Conicidad:** La conicidad es un factor fundamental en el momento de retirar la pieza del molde. Esto se debe a que, cuando el material plástico está en estado líquido, se ajusta de manera óptima al espacio del molde, pero al enfriarse, sufre una contracción que complica la extracción. Es por esta razón que se debe diseñar pieza y molde de manera que se tenga unos ángulos de desmoldeo para así facilitar la extracción final de la pieza.
- **Contracción:** Cuantificar el factor de contracción que experimenta nuestro material es absolutamente necesario al momento de planificar el diseño del molde. Como hemos mencionado previamente, cuando el material se enfría, sufre una contracción, por lo que previamente debemos diseñar la pieza con dimensiones ligeramente superiores a las dimensiones originales. Estas dimensiones de diseño se calculan multiplicando las dimensiones reales por el coeficiente de contracción ya mencionado.
- **Redondeos:** Es conveniente evitar las aristas afiladas y las esquinas rectas, ya que, en estos puntos, el flujo del material creará turbulencias debido al cambio repentino de dirección. Estas turbulencias, a su vez, generarán tensiones que pueden dar lugar a deformaciones y, en última instancia, provocar la fractura de la pieza.
- **Tensiones internas:** Además de las tensiones que se originan debido a los cambios abruptos en la dirección del flujo, también debemos considerar la posibilidad de tensiones en casos donde nuestra pieza tenga secciones de gran espesor. Esto se debe a la baja conductividad térmica de los plásticos, lo que provoca que la parte exterior en contacto con el aire se enfríe más rápidamente que la parte interior, lo cual puede dar lugar a este tipo de problemas.
- **Rechupes:** La razón principal de la aparición de este defecto se debe principalmente a que la parte de la pieza que está en contacto con el aire se enfría a una velocidad mayor que la parte interior, lo que resulta en la formación de defectos en la pieza. Estos defectos suelen ser invisibles, ya que se producen en el interior del material. Para corregir este problema, se puede reducir el grosor de la pieza o disminuir la velocidad de enfriamiento.
- **Líneas de soldaduras:** Las líneas de soldadura representan otro defecto que puede desencadenar la fractura de una pieza, ya que crean una debilidad en el punto donde se forman. Estas líneas aparecen cuando se unen dos corrientes de material durante el

proceso de llenado del molde. Normalmente, se observan en piezas con múltiples puntos de inyección o alrededor de orificios.

- **Acabado superficial:** Para lograr una superficie de alta calidad en nuestra pieza, es esencial garantizar que el molde, tanto el macho como la cavidad, tenga un acabado superficial adecuado. Esto requerirá una fabricación meticulosa y precisa.
Además, debemos ser conscientes del material del que está hecho el molde, ya que debido a las altas temperaturas que ambos componentes experimentarán, los elementos aditivos presentes en el acero pueden influir en la apariencia final de nuestra pieza.
- **Contrasalidas:** Las contrasalidas se refieren a aquellas áreas de una pieza que requieren una dirección de liberación que no es perpendicular a la línea de separación, lo que podría resultar en que estas áreas queden atrapadas una vez que la pieza esté completamente moldeada. Para poder fabricar estas áreas, se incorporan al molde unos dispositivos laterales que funcionan como "machos móviles" que avanzan al mismo tiempo que se cierra el molde, colocándose en la posición requerida. De esta manera, se permite la liberación adecuada de estas áreas en el proceso de moldeo.

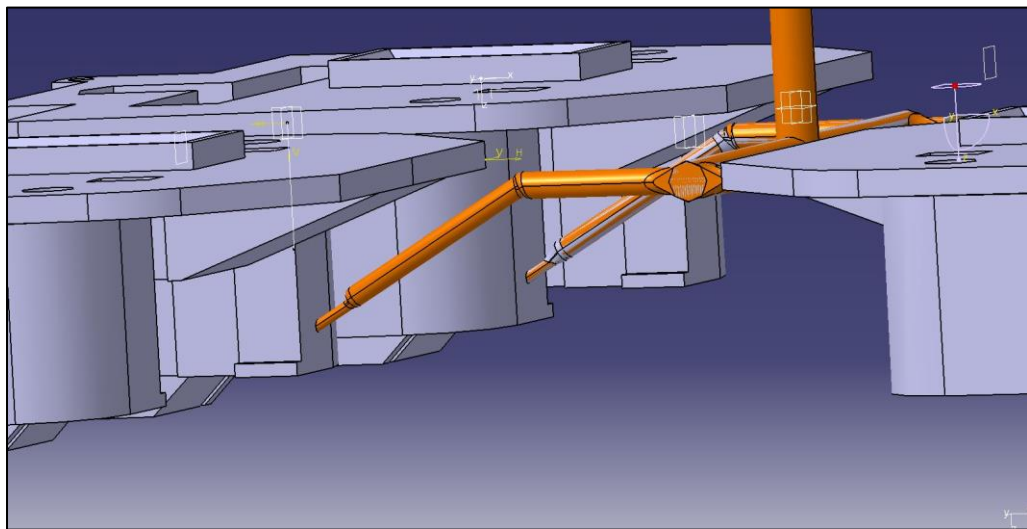
En la *figura 6* podemos ver la pieza a inyectar. En nuestro caso hemos optado por el diseño de una pieza perteneciente al sistema de cierre de un electrodoméstico donde la entrada del plástico se va a realizar mediante una entrada submarina, la cual nos permite la separación del bebedero, colada y entradas de la pieza inyectada de una manera más sencilla en comparación con otras entradas.

Figura 6: Pieza a inyectar



Fuente: Elaboración propia

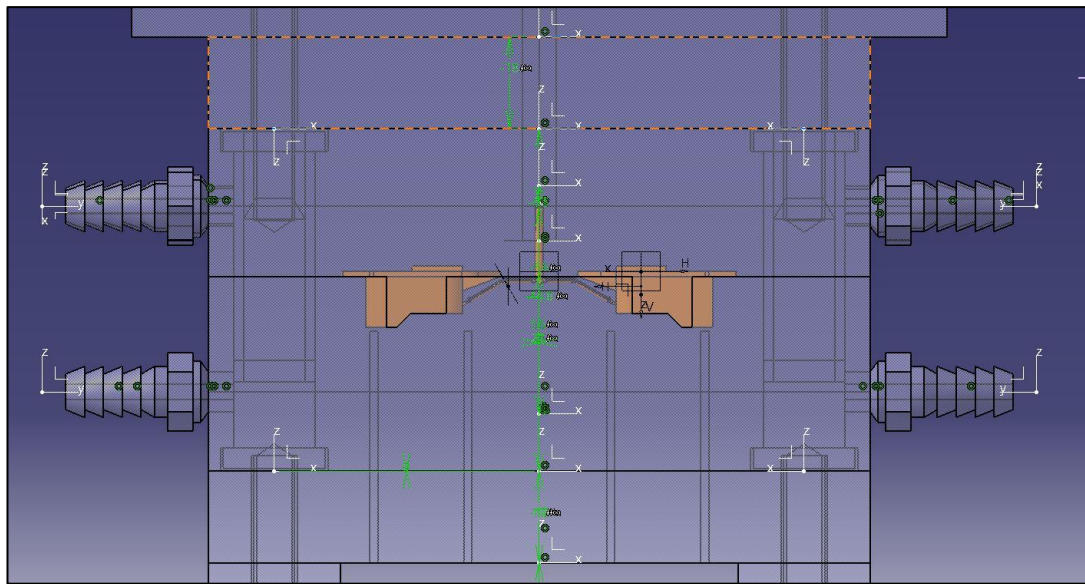
Figura 7: Entradas de material



Fuente: Elaboración propia

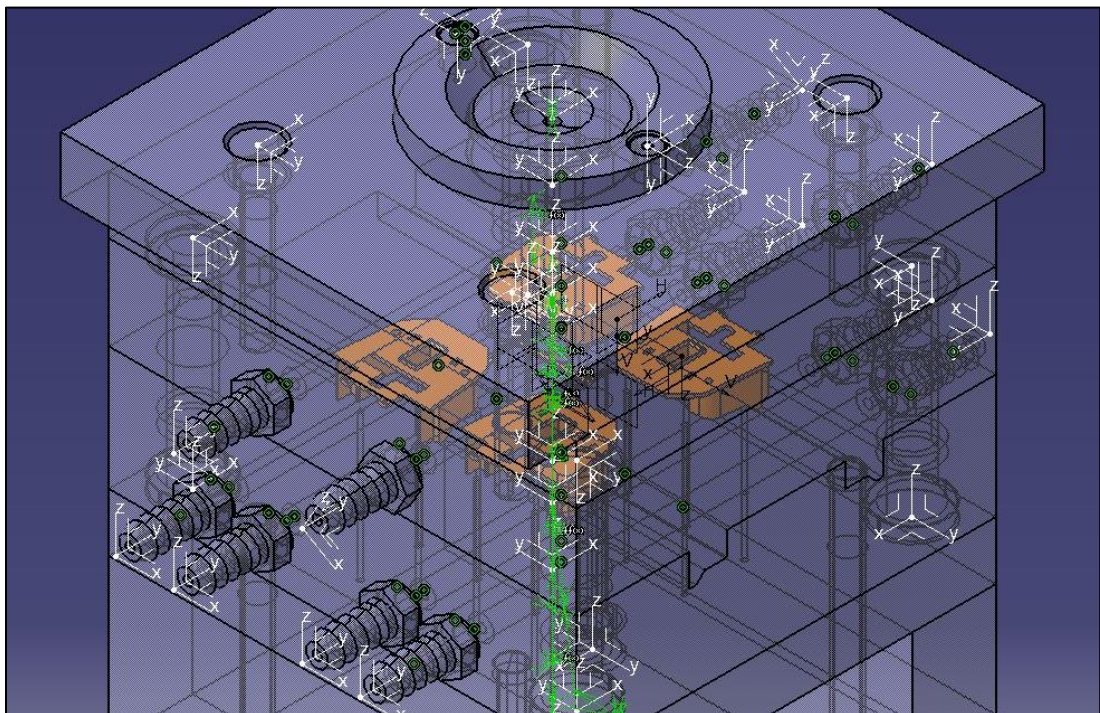
En las figuras 8,9 y 10 podemos ver en otro ejemplo como la pieza queda incorporada entre la Placa de Figura Móvil o Punzón y la Placa de Figura Fija o Cavidad.

Figura 8: Vista de la pieza incorporada en el molde



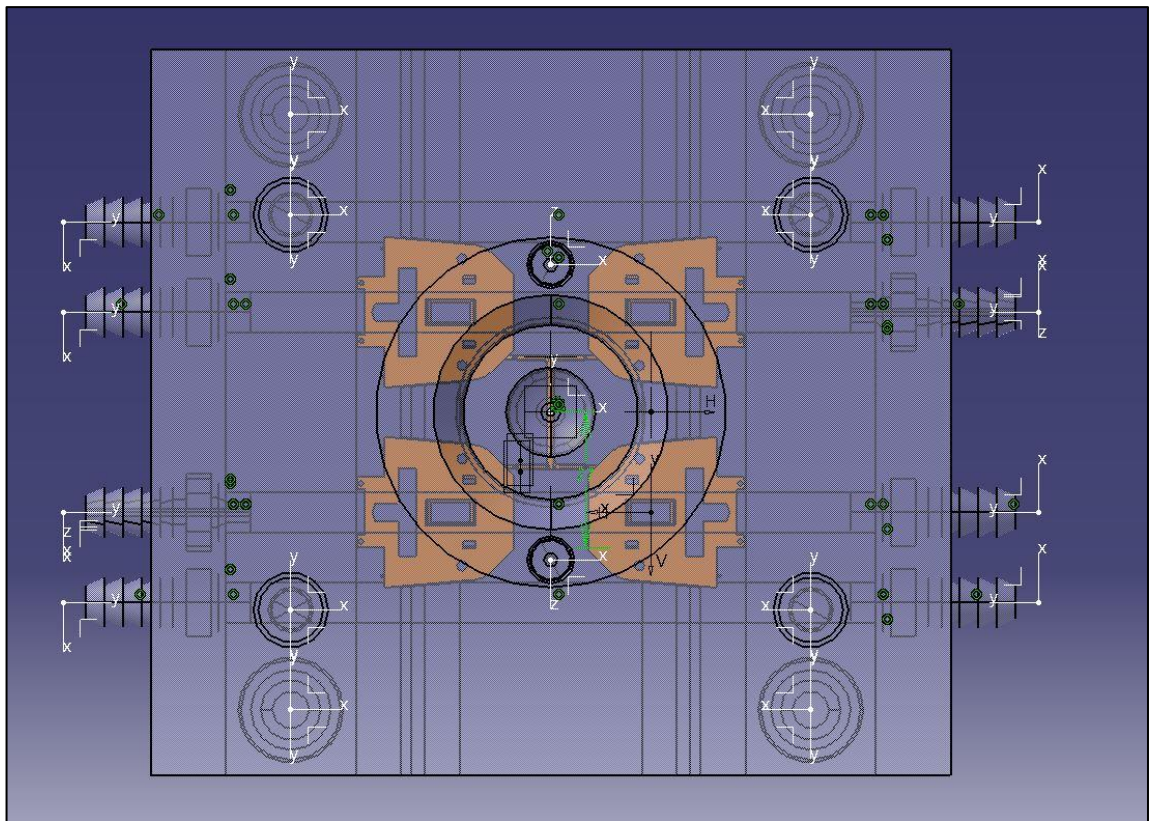
Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Vista de la pieza incorporada en el molde



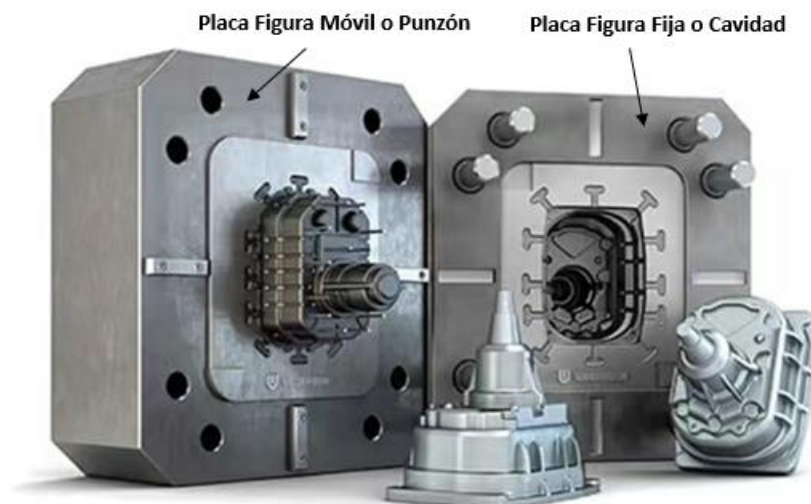
Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Vista de la pieza incorporada en el molde



Fuente: Elaboración propia

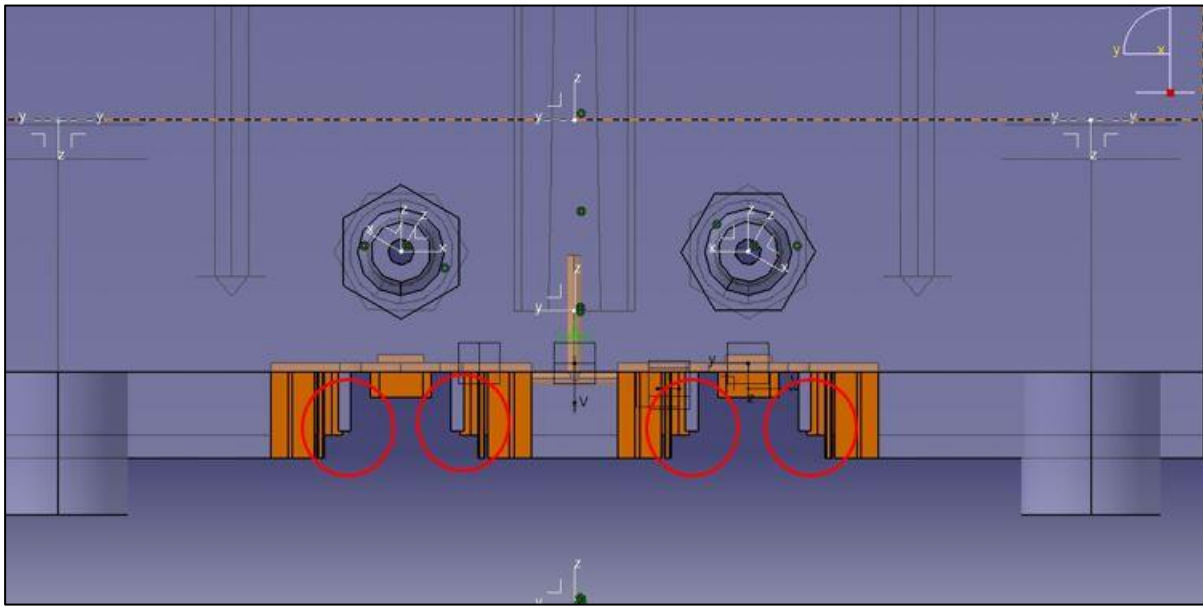
Figura 11: Placa cavidad y placa punzón de un molde comercial



Fuente: <https://akhdiecasting.com/es/product/plastic-injection-mold-components-molding-dies/>

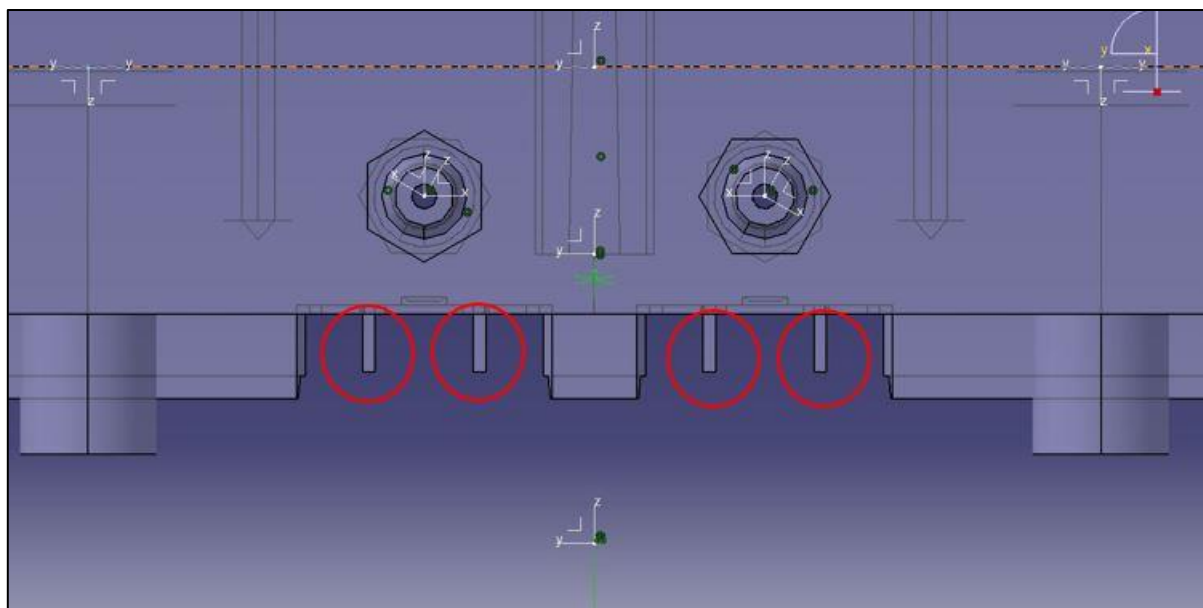
Otro aspecto particular de nuestra pieza es una pequeña pestaña situada en el interior de la misma. En un primer diseño se puede llegar a cometer el error de diseñar el punzón añadiendo la zona de esta pestaña al mismo punzón, pero esto sería un error grave ya que en el proceso de desmoldeo esta pestaña nos impediría extraer la pieza, por ello realizaremos esta pestaña añadiendo un macho en la placa de figura para formar esta pestaña.

Figura 12: Vista de los machos para modelar la pieza



Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Vista de los machos para modelar la pieza



Fuente: Elaboración propia

1.3.6.-HERRAMIENTAS 3D QUE FACILITAN EL DISEÑO DE MOLDES

Existen varias herramientas 3D y técnicas que pueden facilitar el diseño de moldes de inyección de plástico. Algunas de las más comunes y populares incluyen:

1. Software CAD (Diseño Asistido por Computadora): Programas como SolidWorks, Autodesk Inventor, CATIA, y Siemens NX son utilizados ampliamente en la industria para diseñar piezas y ensamblajes en 3D. Estas herramientas permiten modelar con precisión las piezas que serán moldeadas y crear diseños detallados de los moldes de inyección.

2. Software de simulación de moldes: Herramientas como Moldflow de Autodesk o Moldex3D permiten simular el proceso de moldeo por inyección de plástico. Estos programas pueden ayudar a predecir posibles problemas como deformaciones, fallos de llenado, líneas de unión, y otros defectos antes de fabricar físicamente el molde, lo que ayuda a optimizar el diseño del molde y reducir costos.

3. Diseño paramétrico: El uso de software que permite la creación de modelos paramétricos es fundamental para el diseño de moldes de inyección. Esto significa que los modelos pueden ser modificados fácilmente al cambiar parámetros específicos, como dimensiones o características, lo que facilita la iteración del diseño para optimizar la fabricación del molde y la producción de las piezas.

4. Escáneres 3D: En algunos casos, especialmente cuando se trata de replicar piezas existentes o diseñar moldes para piezas que ya están en producción, los escáneres 3D pueden ser útiles para capturar la geometría de las piezas físicas y luego utilizar esa información para diseñar los moldes correspondientes.

5. Diseño asistido por ordenador para mecanizado (CAM): Después de diseñar el molde, es necesario fabricarlo utilizando técnicas de mecanizado. El software CAM, como Mastercam o Fusion 360, puede ayudar a generar trayectorias de herramientas eficientes para el fresado CNC de los moldes, lo que garantiza una fabricación precisa y eficiente.

Estas herramientas, utilizadas en conjunto, pueden facilitar en gran medida el proceso de diseño y fabricación de moldes de inyección de plástico, ayudando a reducir costos, mejorar la calidad y acelerar los tiempos de producción. En concreto en nuestro proyecto se ha utilizado los softwares Catia V5 para el diseño y modelado tanto del molde paramétrico como para el diseño de la pieza, AutoCAD 2017 para la realización de planos y Autodesk Moldflow Adviser 2024 para llevar a cabo una validación numérica del proceso de inyección de la pieza objeto de estudio.

1.4.- JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN

La industria de la fabricación de plásticos desempeña un papel crucial en la economía global, abarcando una amplia gama de sectores, desde la automoción hasta la electrónica de consumo. En este contexto, los moldes de inyección de plástico representan un componente esencial, siendo la clave para la producción eficiente y precisa de una amplia variedad de productos.

En primer lugar, es importante destacar que la demanda de componentes de plástico moldeados con precisión está en constante aumento, impulsada por la evolución de las tecnologías y las demandas cambiantes de los consumidores. Esta creciente demanda plantea desafíos significativos en términos de tiempos de producción, costos y calidad del producto final. Por lo tanto, es imperativo investigar y desarrollar soluciones innovadoras que puedan optimizar el proceso de moldeo por inyección y satisfacer las necesidades del mercado de manera efectiva.

Además, la sostenibilidad ambiental se ha convertido en una preocupación central en la industria manufacturera. Los moldes de inyección de plástico juegan un papel importante en este aspecto, ya que cualquier mejora en la eficiencia del proceso puede tener un impacto directo en la reducción del desperdicio de materiales y en el consumo de energía.

Desde un punto de vista académico, este trabajo pretende complementar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi trayectoria universitaria. Si bien hay estudios previos que abordan diferentes aspectos del proceso de moldeo por inyección, hay oportunidades para profundizar en áreas específicas, como la optimización del enfriamiento del molde y la selección de materiales tanto del molde como el plástico a inyectar.

En última instancia, la motivación personal para emprender este proyecto radica en el interés por contribuir al avance de la industria manufacturera y adquirir habilidades y conocimientos prácticos en un área de relevancia creciente. El estudio de los moldes de

inyección de plástico no solo ofrece oportunidades emocionantes para la innovación tecnológica, sino que también tiene el potencial de generar un impacto positivo tanto en el ámbito profesional como en el mundo en general.

1.5.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) es realizar el diseño de un molde de inyección paramétrico con el fin de adquirir las habilidades necesarias para posteriormente aplicar esta parametrización en cualquier entorno CAD e incluso a otros productos distintos al molde de inyección. Este enfoque tiene como propósito fundamental proporcionar una solución versátil y eficiente para la industria de la fabricación, permitiendo la rápida adaptación a diferentes diseños y requisitos de producción.

El diseño paramétrico implica la creación de un modelo que incorpora variables y parámetros ajustables, lo que permite modificar fácilmente sus características y dimensiones para adaptarse a diferentes productos finales. Esto se logra mediante el uso de software especializado de diseño asistido por computadora (CAD), que permite la creación de modelos tridimensionales con una estructura modular y adaptable.

La importancia de este enfoque radica en su capacidad para optimizar los procesos de diseño y fabricación, reduciendo los tiempos de desarrollo y los costos asociados. Al proporcionar un marco flexible y escalable, el elemento paramétrico elimina la necesidad de diseñar productos específicos para cada necesidad, lo que resulta en una mayor eficiencia y rentabilidad en la producción.

1.6.- SOFTWARES UTILIZADOS Y DISCUSIÓN DE SU ELECCIÓN

El principal software utilizado para llevar a cabo el presente proyecto ha sido CATIA V5 debido a que los alumnos de la escuela lo utilizamos en nuestro periodo académico y estamos familiarizados con el entorno de trabajo. A lo que sumamos las siguientes razones lo convierte en un software muy adecuado al proyecto:

- **Potente funcionalidad paramétrica:** posee una potente funcionalidad paramétrica ofreciendo un conjunto robusto de herramientas que permiten crear modelos 3D con parámetros ajustables como son las tablas de diseño.

- **Ampliamente utilizado en la industria:** es un software muy utilizado y establecido en la industria por las numerosas cualidades que posee.
- **Integración con otros sistemas:** CATIA V5 se integra fácilmente con otros sistemas de software utilizados en la industria, lo que facilita la colaboración y el estudio en distintos sistemas de software como puede ser MODFLOW ADVISER para observar el comportamiento de llenado o incluso AUTOCAD para la realización de planos.

Con el objetivo de complementar el proyecto se ha utilizado además de CATIA V5, el software de simulación Moldflow con el objetivo de añadir una validación numérica del proceso de inyección además se ha utilizado el software AutoCAD 2017 para la realización de los planos de conjunto del molde.

2.- METODOLOGÍA DEL PROCEDIMIENTO DE MODELADO PARAMÉTRICO

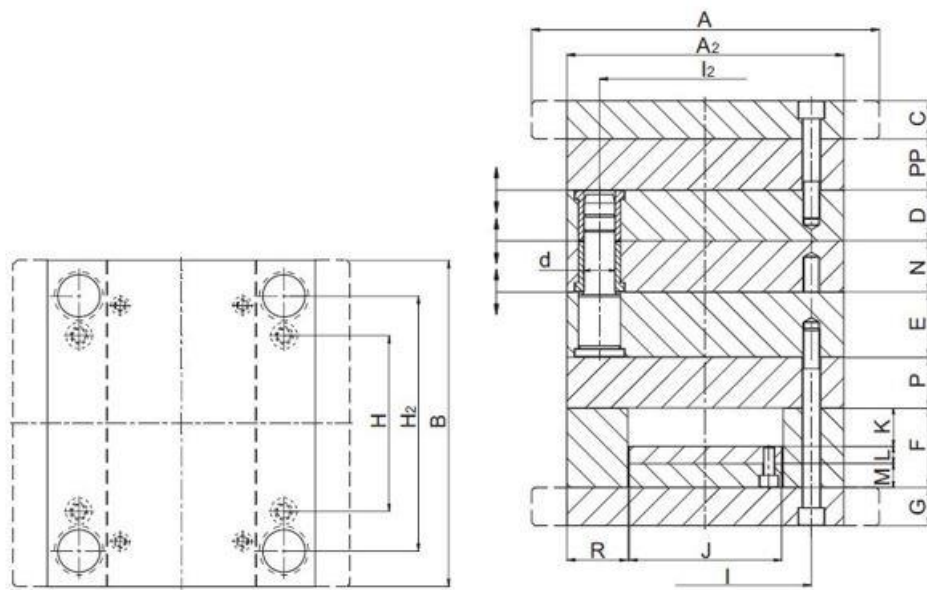
2.1.-ELEMENTOS DEL MOLDE A PARAMETRIZAR

El molde de inyección está dividido principalmente en dos bloques, el bloque de inyección o lado fijo y el bloque de expulsión o lado móvil, este último incluye un subbloque denominado sistema de expulsión el cual es el encargado de expulsar la pieza una vez ha sido inyectada.

Nombraremos y explicaremos a continuación todos los elementos que conforma nuestro molde, incluyendo las variables que utilizaremos para parametrizarlos:

0. Molde General

Figura 14: Vista general del molde de inyección del catálogo del fabricante VAP



Fuente: Catálogo VAP

Tabla 3: Dimensiones de los moldes del fabricante VAP

TIPO	A	A ₂	B	C	D-N-E	F	G	H	H ₂	I	I ₂	J	K	L	M	P	R	d
130x145	160	130	145	18 27	22-27-36 46-56	50 60 70	18 27	79	119	104	104	75	24 34 44	12	14	18 27	26	12
145x195	175	145	195	22 27	22-27-36 46-56-66-76	50 60 70	22 27	117	165	119	115	90	22 32 42	12	16	22 27	26	16
175x175	210	175	175	22 27	22-27-36 46-56-66 76-96	50 70 90	22 27	90	140	149	140	120 100	20 40 60	12	18	22 27	26 36	16
175x260	210	175	260	22 32	22-27-36 46-56-66 76-96	50 70 90	22 32	176	225	149	140	122 102	20 40 60	12	18	22 32	26 36	16
175x360	210	175	360	22 32	22-27-36 46-56-66-76	60 70 90	22 32	264	320	149	135	122 102	30 40 60	12	18	22 32	26 36	18
196x196	246	196	196	22 27	22-27-36 46-56-66 76-96	46 56 76	22 27	100	152	154	154	118	17 27 47	12	17	27 36	38	18
196x296	246	196	296	27 36	22-27-36 46-56-66 76-96	56 76 96	27 36	186	244	150	150	108	27 47 67	12	17	36	43	22
196x346	246	196	346	27 36	22-27-36 46-56-66 76-96	56 76 96	27 36	236	294	150	150	108	27 47 67	12	17	36	43	22
196x396	246	196	396	36	27-36-46 56-66-76-96	56 76 96	36	274	344	144	144	108	37 57	17	22	36	43	22
215x215	250	215	215	22 32	22-27-36 46-56-66 76-96	50 70 90	22 32	130	180	183	180	148 128	20 40 60	12	18	22 32	32 42	16
215x295	250	215	295	22 32	22-27-36 46-56-66 76-96	60 70 90	22 32	202	255	183	175	148 128	30 40 60	12	18	22 32	32 42	18
245x245	280	245	245	22 32	27-36 46-56-66 76-96-116	60 70 90	22 32	148	203	209	203	170 150	30 40 60	12	18	22 32	36 46	18
245x360	280	245	360	22 32	27-36 46-56-66 76-96-116	60 70 90	22 32	260	318	209	203	170 150	30 40 60	12	18	22 32	36 46	18
246x246	296	246	246	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	130	200	200	200	158	27 47 67	12	17	36	43	22
246x296	296	246	296	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	186	244	200	200	158	27 47 67	12	17	36	43	22
246x346	296	246	346	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	224	294	194	194	158	17 37 57	17	22	36 46	43	22
246x396	296	246	396	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	284	340	198	198	150	17 37 57	17	22	36 46	47	22
295x450	340	295	450	27 42	27-36 46-56-66 76-96-116	70 90 110	27 42	320	395	259	240	220 196	30 50 70	18	22	27 42	36 48	22
296x296	346	296	296	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	186	244	250	250	208	27 47 67	12	17	36 46	43	22
296x346	346	296	346	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	224	294	244	244	208	17 37 57	17	22	36 46	43	22
296x396	346	296	396	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	284	340	248	248	200	17 37 57	17	22	36 46	47	22
296x446	346	296	446	36	36-46 56-66-76 96-116	56 76 96	36	324	394	244	244	208	17 37 57	17	22	36 46	43	22
345x550	395	345	550	32 42	36-46 56-66-76 96-116	70 90 110	32 42	405	485	299	280	248 208	25 45 65	18	27	32 42	46 66	30
346x346	396	346	346	27 36	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96	27 36	224	294	294	294	258	17 37 57	17	22	36 46	43	22

Fuente: Catálogo VAP

Tabla 4: Dimensiones de los moldes del fabricante VAP

TIPO	A	A ₂	B	C	D-N-E	F	G	H	H ₂	I	I ₂	J	K	L	M	P	R	d
346x396	396	346	396	27 36	36-46 56-66-76 96-116	56 76 96	27 36	230	316	274	274	218	17 37 57	17	22	27 36 46	62	30
346x446	396	346	446	36 46	27-36 46-56-66 76-96-116	56 76 96 116	36 46	280	374	274	274	218	17 37 57 77	17	22	36 46	62	30
346x546	396	346	546	36 46	36-46 56-66-76 96-116	56 76 96	36 46	380	474	274	274	218	27 47 67	22	27	36 46	62	30
346x596	396	346	596	46	36-46 56-66-76 96-116-136	56 76 96 116 136	46	430	524	274	274	218	7 27 47 67 87	22	27	46	62	30
396x396	446	396	396	36 46	27-36-46 56-66-76 96-116	56 76 96	36 46	230	324	324	324	268	17 37 57	17	22	36 46	62	30
396x496	446	396	496	46	36-46 56-66-76 96-116-136	76 96 116 136	46	330	424	324	324	268	27 47 67 87	22	27	56	62	30
396x596	496	396	596	46	36-46 56-66-76 96-116-136	76 96 116 136	56	430	524	324	324	268	27 47 67 87	22	27	56	62	30
396x696	496	396	696	56	36-46 56-66-76 96-116-136	76 96 116 136	56	530	624	324	324	268	13 33 53 73	27	36	46	62	30
446x446	546	446	446	36 46	36-46 56-66-76 96-116	56 76 96	36 46	280	374	374	374	318	12 32 52	17	27	36 46	62	30
446x596	546	446	596	46	36-46 56-66-76 96-116-136	76 96 116 136	46	430	524	374	374	318	27 47 67 87	22	27	56	62	30
446x696	546	446	696	56	36-46-56 66-76-96 116-136-156	76 96 116 136	56	530	624	374	374	318	13 33 53 73	27	36	46 56	62	30
496x496	596	496	496	36 46 56	36-46-56 66-76-96 116-136-156	76 96 116 136	36 46 56	330	424	424	424	368	13 33 53 73	27	36	46 56	62	30
496x596	596	496	596	36 46 56	36-46-56 66-76-96 116-136-156	76 96 116 136	36 46 56	430	524	424	424	368	13 33 53 73	22 27	27 36	36 46 56	62	30
496x696	596	496	696	56	46-56 66-76-96 116-136-156	76 96 116 136	56	530	624	424	424	368	13 33 53 73	27	36	56	62	30

Fuente: Catálogo VAP

1. Placas de fijación/Clamping Plate

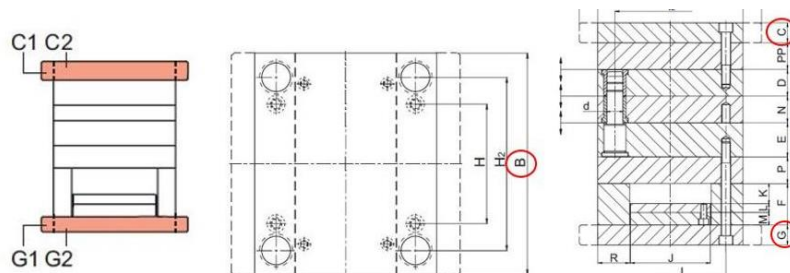
El molde está compuesto por una placa base perteneciente al bloque fijo y otra placa base para el bloque móvil, ambas son las encargadas de la sujeción de las distintas placas que conforman sus respectivos bloques. Estas dos placas pueden llevar a cabo la sujeción del bloque gracias a cuatro tornillos que incorporan y que atraviesan a todo su bloque. Los parámetros que utilizaremos para parametrizar estas placas son:

Figura 15: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas base fija y móvil

Tabla 5: Parámetros de las placas base fija y móvil

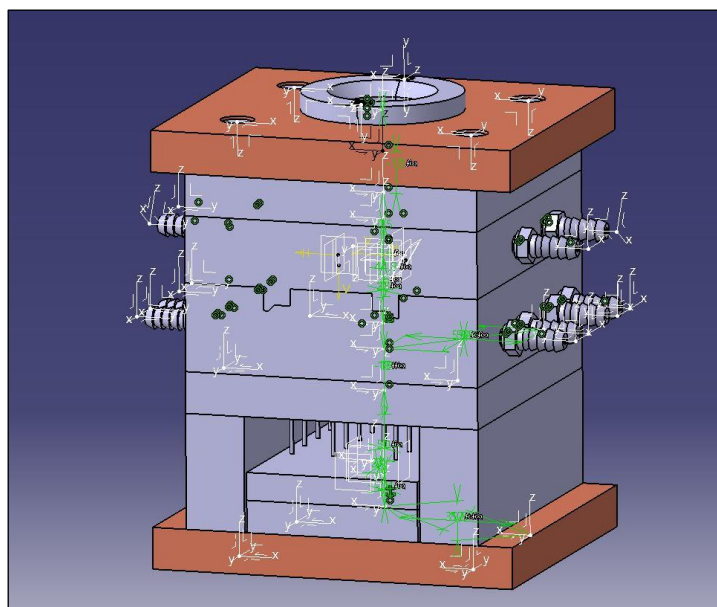
Parámetros	
C	Espesor de la placa base fija
G	Espesor de la placa base móvil
A	Ancho de las placas base
B	Longitud de las placas base

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Catálogo VAP

Figura 16: Modelado CAD del molde con resalto de las placas figura



Fuente: Elaboración propia

2. Placas Sufrideras/ Suffering Plate

Denominada así por ser una placa cuya función es asistir a la placa de figura, reduciendo el esfuerzo de flexión generado por la presión interna del molde, con el fin de prevenir la rotura o deformación por flexión. Al igual que en el caso de las placas base también existen dos placas

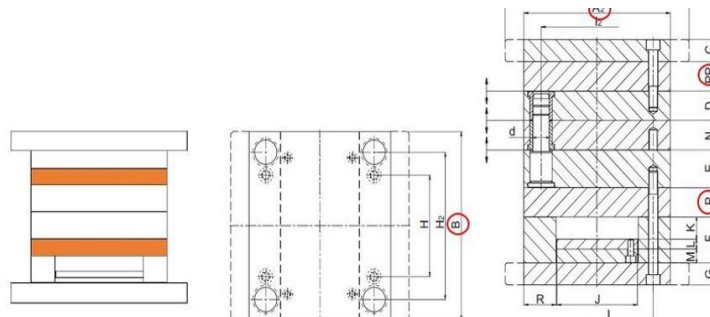
sufrideras en el molde, una el bloque fijo y otra para el bloque móvil. Los parámetros que utilizaremos para parametrizar estas placas son:

Figura 17: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas sufridera fija y móvil

Tabla 6: Parámetros de las placas sufrideras fija y móvil

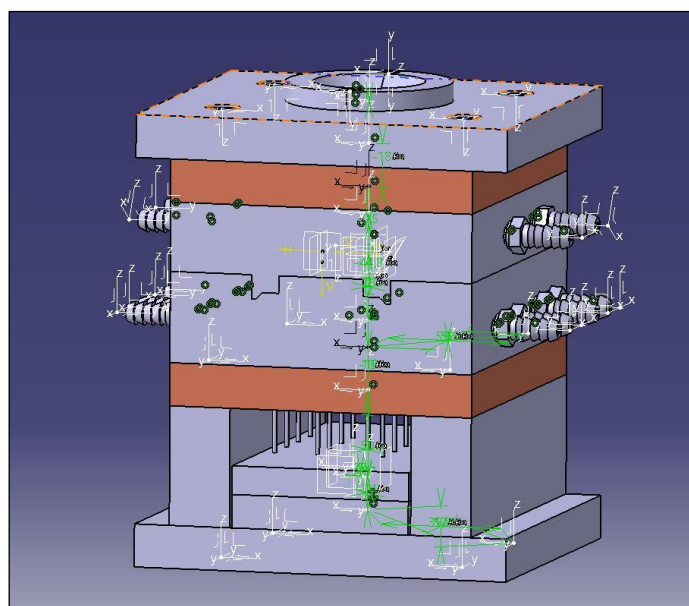
Parámetros	
PP	Espesor de la placa sufridera fija
P	Espesor de la placa sufridera móvil
A2	Ancho de las placas sufrideras
B	Longitud de las placas sufrideras

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Catálogo VAP

Figura 18: Modelado CAD del molde con resalto de las placas sufrideras



Fuente: Elaboración propia

3. Placas de figura/ Figure Plate

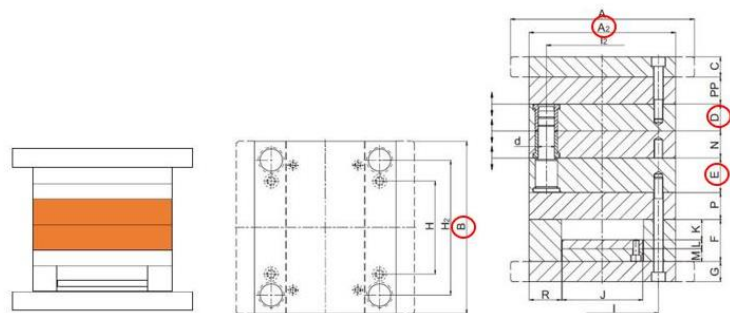
Son las encargadas de esculpir nuestra pieza y las que recibirán el plástico en el momento de inyectado. Diferenciamos la placa de figura fija llamándola “Placa hembra” o “Placa Cavidad” de la placa de figura móvil llamada “Placa Macho” o “Punzón”. Mediante un mecanizado generaremos la envolvente de nuestra pieza de manera quede incorporada en las dos placas. Los parámetros que utilizaremos para parametrizar estas placas son:

Tabla 7: Parámetros de las placas figura fija y móvil

Parámetros	
D	Espesor de la placa figura fija
E	Espesor de la placa figura móvil
A2	Ancho de las placas figura
B	Longitud de las placas figura

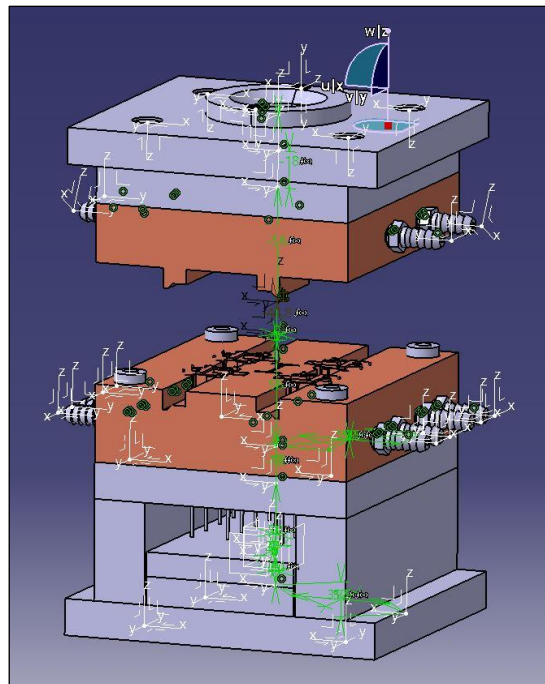
Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas figura fija y móvil



Fuente: Catálogo VAP

Figura 20: Modelado CAD del molde con resalto de las placas figura



Fuente: Elaboración propia

4. Placas Puente/ Bridge Plate

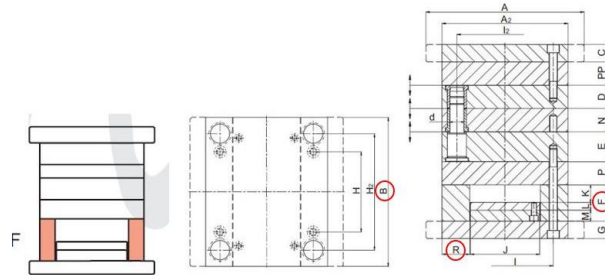
Pertenecen al bloque de expulsión situándose entre la placa base móvil y la placa sufridera móvil, su principal función radica en permitir el movimiento de las placas expulsoras. Los parámetros que utilizaremos para parametrizar estas placas son:

Tabla 8: Parámetros de las placas puente

Parámetros	
F	Espesor de las placas puente
R	Ancho de las placas puente
B	Longitud de las placas puente

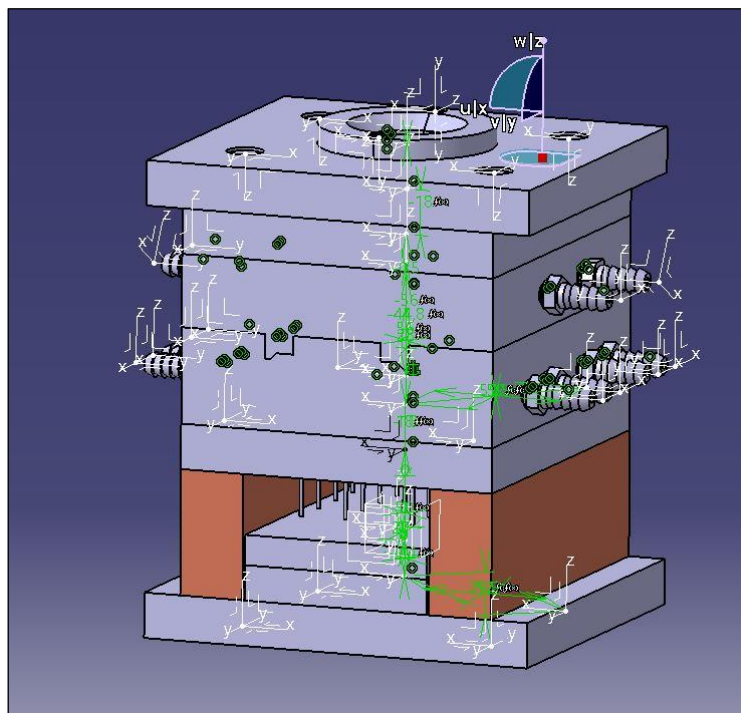
Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas figura fija y móvil



Fuente: Catálogo VAP

Figura 22: Modelado CAD del molde con resalto de las placas puente



Fuente: Elaboración propia

5. Placas Expulsoras/Ejector assembly

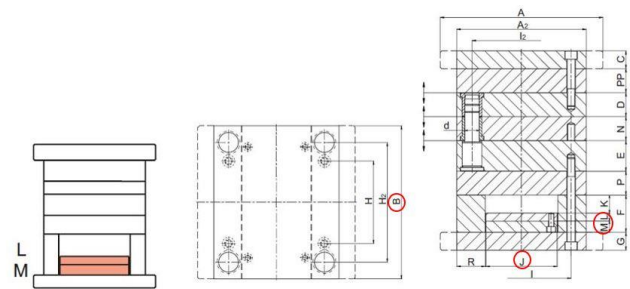
Estas placas pertenecen al bloque de expulsión formando el subbloque de expulsión junto con los expulsores, son las encargadas de agrupar los expulsores y cuando se produce la expulsión de la pieza trasladar dichos expulsores hasta que empujen la pieza. Los parámetros que utilizaremos para parametrizar estas placas son:

Tabla 9: Parámetros de las placas expulsoras

Parámetros	
M/L	Espesores de las placas expulsoras
J	Ancho de las placas expulsoras
B	Longitud de las placas expulsoras

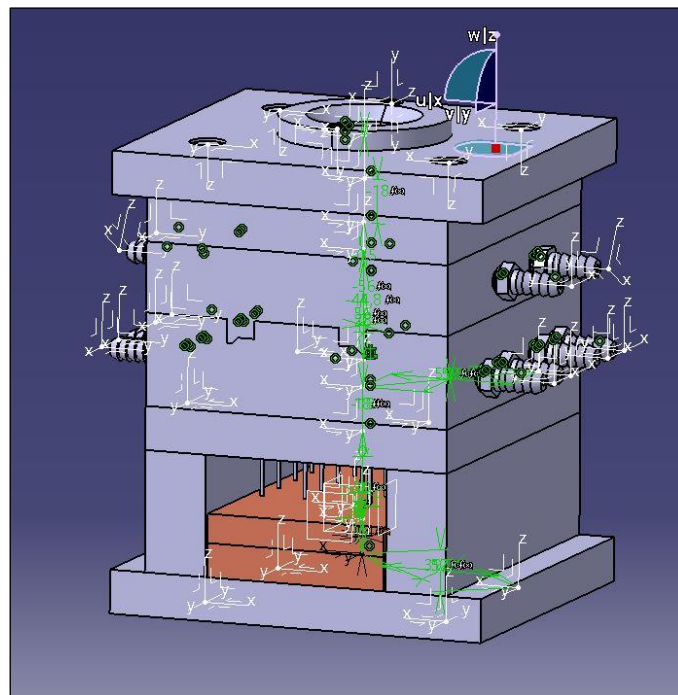
Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las placas expulsoras



Fuente: Catálogo VAP

Figura 24: Modelado CAD del molde con resalto de las placas expulsoras



Fuente: Elaboración propia

6. Casquillos guía

Ayudan a prolongar la vida útil del molde al reducir la fricción entre las columnas guías con las placas que estas atraviesan. Se sitúan en el bloque fijo perforando toda la placa figura fija y parte de la placa figura móvil. También contribuyen a la estabilidad general del molde durante la inyección de plástico fundido, minimizando vibraciones y posibles defectos en las piezas.

Tabla 10: Parámetros del casquillo guía

Parámetros	
d1	Diámetro interior
d2	Diámetro exterior
D	Diámetro cabeza superior
a	Ancho de cabeza
L	Longitud del casquillo
H2	Distancia longitudinal entre casquillos
I2	Distancia transversal entre casquillos

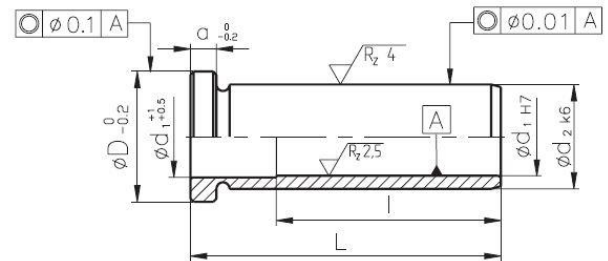
Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Medidas del casquillo guía

d ₁	d ₂	D	a	L									
				17	21	26	35	45	55	65	75	95	135
10	14	17	4										
12	16	20	4					l≥30	l≥30				
14	20	24	4					l≥30		l≥30			
16	20	24	4							l≥45	l≥45	l≥55	
18	25	30	6							l≥45	l≥45	l=65	
20	30	35	6							l≥45	l≥45		
22	30	35	6							l≥55	l≥55	l=65	
25	35	40	8							l≥55	l≥55		
30	40	45	8							l≥65	l≥65	l=65	l≥65
40	50	54	10								l≥65	l≥65	l≥65

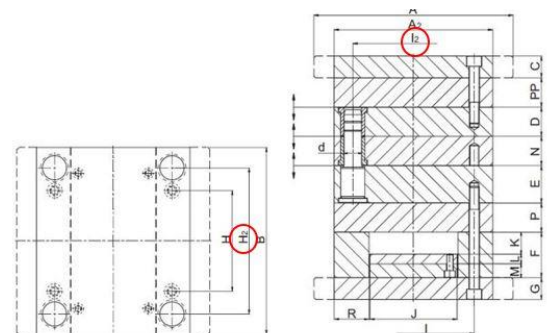
Fuente: Catálogo VAP

Figura 26: Alzado del casquillo guía



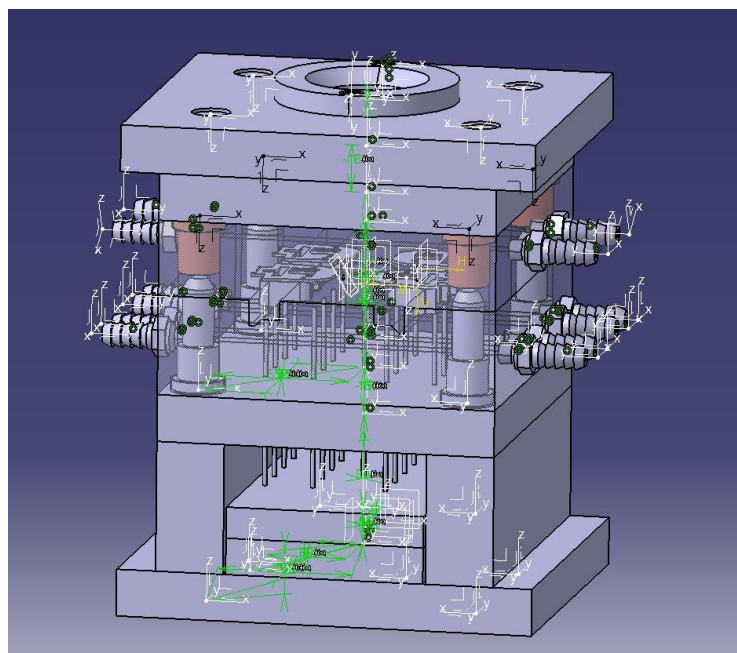
Fuente: Catálogo VAP

Figura 25: Vistas del molde de inyección con los parámetros de los asquillos guías



Fuente: Catálogo VAP

Figura 27: Modelado CAD del molde con resalto de los casquillos guías



Fuente: Elaboración propia

7. Columnas guía

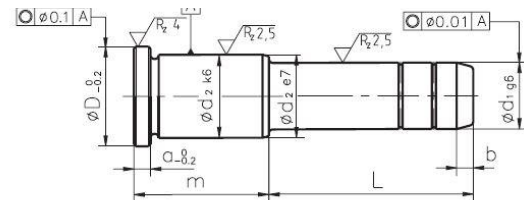
Ayudan a mantener la alineación precisa entre las mitades del molde durante el proceso de cierre y apertura, deslizan longitudinalmente sobre los casquillos guía. Perforan tanto la placa figura fija como la placa figura móvil.

Tabla 12: Parámetros de las columnas guía

Parámetros	
d1	Diámetro interior
d2	Diámetro exterior
D	Diámetro cabeza superior
a	Ancho de cabeza
m	Longitud del casquillo
b	Longitud puntera
L	Longitud Vástago
H2	Distancia longitudinal entre columnas
I2	Distancia transversal entre columnas

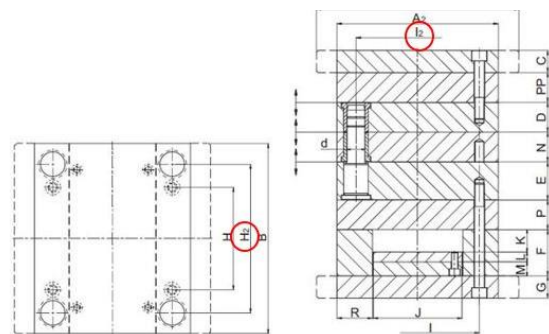
Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Alzado de la columna guía



Fuente: Catálogo VAP

Figura 29: Vistas del molde de inyección con los parámetros de las columnas guía

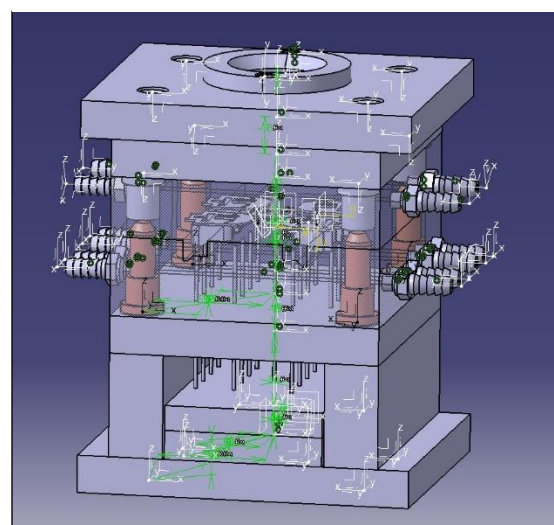


Fuente: Catálogo VAP

Tabla 13: Parámetros de las columnas guías

d	d ₂	D	a	b	m	L									
10	14	17	4	4	17	26	36								
					50	18	26								
					70	18									
					80	18									
					17	18	26	36	45	65					
					21	18	26	36	45	65	90				
					26		26	36	45	65	90				
					34		26	36	45	65	90				
					44		26	36	45	65	90				
					54		26	36	45	65	90				
					20	18	26	36	45	65	90	125	150		
					26		26	36	45	65	90	125	150		
					34		26	36	45	65	90	125	150		
					44		26	36	45	65	90	125	150		
					54		26	36	45	65	90	125	150		
					64		26	36	45	65	90	125	150		
					74		26	36	45	65	90	125	150		
					94		26	36	45	65	90	125	150		
					20		26	36	45	65	90	125	150		
					26		26	36	45	65	90	125	150		
					34		26	36	45	65	90	125	150		
					44		26	36	45	65	90	125	150		
					54		26	36	45	65	90	125	150		
					64		26	36	45	65	90	125	150		
					74		26	36	45	65	90	125	150		
					94		26	36	45	65	90	125	150		
					20		26	36	45	65	90	125	150	175	
					34		26	36	45	65	90	125	150	175	200
					44		26	36	45	65	90	125	150	175	200
					54		26	36	45	65	90	125	150	175	200
					64		26	36	45	65	90	125	150	175	200
					74		26	36	45	65	90	125	150	175	200
					94		26	36	45	65	90	125	150	175	200
					134		26	36	45	65	90	125	150	175	200
40	50	54	10	8	70						90	100	125	150	200

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

8. Tornillos de sujeción para distintas placas

En el molde nos vamos a encontrar tres tipos de tornillos dependiendo de las placas que perfora:

- Tornillos para el bloque fijo
- Tornillos para el bloque móvil
- Tornillos para las placas de expulsión

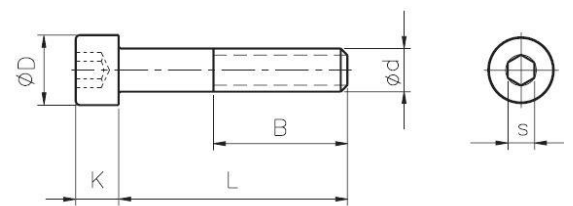
Los tres tipos de tornillos tienen el objetivo común de mantener unidas cada una de las placas que atraviesa, el tornillo destinado al bloque fijo perfora las placas base, sufridera y figura, el tornillo destinado al bloque móvil perfora las placas base, puente, sufridera y figura y por último el tornillo destinado a las placas de expulsión perfora a las dos placas de expulsión. La única diferencia entre los tres tornillos es su longitud ya que cada uno necesita una longitud determinada.

Tabla 14: Parámetros de los tornillos de sujeción

Parámetros	
K	Longitud cabeza
L	Longitud Esparrago
B	Longitud de roscado
d	Diámetro de esparrago
D	Diámetro de cabeza
S	Tamaño de ranura
T	Distancia longitudinal entre tornillos de placas expulsoras
S	Distancia transversal entre tornillos de placas expulsoras
H	Distancia longitudinal entre tornillos de bloques fijo y móvil
I	Distancia transversal entre tornillos de bloques fijo y móvil

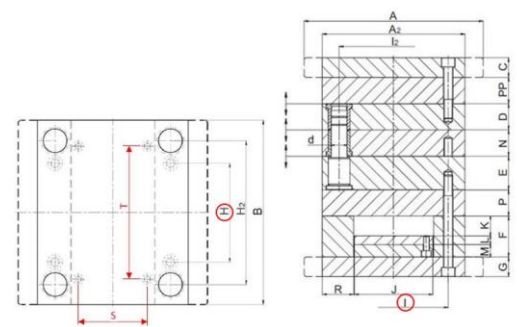
Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Alzado y perfil de los tornillos de sujeción



Fuente: Catálogo VAP

Figura 32: Planta y alzado del molde con los parámetros de los tornillos de sujeción



Fuente: Catálogo VAP

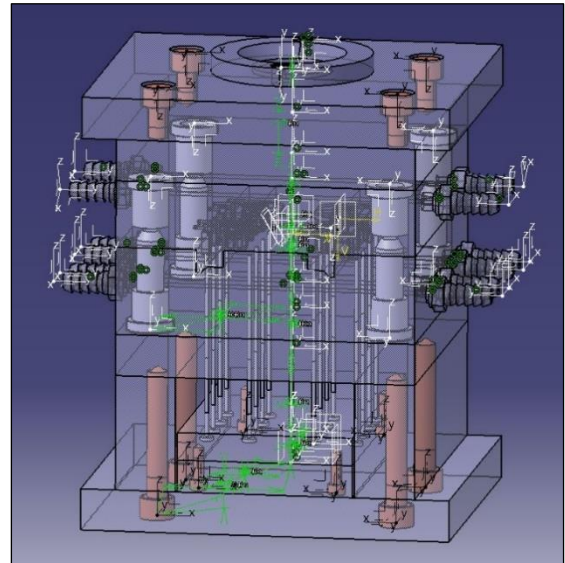
Tabla 15: Dimensiones posibles de los tornillos de sujeción

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24
B	18	20	22	24	26	32	36	40	44	48	52	56
D	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	36
K	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24
s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	19

Longitud / Length / Länge: L	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200
------------------------------	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente: Catálogo VAP

Figura 33: Modelado CAD del molde con resalto de los tonillos de sujeción



Fuente: Elaboración propia

9. Tornillos Anillo Centrador

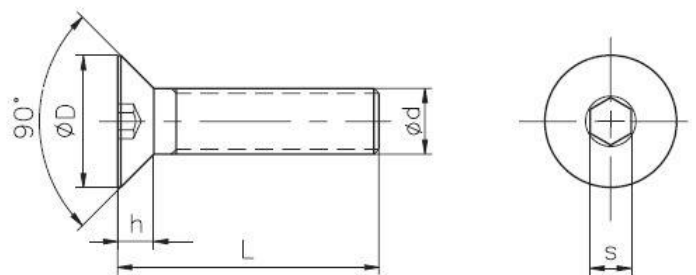
Este tipo de tornillos son únicamente utilizados para la sujeción del anillo centrador del bebedero por lo que se parametriza individualmente y de manera distinta a los demás tornillos.

Tabla 16: Parámetros de los tornillos del anillo centrador

Parámetros	
h	Longitud cabeza
L	Longitud Total
d	Diámetro exterior del esparrago
D	Diámetro de cabeza
S	Tamaño de ranura

Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Alzado y perfil de los tornillos del anillo centrador



Fuente: Catálogo VAP

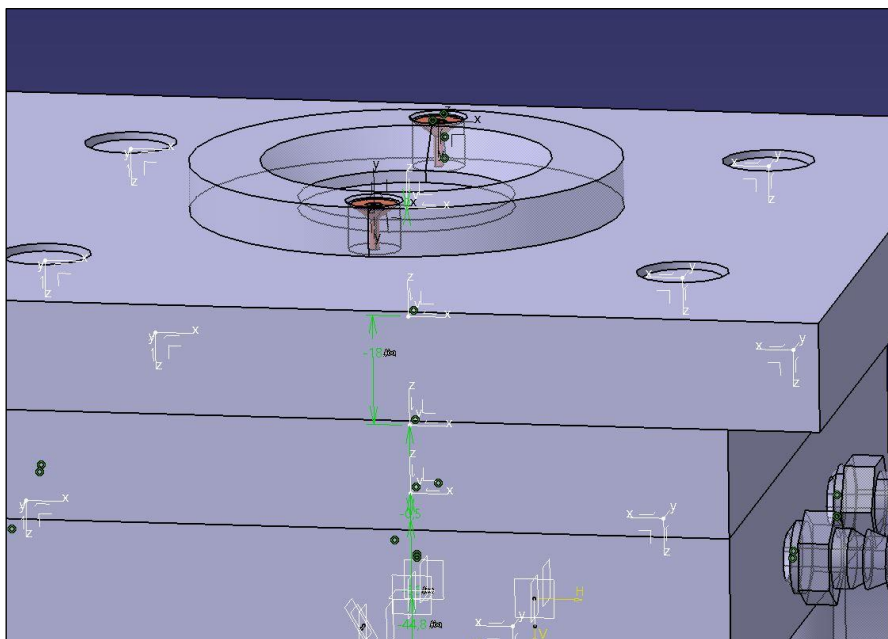
Tabla 17: Dimensiones de los tornillos del anillo centrador

d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
D	6	8	10	12	16	20	24	27	30	36
h	1,7	2,3	2,5	3,3	4,4	5,5	6,5	7	7,5	8,5
s	2	2,5	3	4	5	6	8	10	10	12

Longitud / Length / Länge: L	8									
	10									
	12									
	16									
	18									
	20									
	25									
	30									
	35									
	40									
	45									
	50									
	55									
	60									
	70									
	80									
90										
100										

Fuente: Catálogo VAP

Figura 35: Modelado CAD del molde con resalto de los tonillos de sujeción del anillo centrador



Fuente: Elaboración propia

10. Anillo Centrador

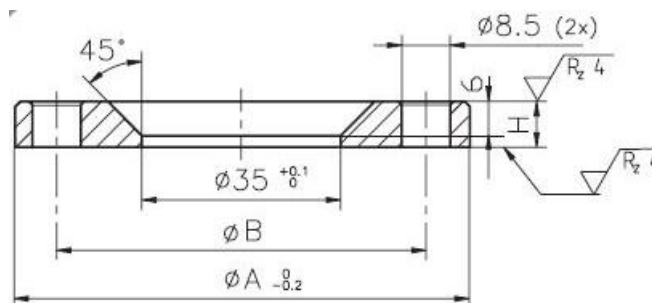
La principal función de este anillo es garantizar que la boquilla de la máquina de inyección esté situada correctamente en el momento de inyectar el plástico, además proporciona sujeción al bebedero.

Figura 36: Vista corte del anillo centrador

Tabla 18: Parámetros del anillo centrador

Parámetros	
B	Distancia entre tornillos
A	Diámetro total del anillo
H	Espesor del anillo

Fuente: Elaboración propia



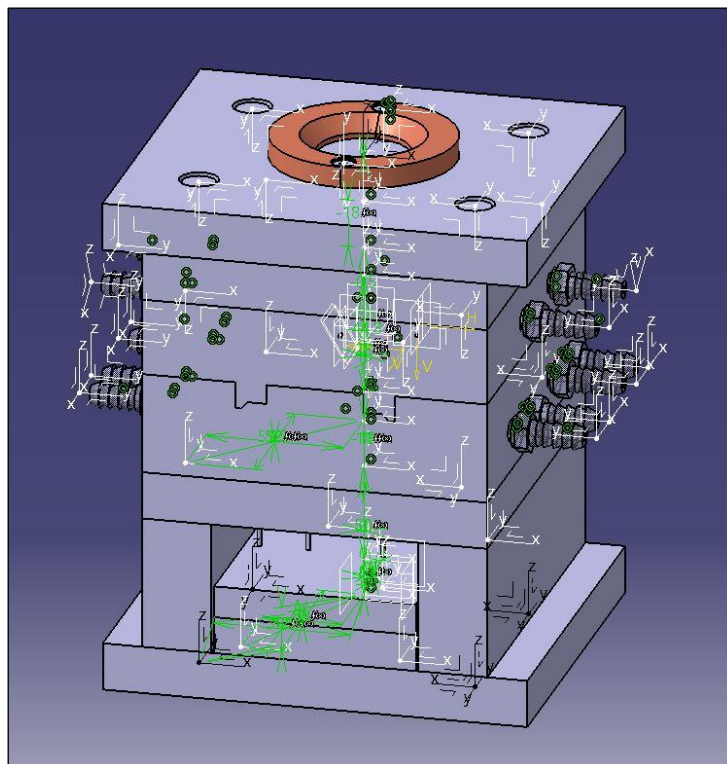
Fuente: Catálogo VAP

Tabla 19: Dimensiones del anillo centrador

A	70	75	80	90	100	110	120	125	150	160	175	200
B	59	61	65	70	75	80	84	86	118	118	130	142
H	8 ó 12											

Fuente: Catálogo VAP

Figura 37: Modelado CAD del molde con resalto del anillo centrador



Fuente: Elaboración propia

11. Bebedero

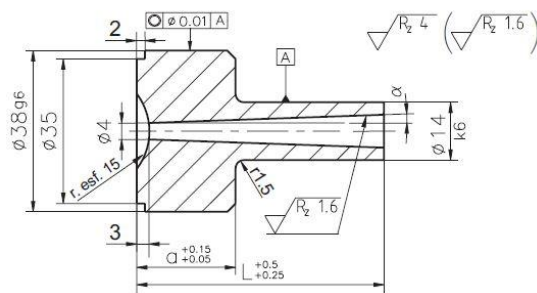
Su función principal es dirigir el flujo de material fundido hacia la cavidad del molde de manera controlada y uniforme, asegurando así la formación adecuada de la pieza moldeada. Se sitúa en la parte superior del molde, sobre la placa base fija y cuya sujeción se lleva a cabo gracias al anillo centrador.

Tabla 20: Parámetros del bebedero

Parámetros	
r_{esfera}	Radio de la entrada superior
L	Longitud total
a	Espesor cabezal
α	Ángulo del conducto de entrada

Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Vista corte del bebedero



Fuente: Catálogo VAP

Tabla 21: Dimensiones del bebedero

a	L							
	$\alpha = 2^\circ$						$\alpha = 1^\circ$	
	29	38	48	51	60	70	70	100
12								
24								

Fuente: Catálogo VAP

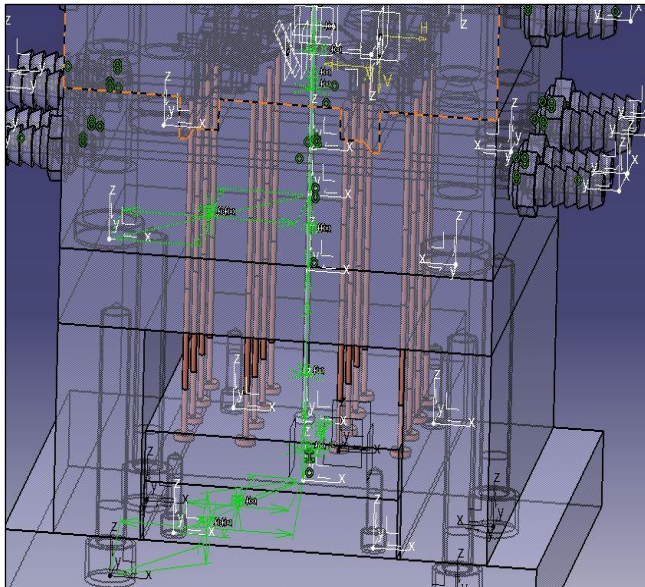
12. Expulsores

Estos expulsosres pueden ser de diferentes formas y tamaños, dependiendo del diseño de la pieza y del molde. Pueden ser cilíndricos, planos, o tener formas específicas para adaptarse a la geometría de la pieza. La fuerza y la precisión con la que actúan los expulsosres son críticas para garantizar que la pieza se extraiga correctamente sin dañarla ni deformarla.

Parámetros	
r_{esfera}	Radio de la entrada superior
L	Longitud total
a	Espesor cabezal
α	Ángulo del conducto de entrada

36

Figura 41: Modelado CAD del molde con resalto de los expulsores



Fuente: Elaboración propia 1

Tabla 23: Dimensiones de los expulsores

d1	d2	k	R	L						
				100	125	160	200	250	315	400
1.5	3	1.5	0.2							
1.6	3	1.5	0.2							
1.7	3	1.5	0.2							
1.8	3	1.5	0.2							
2.0	4	2.0	0.2							
2.2	4	2.0	0.2							
2.5	5	2.0	0.3							
2.7	5	2.0	0.3							
3.0	6	3.0	0.3							
3.2	6	3.0	0.3							
3.5	7	3.0	0.3							
3.7	7	3.0	0.3							
4.0	8	3.0	0.3							
4.2	8	3.0	0.3							
4.5	8	3.0	0.3							
4.7	8	3.0	0.3							
5.0	10	3.0	0.3							
5.2	10	3.0	0.3							
5.5	10	3.0	0.3							
6.0	12	5.0	0.5							
6.2	12	5.0	0.5							
6.5	12	5.0	0.5							
7.0	12	5.0	0.5							
8.0	14	5.0	0.5							
8.2	14	5.0	0.5							
8.5	14	5.0	0.5							
9.0	14	5.0	0.5							
10.0	16	5.0	0.5							
10.2	16	5.0	0.5							
10.5	16	5.0	0.5							
11.0	16	5.0	0.5							
12.0	18	7.0	0.8							
12.2	18	7.0	0.8							
12.5	18	7.0	0.8							
14.0	22	7.0	0.8							
16.0	22	7.0	0.8							
18.0	24	7.0	0.8							
20.0	26	8.0	1.0							

Fuente: Catálogo VAP

13. Boquillas de refrigeración

Las boquillas de refrigeración tienen la función de enfriar el molde y, por ende, el material plástico fundido que se inyecta en él. Estas boquillas se conectan a un sistema de refrigeración que circula líquido refrigerante, como agua o aceite a través de ellas.

La refrigeración es esencial en el proceso de moldeo por inyección para controlar la temperatura del molde y del material plástico. Un enfriamiento adecuado ayuda a solidificar el material plástico más rápidamente, lo que reduce los tiempos de ciclo de producción y mejora la calidad de las piezas moldeadas al minimizar la deformación y las tensiones internas. Además, el enfriamiento uniforme del molde ayuda a prevenir la formación de marcas de flujo, defectos superficiales y otras imperfecciones en las piezas.

Las boquillas de refrigeración se colocan estratégicamente en el molde para asegurar una distribución uniforme del calor y un enfriamiento eficiente en todas las áreas. Esto puede incluir colocar las boquillas cerca de zonas críticas o de mayor espesor en la pieza moldeada.

Tabla 24: Parámetros de las boquillas de refrigeración

Parámetros	
R	Radio del roscado
d	Diámetro interior
D	Diámetro exterior de conexión
H	Altura de tuerca

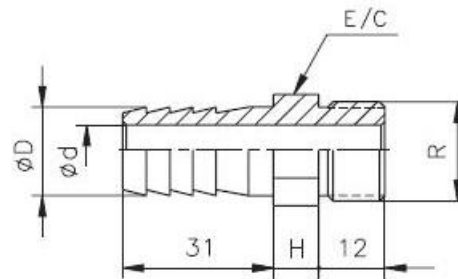
Fuente: Elaboración propia 2

Tabla 25: Dimensiones de las boquillas de refrigeración

R	D	d	E/C	H
1/8" Gas	13	6	14	7
1/4" Gas	13	7	14	7
3/8" Gas	13	7	17	10
3/8" Gas	15	9	17	10

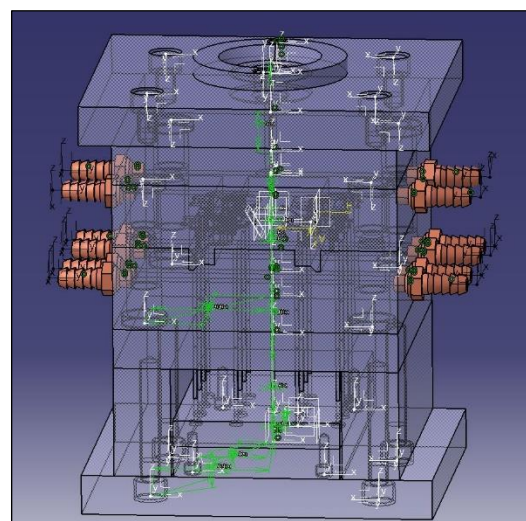
Fuente: Catálogo VAP

Figura 42: Vista corte de las boquillas de refrigeración



Fuente: Catálogo VAP

Figura 43: Modelado CAD del molde con resalto de los expulsores



Fuente: Elaboración propia

2.2.- PROCESO DE PARAMETRIZACIÓN DE ELEMENTOS DEL MOLDE MEDIANTE CATIA V5

El proceso de parametrización de los elementos del molde consiste en asignar una serie de parámetros a las variables que conforman cada uno de los elementos de nuestro molde, para ello debemos modelar dicho elemento para posteriormente crear los parámetros que relacionaremos con las variables. Para finalizar relacionaremos los parámetros con una tabla de diseño donde se recogerán todas las posibles medidas que pueden adoptar dichos parámetros.

En el *Anexo 2: "Parametrización de elementos"* podemos seguir todo el procedimiento para parametrizar cualquier elemento e introducir esa parametrización a un ensamblaje.

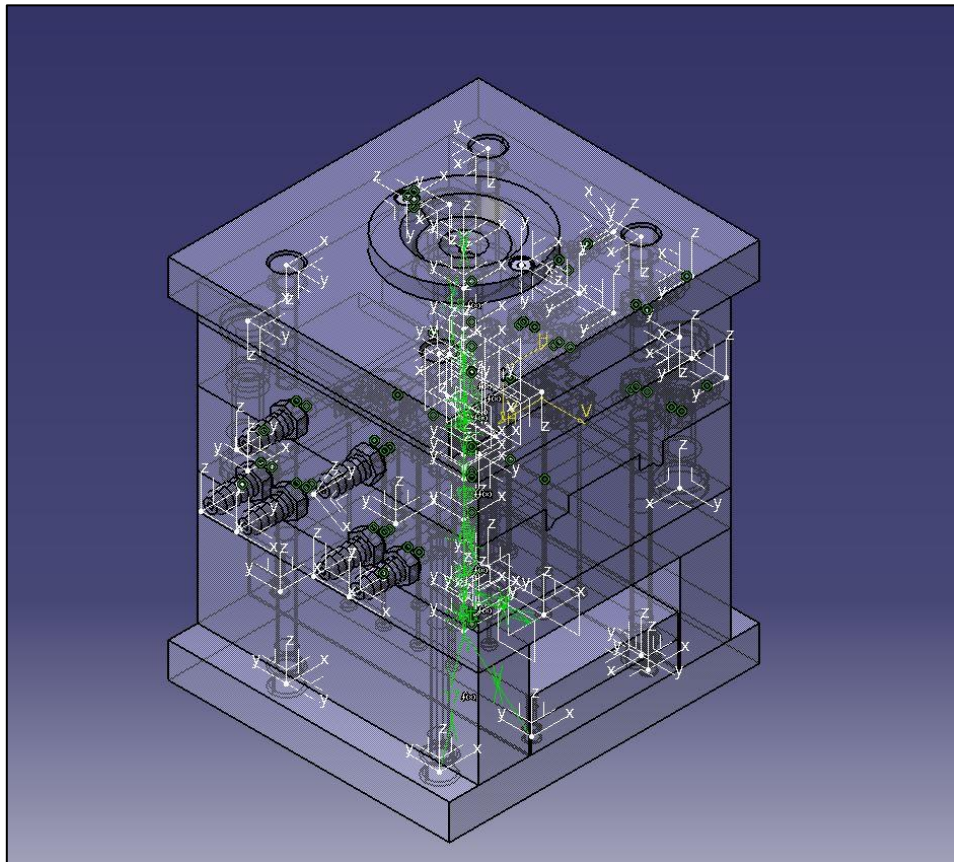
3.- RESULTADOS

3.1.- IMÁGENES 3D DE LOS MOLDES OBTENIDOS

En este apartado se mostrará una serie de moldes que se obtienen a partir de elegir una configuración u otra a partir de la tabla de diseño asignada al conjunto, aquí es donde se demuestra el sentido de parametrizar un producto o cualquier elemento ya que con apenas unos movimientos podemos configurar el elemento parametrizado según nuestras necesidades.

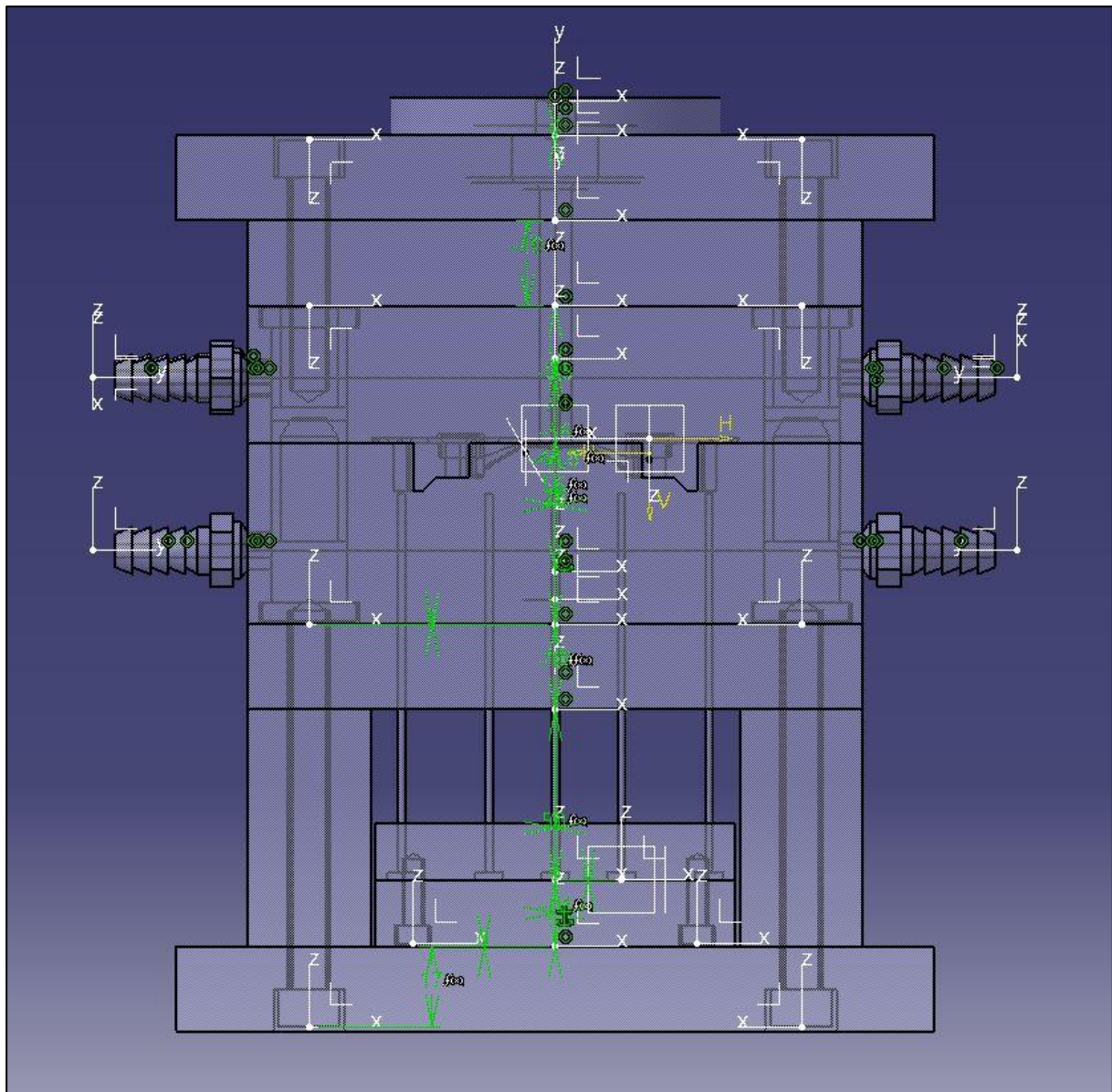
- **Molde 130x145**

Figura 44: Vista isométrica del molde 130x145



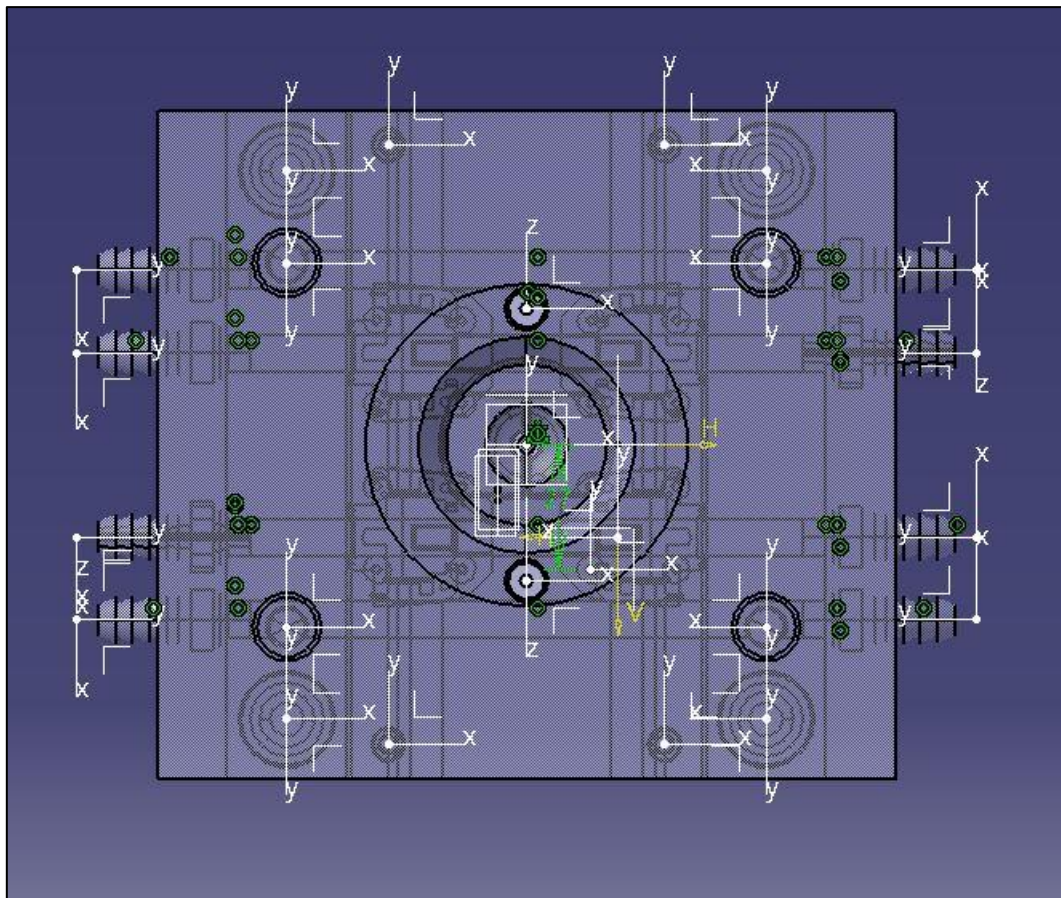
Fuente: Elaboración propia

Figura 45: Alzado del molde 130x145



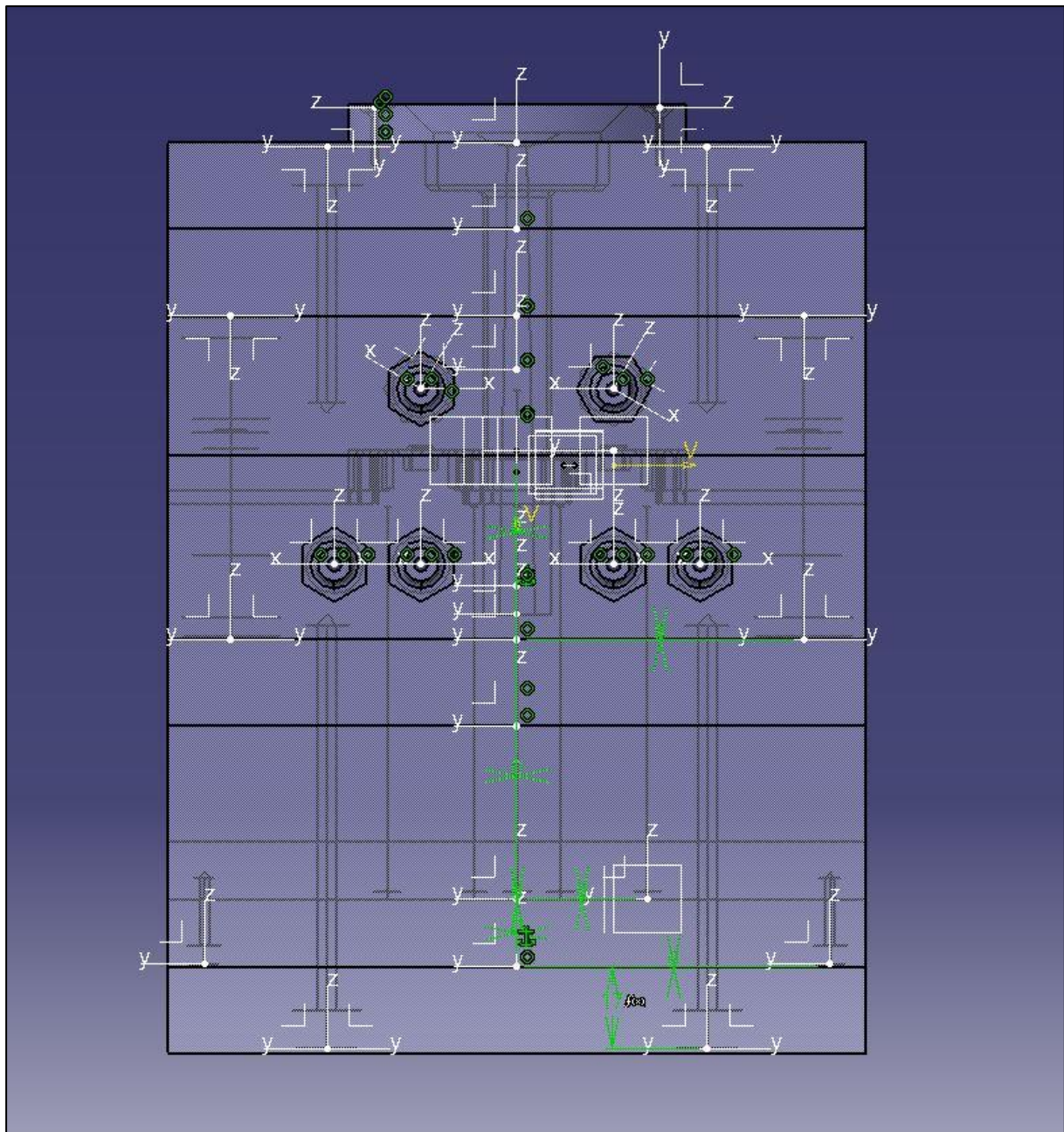
Fuente: Elaboración propia

Figura 46: Planta del molde 130x145



Fuente: Elaboración propia

Figura 47: Perfil del molde 130x145



Fuente: Elaboración propia

Figura 48: Configuración 1 de la tabla de diseño correspondiente al molde 130x145

ARMAZON active, configuration row : 1

Design Table Properties

Name : ARMAZON

Comment : DesignTable created by usuario 03/10/2023

Configurations Associations

Filter :

Line	A	A2	B	H	H2	I	I2	R	TM	TD1	TD2	TD3	TC	TCa	TLFija	GD1	GD2	GD3	GD4	GC
<1>	160mm	130mm	145mm	79mm	119mm	104mm	104mm	26mm	8mm	9mm	13mm	15mm	9mm	8mm	45mm	12mm	16mm	20mm	21mm	4,5mm
2	175mm	145mm	195mm	117mm	165mm	119mm	115mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5mm
3	210mm	175mm	175mm	90mm	140mm	149mm	140mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5mm
4	210mm	175mm	175mm	90mm	140mm	149mm	140mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5mm
5	210mm	175mm	260mm	176mm	225mm	149mm	140mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5mm
6	210mm	175mm	260mm	176mm	225mm	149mm	140mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5mm
7	210mm	175mm	360mm	264mm	320mm	149mm	135mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5mm
8	210mm	175mm	360mm	264mm	320mm	149mm	135mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5mm
9	246mm	196mm	196mm	100mm	152mm	154mm	154mm	38mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5mm
10	246mm	196mm	296mm	186mm	244mm	150mm	150mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5mm
11	246mm	196mm	346mm	236mm	294mm	150mm	150mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5mm
12	246mm	196mm	396mm	274mm	344mm	144mm	144mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5mm
13	250mm	215mm	215mm	130mm	180mm	183mm	180mm	32mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5mm
14	250mm	215mm	215mm	130mm	180mm	183mm	180mm	42mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5mm
15	250mm	215mm	295mm	202mm	255mm	183mm	175mm	32mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5mm
16	250mm	215mm	295mm	202mm	255mm	183mm	175mm	42mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5mm
17	280mm	245mm	245mm	148mm	203mm	209mm	203mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5mm
18	280mm	245mm	245mm	148mm	203mm	209mm	203mm	46mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5mm

Edit table...

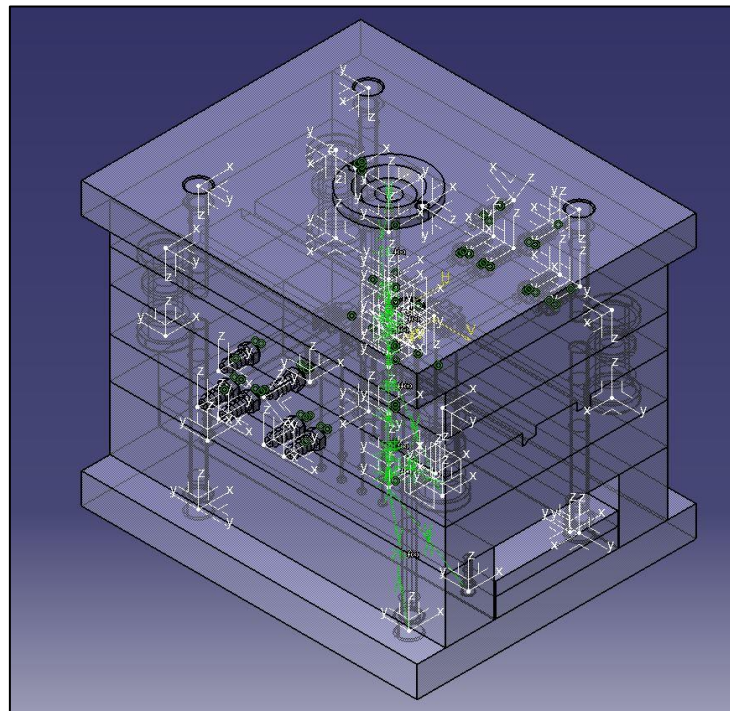
☐ Duplicate data in CATIA model

OK Apply Cancel

Fuente: Elaboración propia

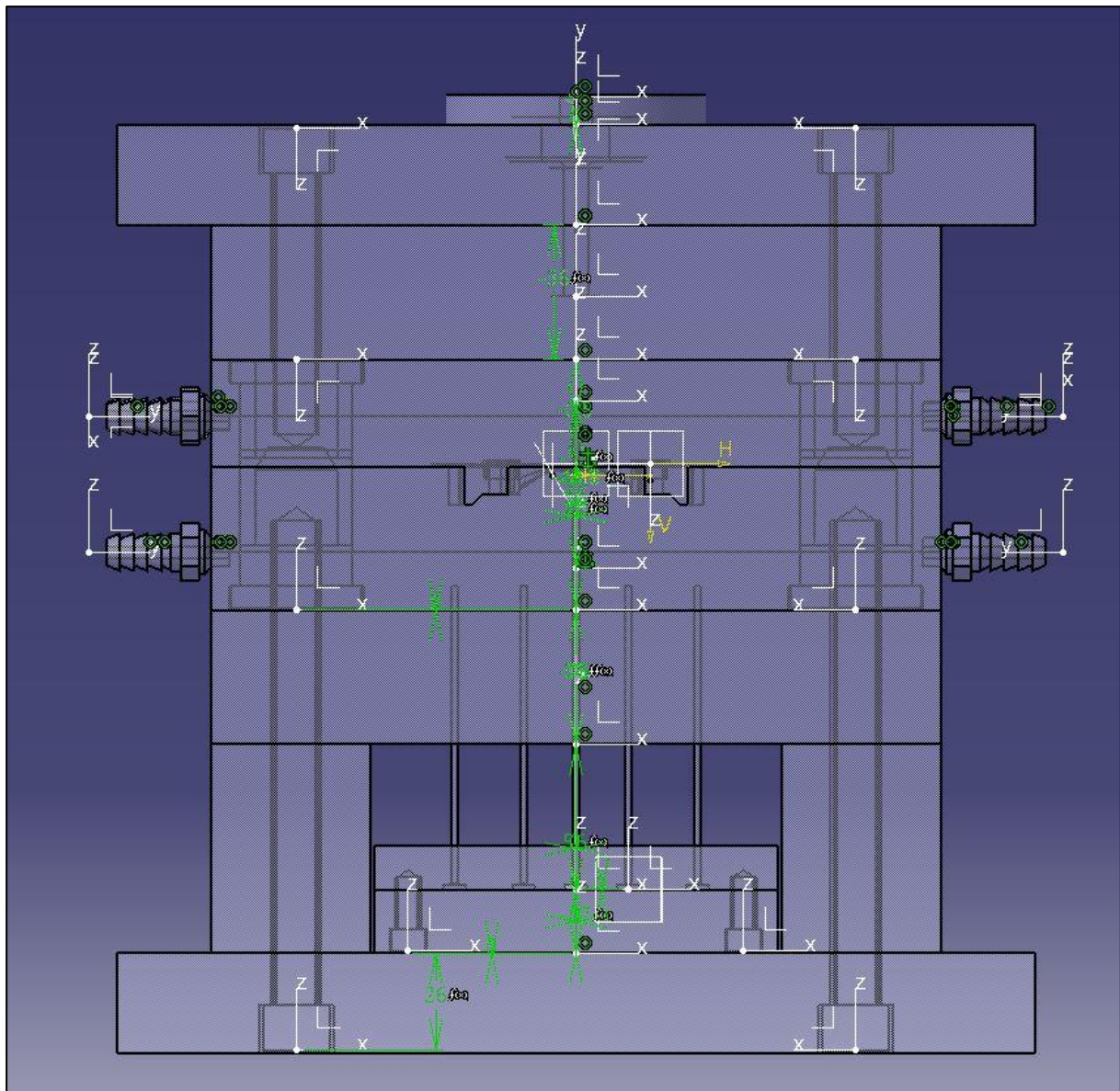
Molde 196x296

Figura 49: Vista isométrica del molde 196x296



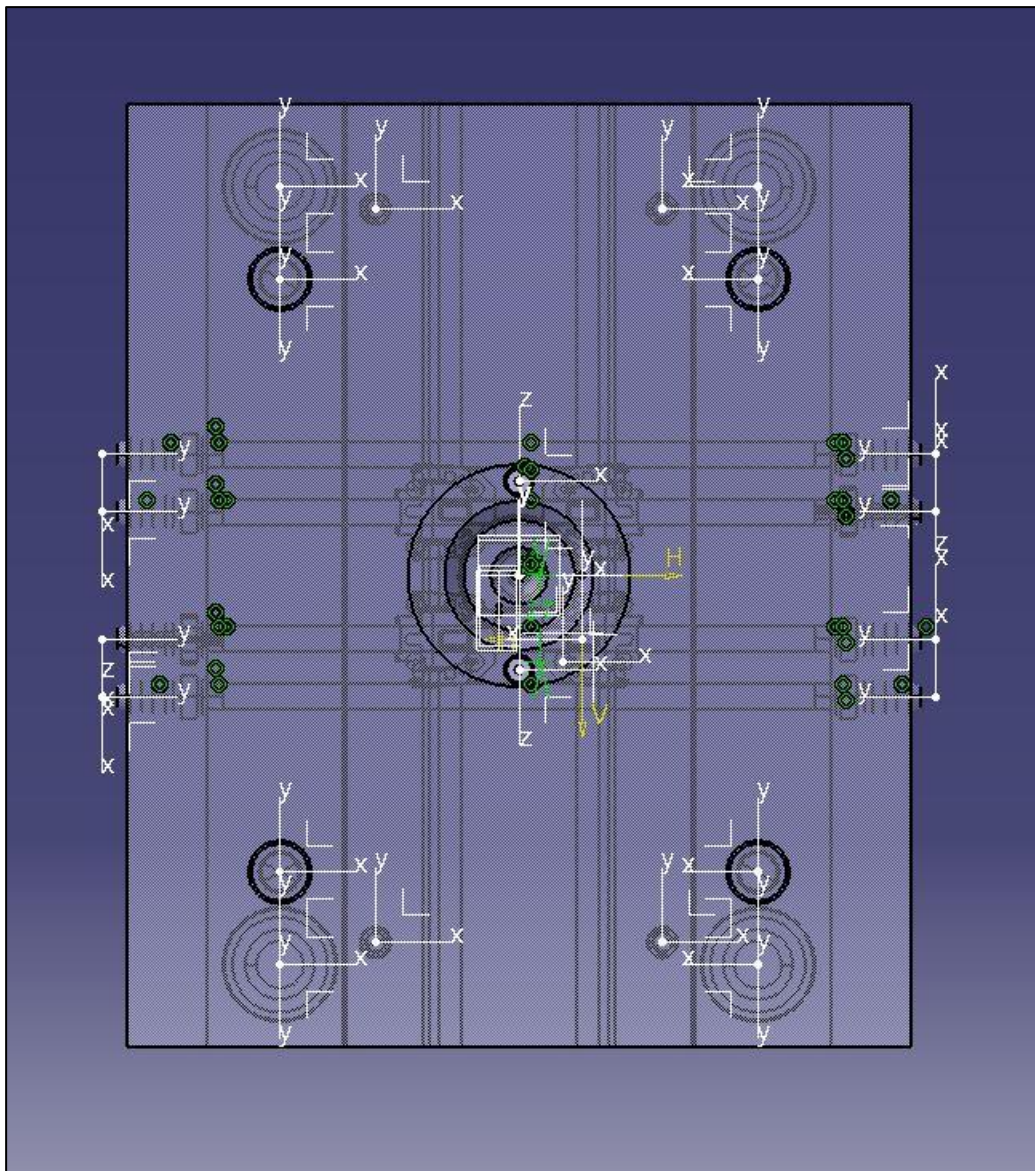
Fuente: Elaboración propia

Figura 50: Alzado del molde 196x296



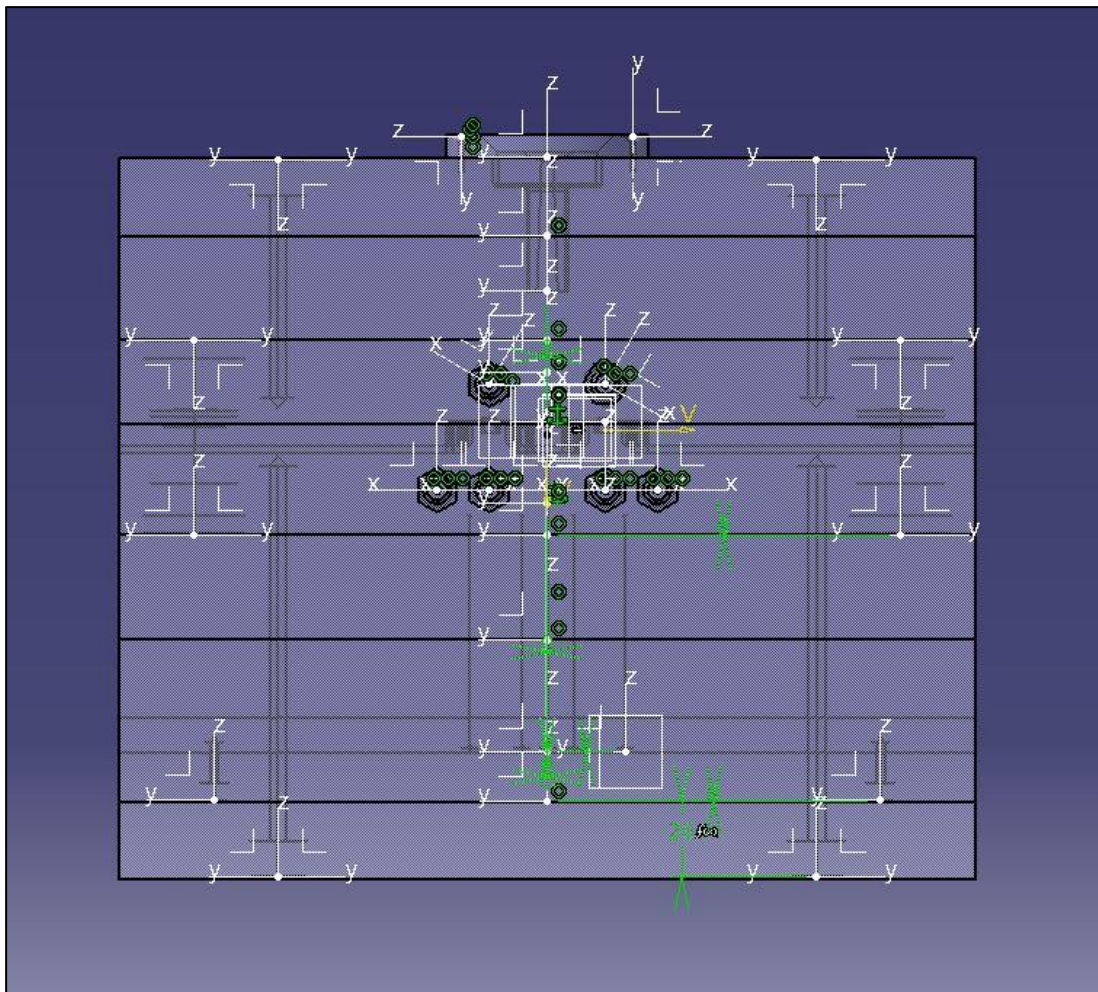
Fuente: Elaboración propia

Figura 51:Planta del molde 196x296



Fuente: Elaboración propia

Figura 52: Perfil del molde 196x296



Fuente: Elaboración propia

Figura 53: configuración 10 de la tabla de diseño correspondiente al molde 196x296

ARMAZON active, configuration row : 10

Design Table Properties
Name : ARMAZON
Comment : DesignTable created by usuario 03/10/2023

Configurations Associations

Filter :

Line	A	A2	B	H	H2	I	I2	R	TM	TD1	TD2	TD3	TC	TCa	TLFija	GD1	GD2	GD3	GD4	GC
1	160mm	130mm	145mm	79mm	119mm	104mm	104mm	26mm	8mm	9mm	13mm	15mm	9mm	8mm	45mm	12mm	16mm	20mm	21mm	4,5m
2	175mm	145mm	195mm	117mm	165mm	119mm	115mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5m
3	210mm	175mm	175mm	90mm	140mm	149mm	140mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5m
4	210mm	175mm	175mm	90mm	140mm	149mm	140mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5m
5	210mm	175mm	260mm	176mm	225mm	149mm	140mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5m
6	210mm	175mm	260mm	176mm	225mm	149mm	140mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5m
7	210mm	175mm	360mm	264mm	320mm	149mm	135mm	26mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5m
8	210mm	175mm	360mm	264mm	320mm	149mm	135mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	14mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5m
9	246mm	196mm	196mm	100mm	152mm	154mm	154mm	38mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5m
<10>	246mm	196mm	296mm	186mm	244mm	150mm	150mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	70mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
11	246mm	196mm	346mm	236mm	294mm	150mm	150mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
12	246mm	196mm	396mm	274mm	344mm	144mm	144mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
13	250mm	215mm	215mm	130mm	180mm	183mm	180mm	32mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5m
14	250mm	215mm	215mm	130mm	180mm	183mm	180mm	42mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	16mm	20mm	24mm	25mm	4,5m
15	250mm	215mm	295mm	202mm	255mm	183mm	175mm	32mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5m
16	250mm	215mm	295mm	202mm	255mm	183mm	175mm	42mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5m
17	280mm	245mm	245mm	148mm	203mm	209mm	203mm	36mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5m
18	280mm	245mm	245mm	148mm	203mm	209mm	203mm	46mm	10mm	11mm	16mm	18mm	11mm	10mm	20mm	18mm	25mm	30mm	31mm	6,5m

Edit table...

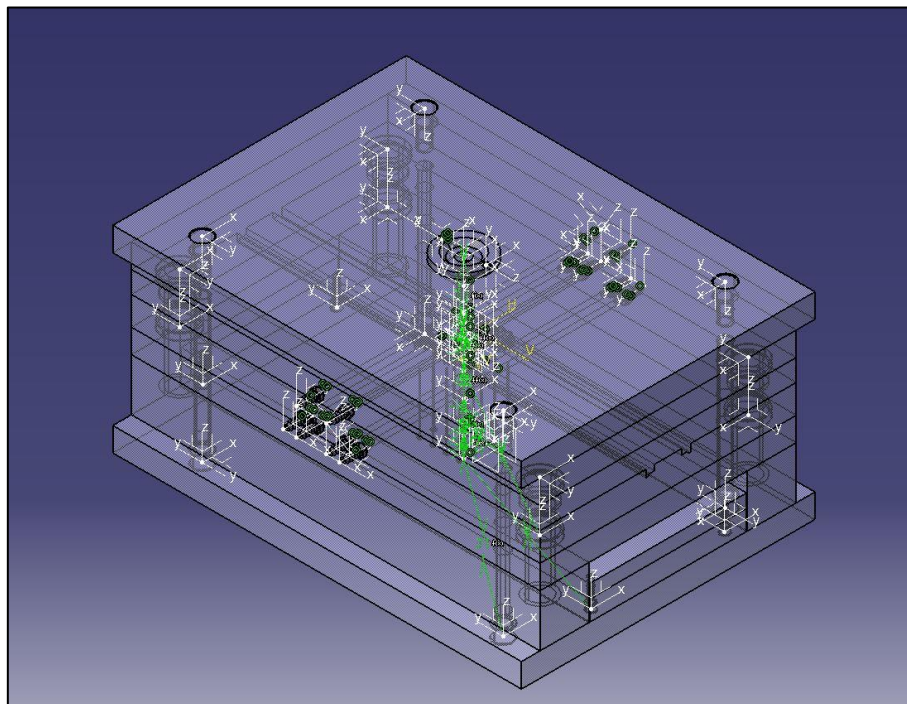
☐ Duplicate data in CATIA model

OK Apply Cancel

Fuente: Elaboración propia

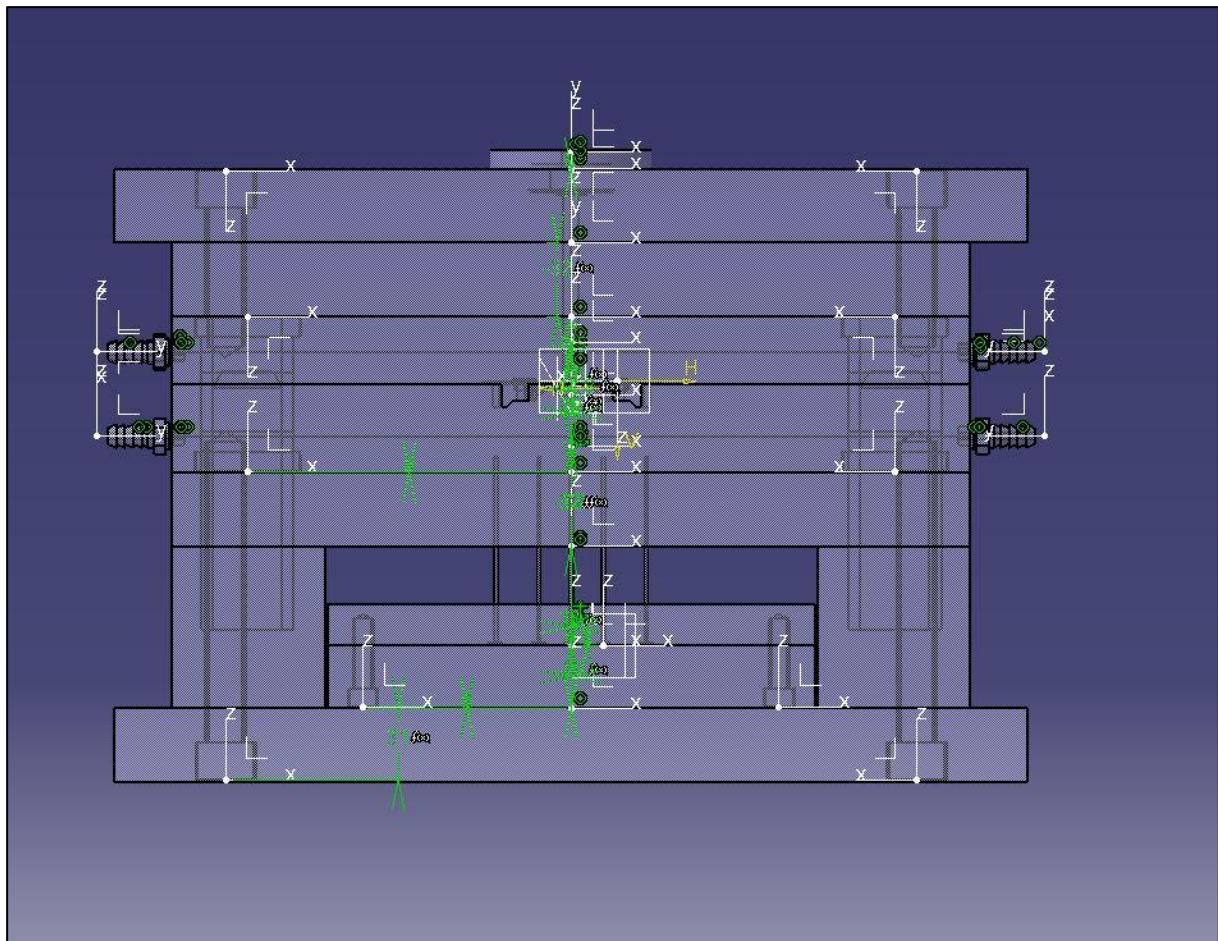
- Molde 345x550

Figura 54: Vista isométrica del molde 345x550



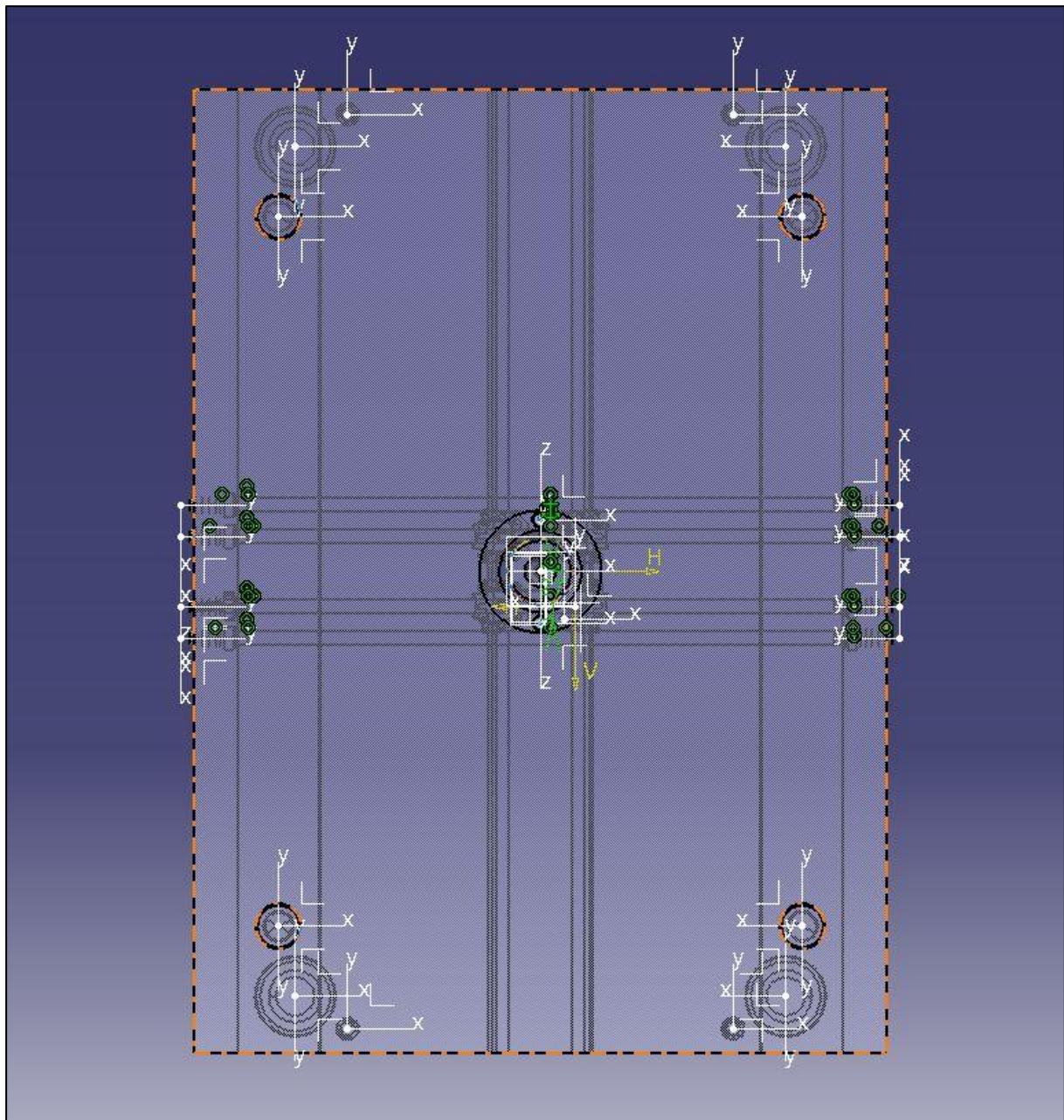
Fuente: Elaboración propia

Figura 55: Alzado del molde 345x550



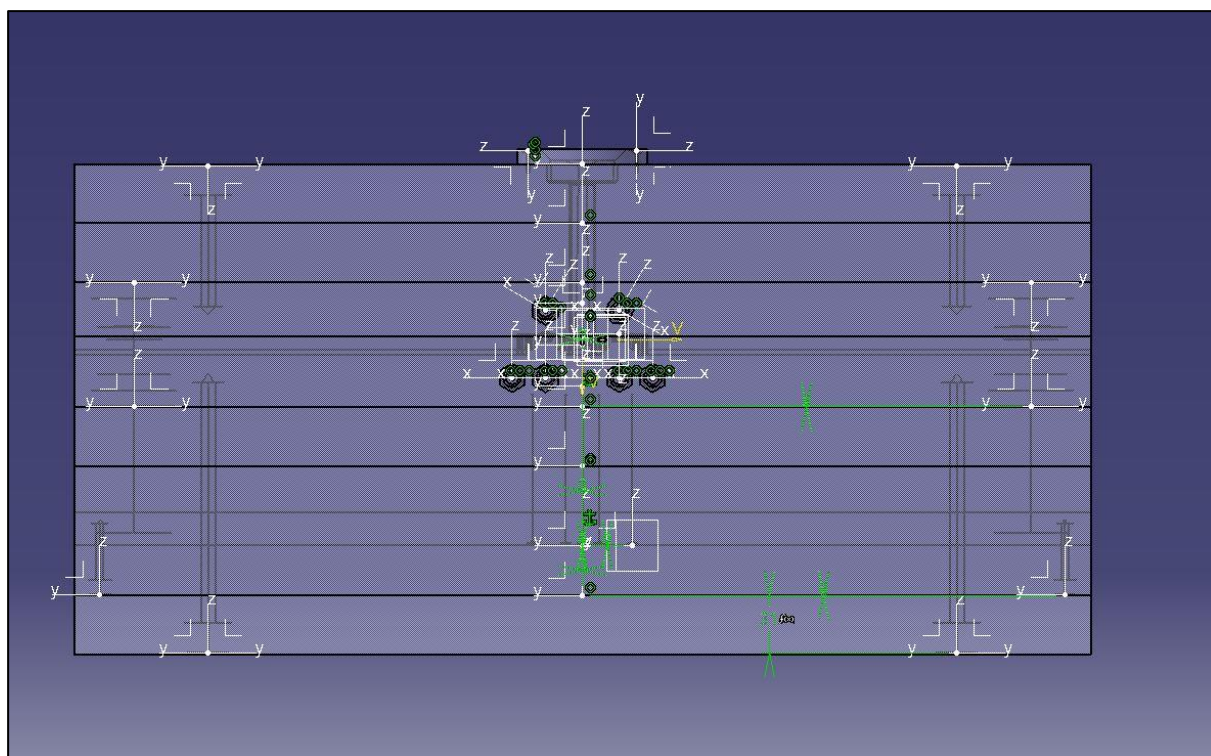
Fuente: Elaboración propia

Figura 56: Planta del molde 345x550



Fuente: Elaboración propia

Figura 57: Perfil del molde 345x550



Fuente: Elaboración propia

Figura 58: Configuración 31 correspondiente al molde 345x550

ARMAZON active, configuration row: 31

Design Table Properties
Name: ARMAZON
Comment: DesignTable created by usuario 03/10/2023

Configurations Associations

Filter:

Line	A	A2	B	H	H2	I	I2	R	TM	TD1	TD2	TD3	TC	TCa	TLFija	GD1	GD2	GD3	GD4	GC
25	340mm	295mm	450mm	320mm	395mm	259mm	240mm	36mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
26	340mm	295mm	450mm	320mm	395mm	259mm	240mm	48mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
27	346mm	296mm	296mm	186mm	244mm	250mm	250mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
28	346mm	296mm	346mm	224mm	294mm	244mm	244mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
29	346mm	296mm	396mm	284mm	340mm	248mm	248mm	47mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
30	346mm	296mm	446mm	324mm	394mm	244mm	244mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
<31>	395mm	345mm	550mm	405mm	485mm	299mm	280mm	46mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
32	395mm	345mm	550mm	405mm	485mm	299mm	280mm	66mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
33	396mm	346mm	346mm	224mm	294mm	294mm	294mm	43mm	12mm	13,5mm	18mm	20mm	13mm	12mm	25mm	22mm	30mm	35mm	36mm	6,5m
34	396mm	346mm	396mm	230mm	316mm	274mm	274mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
35	396mm	346mm	446mm	280mm	374mm	274mm	274mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
36	396mm	346mm	546mm	380mm	474mm	274mm	274mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
37	396mm	346mm	596mm	430mm	524mm	274mm	274mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
38	446mm	396mm	396mm	230mm	324mm	324mm	324mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
39	446mm	396mm	496mm	330mm	424mm	324mm	324mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
40	496mm	396mm	596mm	430mm	524mm	324mm	324mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
41	496mm	396mm	696mm	530mm	624mm	324mm	324mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m
42	546mm	446mm	446mm	280mm	374mm	374mm	374mm	62mm	16mm	17,5mm	24mm	26mm	17mm	16mm	30mm	30mm	40mm	45mm	46mm	8,5m

Edit table...

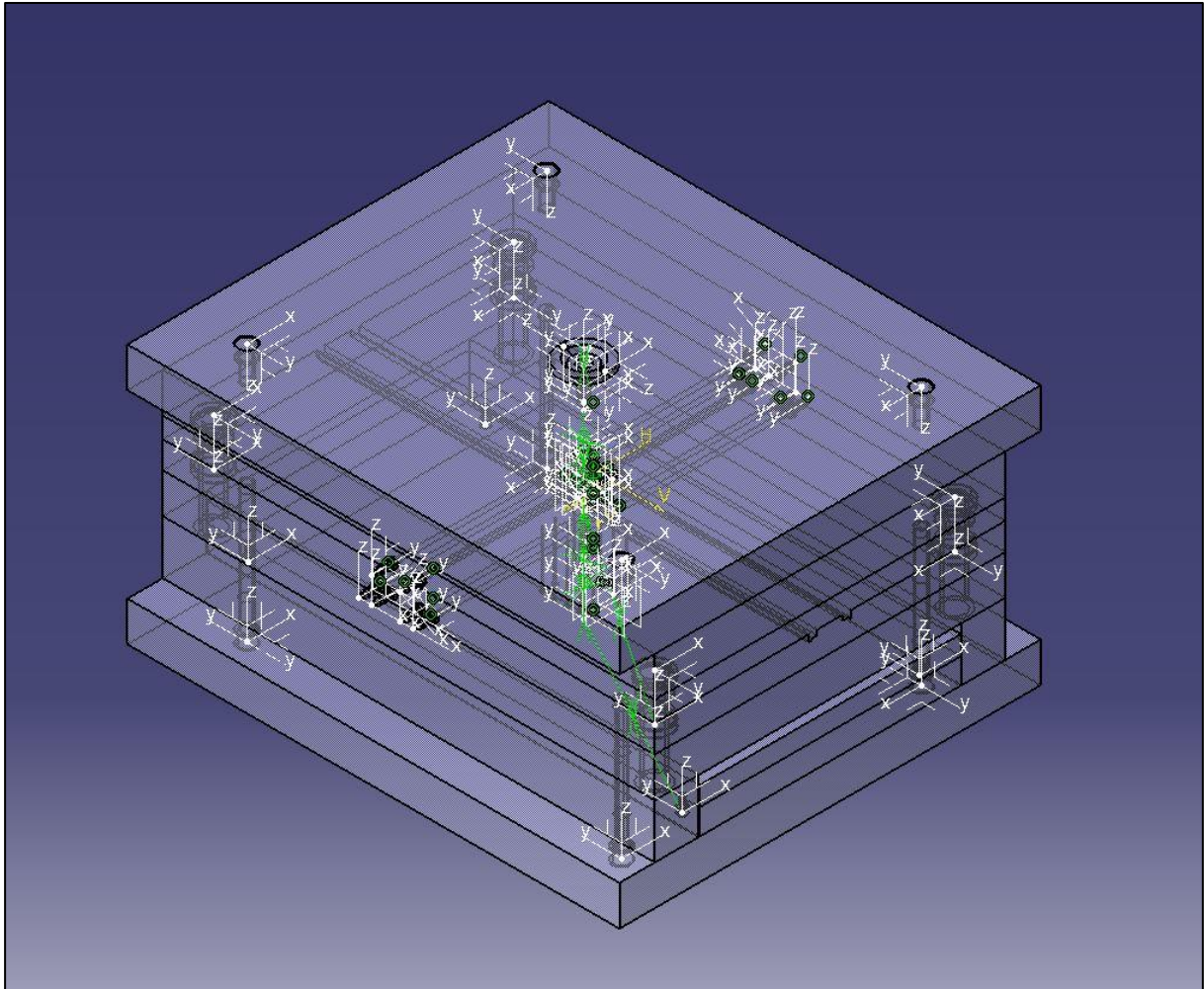
☐ Duplicate data in CATIA model

OK Apply Cancel

Fuente: Elaboración propia

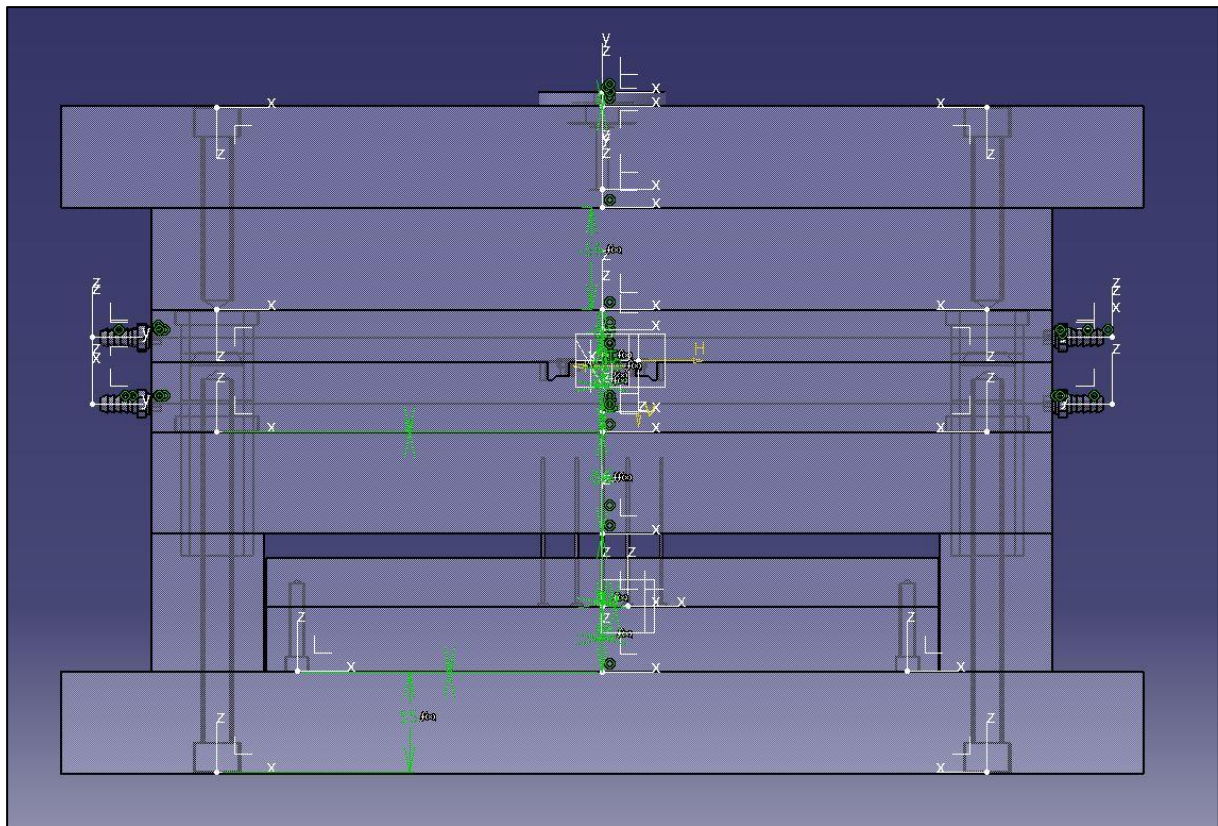
- **Molde 496x696**

Figura 59: Vista isométrica del molde 496x696



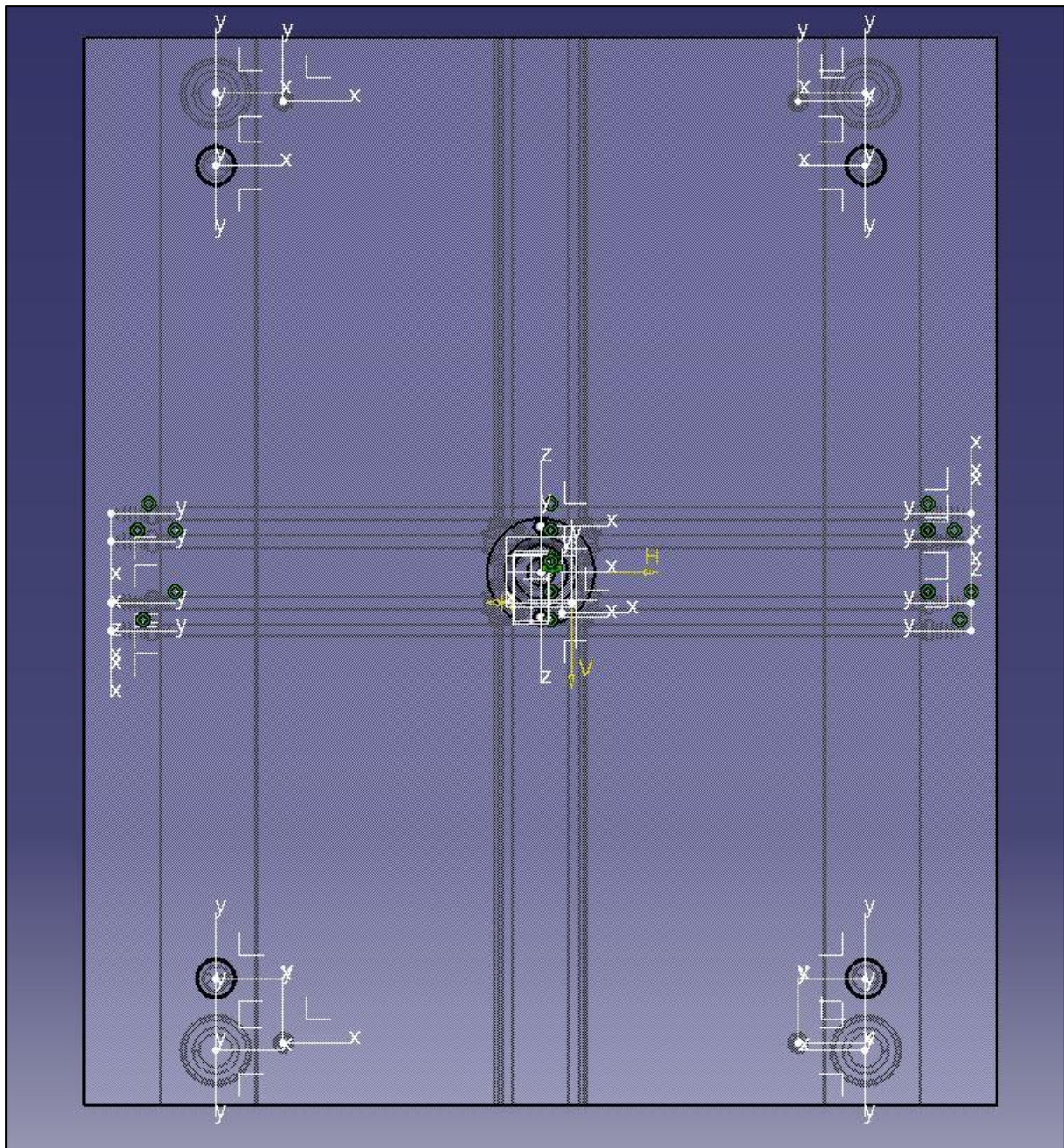
Fuente: Elaboración propia

Figura 60: Alzado del molde 496x696



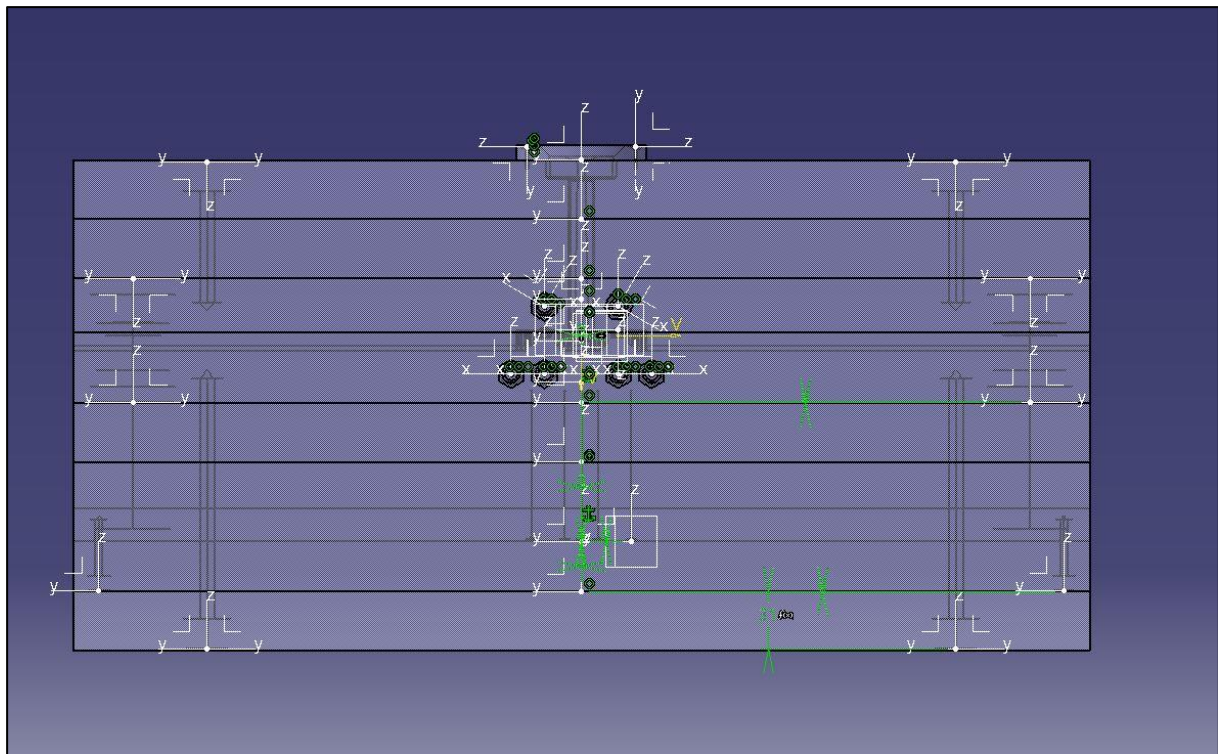
Fuente: Elaboración propia

Figura 61: Planta del molde 496x696



Fuente: Elaboración propia

Figura 62: Perfil del molde 496x696



Fuente: Elaboración propia

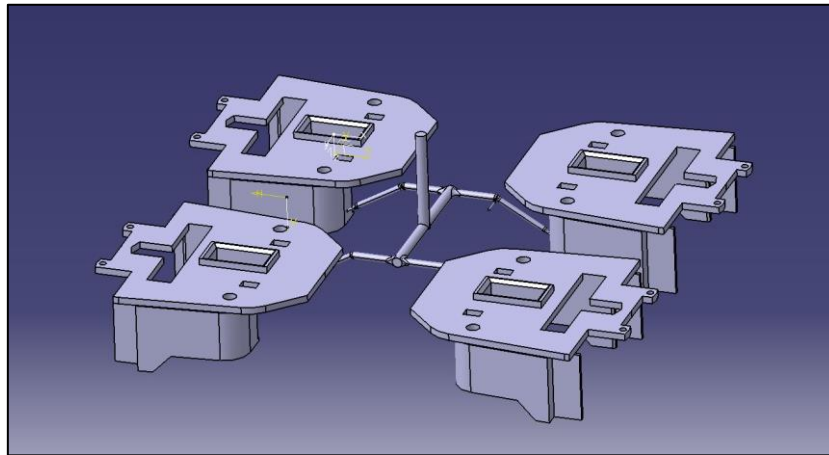
3.2.- SIMULACION MODLFLOW

Con el fin de comprobar la calidad de inyección de nuestra pieza se llevará a cabo una simulación de inyección mediante el software Modflow Adviser. Este software es un simulador de moldes de inyección desarrollado por Autodesk, utilizado en la industria del diseño y fabricación de productos de plástico moldeado por inyección. Este software permite a ingenieros y diseñadores prever y solucionar problemas potenciales en el diseño del molde, como deformaciones, defectos de llenado y áreas con exceso de material, antes de la producción real. Algunas de sus características incluyen análisis de flujo de plástico, predicción de deformaciones y tensiones, optimización del diseño del molde y análisis de enfriamiento, este software ayuda a mejorar la eficiencia y calidad de productos de plástico moldeado por inyección al permitir prever y resolver problemas en el diseño del molde antes de la producción en masa.

La pieza a inyectar se trata de una parte del sistema de cerradura de un electrodoméstico por lo tanto la estética de la misma no es un factor de peso, sin embargo, el material utilizado si debe ser resistente para soportar los ciclos de apertura y cierre. Por ello hemos utilizado un

material plástico del tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), es un termoplástico ampliamente utilizado conocido por su alta resistencia a los impactos y tenacidad, así como por su rigidez y resistencia a la deformación. Es fácilmente moldeable mediante procesos como moldeo por inyección, extrusión y termoformado. Además, el ABS exhibe buenas propiedades eléctricas y resistencia a productos químicos, lo que lo hace útil en el ámbito que va a ser utilizado.

Figura 63: Pieza a inyectar



Fuente: Elaboración propia

Los parámetros a estudiar en las distintas simulaciones que llevaremos a cabo son los siguientes:

Tabla 26: Parámetros a estudiar en las simulaciones mediante Moldflow

PARÁMETRO	UNIDADES
Tiempo de llenado	Segundos [s]
Tiempo de ciclo	Segundos [s]
Confianza de llenado	Baja-Media-Alta
Temperatura de fluido	Grados Celsius [° C]
Tiempo para alcanzar la expulsión	Segundos [s]
Calidad de refrigeración	Baja-Media-Alta
Temperatura del refrigerante en el circuito	Grados Celsius [° C]
Estimación de rechupes	Milímetros [mm]

Fuente: Elaboración propia

Escenario 1

Llevaremos a cabo la simulación de nuestra pieza con las siguientes condiciones:

Tabla 27: Condiciones impuestas para simular el escenario 1

Temperatura de refrigerante [°C]	25
Tipo de refrigerante	Agua (H ₂ O)
Caudal del circuito [l/min]	10
Tipo de plástico (ABS)	AF312C (LG Chem Huizhou)
Temperatura del molde [°C]	55
Temperatura del plástico fundido [°C]	200
Presión máxima de inyección [MPa]	180
Tiempo de apertura del molde [s]	60

Fuente: Elaboración propia 3

Figura 64: Información de la simulación 1

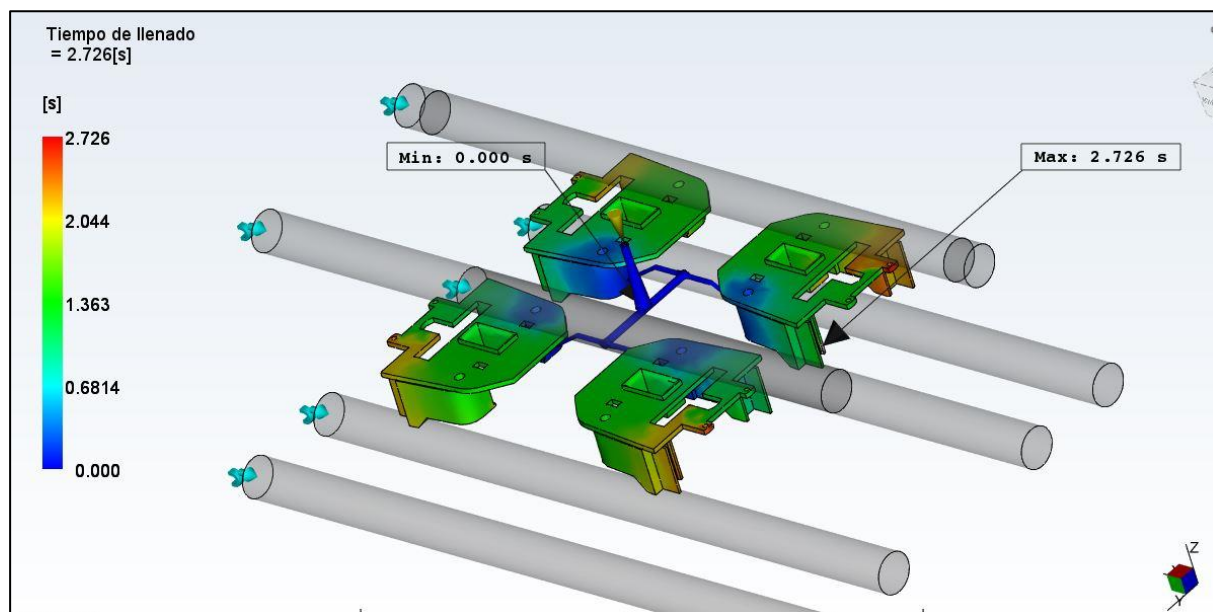
Material	
Fabricante del material	LG Chem Huizhou Petrochemical
Nombre comercial del material	AF312C
Impacto medioambiental	
Temp. masa fundida	200.0 (C)
Temperatura del molde	55.0 (C)
Puntos de inyección	1
Presión máxima de inyección de la máquina	180.000 (MPa)
Tiempo de inyección seleccionado	Automático
Conmutación velocidad/presión	Automático
Perfil de compactación	
Tiempo (s)	% presión al final del llenado
0.00	80.00
10.00	80.00
Tiempo de inyección + compactación + refrigeración	Automático
Tiempo de máquina con molde abierto	60.00 (s)
Advertencias del modelo	
Ninguno	

Fuente: Elaboración propia

Resultados:

-Tiempo de llenado:

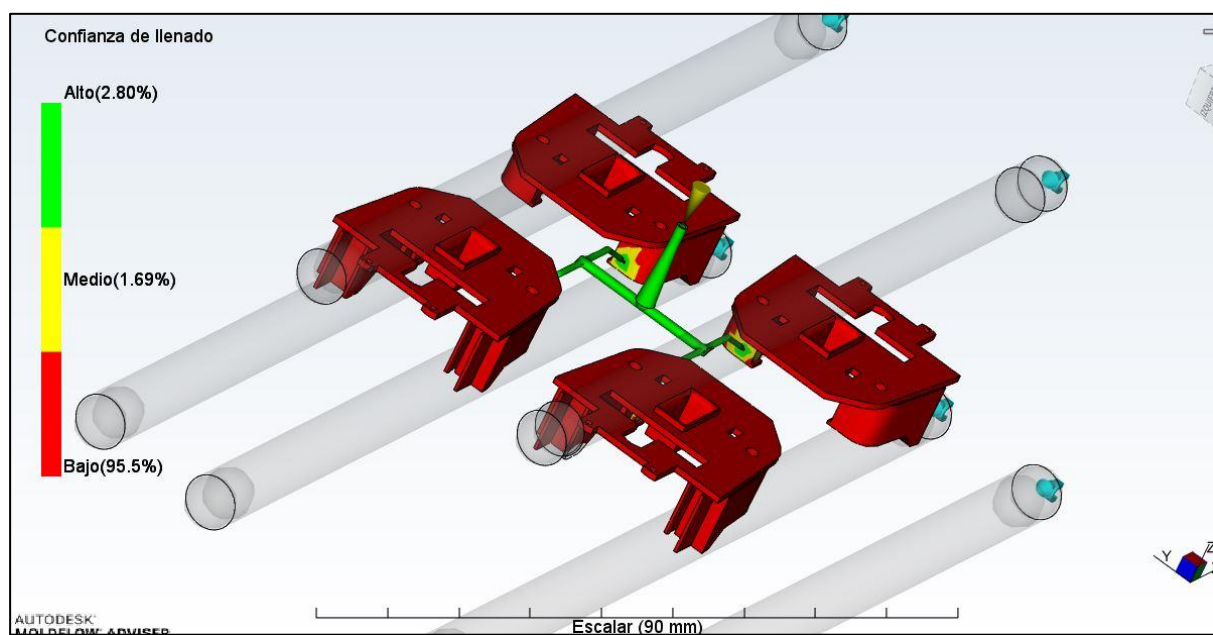
Figura 65: Resultado del tiempo de llenado de la pieza para la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

-Confianza de llenado:

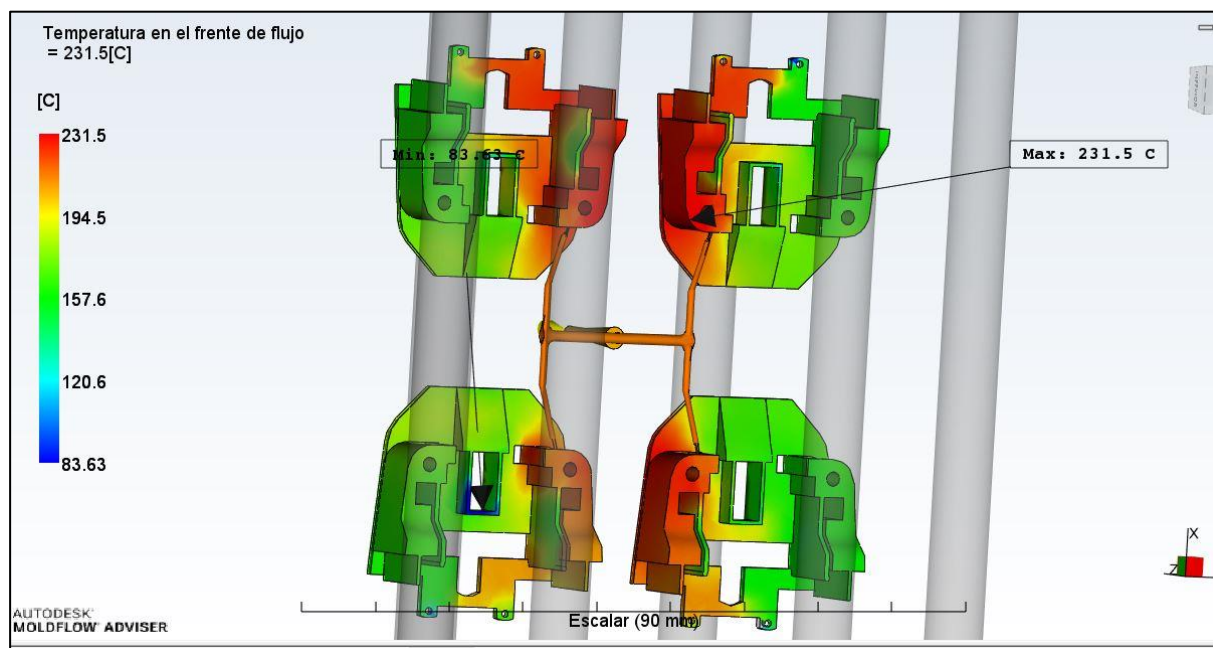
Figura 66: Resultado de la confianza de llenado de la pieza para la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

-Temperatura de fluido:

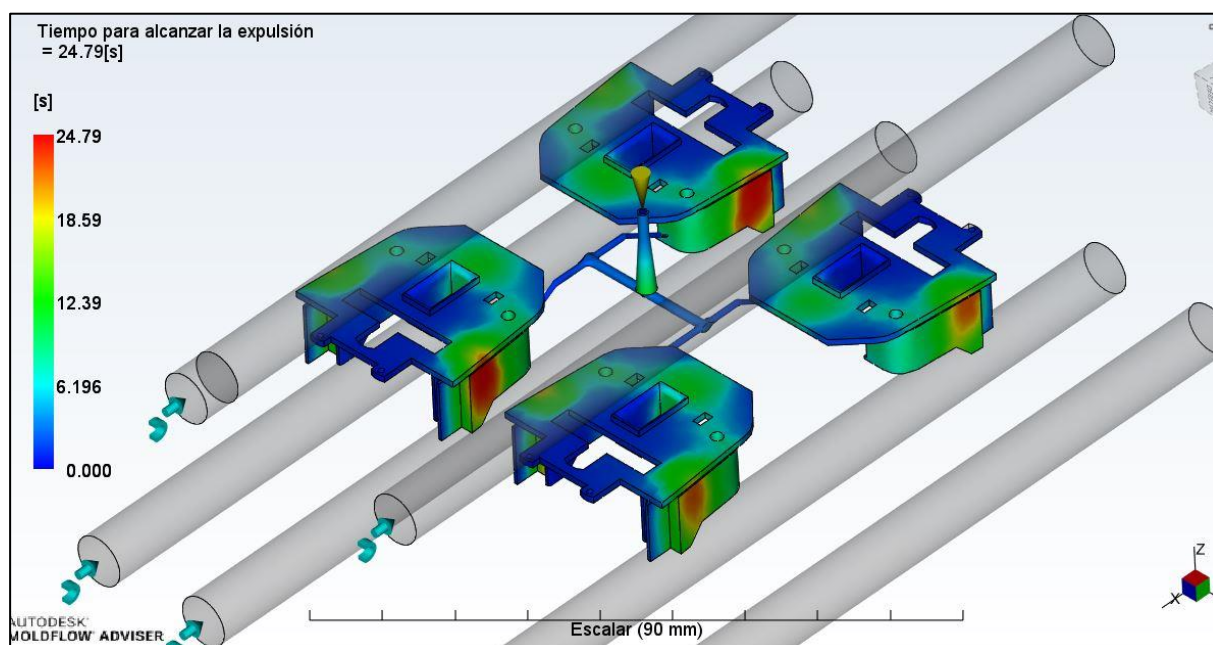
Figura 67: Resultado de la temperatura del fluido de la pieza para la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

-Tiempo para alcanzar la expulsión:

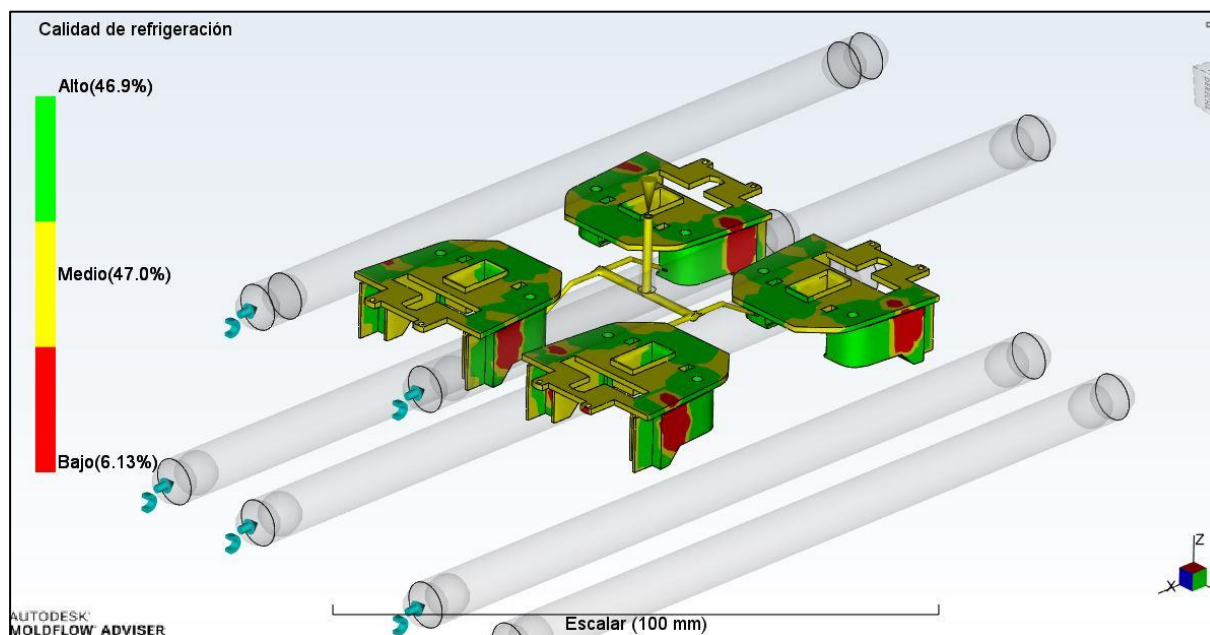
Figura 68: Resultado del tiempo para alcanzar la expulsión de la pieza para la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

-Calidad de refrigeración:

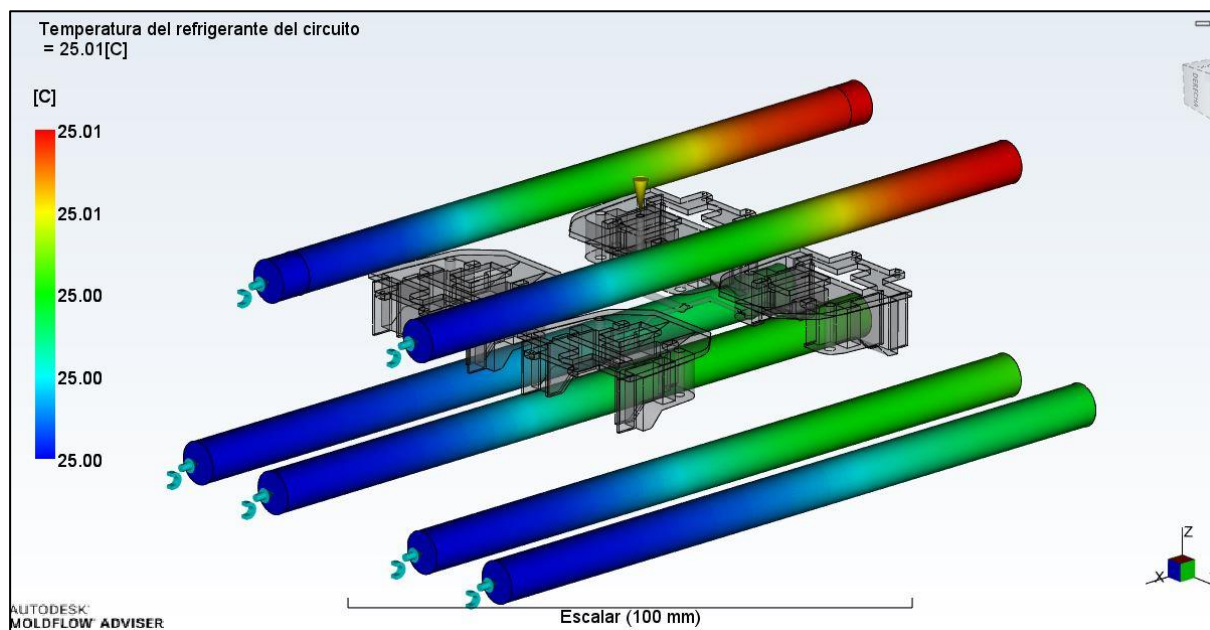
Figura 69:Resultado de la calidad de refrigeración de la pieza para la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

-Temperatura del circuito refrigerante:

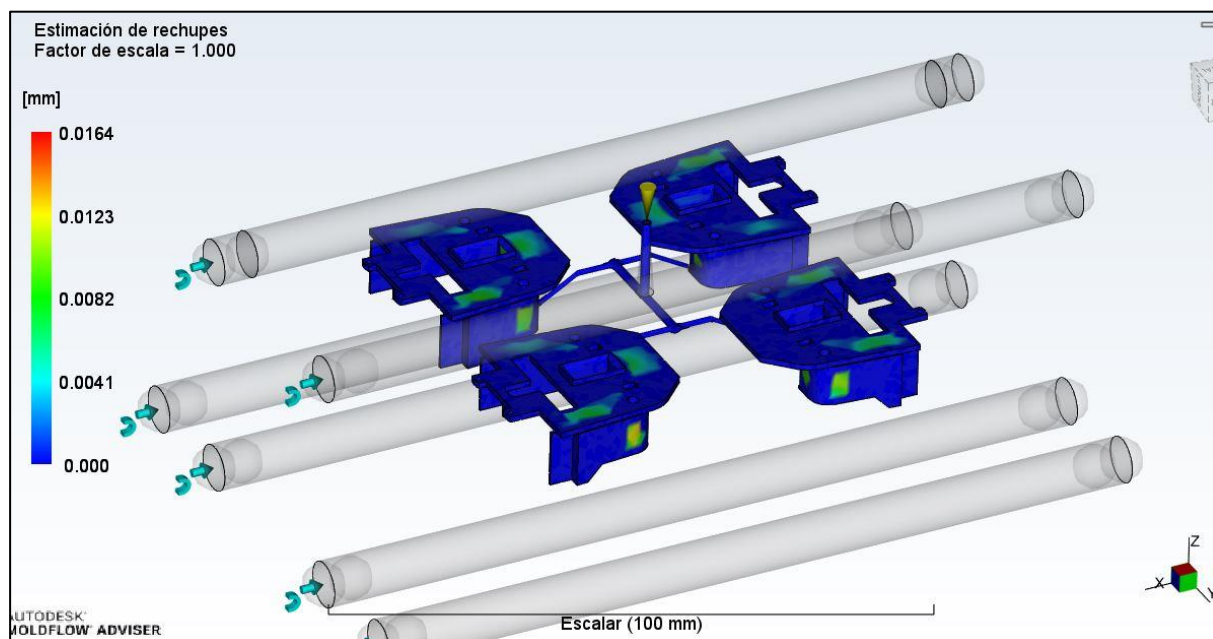
Figura 70:Resultado de la temperatura del circuito refrigerante de la pieza para la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

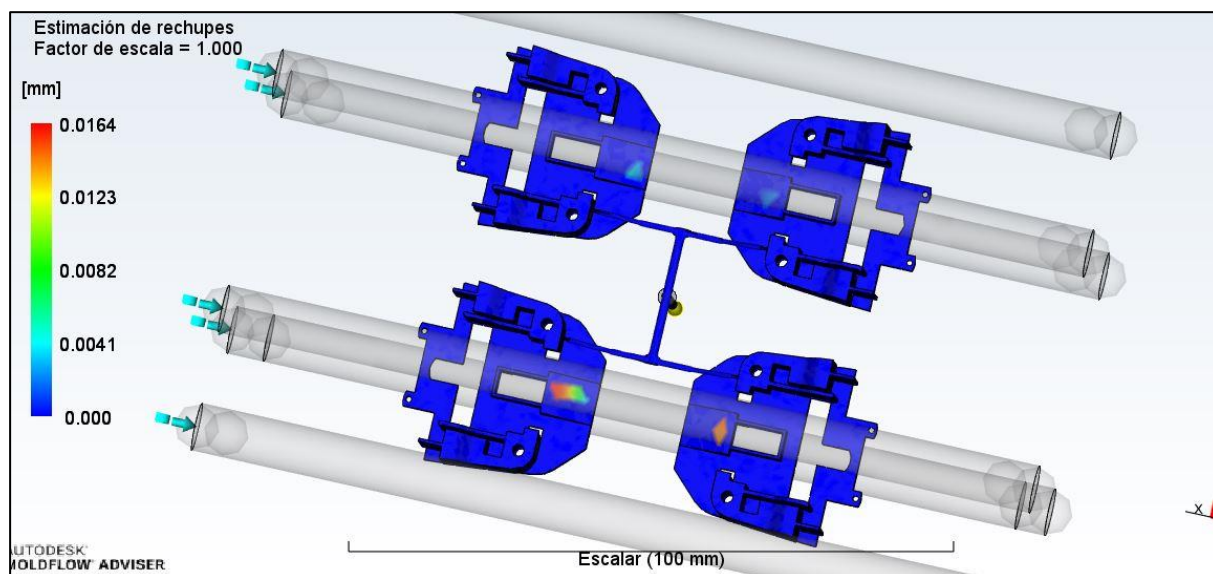
-Rechupes:

Figura 71: Resultado de los rechupes que puede sufrir la pieza para la simulación 1



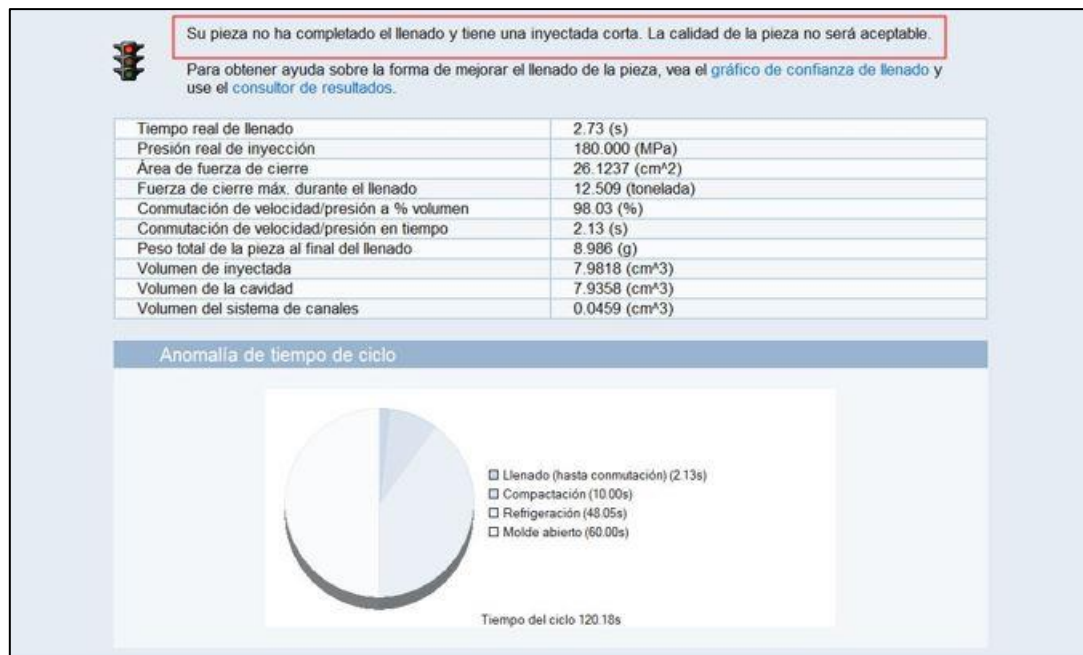
Fuente: Elaboración propia

Figura 72: Resultado de los rechupes que puede sufrir la pieza para la simulación 1



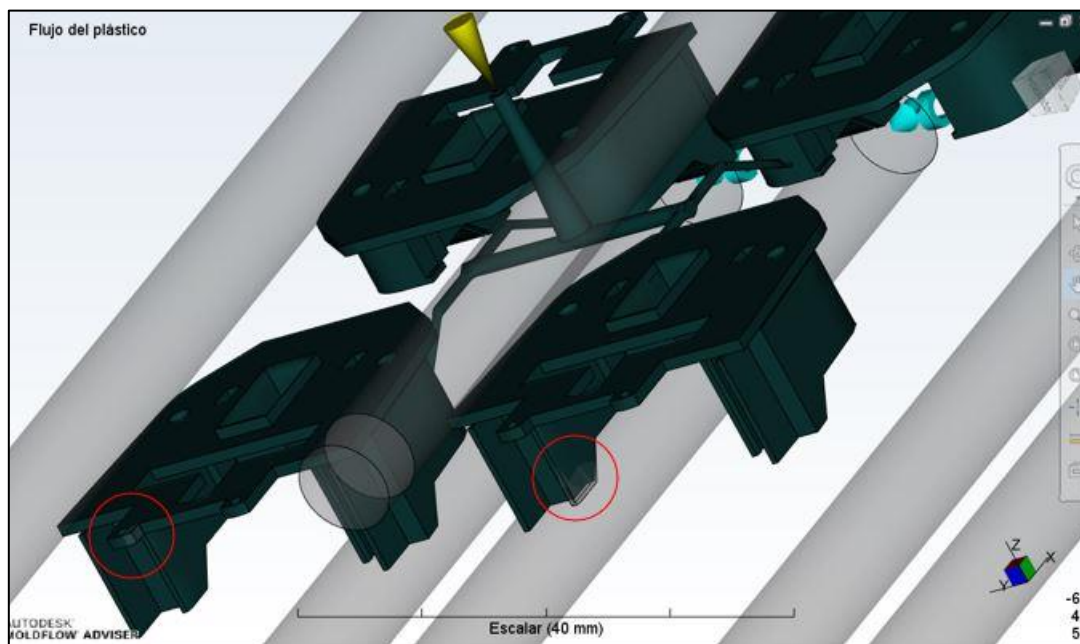
Fuente: Elaboración propia

Figura 73: Resumen de la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 74: Imagen de la zona sin llenar de la pieza de la simulación 1



Fuente: Elaboración propia

Debido a la complejidad geométrica de la pieza no se ha completado el llenado por lo tanto variaremos las condiciones de entrada del proceso en nuevos escenarios hasta que consigamos que la pieza sea inyectada por completa.

Escenario 2

En esta simulación aumentaremos la presión de inyección 70 MPa con respecto a la primera simulación hasta conseguir unos 250 MPa de inyección, con el objetivo de conseguir el llenado completo de la pieza, además esto generará entre otros resultados disminuir el tiempo de llenado, aumentar la confianza de llenado y disminuir las dimensiones de los rechupes.

Tabla 28: Condiciones impuestas para simular el escenario 2

Temperatura de refrigerante [°C]	25
Tipo de refrigerante	Agua (H ₂ O)
Caudal del circuito [l/min]	10
Tipo de plástico (ABS)	AF312C (LG Chem Huizhou)
Temperatura del molde [°C]	55
Temperatura del plástico fundido [°C]	200
Presión máxima de inyección [MPa]	250
Tiempo de apertura del molde [s]	10

Fuente: Elaboración propia

Figura 75: Información de la simulación 2

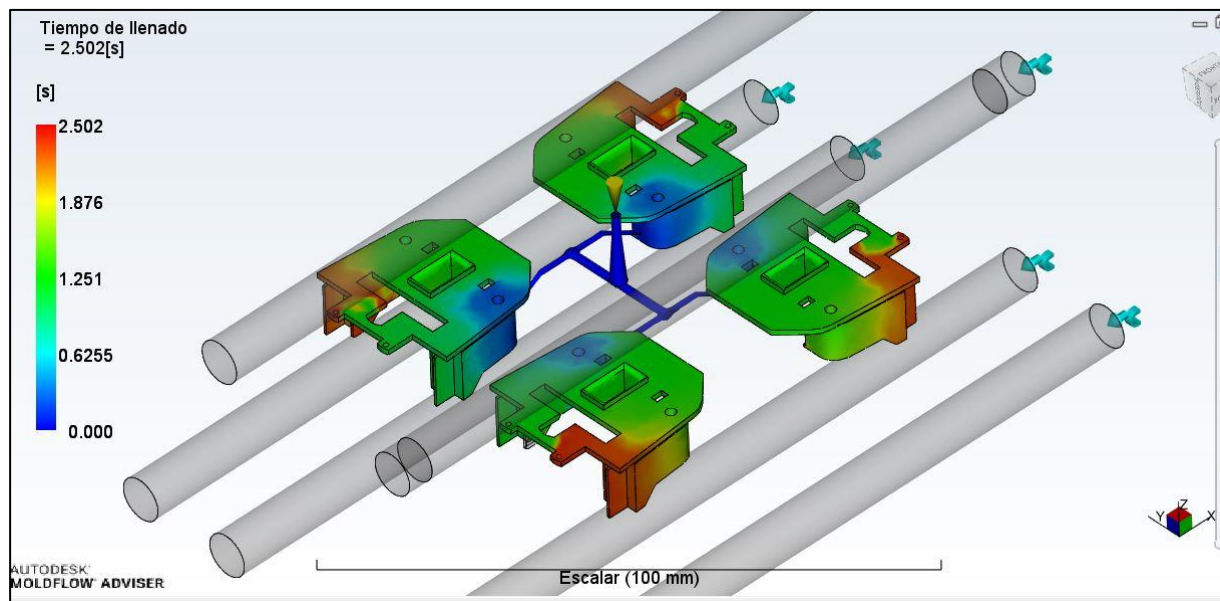
Material	
Fabricante del material	LG Chem Huizhou Petrochemical
Nombre comercial del material	AF312C
Impacto medioambiental	
Temp. masa fundida	200.0 (C)
Temperatura del molde	55.0 (C)
Puntos de inyección	1
Presión máxima de inyección de la máquina	250.000 (MPa)
Tiempo de inyección seleccionado	Automático
Conmutación velocidad/presión	Automático
Perfil de compactación	
Tiempo (s)	% presión al final del llenado
0.00	80.00
10.00	80.00
Tiempo de inyección + compactación + refrigeración	Automático
Tiempo de máquina con molde abierto	10.00 (s)
Advertencias del modelo	
Ninguno	

Fuente: Elaboración propia

Resultados:

-Tiempo de llenado:

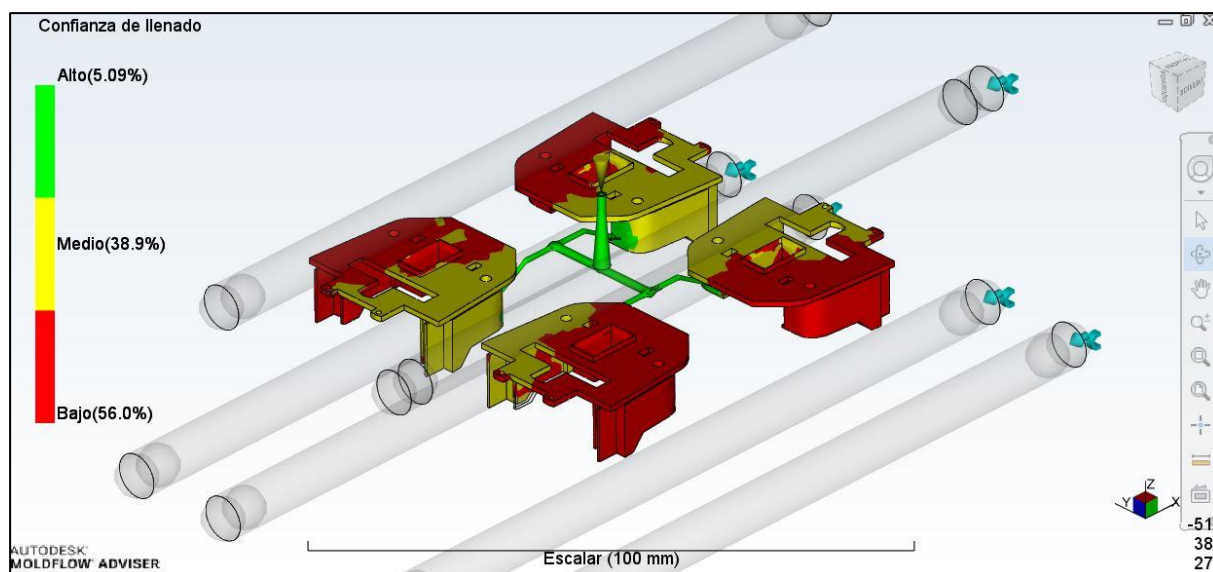
Figura 76: Resultado del tiempo de llenado de la pieza para la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

-Confianza de llenado:

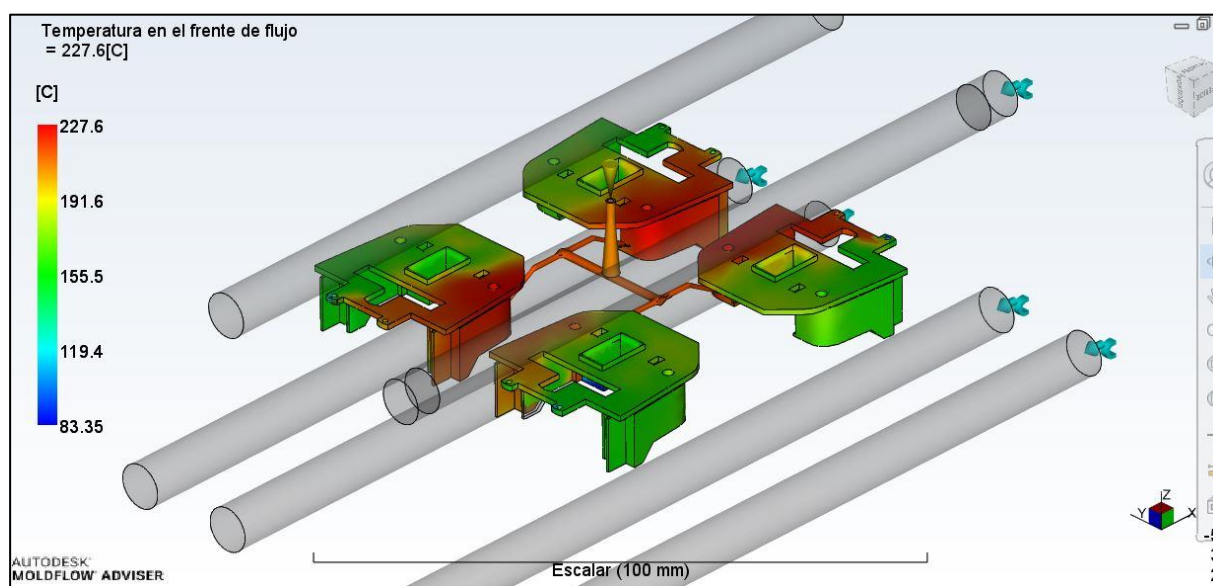
Figura 77: Resultado de la confianza de llenado de la pieza para la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

-Temperatura de fluido:

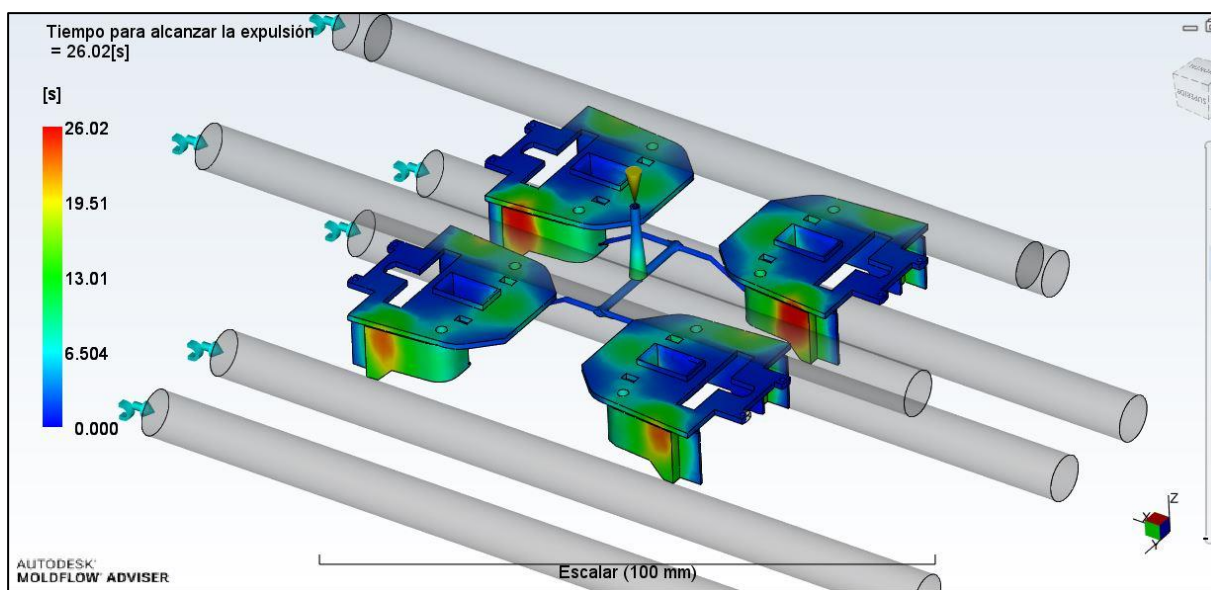
Figura 78: Resultado de la temperatura de fluido de la pieza para la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

-Tiempo para alcanzar la expulsión:

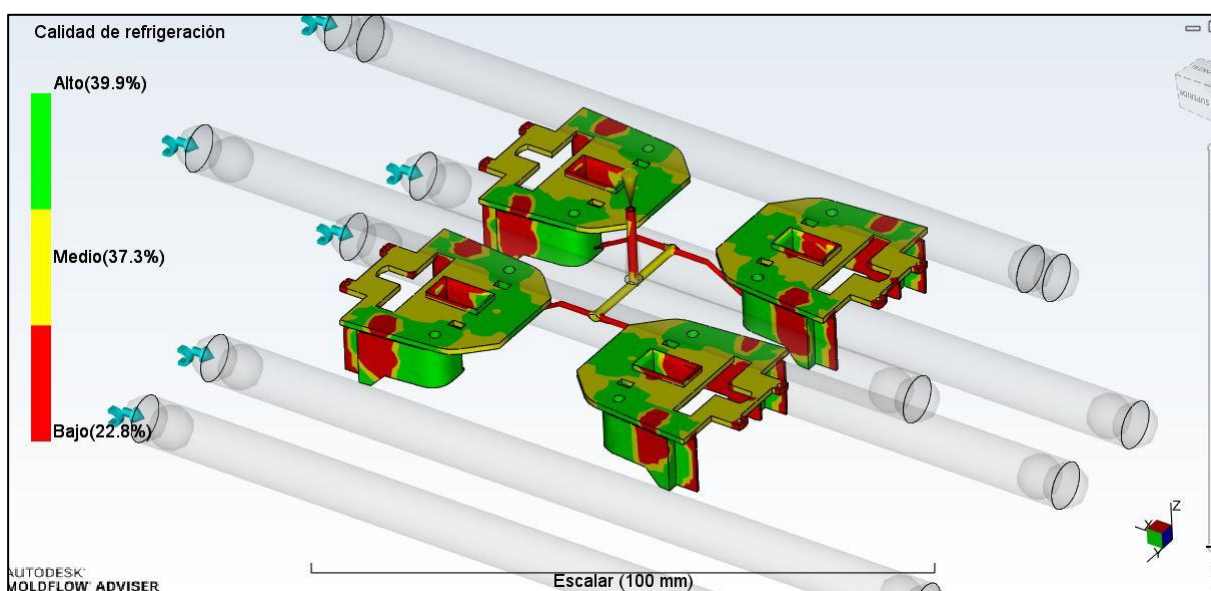
Figura 79: Resultado del tiempo para alcanzar la expulsión de la pieza para la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

-Calidad de refrigeración:

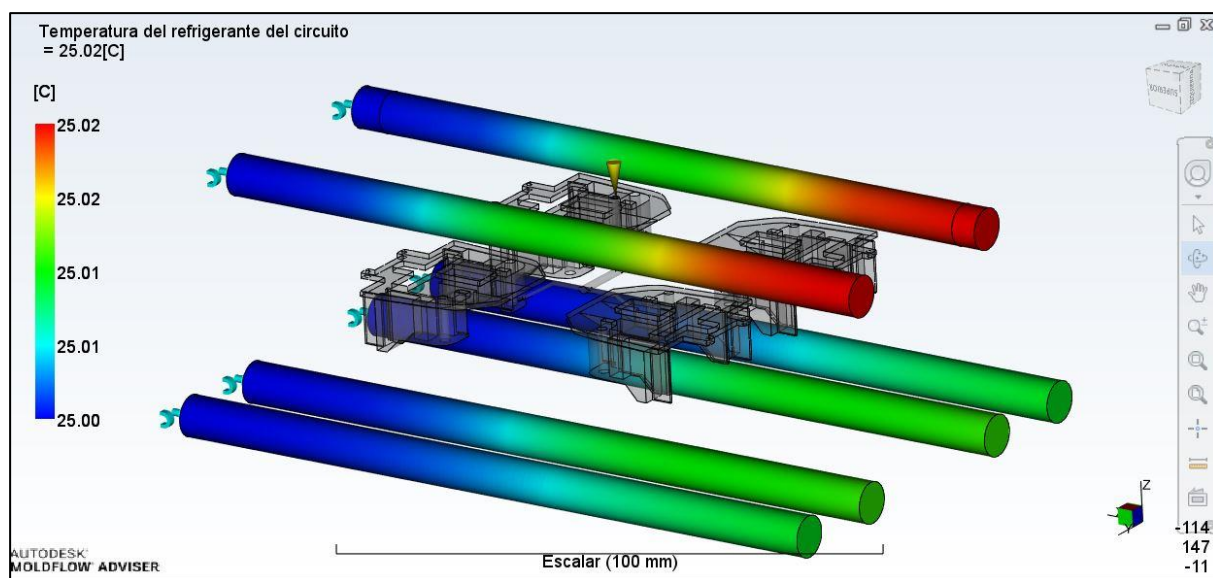
Figura 80: Resultado de la calidad de refrigeración de la pieza para la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

-Temperatura del circuito refrigerante:

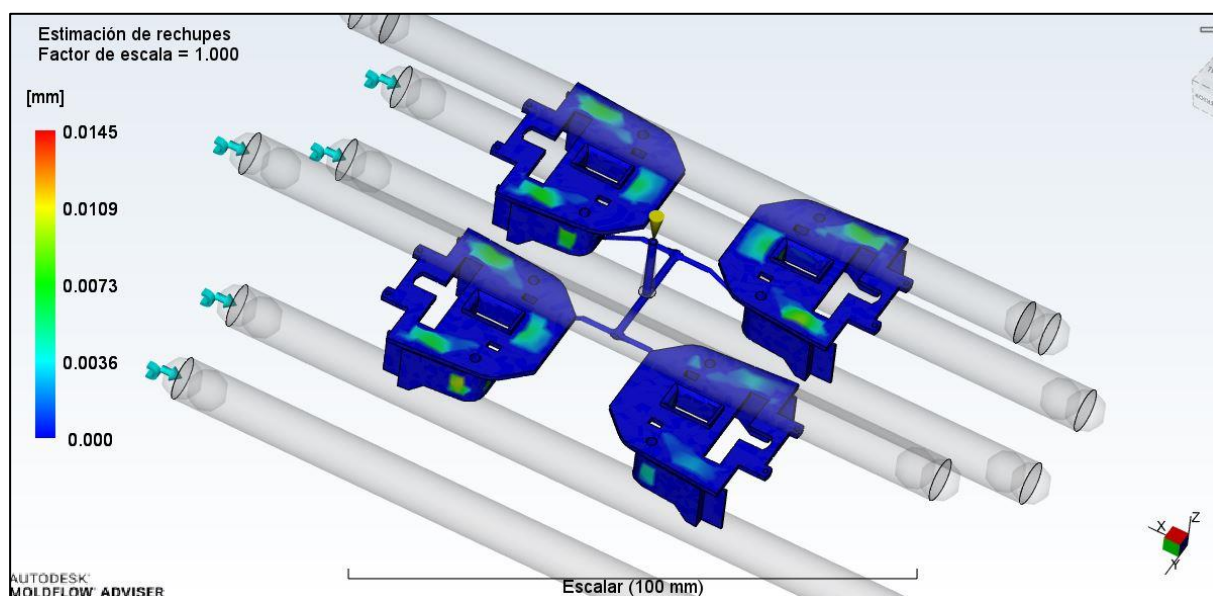
Figura 81: Resultado de la temperatura del circuito refrigerante de la pieza para la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

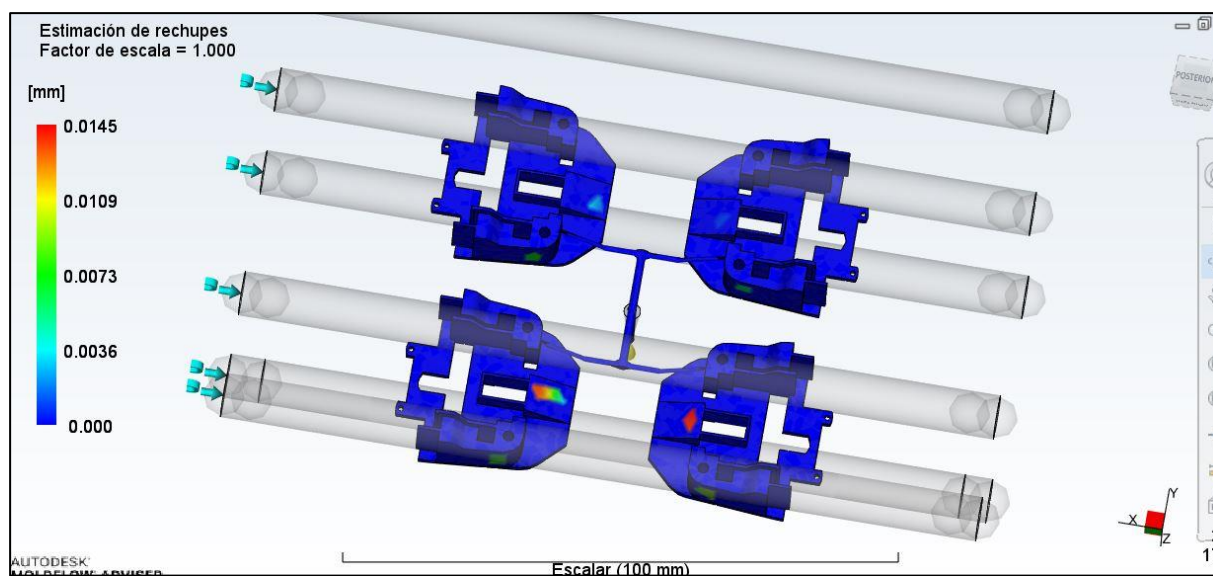
-Rechupes:

Figura 82: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 2



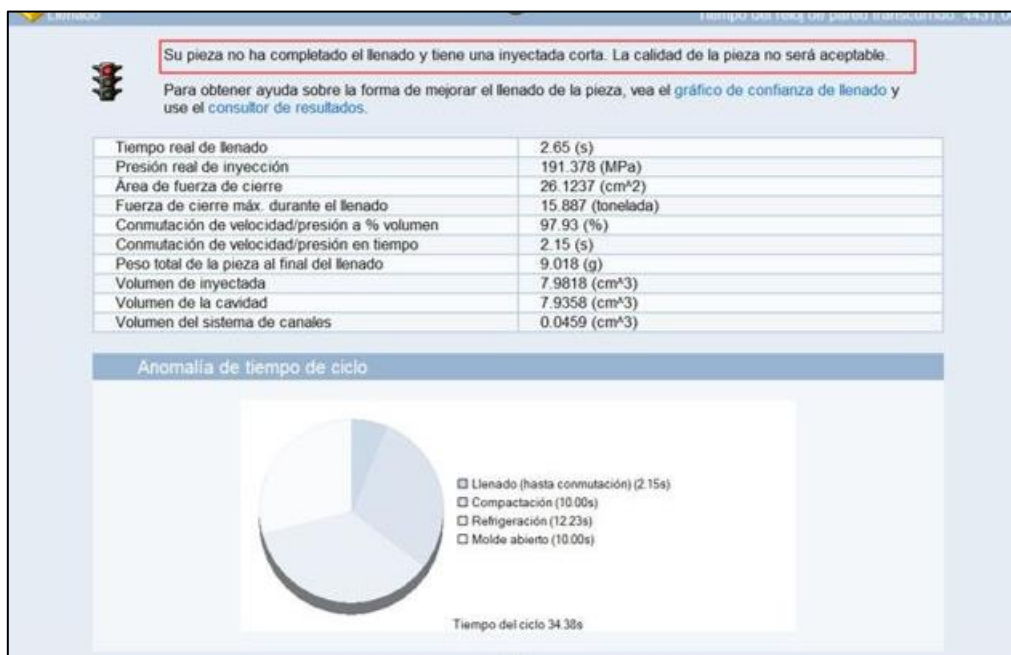
Fuente: Elaboración propia

Figura 83: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 2



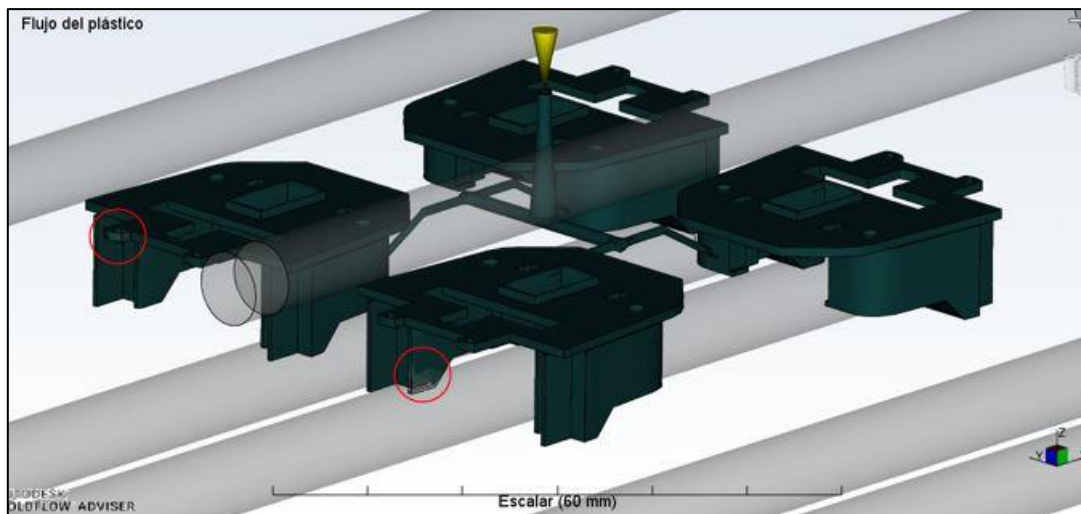
Fuente: Elaboración propia

Figura 84: Resumen final de la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 85: Imagen de la zona sin llenar de la pieza de la simulación 2



Fuente: Elaboración propia

Al aumentar la presión de inyección se mejoran los resultados obtenidos, pero aún no conseguimos que la pieza sea moldeada por completo, por lo tanto, seguiremos aumentando la presión de inyección y las temperaturas del fluido y molde.

Escenario 3

En esta simulación además de aumentar la presión de inyección hasta los 350 MPa, aumentaremos a su vez la temperatura del molde hasta los 60 °C y la temperatura del material hasta los 230 °C, con todo esto finalmente conseguiremos el llenado completo de la pieza además de disminuir el tiempo de llenado y aumentar la confianza de llenado.

Tabla 29: Condiciones impuestas para simular el escenario 3

Temperatura de refrigerante [°C]	25
Tipo de refrigerante	Agua (H ₂ O)
Caudal del circuito [l/min]	10
Tipo de plástico (ABS)	AF312C (LG Chem Huizhou)
Temperatura del molde [°C]	60
Temperatura del plástico fundido [°C]	230
Presión máxima de inyección [MPa]	350
Tiempo de apertura del molde [s]	10

Fuente: Elaboración propia

Figura 86: Información de la simulación 3

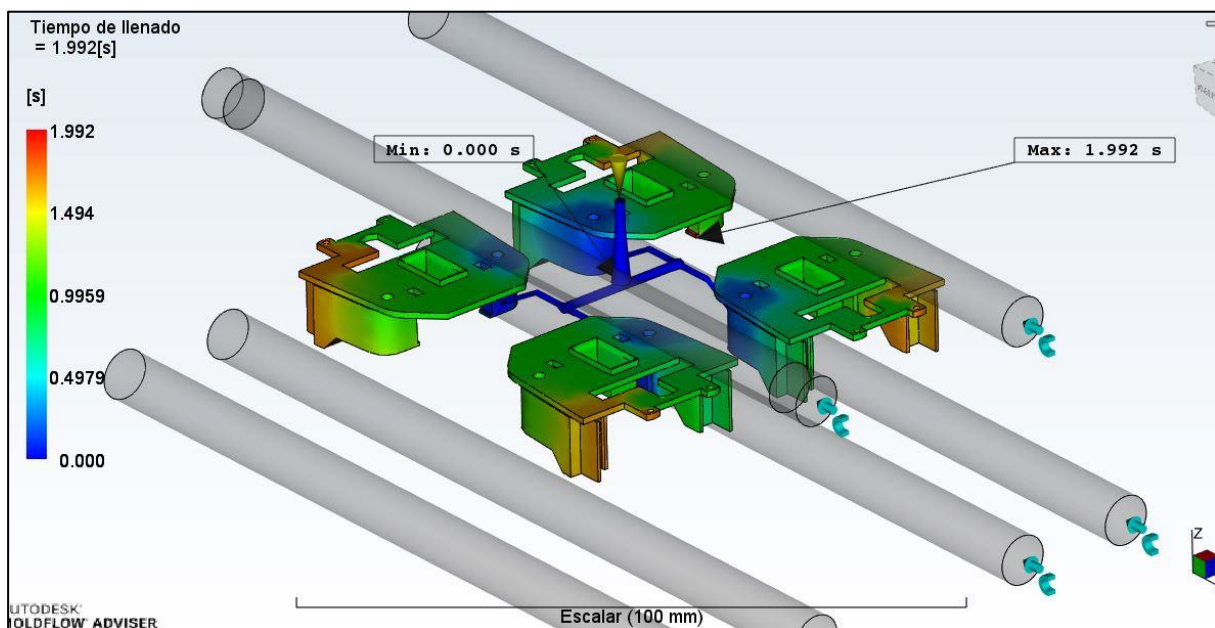
Material	
Fabricante del material	LG Chem Huizhou Petrochemical
Nombre comercial del material	AF312C
Impacto medioambiental	
Temp. masa fundida	230.0 (C)
Temperatura del molde	60.0 (C)
Puntos de inyección	1
Presión máxima de inyección de la máquina	350.000 (MPa)
Tiempo de inyección seleccionado	Automático
Conmutación velocidad/presión	Automático
Perfil de compactación	
Tiempo (s)	% presión al final del llenado
0.00	80.00
10.00	80.00
Tiempo de inyección + compactación + refrigeración	Automático
Tiempo de máquina con molde abierto	10.00 (s)
Advertencias del modelo	
Ninguno	

Fuente: Elaboración propia

Resultados:

-Tiempo de llenado:

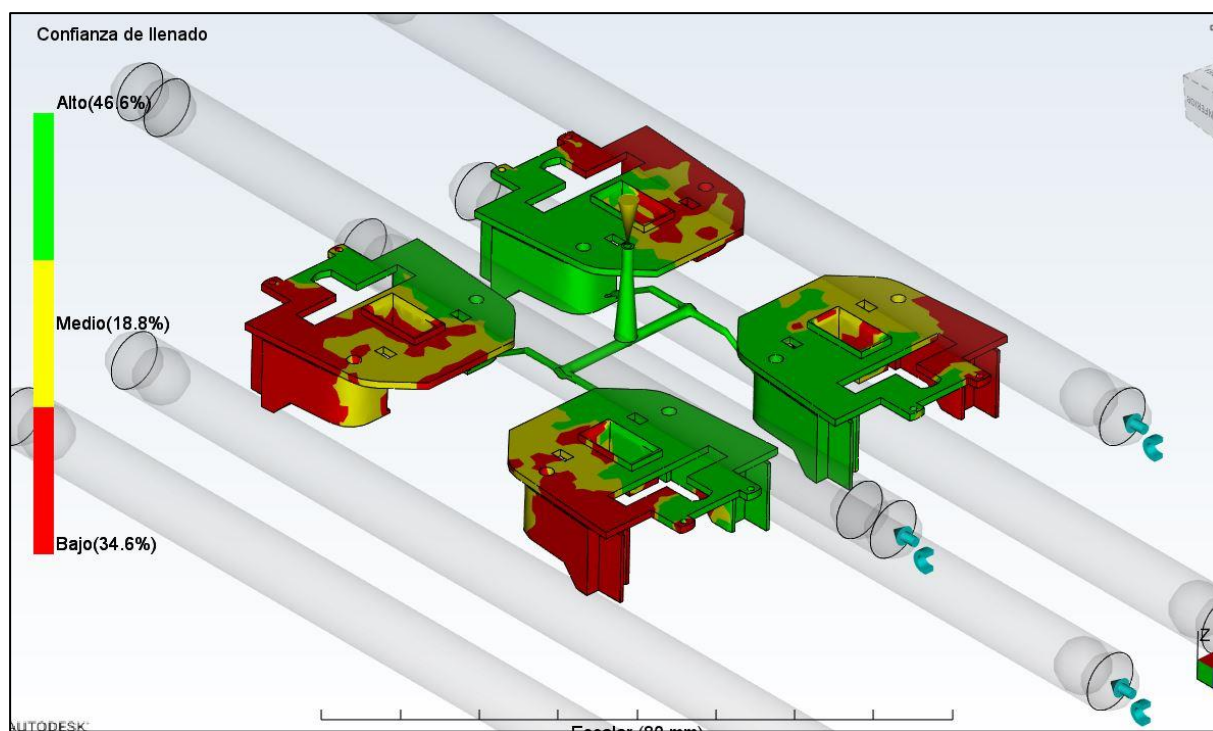
Figura 87:Resultado del tiempo de llenado de la pieza para la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

-Confianza de llenado:

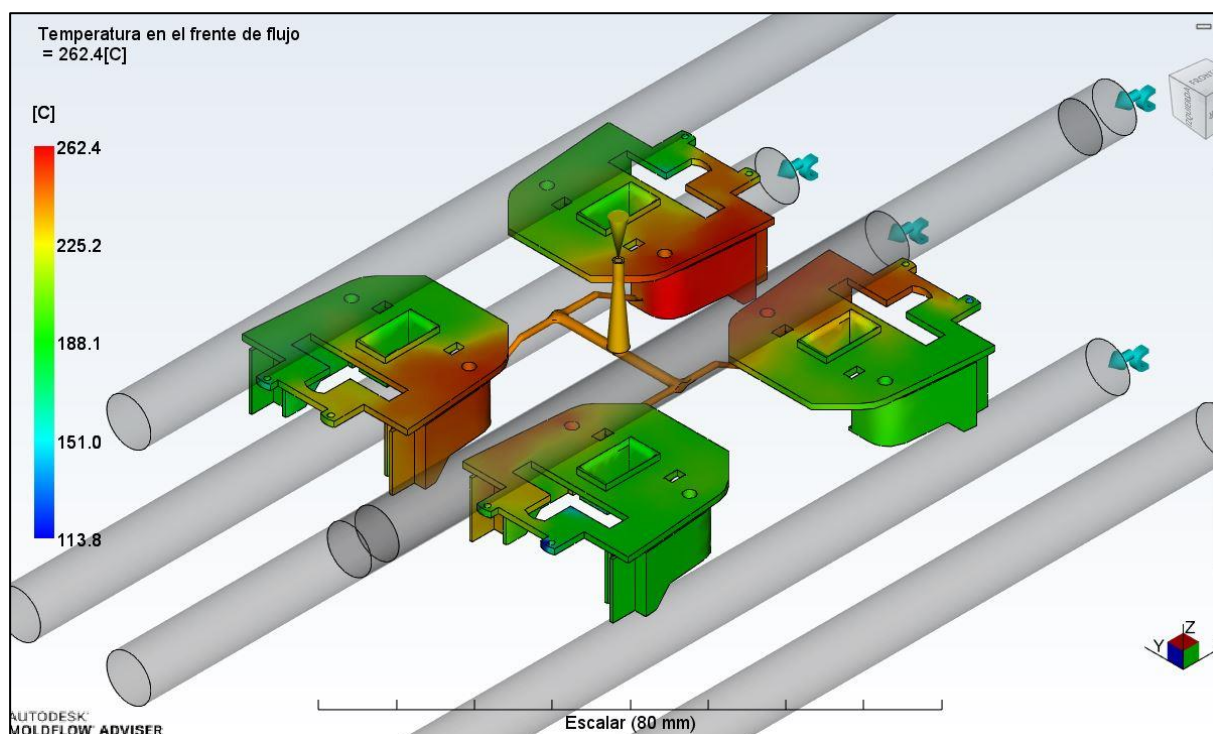
Figura 88: Resultado de la confianza de llenado de la pieza para la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

-Temperatura de fluido:

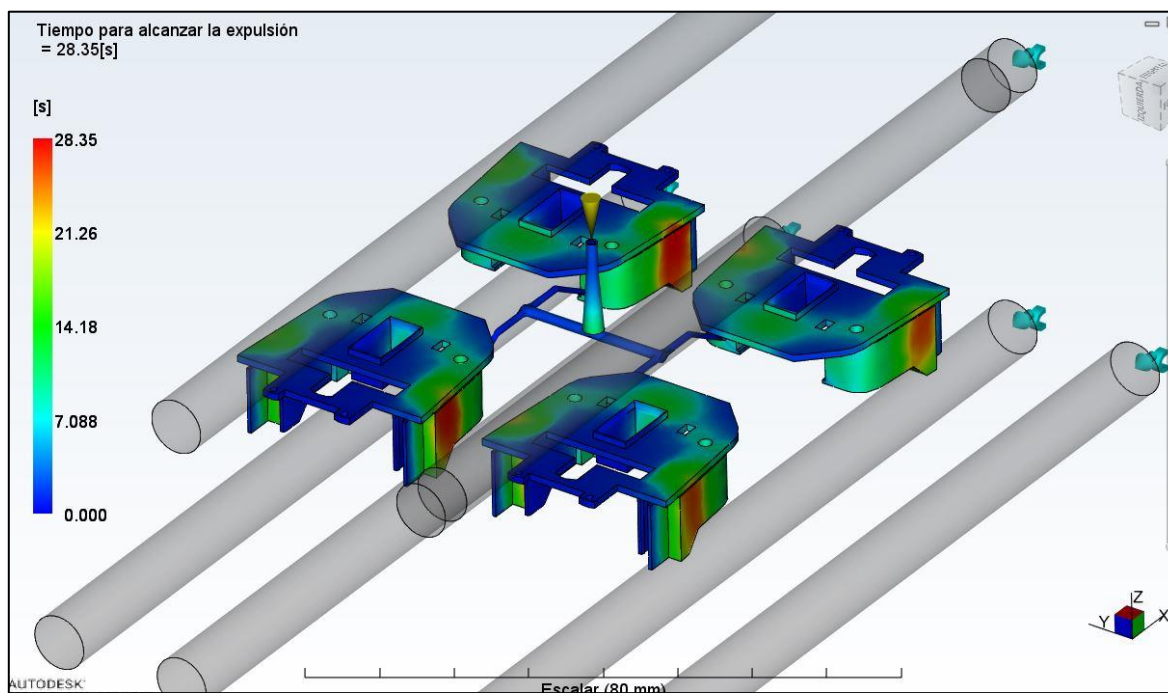
Figura 89: Resultado de la temperatura de fluido de la pieza para la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

-Tiempo para alcanzar la expulsión:

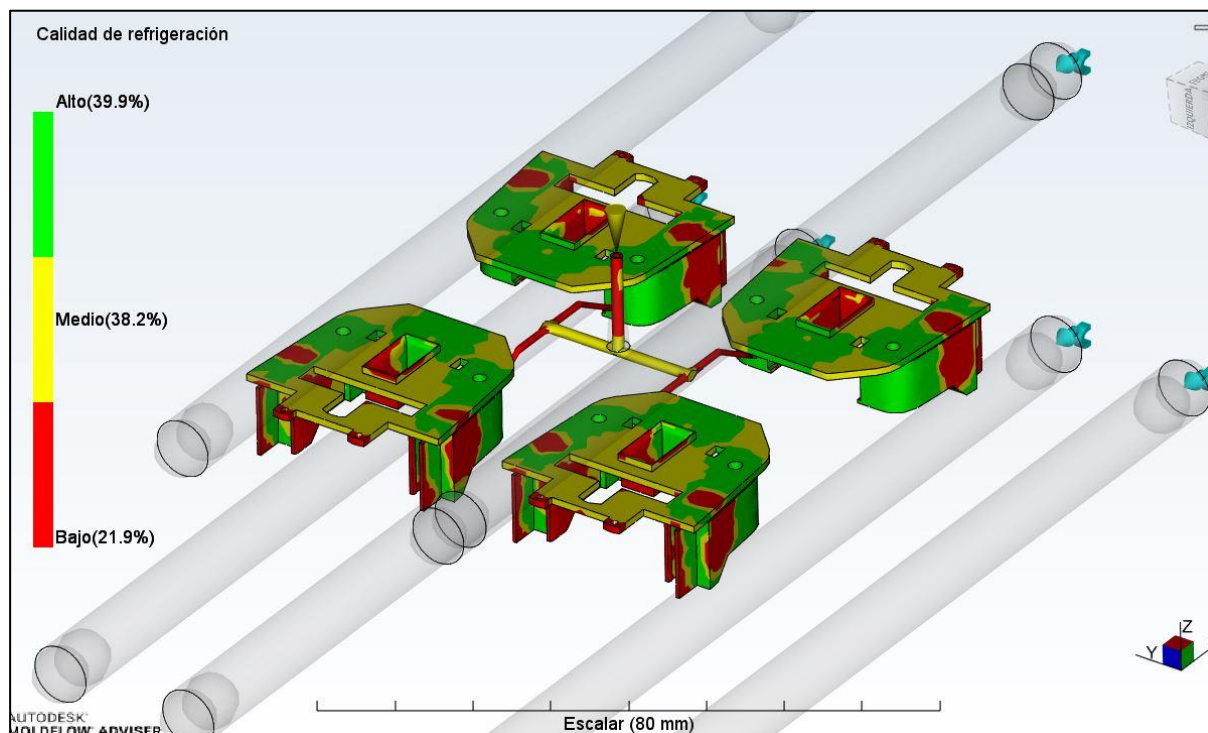
Figura 90: Resultado del tiempo para alcanzar la expulsión de la pieza para la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

-Calidad de refrigeración:

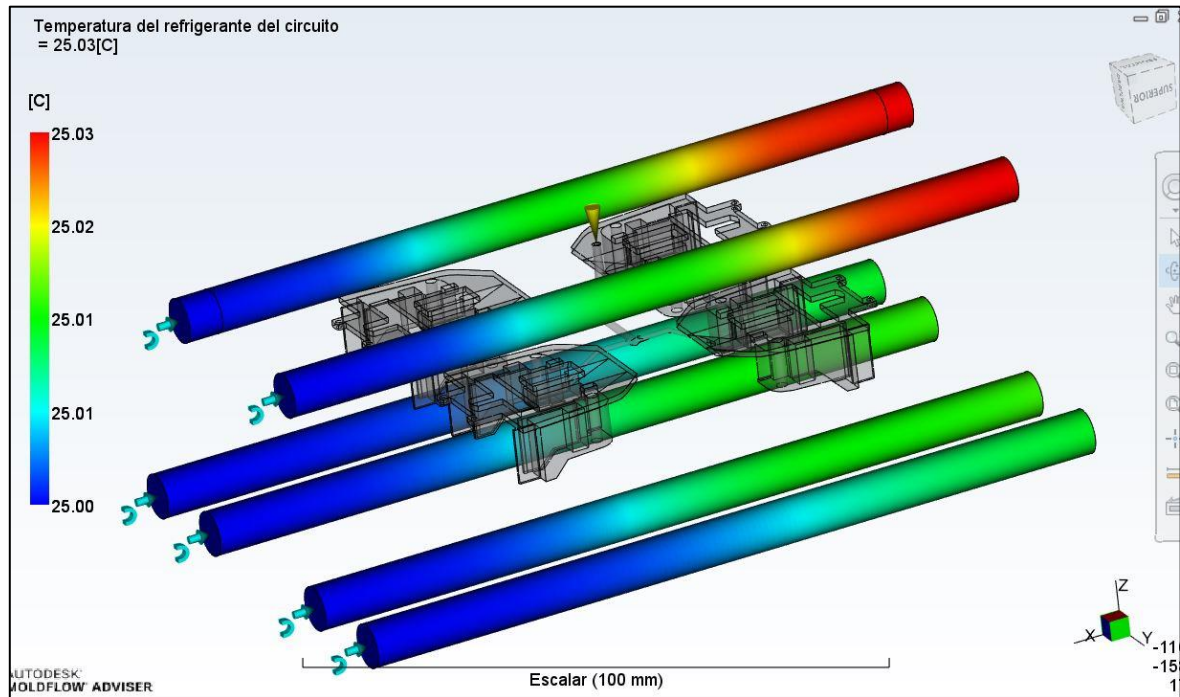
Figura 91: Resultado de la calidad de refrigeración de la pieza para la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

-Temperatura del circuito refrigerante:

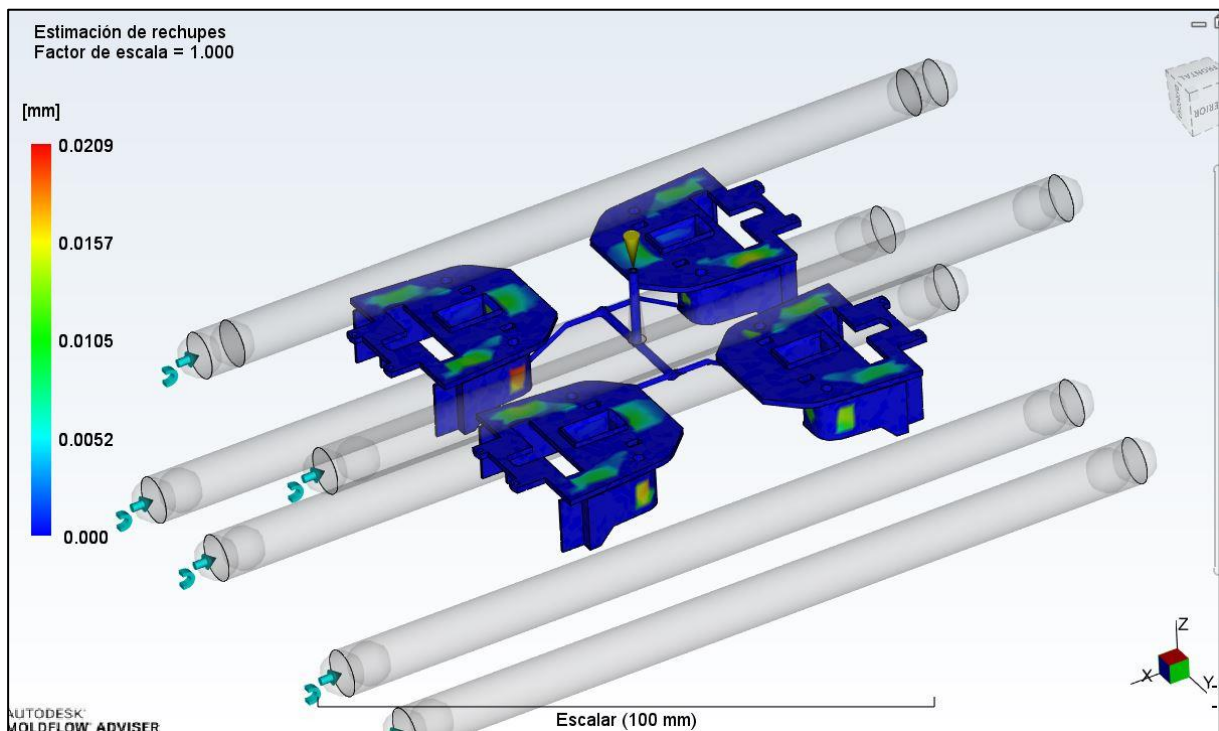
Figura 92: Resultado de la temperatura del circuito refrigerante de la pieza para la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

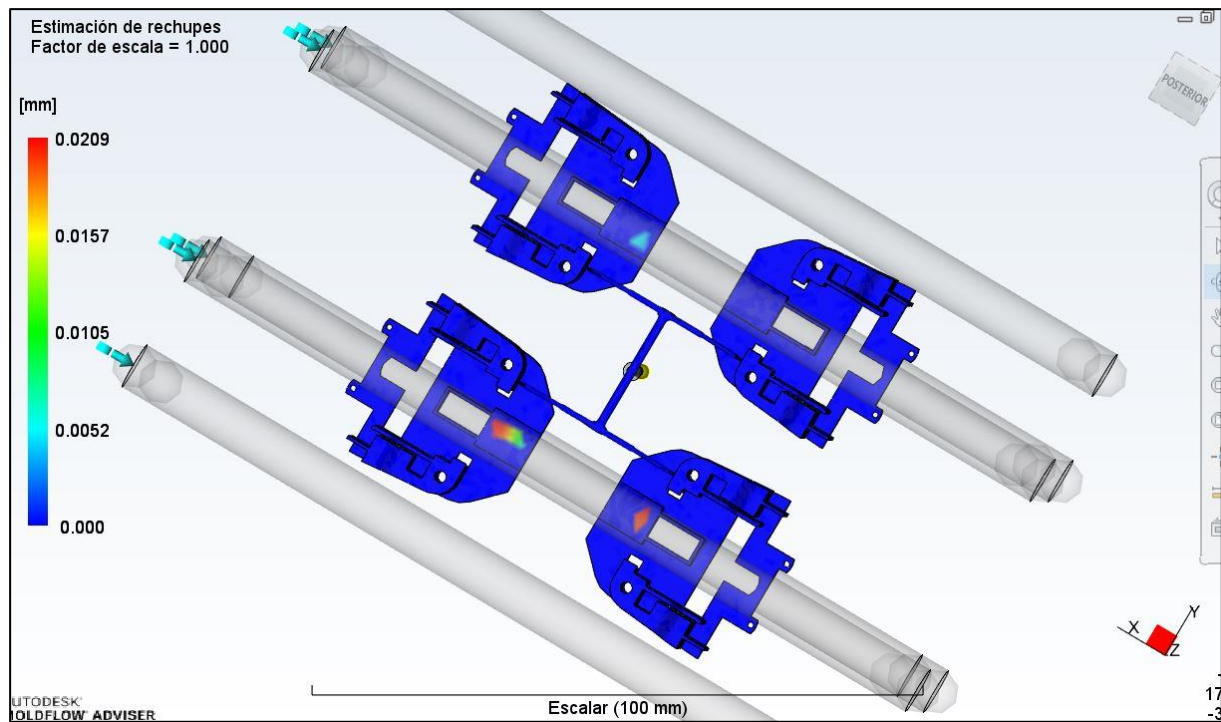
-Rechupes:

Figura 93: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 3



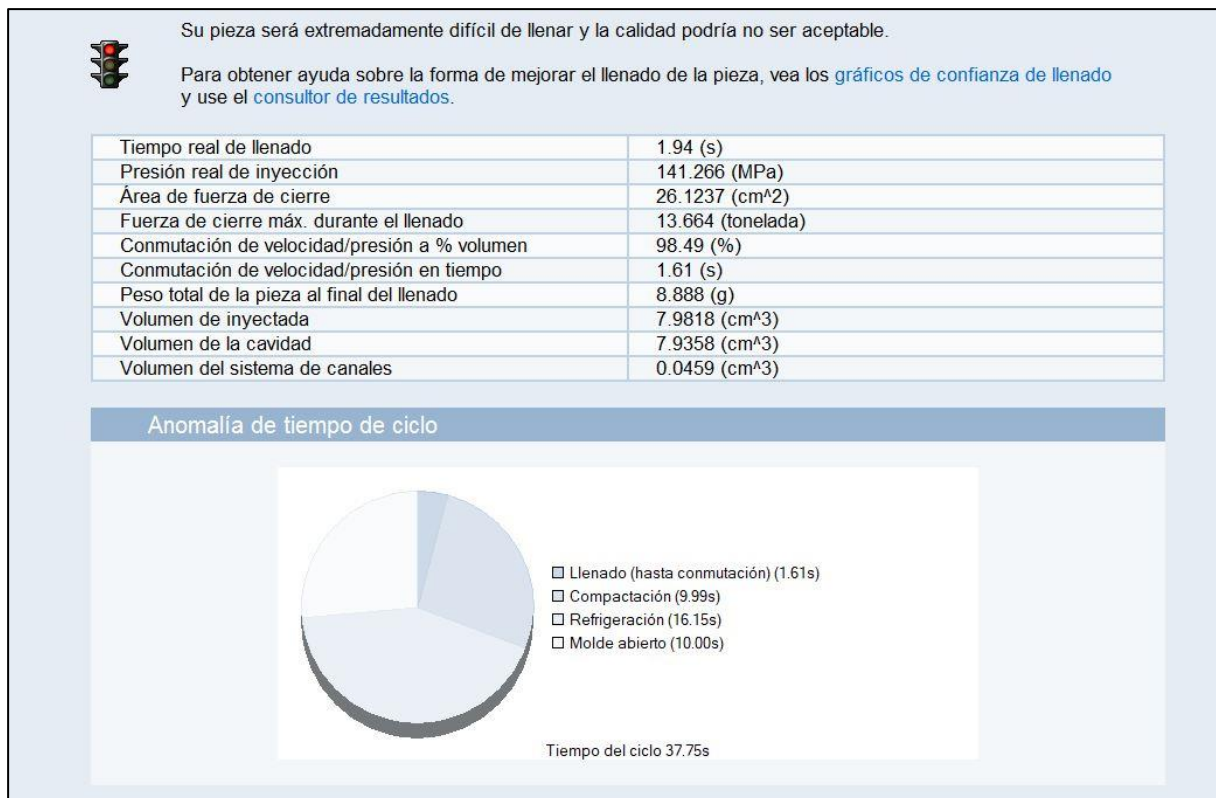
Fuente: Elaboración propia

Figura 94: Resultado de la estimación de rechupes de la pieza para la simulación 3



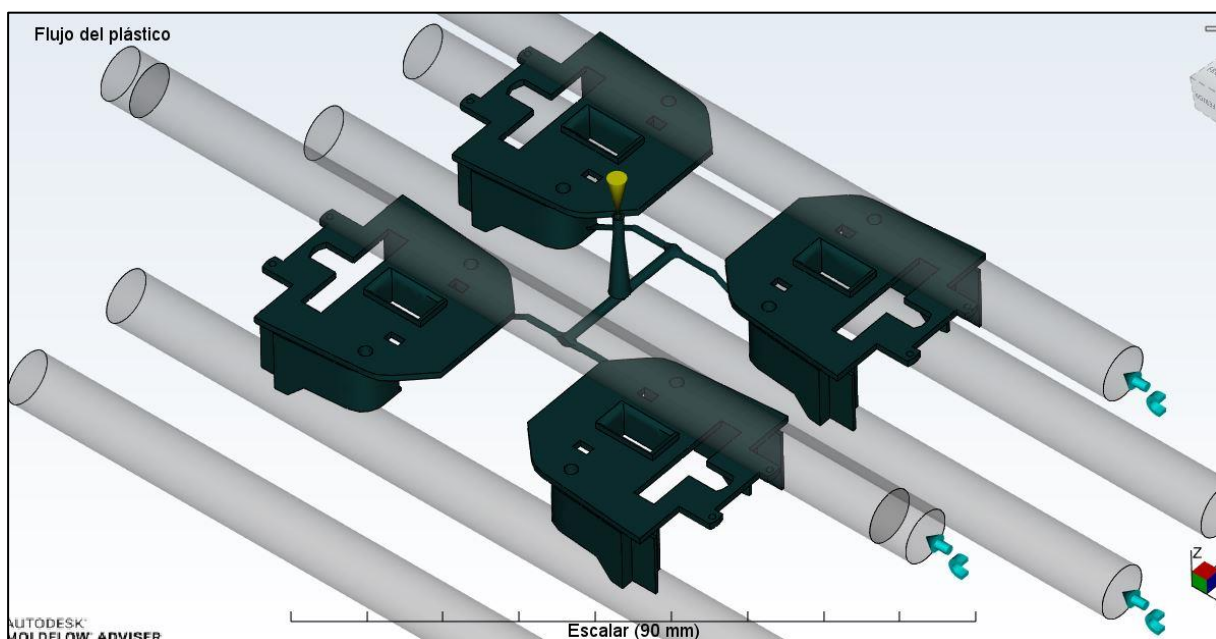
Fuente: Elaboración propia

Figura 95: Resumen final de la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 96: Imagen de la zona sin llenar de la pieza de la simulación 3



Fuente: Elaboración propia

Finalmente hemos conseguido el llenado completo de la pieza, pero el propio software nos avisa de que la inyección será complicada llevarla a cabo debido a la complejidad de la pieza.

Tabla 30: Tabla resumen del escenario 1

ESCENARIO 1	
Temperatura de refrigerante [°C]	25
Tipo de refrigerante	Agua (H ₂ O)
Caudal del circuito [l/min]	10
Tipo de plástico (ABS)	AF312C (LG Chem Huizhou)
Temperatura del molde [°C]	55
Temperatura del plástico fundido [°C]	200
Presión máxima de inyección [MPa]	180
Tiempo de apertura del molde [s]	60
RESULTADOS	
Tiempo de llenado	2.726 [s]
Tiempo de ciclo	120.18 [s]
Confianza de llenado	Baja
Temperatura de fluido	83.63 – 231.5 [° C]
Tiempo para alcanzar la expulsión	24.79 [s]
Calidad de refrigeración	Media
Temperatura del refrigerante en el circuito	25.00 – 25.01 [° C]
Estimación de rechupes	0.0164 [mm]

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Tabla resumen de la escenario 2

ESCENARIO 2	
Temperatura de refrigerante [°C]	25
Tipo de refrigerante	Agua (H ₂ O)
Caudal del circuito [l/min]	10
Tipo de plástico (ABS)	AF312C (LG Chem Huizhou)

Temperatura del molde [°C]	55
Temperatura del plástico fundido [°C]	200
Presión máxima de inyección [MPa]	250
Tiempo de apertura del molde [s]	10
RESULTADOS	
Tiempo de llenado	2.502 [s]
Tiempo de ciclo	34.38 [s]
Confianza de llenado	Baja
Temperatura de fluido	83.35 – 227.6 [° C]
Tiempo para alcanzar la expulsión	26.02 [s]
Calidad de refrigeración	Media
Temperatura del refrigerante en el circuito	25.00 – 25.02 [° C]
Estimación de rechupes	0.0145 [mm]

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Tabla resumen del escenario 3

ESCENARIO 3	
Temperatura de refrigerante [°C]	25
Tipo de refrigerante	Agua (H ₂ O)
Caudal del circuito [l/min]	10
Tipo de plástico (ABS)	AF312C (LG Chem Huizhou)
Temperatura del molde [°C]	60
Temperatura del plástico fundido [°C]	230
Presión máxima de inyección [MPa]	350
Tiempo de apertura del molde [s]	10
RESULTADOS	
Tiempo de llenado	1.992 [s]
Tiempo de ciclo	37.75 [s]
Confianza de llenado	Baja
Temperatura de fluido	113.8 – 262.4 [° C]
Tiempo para alcanzar la expulsión	28.35 [s]

Calidad de refrigeración	Media
Temperatura del refrigerante en el circuito	25.00 – 25.03 [° C]
Estimación de rechupes	0.0209 [mm]

Fuente: Elaboración propia

3.3.- CONCLUSIONES DE LA SIMULACIÓN

Una vez realizadas las tres simulaciones de inyección de plástico en nuestra pieza podemos llegar a la conclusión de que las condiciones que más afectan a nuestro proceso son la presión, temperatura del material y temperatura del molde. El aumento de la presión de inyección afecta positivamente a la disminución del tiempo de llenado, aumento de la confianza de llenado y disminución de la aparición de rechupes. El aumento de la temperatura de molde y material fundido afecta positivamente a la disminución del tiempo de llenado y aumento de la confianza de llenado, en cambio favorece la aparición de rechupes, aumenta el tiempo de enfriamiento y tiempo de expulsión de la pieza, por lo que si deseamos que el tiempo de enfriamiento y expulsión fuese menor deberíamos de mejorar la refrigeración del molde.

Con el objetivo de conseguir un llenado con mejores características podríamos optar por:

- Modificar la geometría de la entrada del plástico fluido a la cavidad del molde de inyección.
- Aumentar el número de entradas del fluido a la cavidad del molde de inyección.
- Disminuir el numero de cavidades del molde de inyección.

4.- CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Una vez realizado todo el proyecto y redactado en el presente documento, podemos llegar a la conclusión de lo útil que resulta llevar a cabo la parametrización de cualquier elemento que esté previsto de modificaciones, ya sea un elemento simple o un conjunto como es el caso de nuestro molde de inyección. El hecho de llevar a cabo una parametrización es una inversión de tiempo, ya que, aunque a priori parezca que retarda el proceso de modelado cuando se desee modificar nuestro elemento con unos simples cambios podremos llevarlo a cabo, en cambio si no realizamos este proceso de parametrización cada vez que se quiera modificar

cualquier característica de nuestro modelo debemos modificarlo a mano paso a paso o incluso modelarlo desde cero nuevamente.

El propósito de incorporar una simulación utilizando el software Moldflow Adviser es evaluar cómo se desarrollaría el proceso de inyección, lo que nos permite realizar una validación numérica del mismo, además de conocer los puntos más vulnerables de nuestra pieza y como sería posible la mejora de dicho proceso.

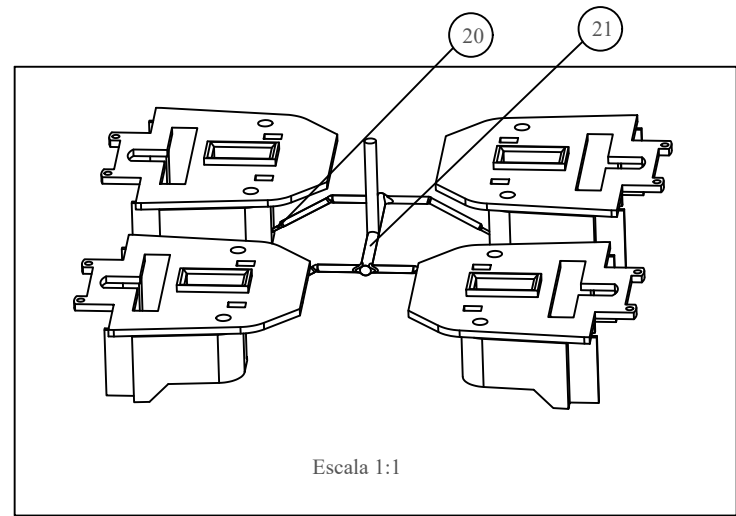
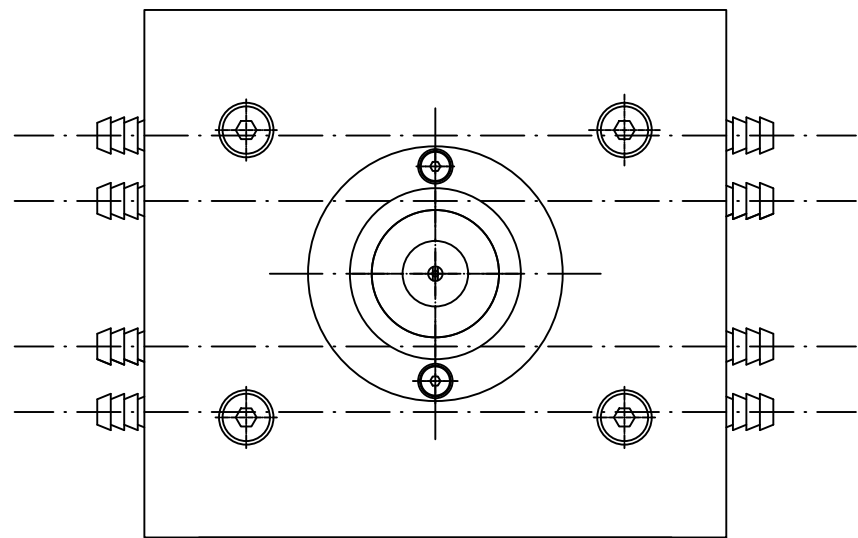
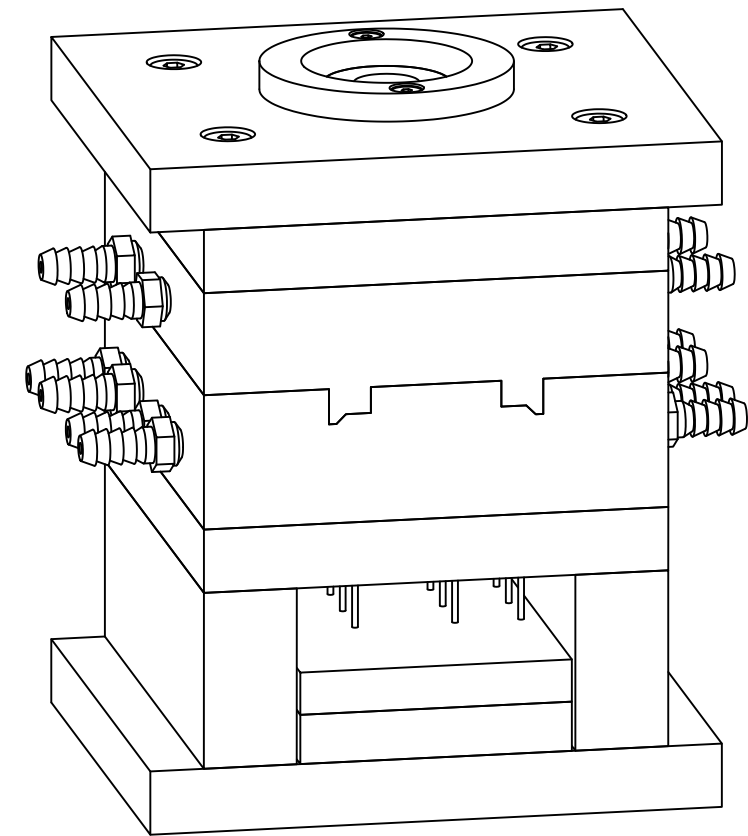
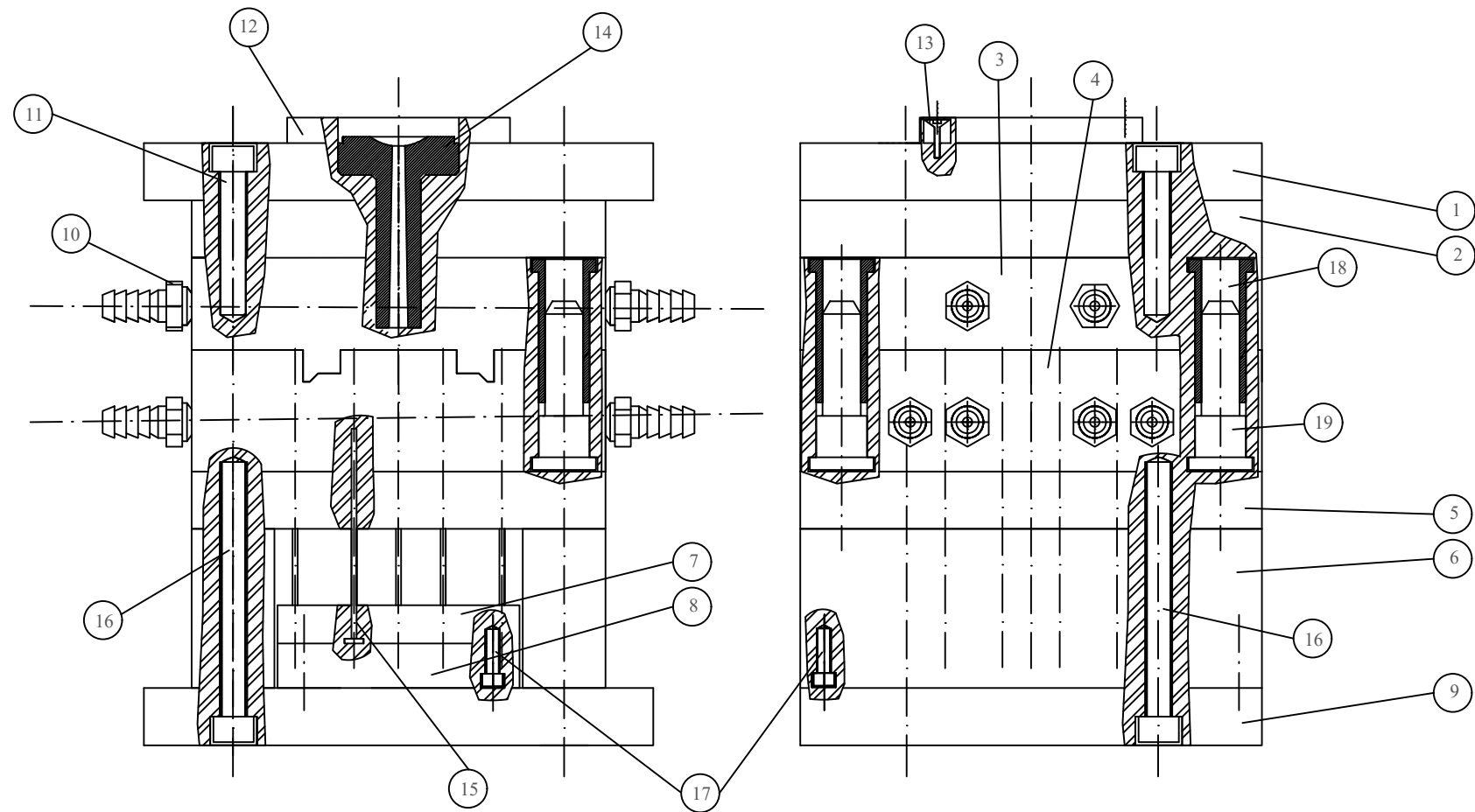
En definitiva, considero el presente trabajo de fin de grado un proyecto muy completo para finalizar los estudios que he llevado a cabo en toda mi trayectoria estudiantil ya que permite complementar los conceptos adquiridos con software comerciales muy utilizados en la actualidad.

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Statista.com: estadísticas producción mundial de plástico
- Interempresas.net: Beneficios y problemáticas del proceso de la inyección de plástico
- Pinterest.es
- Akhdiecasting.com: product plastic injection mold components molding dies
- VAP (2003). Catálogo de moldes normalizados
- Elaboraciones y fuentes propias
- Documentación proporcionada por los tutores

ANEXO 1

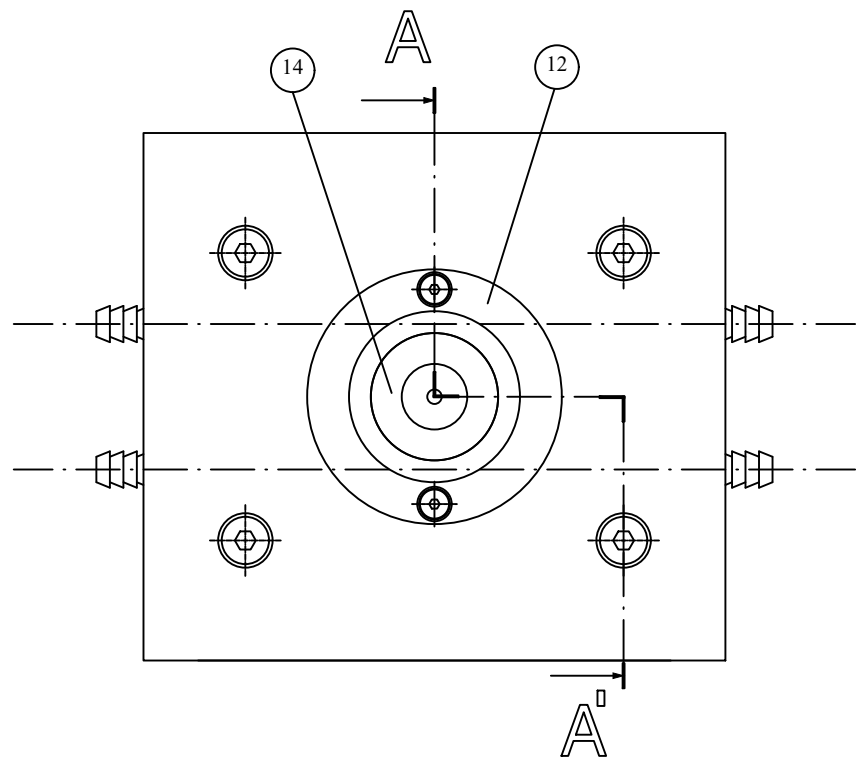
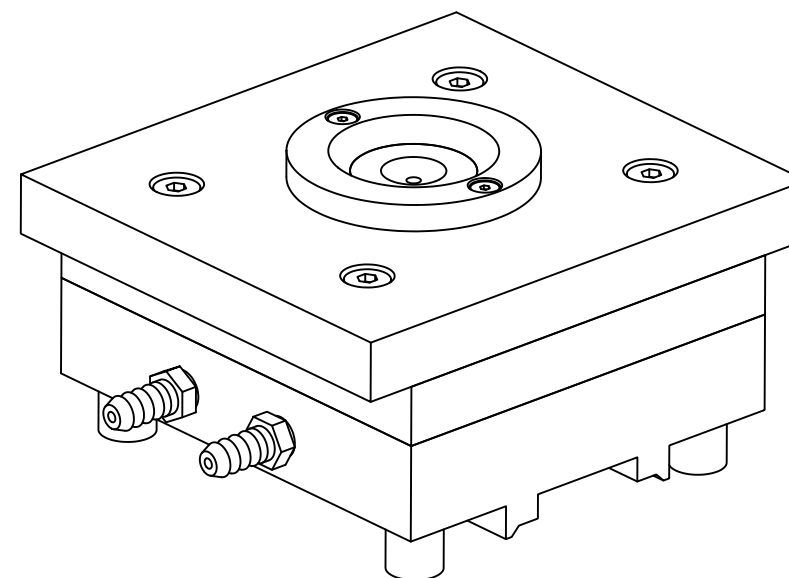
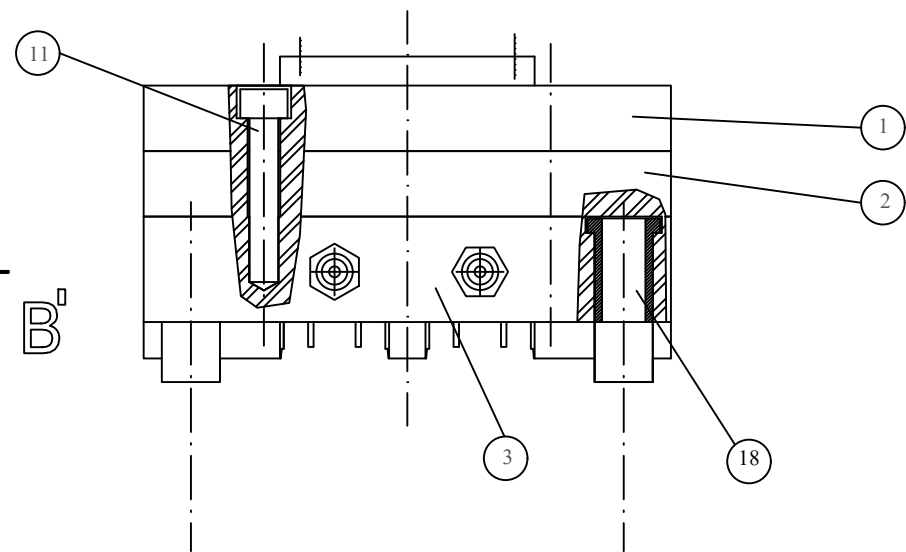
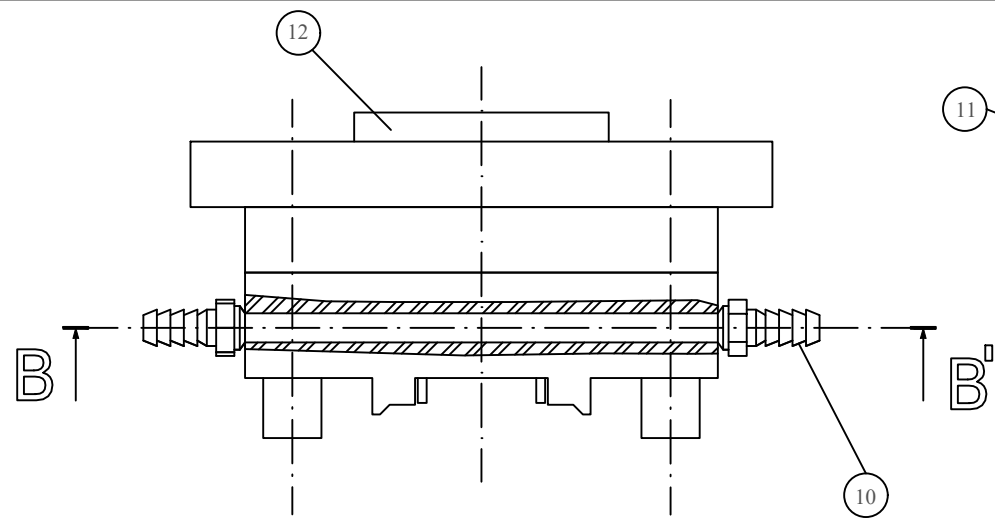
PLANOS



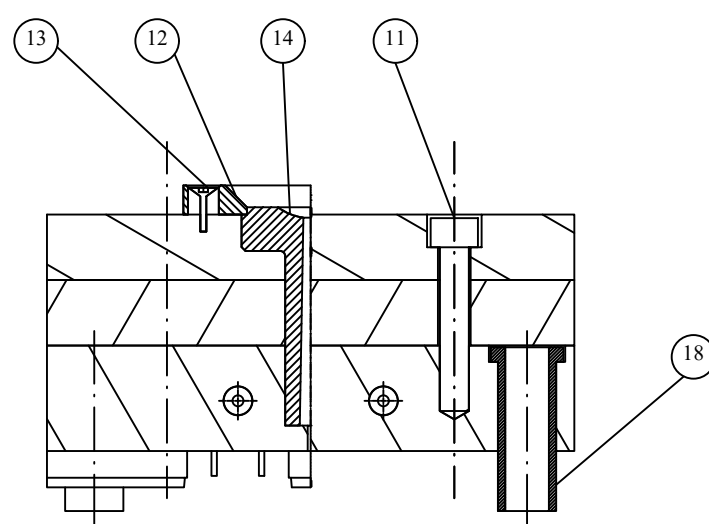
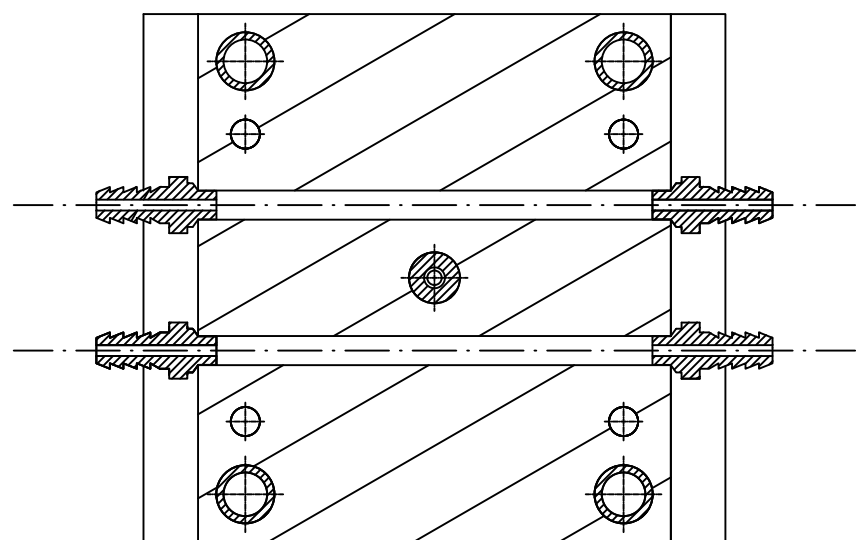
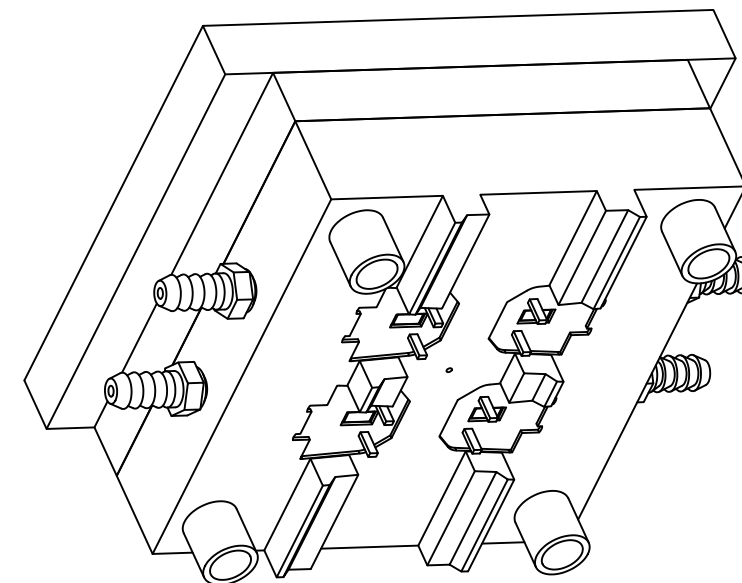
Escala 1:1

ID	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
1	Placa Base Fija	1
2	Placa Sufridera Fija	1
3	Placa Figura Fija	1
4	Placa Figura Móvil	1
5	Placa Sufridera Móvil	1
6	Placa Puente	2
7	Placa Expulsora 1	1
8	Placa Expulsora 2	1
9	Placa Base Móvil	1
10	Boquillas de refrigeración	12
11	Tornillos de sujeción bloque fijo	4
12	Anillo Centrador	1
13	Tornillo sujeción anillo centrador	2
14	Bebedero	1
15	Expulsores	17
16	Tornillos de sujeción bloque móvil	4
17	Tornillos de sujeción bloque expulsión	4
18	Casquillos guías	4
19	Columnas guías	4
20	Entradas	4
21	Canales	4

PROYECTO: PARAMETRIZACIÓN_DE_UN_MOLDE_DE_INYECCIÓN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Gráfica Diseño y Proyecto	REALIZADO: RAÚL_MORAL_GUERRERO	Fecha: 13/03/2024	Firma:	
	REVISADO: J_MANUEL_MERCADO_COLMENERO	Fecha: 13/03/2024	Firma:	
TÍTULO/SUBTÍTULO: MOLDE_DE_INYECCIÓN_DE_PLÁSTICO_130X145		Tipo de documento: TIPO_DOC	Escala: 1:2	Nº Identif: 1.0



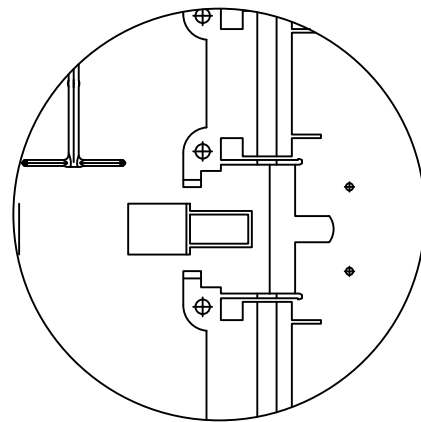
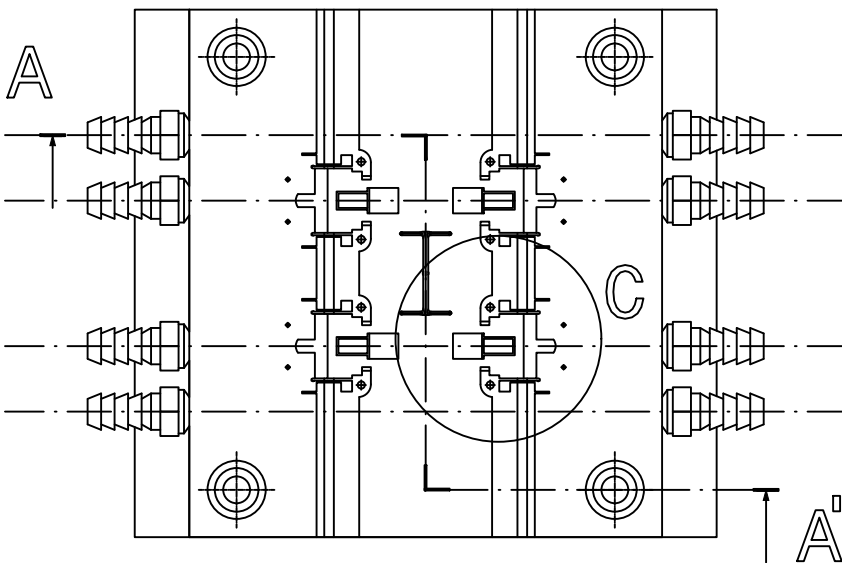
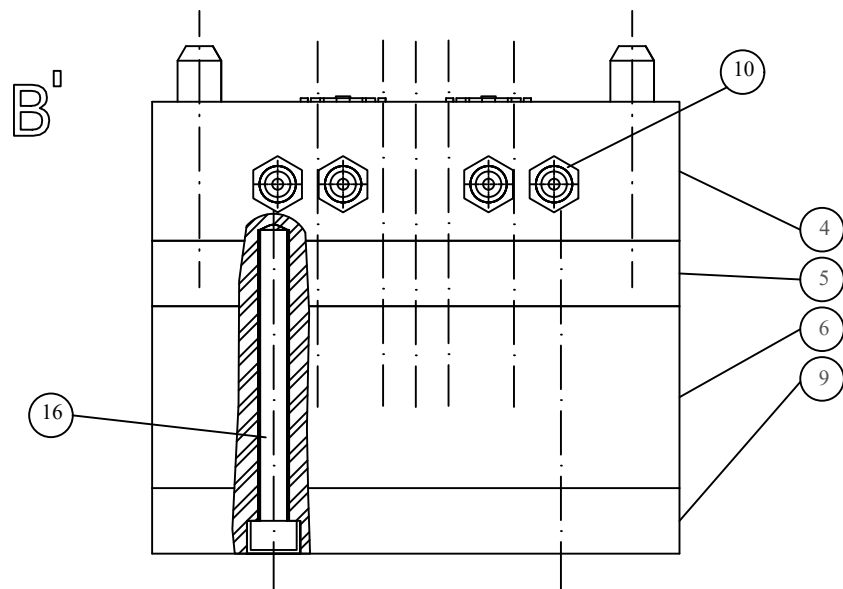
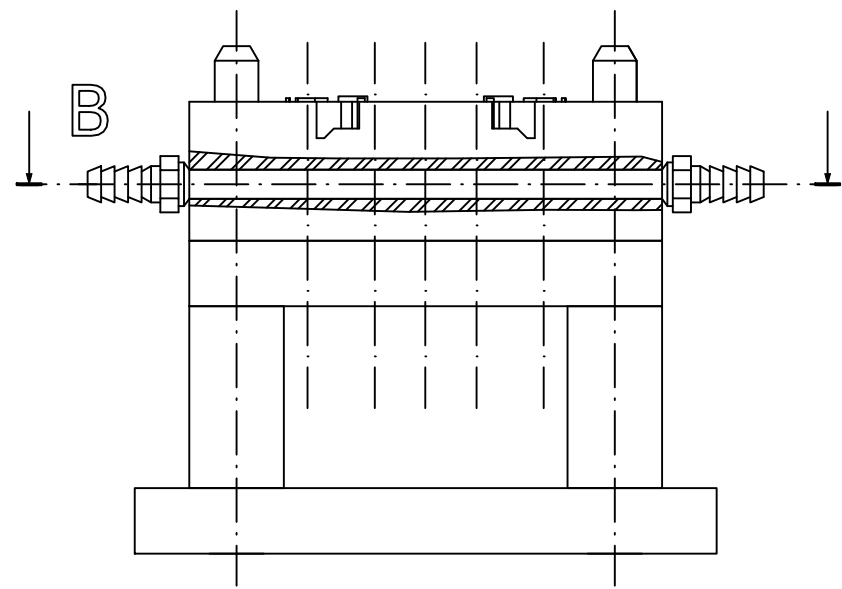
ID	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
1	Placa Base Fija	1
2	Placa Sufridera Fija	1
3	Placa Figura Fija	1
10	Boquillas de refrigeración	12
11	Tornillos de sujeción bloque fijo	4
12	Anillo Centrador	1
13	Tornillo sujeción anillo centrador	2
14	Bebedero	1
18	Casquillos guías	4



Corte B-B'

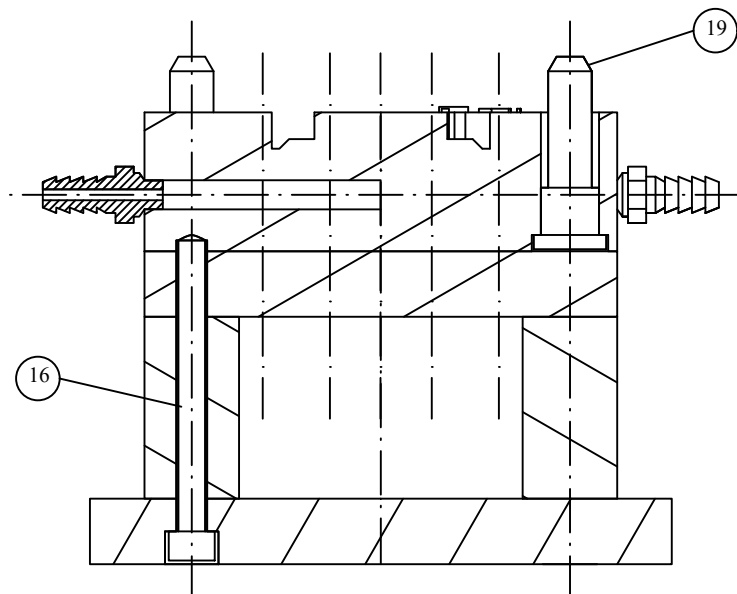
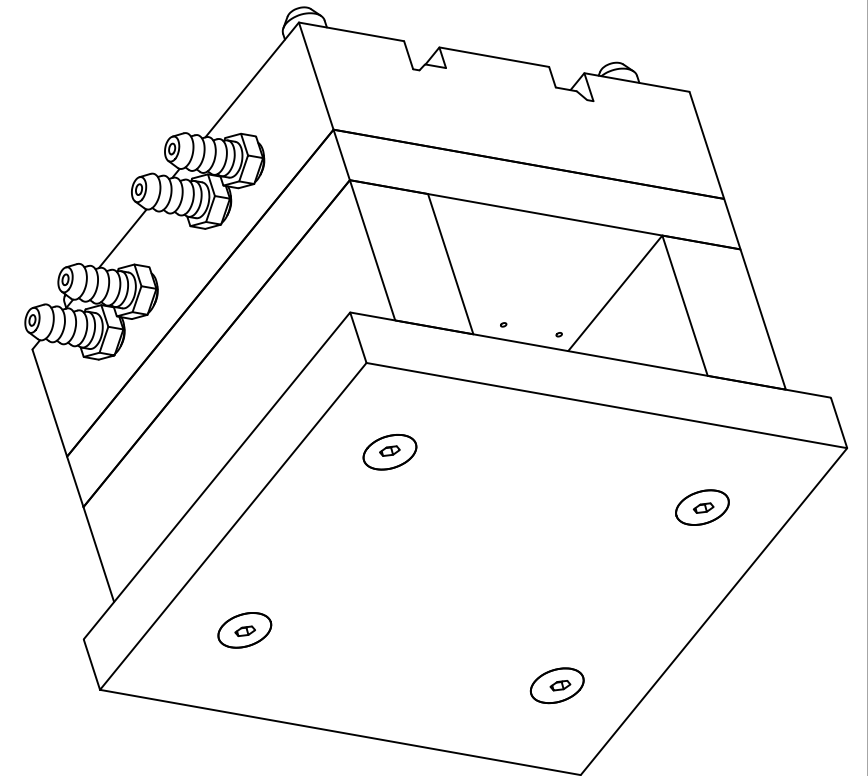
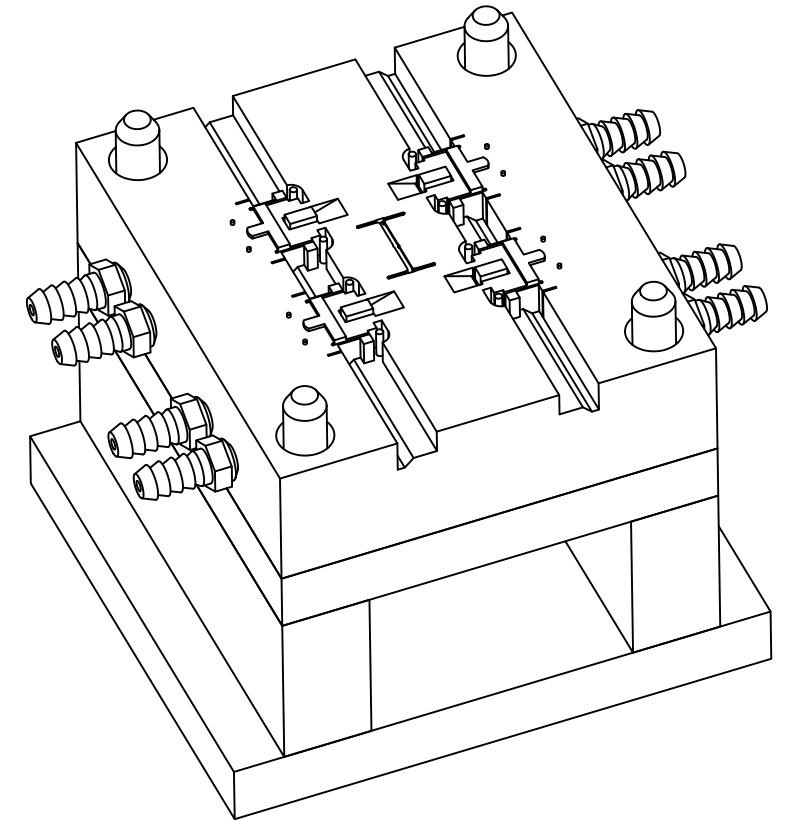
Corte A-A'

PROYECTO: PARAMETRIZACIÓN_DE_UN_MOLDE_DE_INYECCIÓN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Gráfica Diseño y Proyecto	REALIZADO: RAÚL_MORAL_GUERRERO	Fecha: 13/03/2024	Firma:	
	REVISADO: REVISADO	Fecha: 13/03/2024	Firma:	
TÍTULO/SUBTÍTULO: SUBCONJUNTO_MOLDE_PARTE_FIJA_O_SUJECIÓN		Tipo de documento: TIPO_DOC	Escala: 1:2	Nº Identif: 1.1

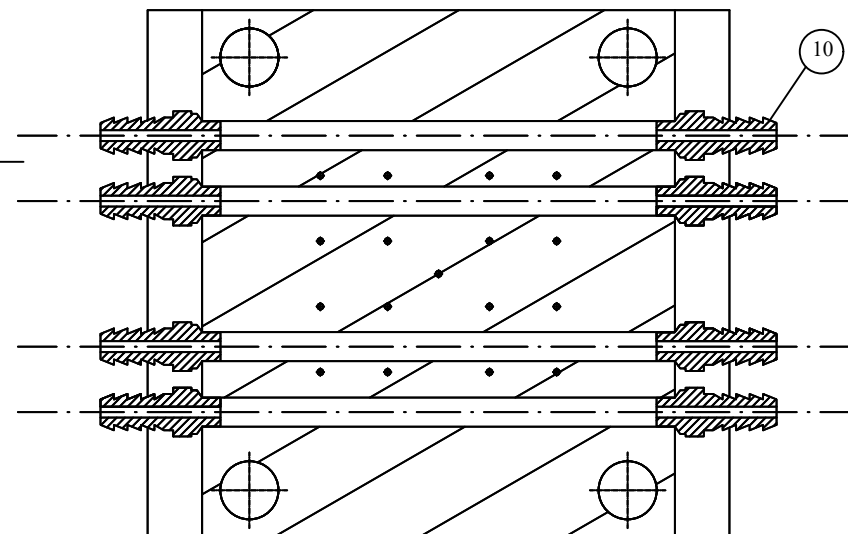


Detalle C (E=1:1)

ID	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
4	Placa Figura Móvil	1
5	Placa Sufridera Móvil	1
6	Placa Puente	2
9	Placa Base Móvil	1
10	Boquillas de refrigeración	12
16	Tornillos de sujeción bloque móvil	4
19	Columnas guías	4

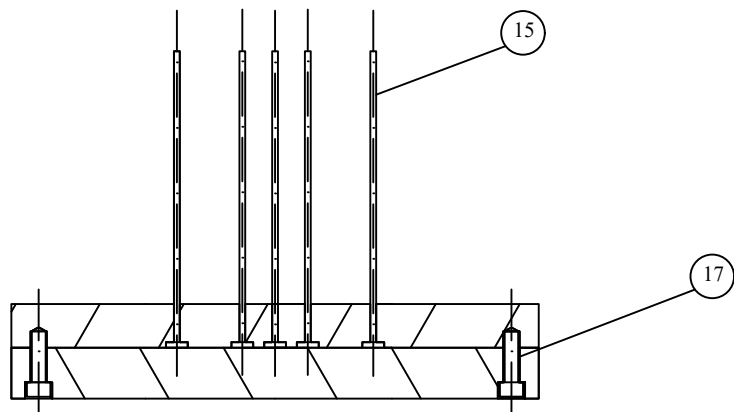
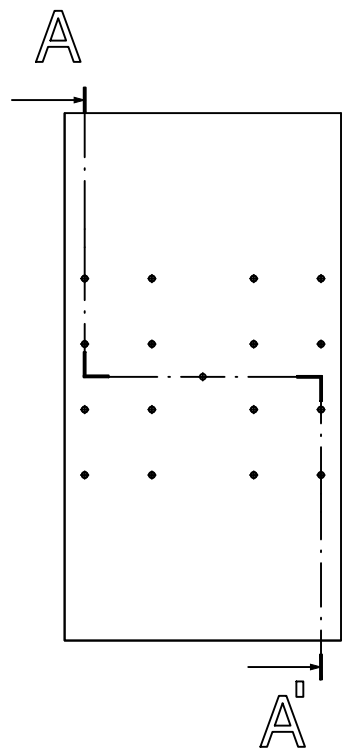
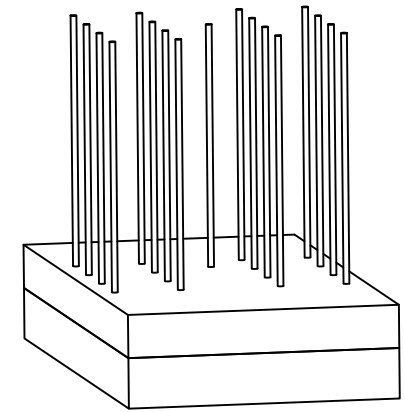
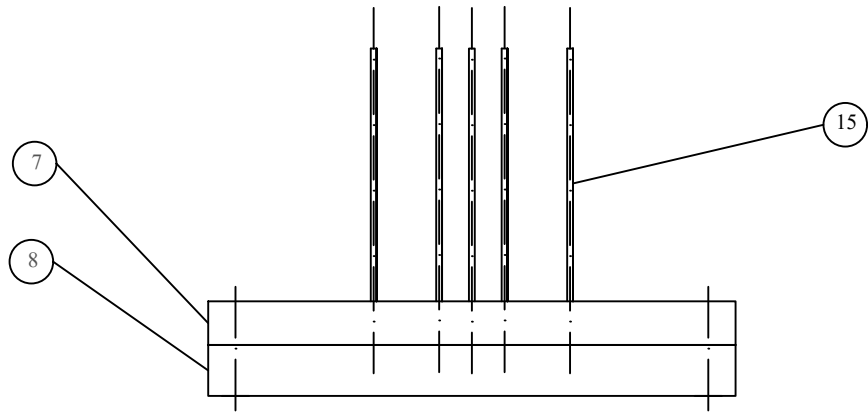
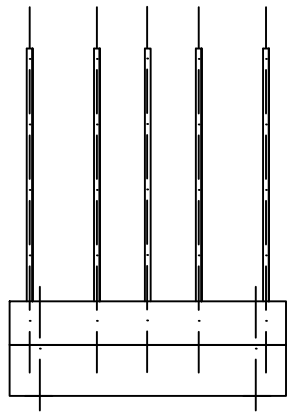


Corte A-A'



Corte B-B'

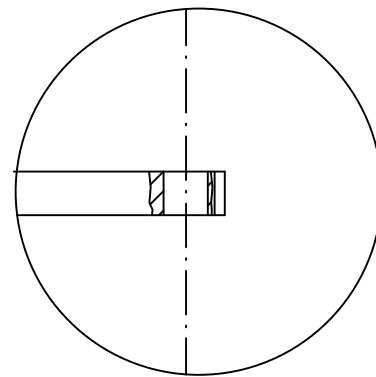
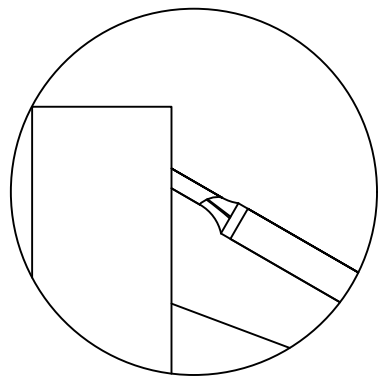
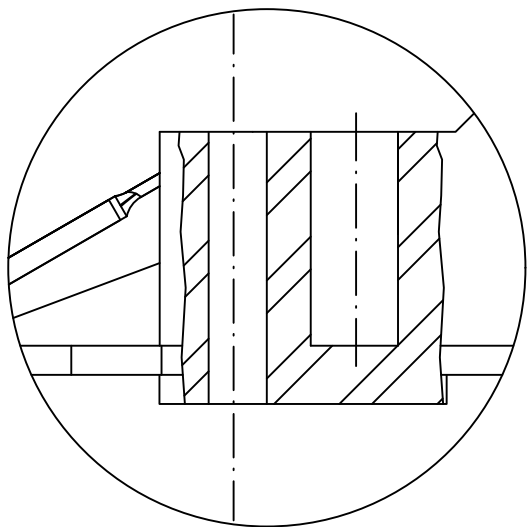
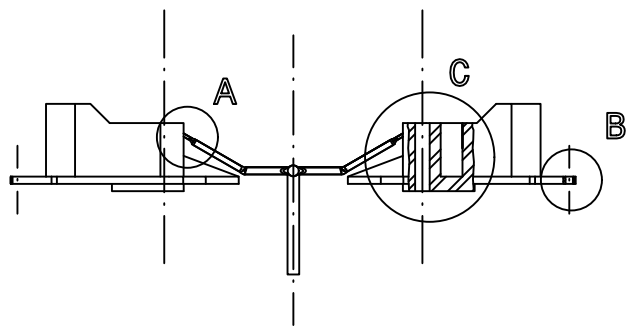
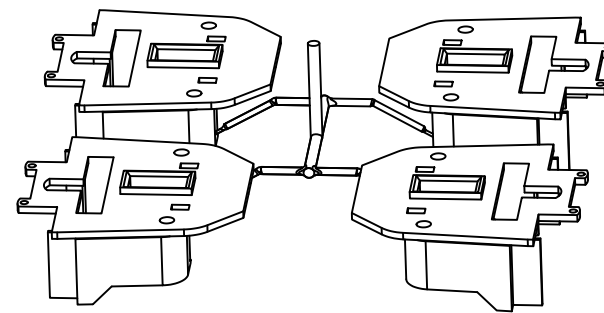
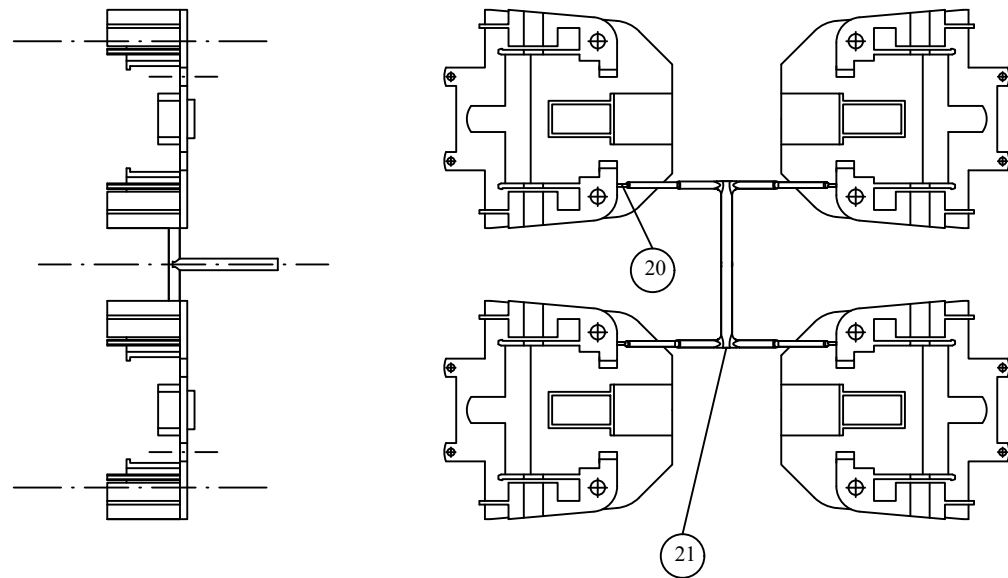
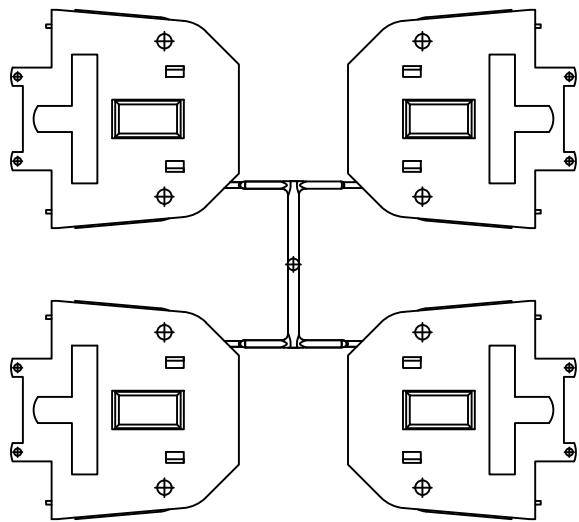
PROYECTO:				
PARAMETRIZACIÓN_DE_UN_MOLDE_DE_INYECCIÓN				
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	DEPARTAMENTO DE Ingeniería Gráfica Diseño y Proyecto	REALIZADO:	Fecha:	Firma:
		RAÚL_MORAL_GUERRERO	13/03/2024	
		REVISADO:	Fecha:	Firma:
		REVISADO	13/03/2024	
TÍTULO/SUBTÍTULO:		Tipo de documento:	Escala:	Nº Identif:
SUBCONJUNTO_MOLDE_PARTE_MÓVIL		TIPO_DOC	1:2	1.2



Corte A-A'

ID	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
7	Placa Expulsora 1	1
8	Placa Expulsora 2	1
15	Expulsores	17
17	Tornillos de sujeción bloque expulsión	4

PROYECTO: PARAMETRIZACIÓN_DE_UN_MOLDE_DE_INYECCIÓN				
 DEPARTAMENTO DE Ingeniería Gráfica Diseño y Proyecto	REALIZADO: RAÚL_MORAL_GUERRERO	Fecha: 13/03/2024	Firma:	
	REVISADO: REVISADO	Fecha: 13/03/2024	Firma:	
TÍTULO/SUBTÍTULO: SISTEMA_DE_EXPULSIÓN		Tipo de documento: TIPO_DOC	Escala: 1:2	Nº Identif: 1.3



ID	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
20	Entradas	4
21	Canales	4

Detalle A (E = 6:1)

Detalle B (E = 6:1)

Detalle C (E = 4:1)

PROYECTO:				
PARAMETRIZACIÓN_DE_UN_MOLDE_DE_INYECCIÓN				
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	DEPARTAMENTO DE Ingeniería Gráfica Diseño y Proyecto	REALIZADO: RAÚL_MORAL_GUERRERO	Fecha: 13/03/2024	Firma:
		REVISADO: REVISADO	Fecha: 13/03/2024	Firma:
TÍTULO/SUBTÍTULO:		Tipo de documento:	Escala:	Nº Identif:
SISTEMA_A_DIMENSIONAR_Y_PIEZA_DE_PLÁSTICO		TIPO_DOC	1:1	1.4

ANEXO 2

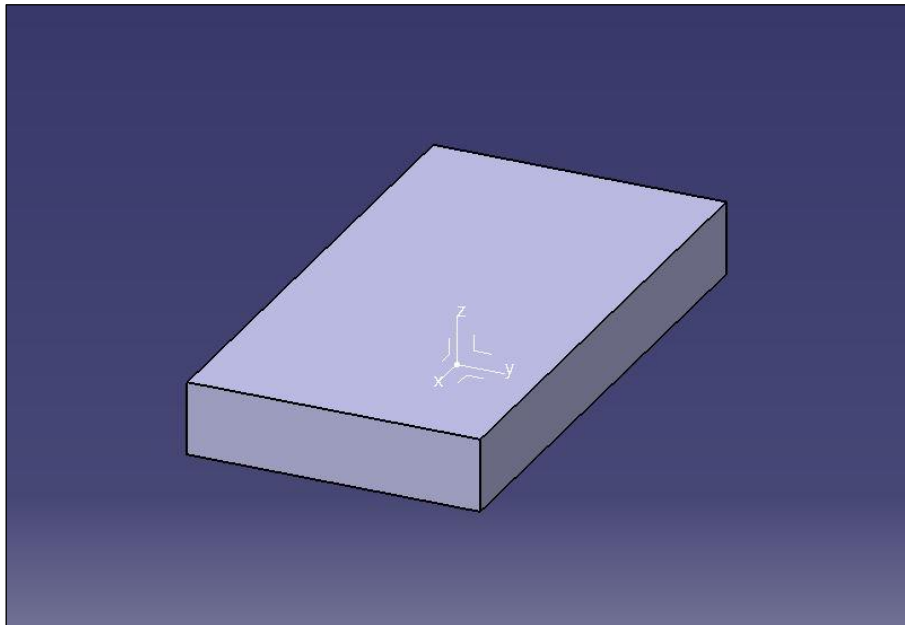
PARAMETRIZACIÓN DE ELEMENTOS E INTRODUCCIÓN EN ENSAMBLAJES

PROCESO DE PARAMETRIZACIÓN DE ELEMENTOS DEL MOLDE MEDIANTE CATIA V5

El proceso de parametrización de los elementos del molde consiste en asignar una serie de parámetros a las variables que conforman cada uno de los elementos de nuestro molde, para ello debemos modelar dicho elemento para posteriormente crear los parámetros que relacionaremos con las variables. Para finalizar relacionaremos los parámetros con una tabla de diseño donde se recogerán todas las posibles medidas que pueden adoptar dichos parámetros.

1º Paso: crear el elemento a parametrizar

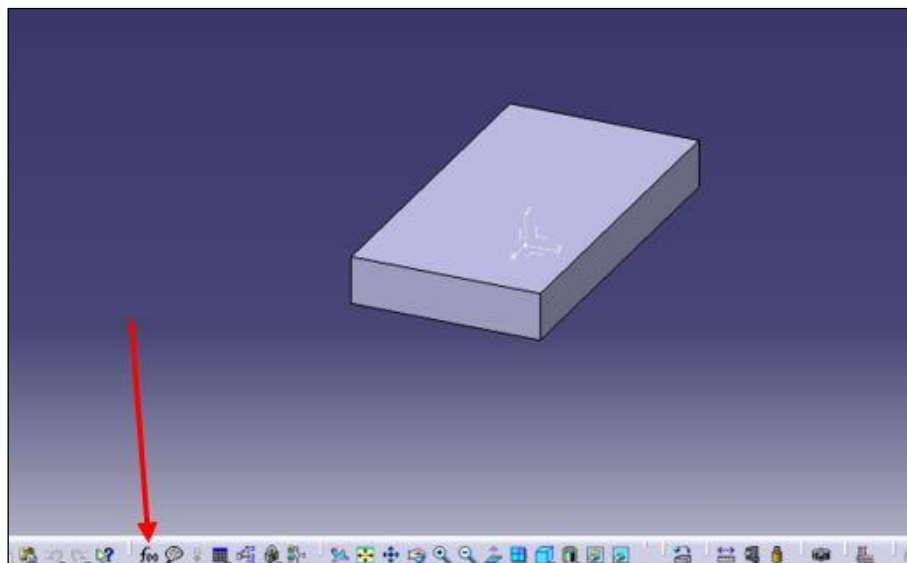
Figura 97: Creación del elemento a parametrizar



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

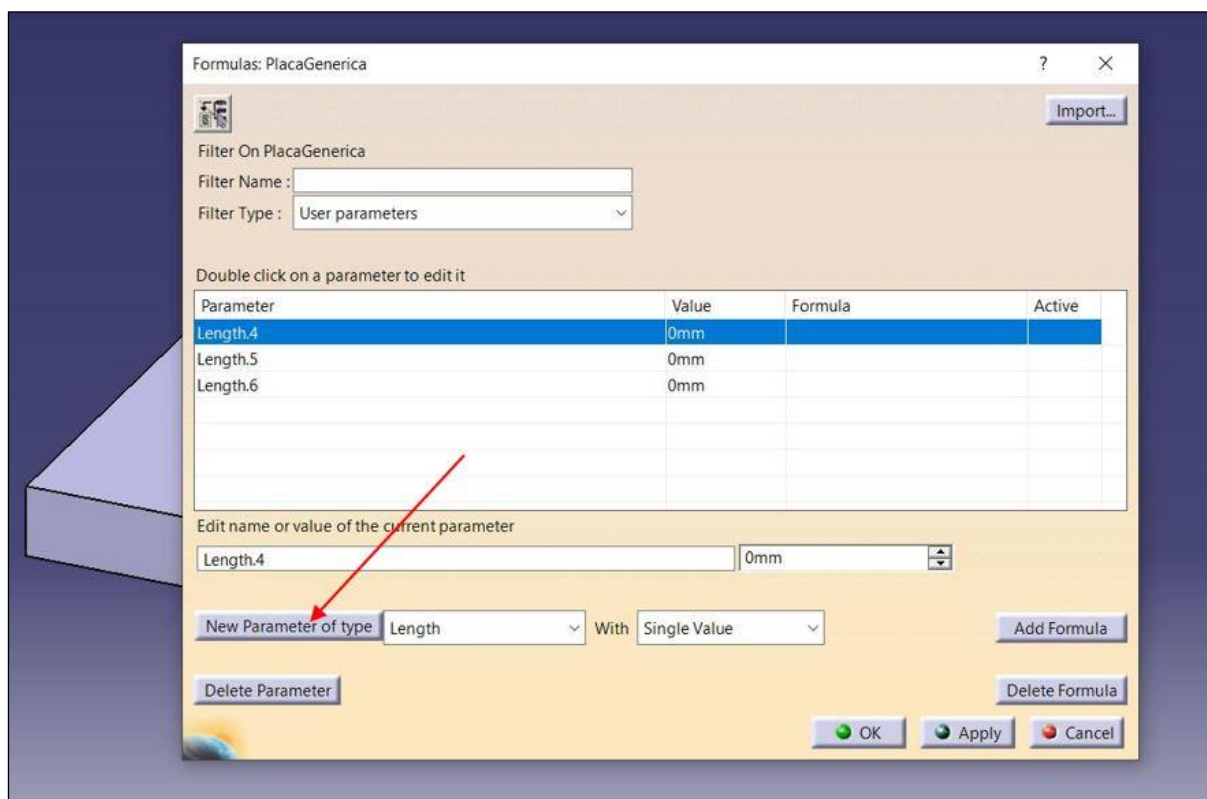
2º Paso: crear parámetros que definirán nuestro elemento

Figura 98: Creación de los parámetros del elemento



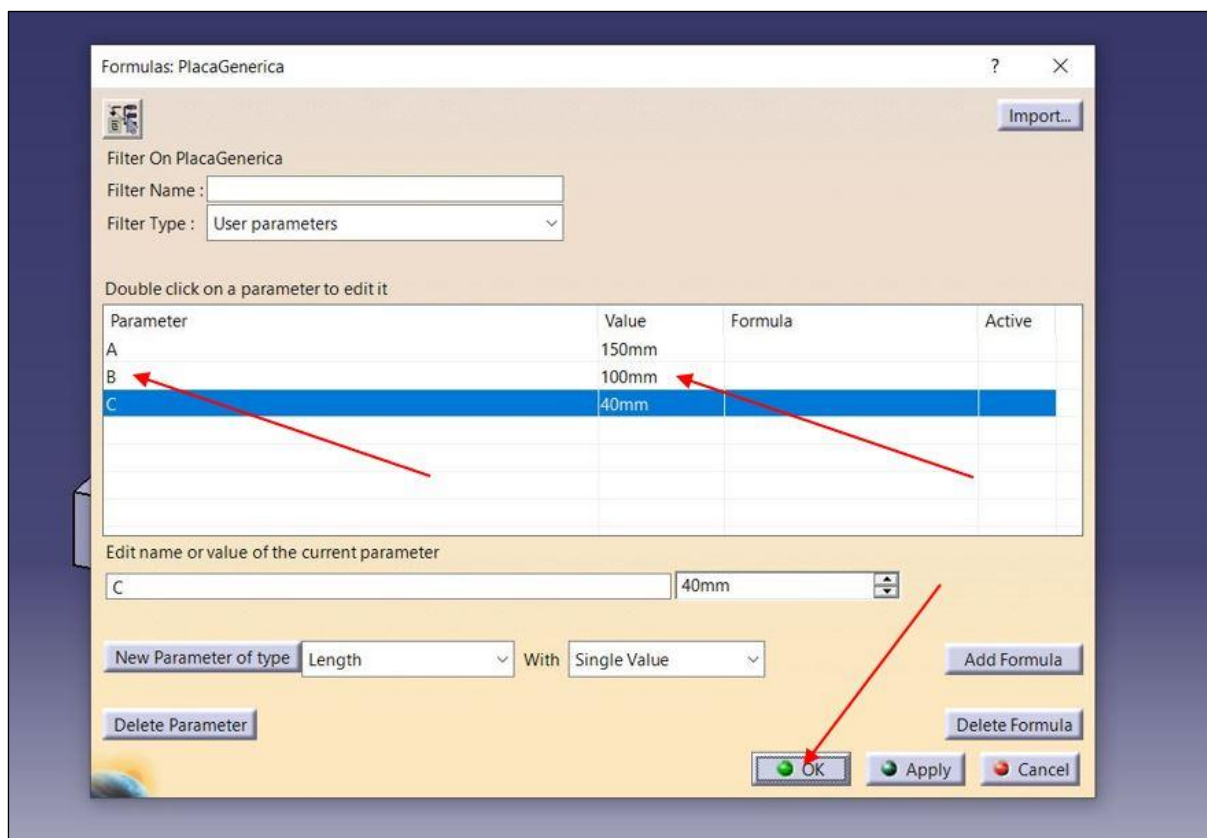
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 99: Creación de los parámetros del elemento



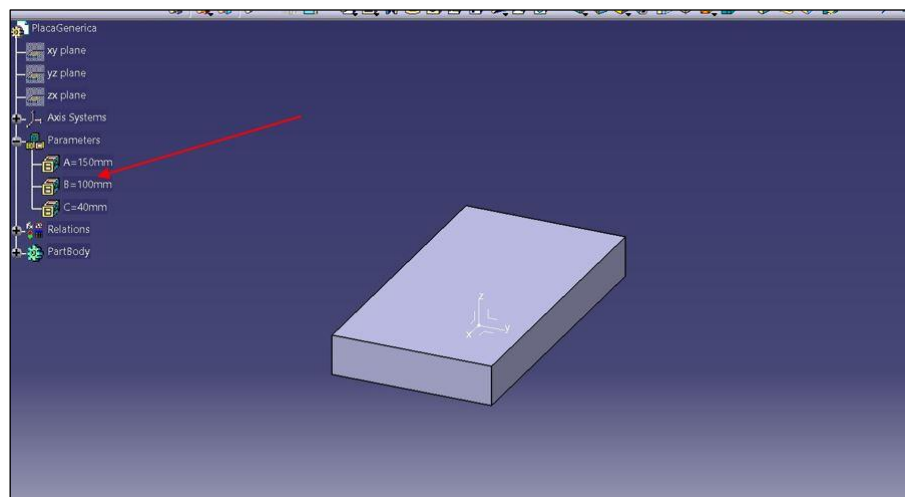
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 100: Asignación de valores a los parámetros



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

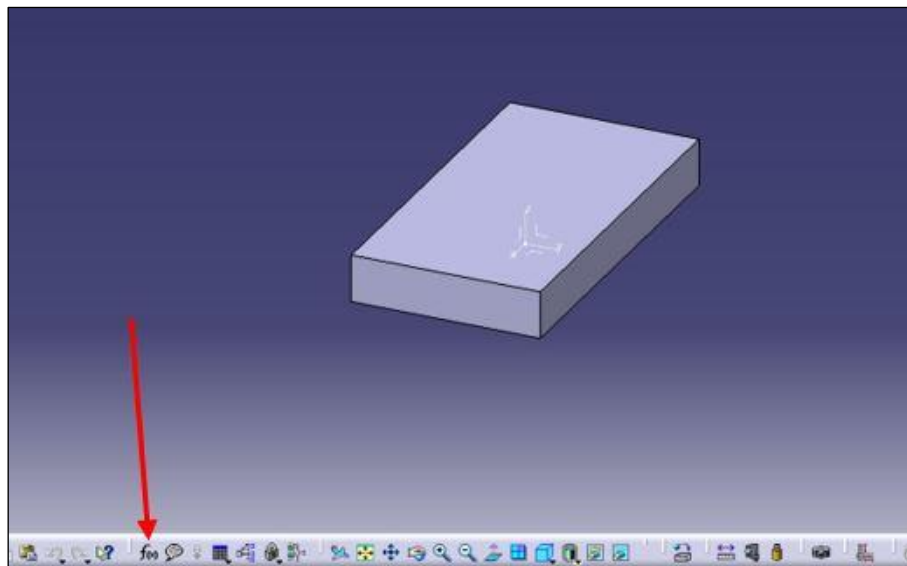
Figura 101: Comprobación de la creación y asignación de los parámetros



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

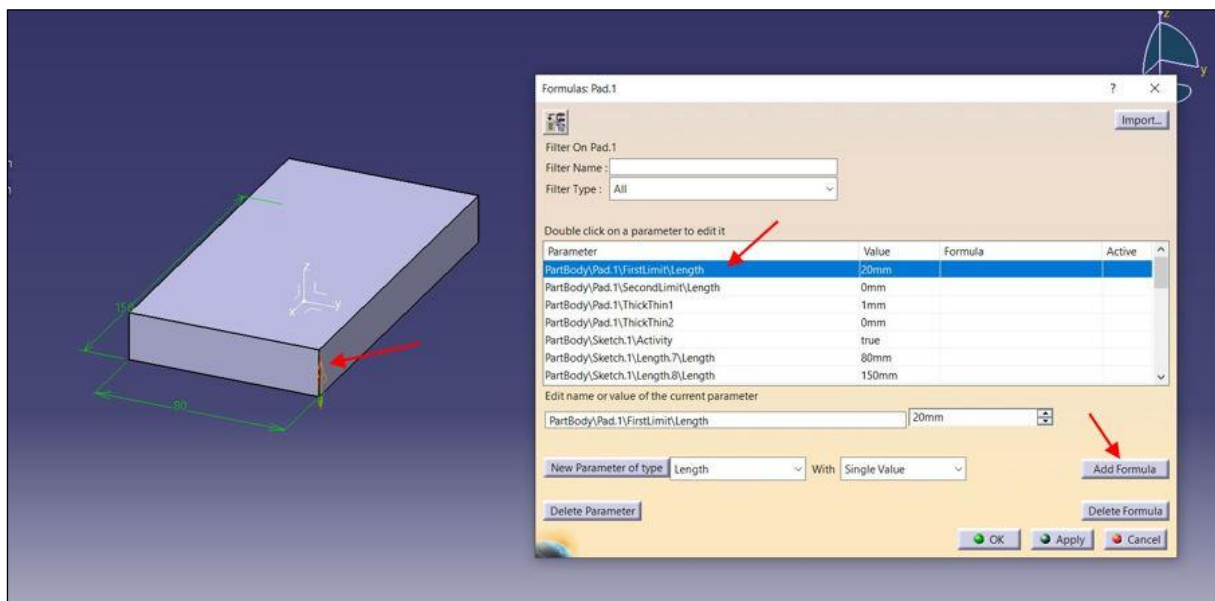
3º Paso: relacionar los parámetros creados con las variables de construcción del elemento

Figura 102: Relación de los parámetros creados con las dimensiones físicas del elemento a parametrizar



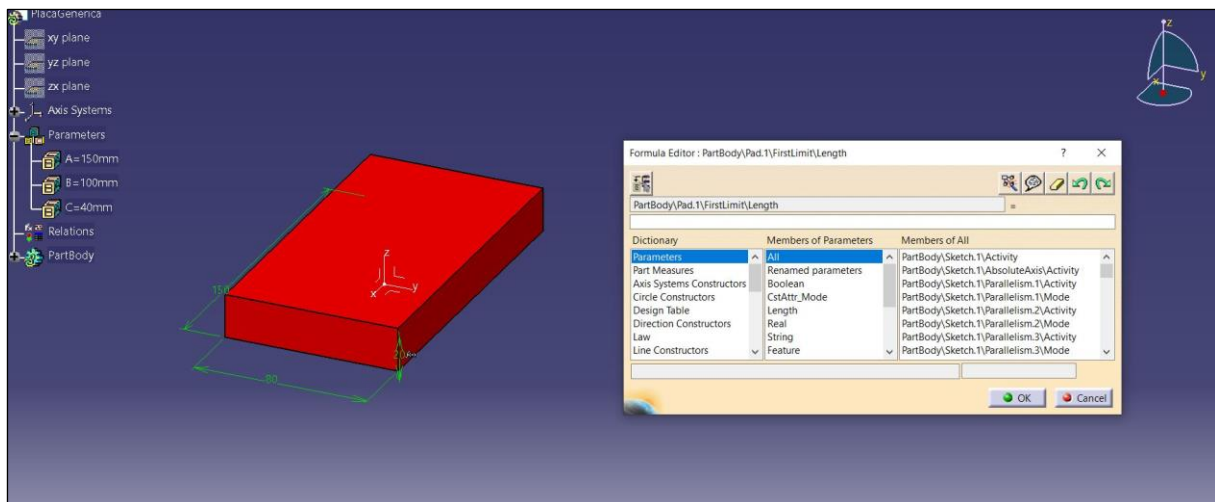
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 103: Relación del parámetro C



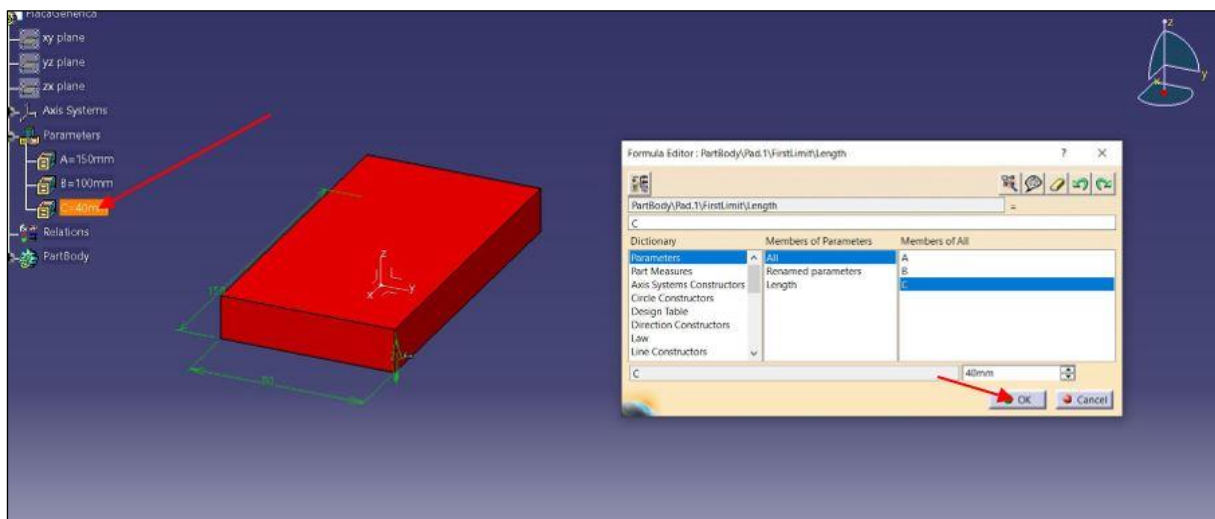
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 104: Relación del parámetro C



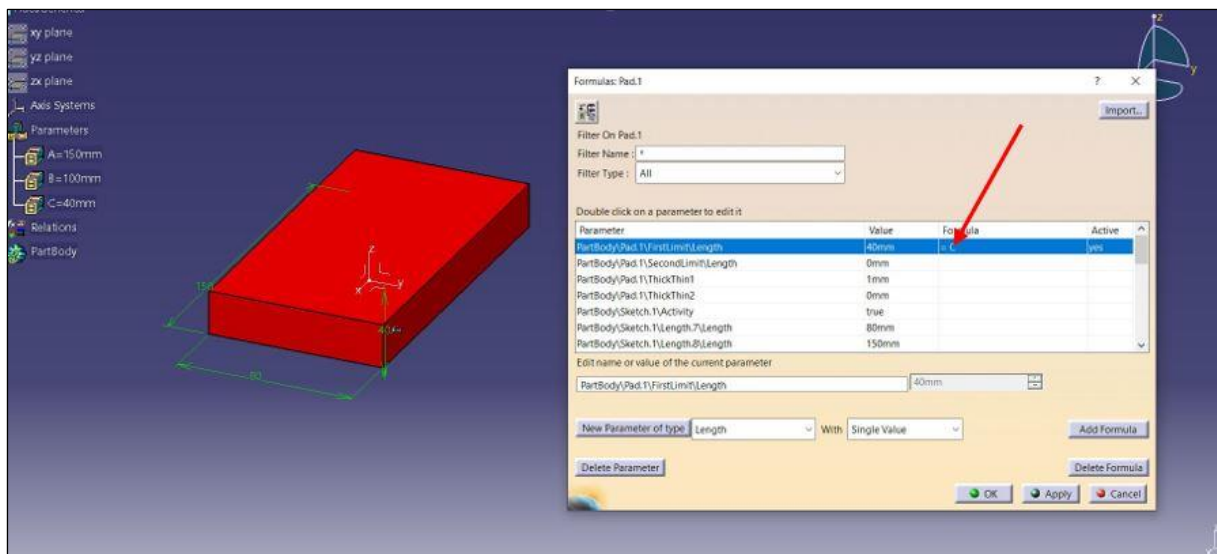
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 105: Relación del parámetro C



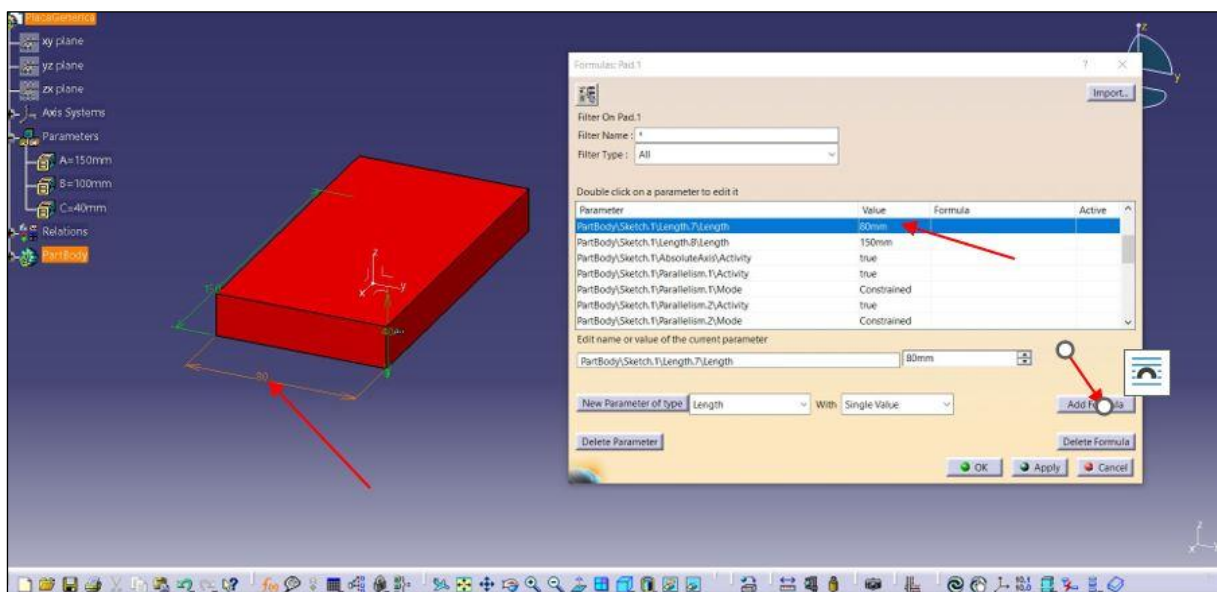
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 106: Relación del parámetro C



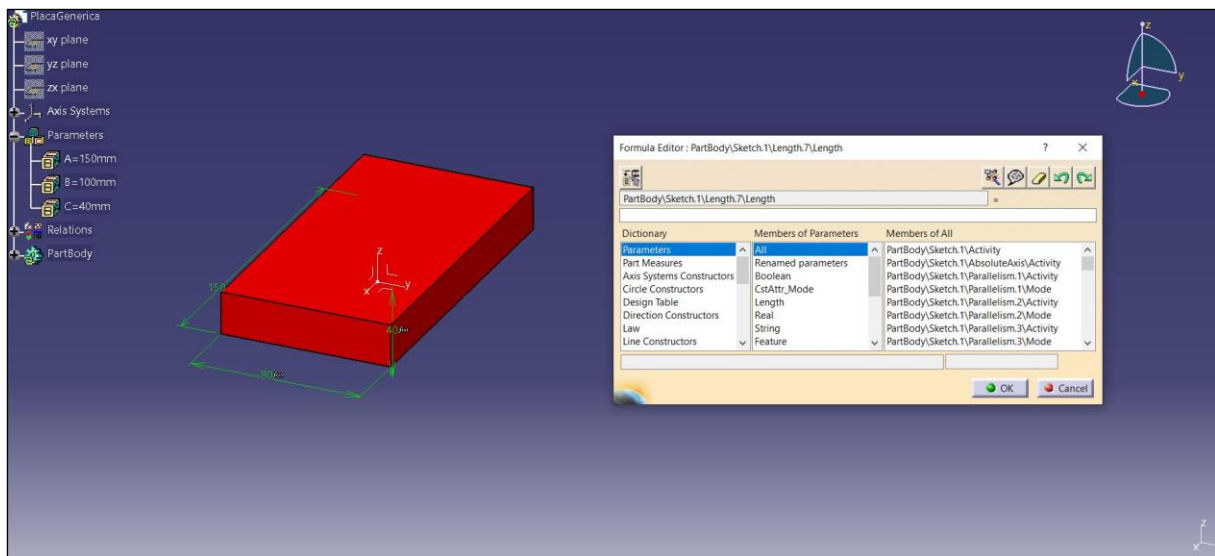
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 107: Relación del parámetro B



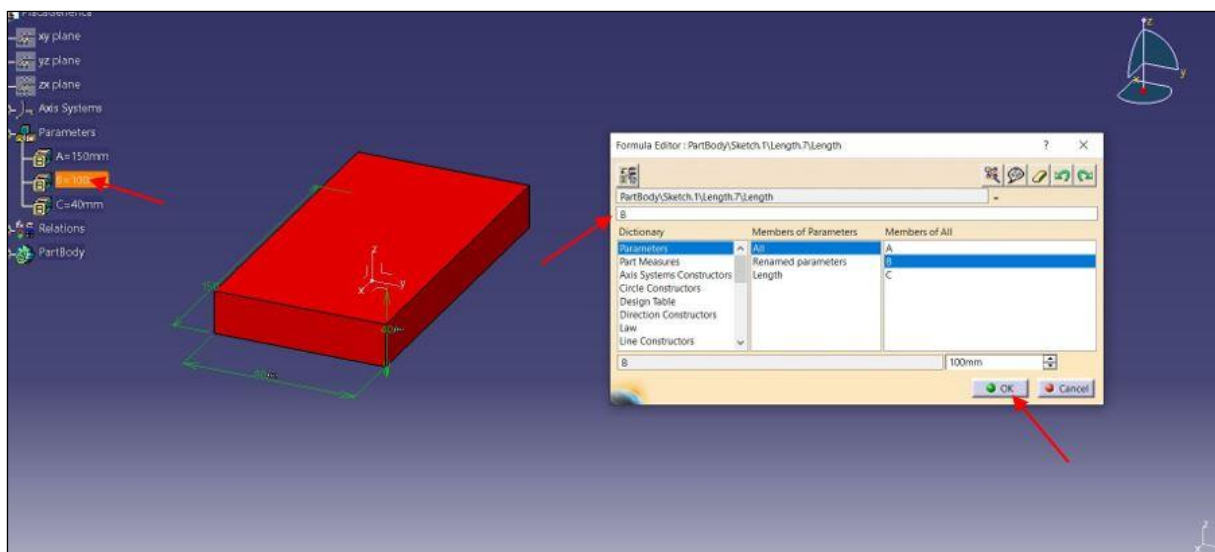
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 108: Relación del parámetro B



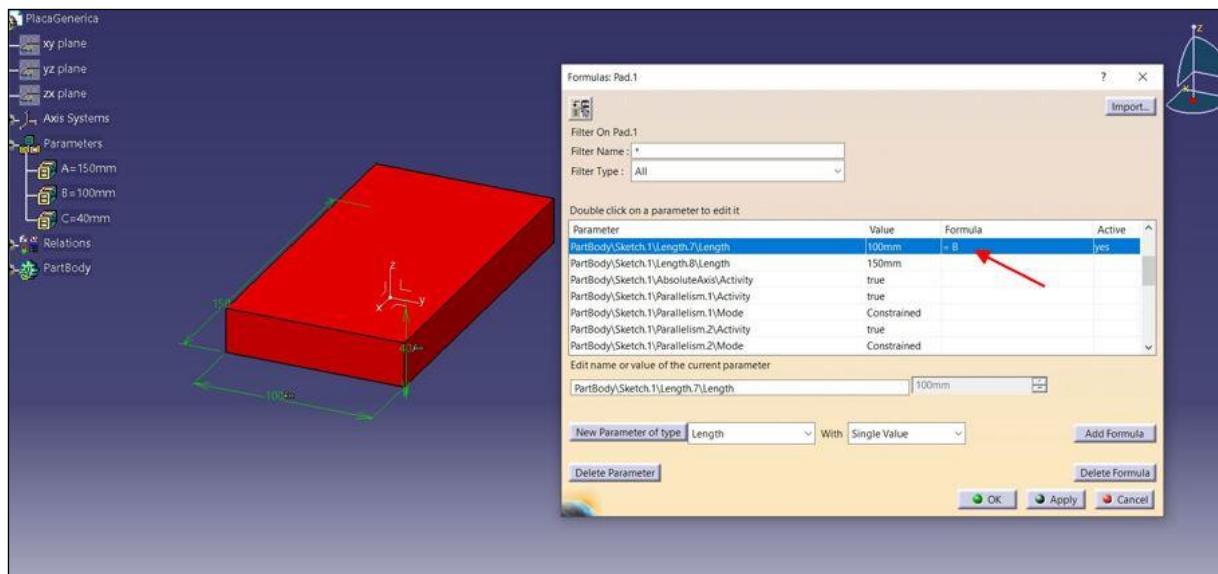
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 109: Relación del parámetro B



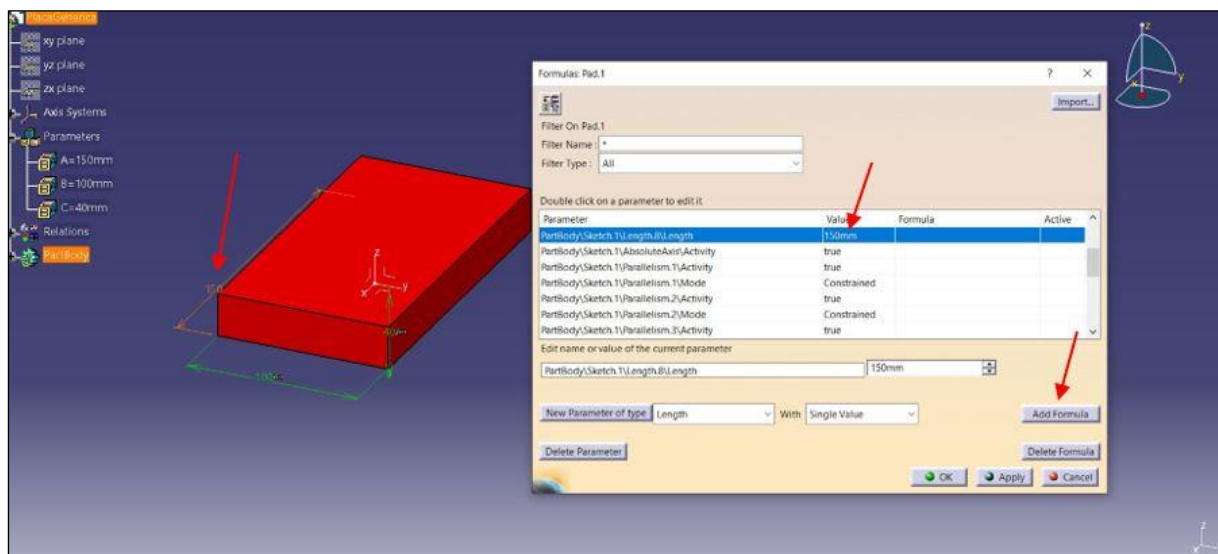
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 110: Relación del parámetro B



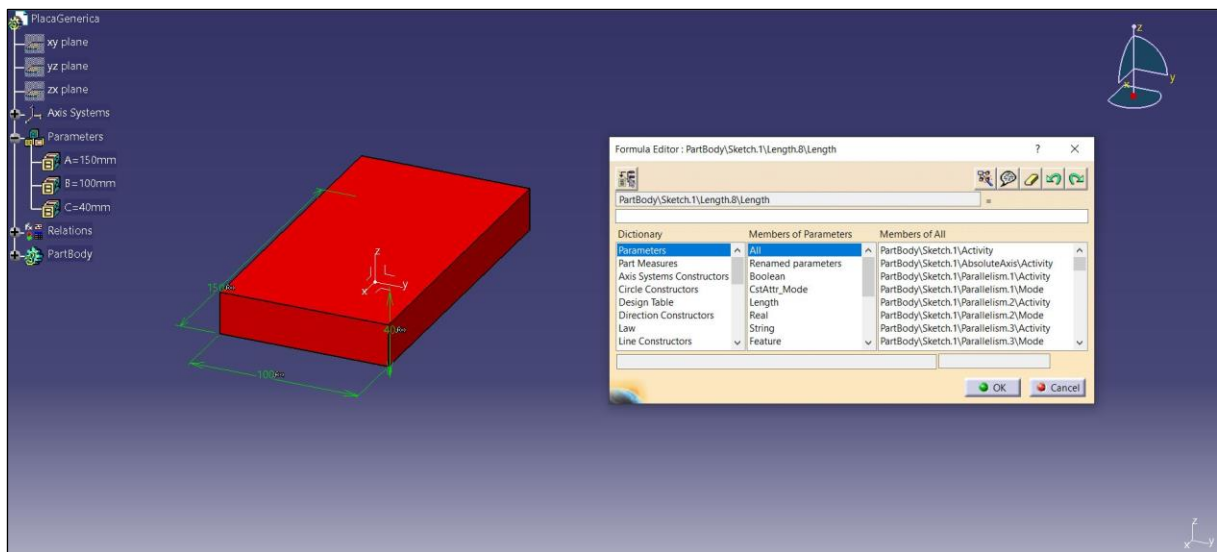
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 111: Relación del parámetro A



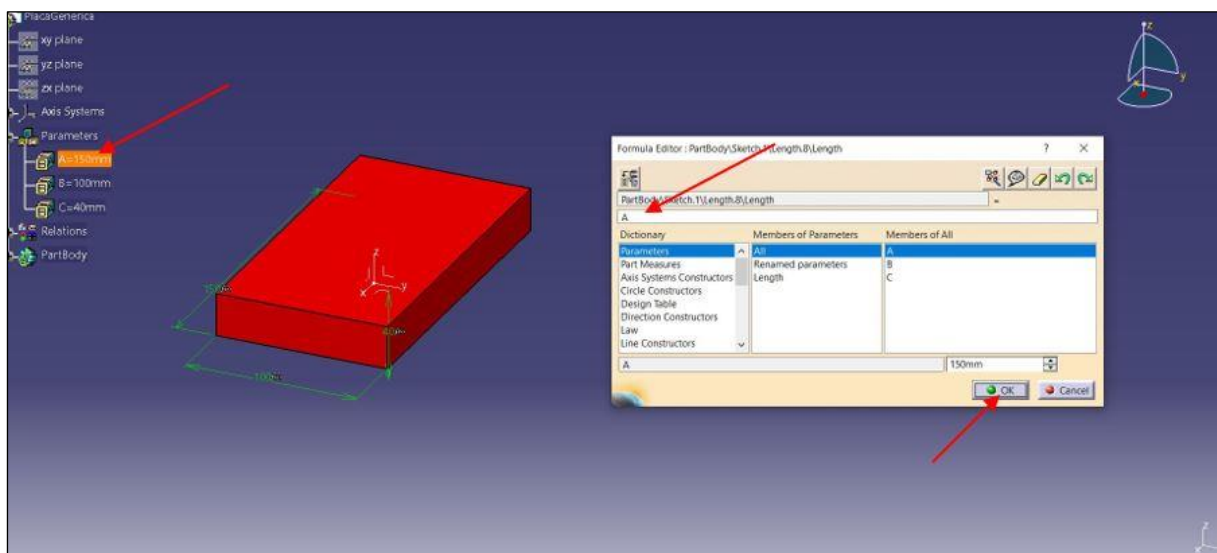
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 112: Relación del parámetro A



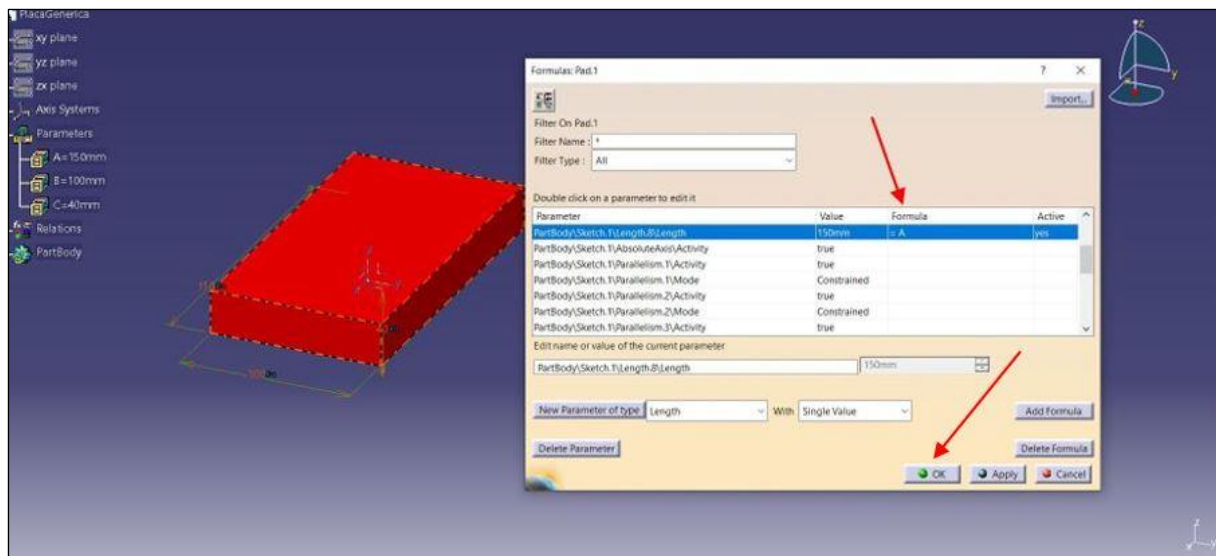
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 113: Relación del parámetro A



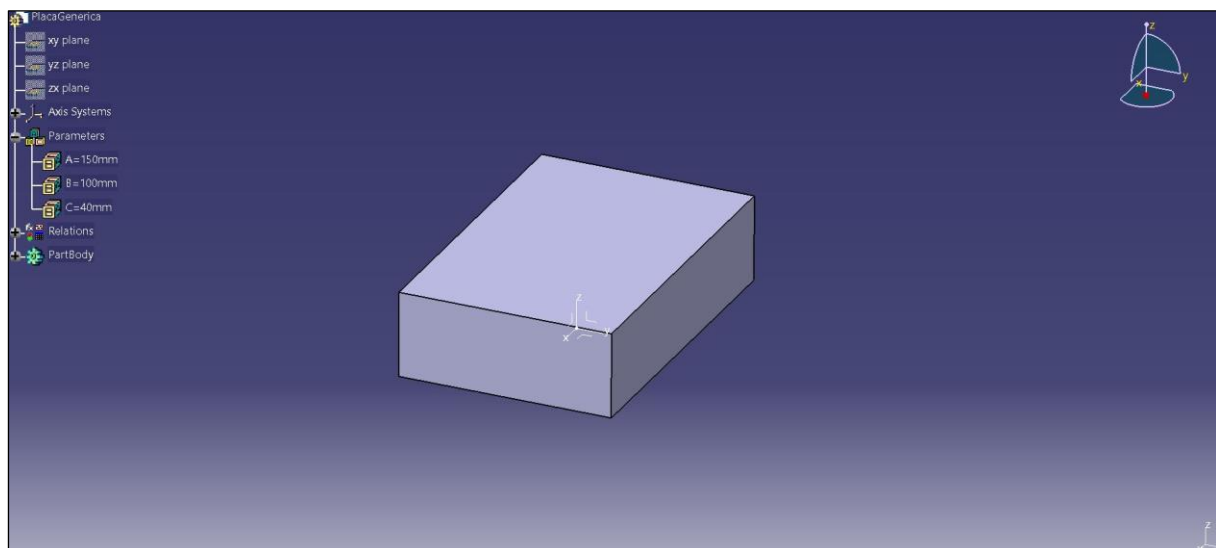
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 114: Relación del parámetro A



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 115: Resultado final de la relación de parámetros

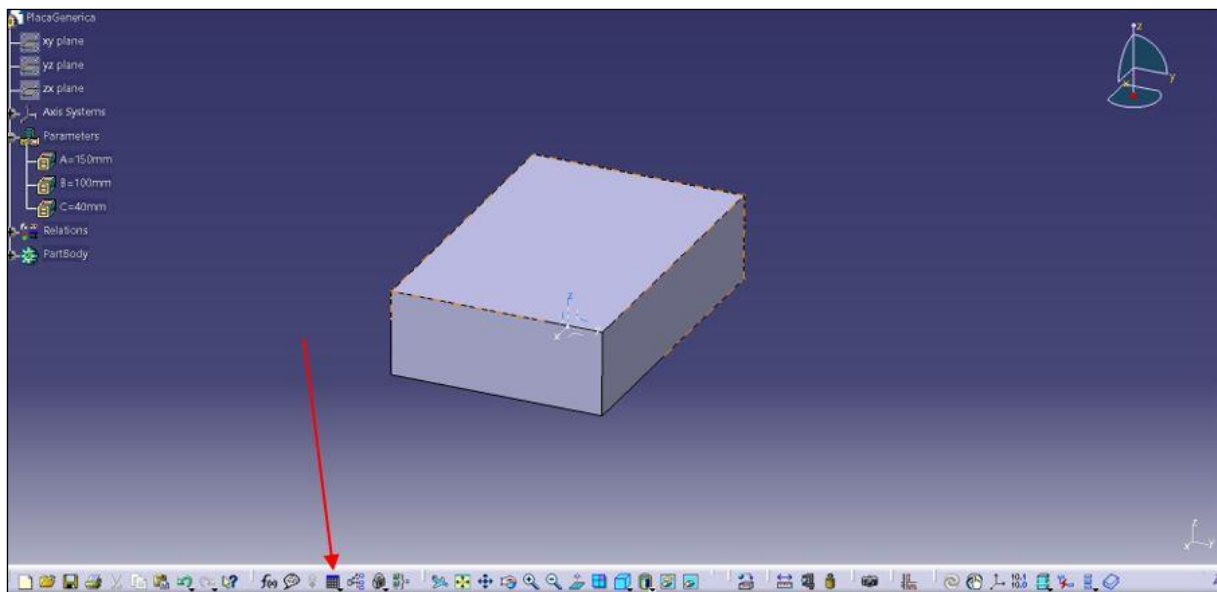


Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

4º Introducir una tabla de diseño

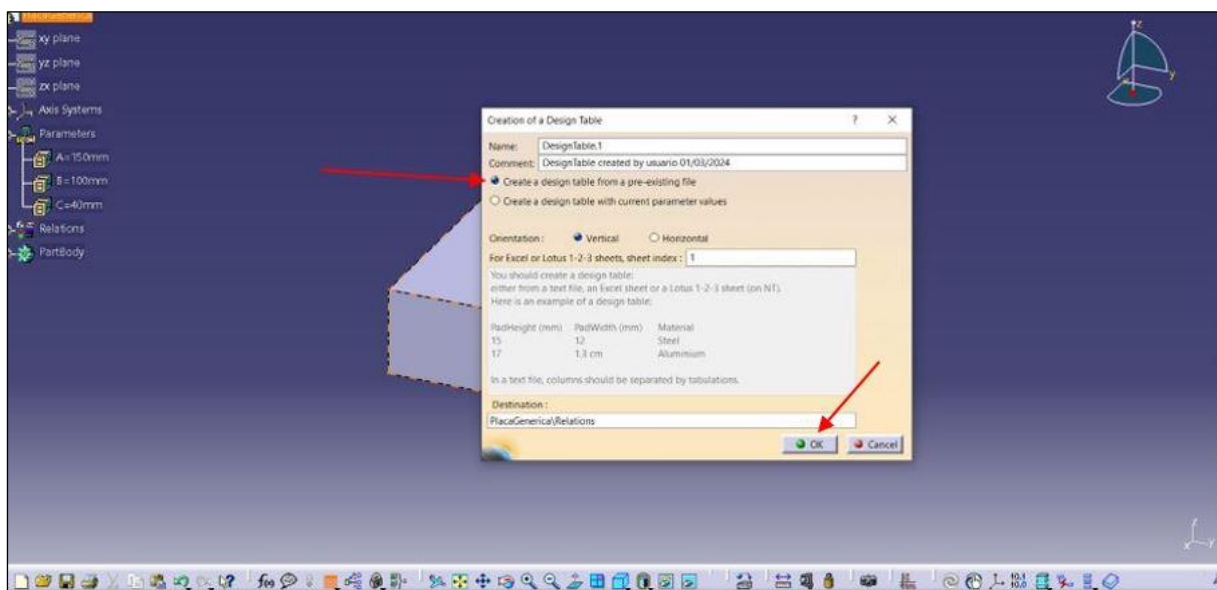
Crearemos una tabla de diseño a partir de un archivo Excel, donde las columnas quedarán establecidos los valores de los parámetros que hayamos creado y que queramos asignarles.

Figura 116: Introducción de la tabla de diseño



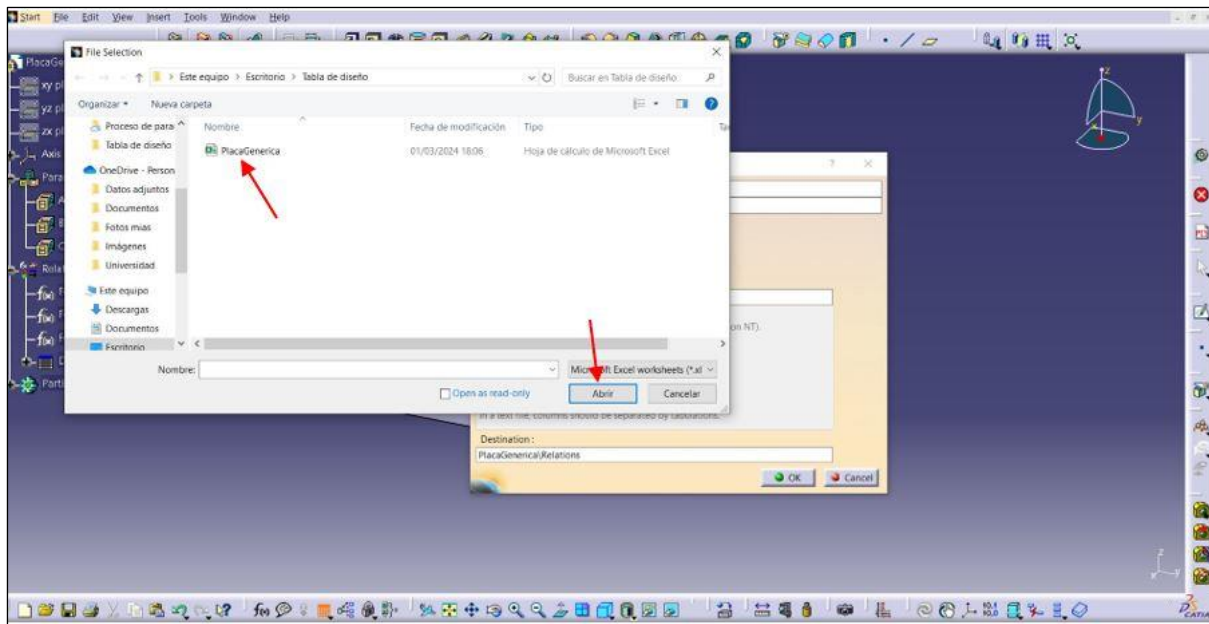
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 117: Introducción de la tabla de diseño



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

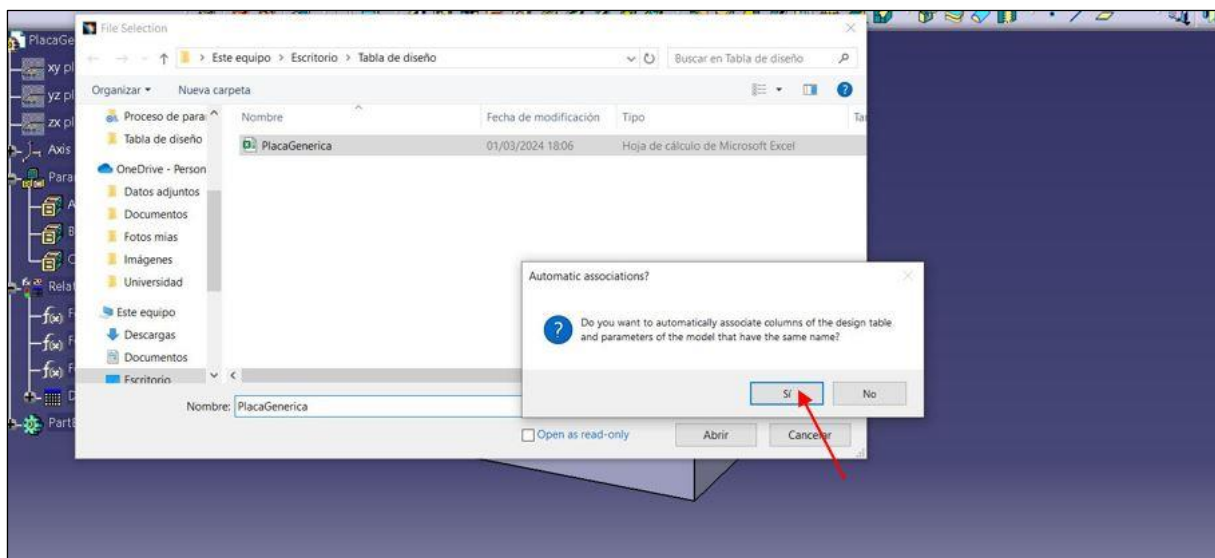
Figura 118: Introducción de la tabla de diseño



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Si en el archivo Excel introducimos el nombre de las columnas exactamente igual al nombre de los parámetros que hemos creado CATIA V5 es capaz de relacionar automáticamente las columnas de nuestro archivo Excel y nuestros parámetros:

Figura 119: Introducción de la tabla de diseño



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

DesignTable.4 active, configuration row : 1

Design Table Properties

Name: DesignTable.4

Comment: DesignTable created by usuario 01/03/2024

Configurations | **Associations**

Filter: [Edit...](#)

Line	A	B	C
1	20mm	20mm	5mm
2	40mm	40mm	10mm
3	60mm	60mm	15mm
4	80mm	80mm	20mm
5	100mm	100mm	25mm
6	120mm	120mm	30mm
7	140mm	140mm	35mm
8	160mm	160mm	40mm
9	180mm	180mm	45mm
10	200mm	200mm	50mm
11	220mm	220mm	55mm
12	240mm	240mm	60mm
13	260mm	260mm	65mm

[Edit table...](#) ☐ Duplicate data in CATIA model

[OK](#) [Apply](#) [Cancel](#)

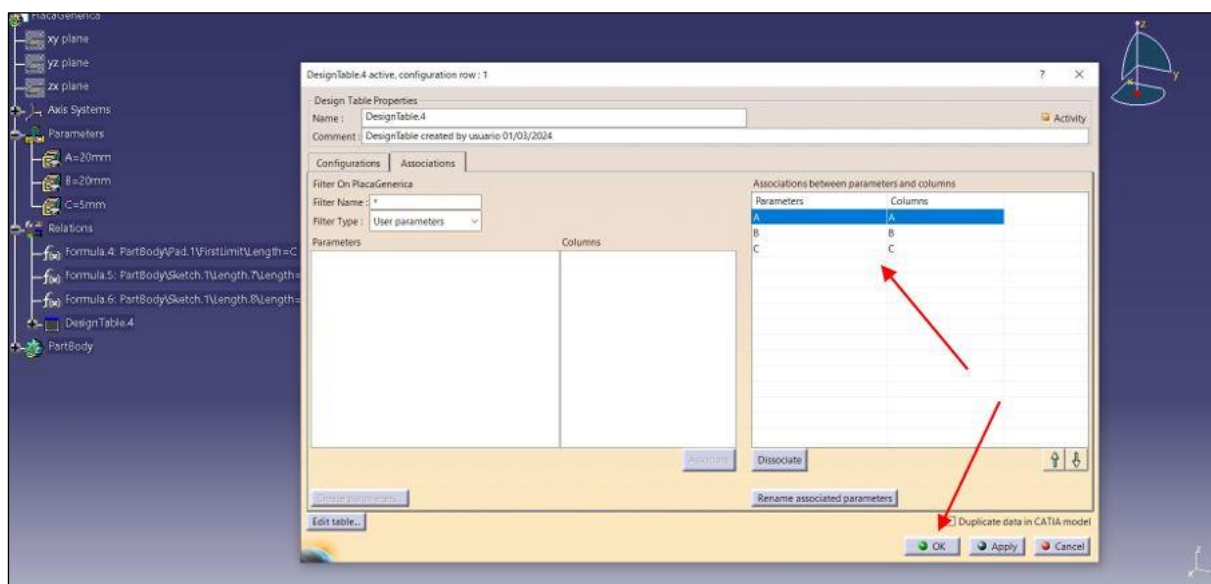
Figura 121: Introducción de la tabla de diseño

[illegible]

En caso de que CATIA V5 no sea capaz de relacionar automáticamente nuestros parámetros con las columnas del archivo Excel podemos relacionarlos nosotros mismos.

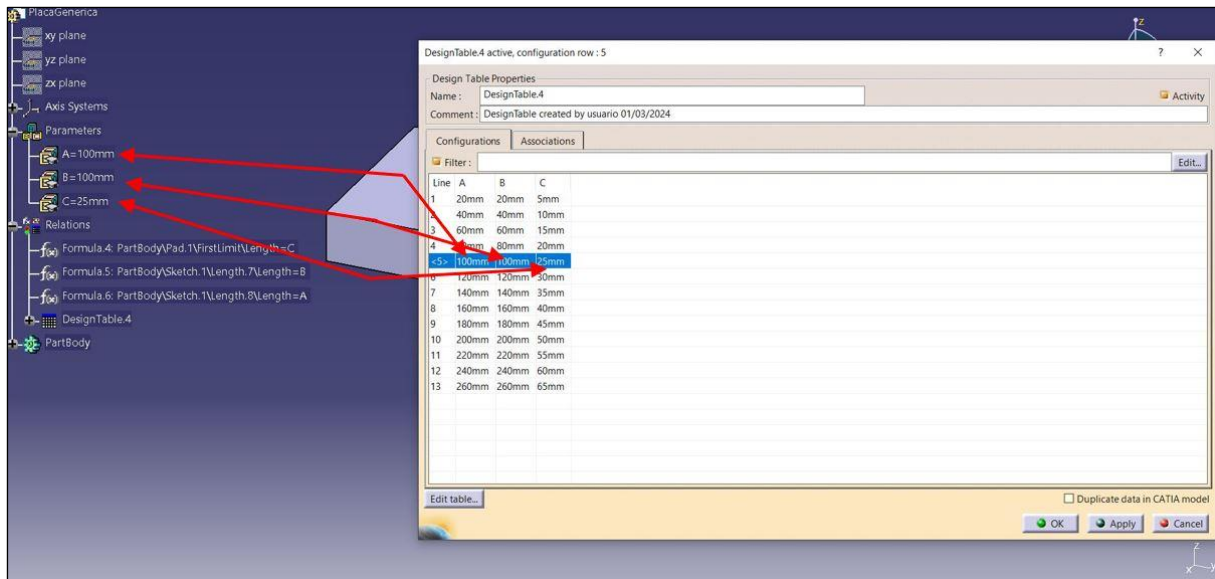
The screenshot shows the 'DesignTable: Properties' dialog box in CATIA. The 'Associations' tab is selected. The 'Filter Name' is set to '*' and the 'Filter Type' is 'User parameters'. The 'Parameters' list contains A, B, and C, and the 'Columns' list contains A, B, and C. The 'Associate' button is highlighted with a red arrow. The 'Create parameters...' button is also visible.

Figura 123: Introducción de la tabla de diseño (Asociación de variables de manera manual)



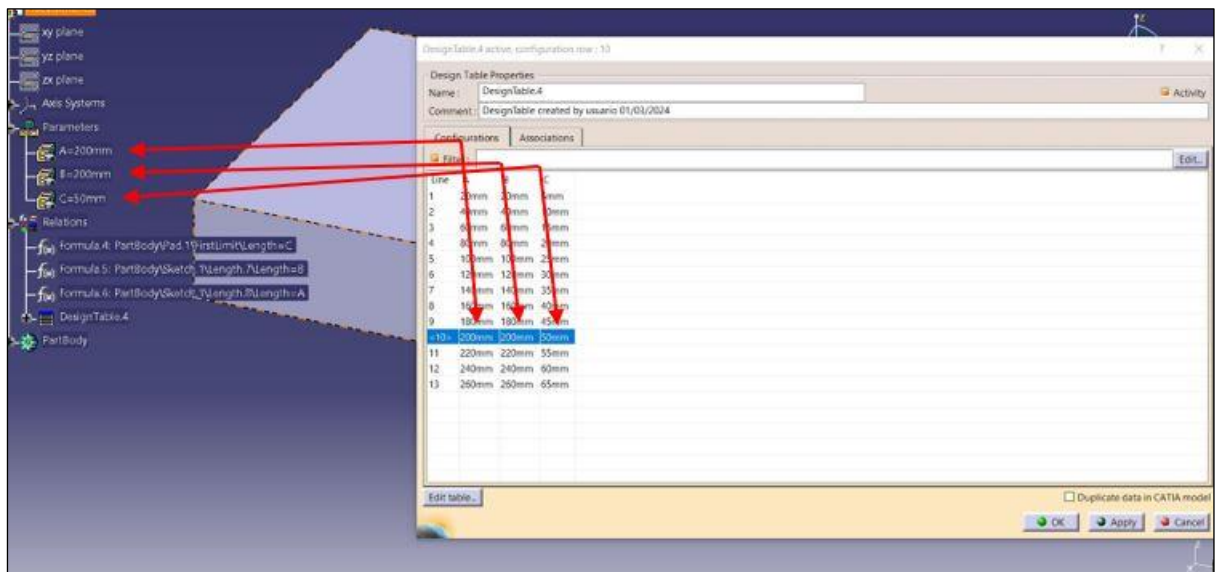
93

Figura 124: Introducción de la tabla de diseño (Asociación de variables de manera manual)



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 125: Introducción de la tabla de diseño (Asociación de variables de manera manual)



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

En el supuesto de que introduzcamos esta placa o cualquier elemento en un ensamblaje mayor con otros elementos y tengamos que parametrizar seguiríamos el siguiente procedimiento:

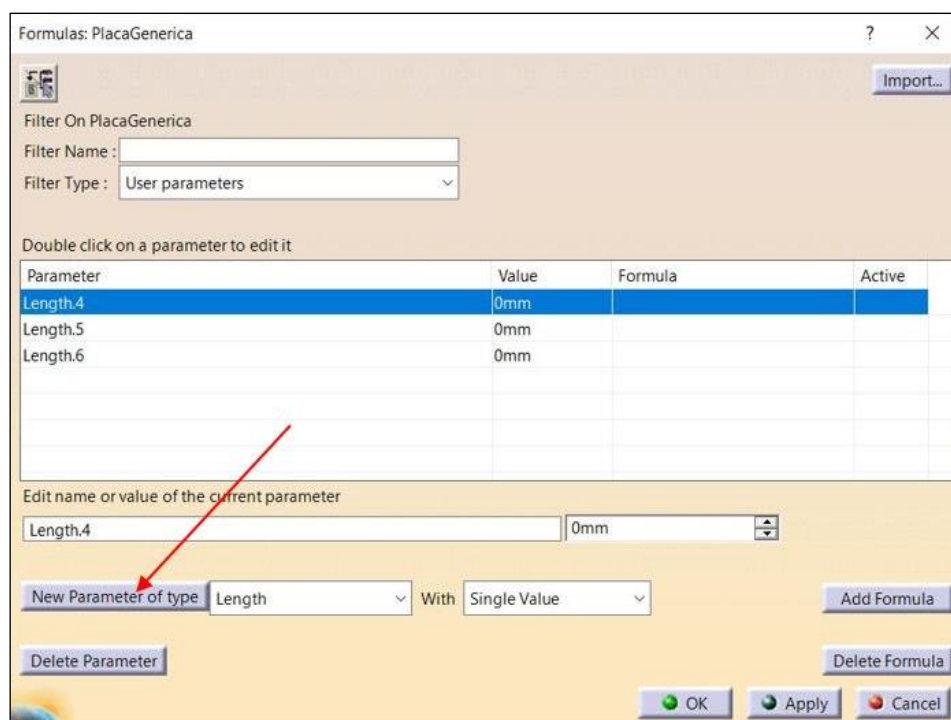
1º Paso: Creación de parámetros en el ensamblaje

Figura 126: Creación de parámetros para un ensamblaje



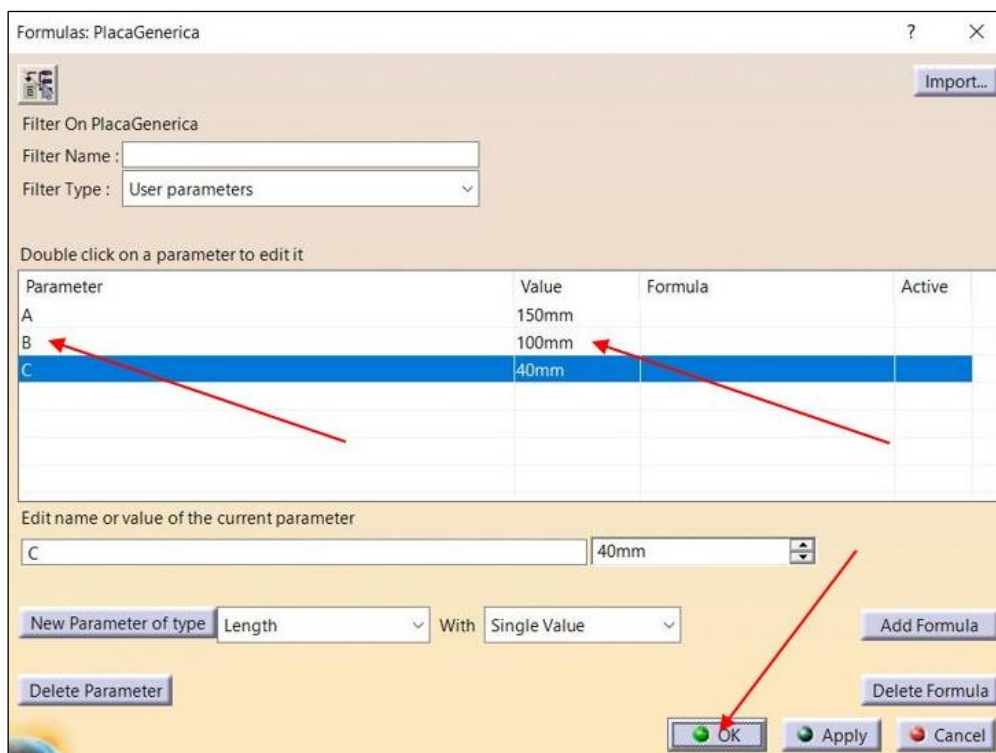
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 127: Creación de parámetros para un ensamblaje



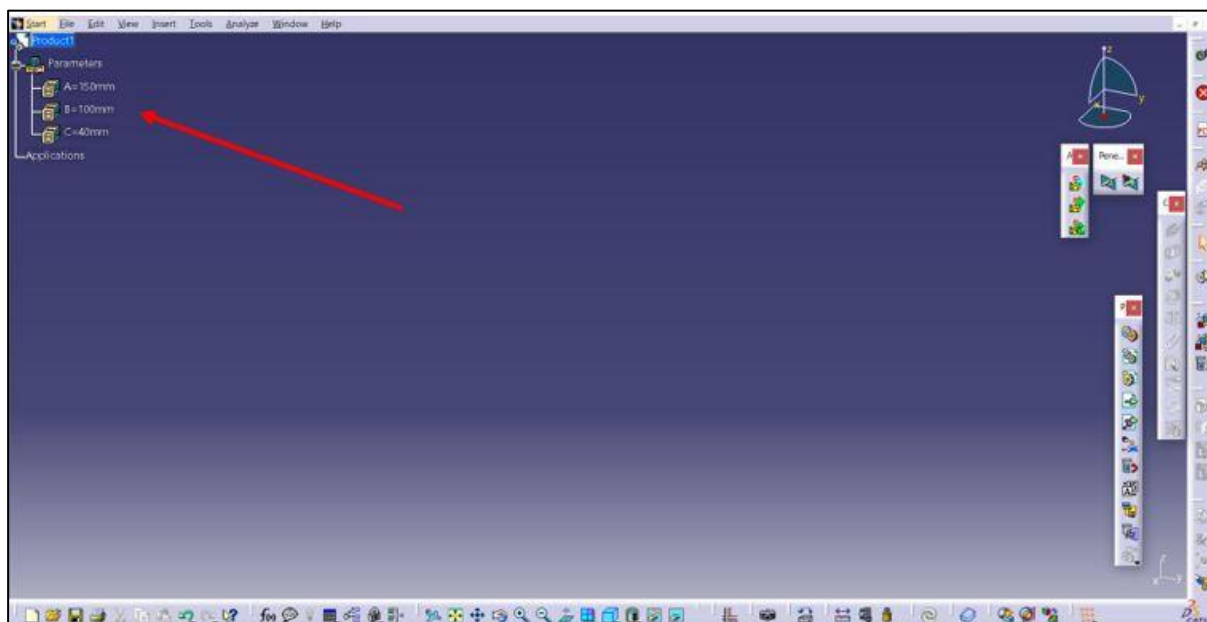
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 128: Creación de parámetros para un ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

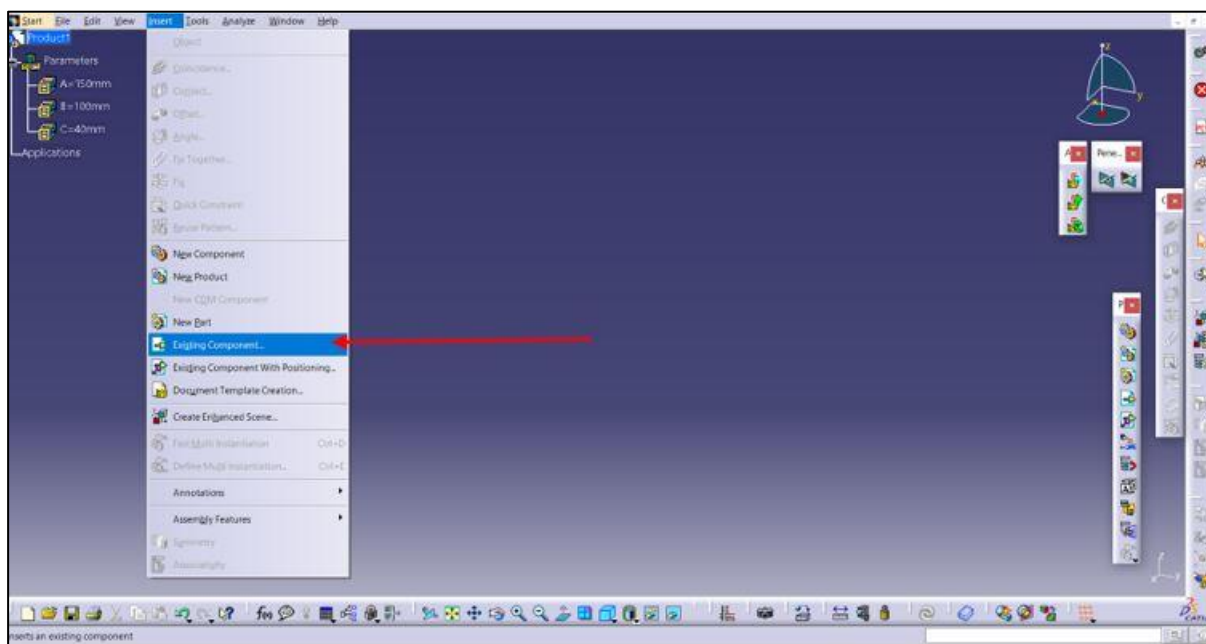
Figura 129: Creación de parámetros para un ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

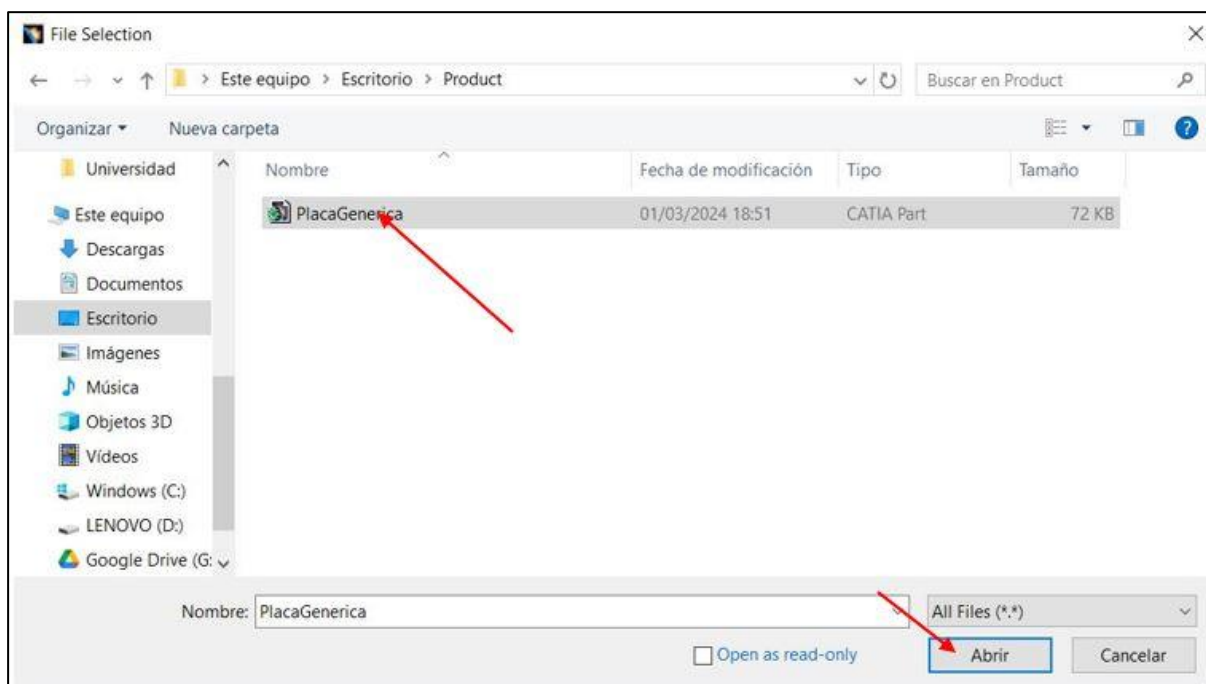
2º Paso: inserción de la pieza

Figura 130: Inserción de la pieza en un ensamblaje



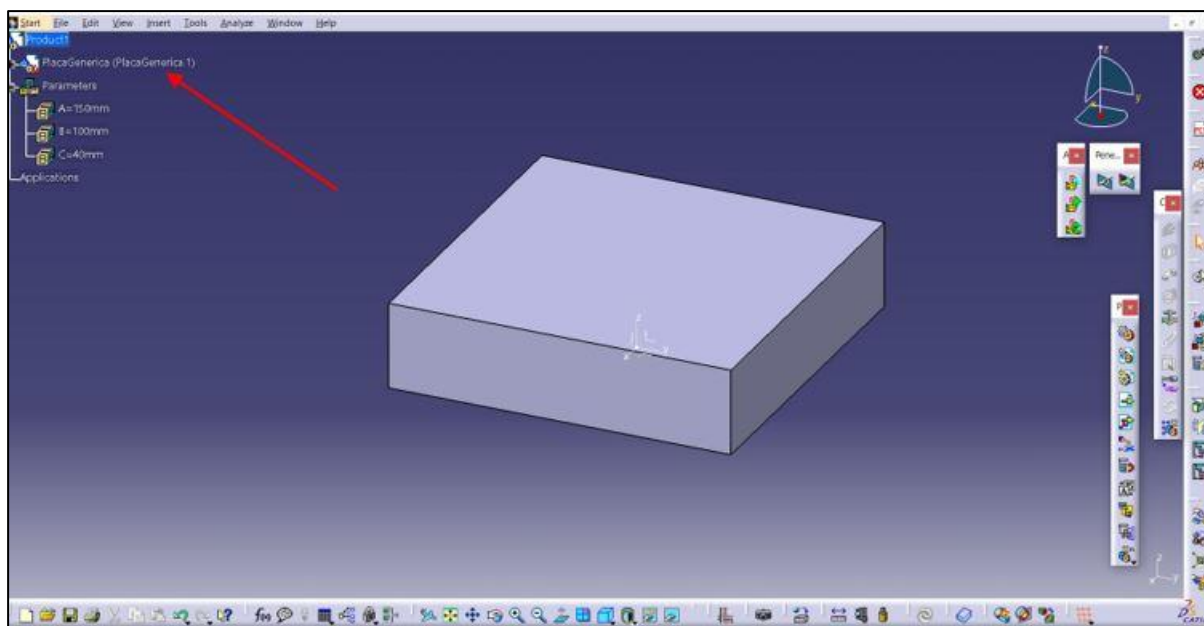
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 131: Inserción de la pieza en un ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 132: Inserción de la pieza en un ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

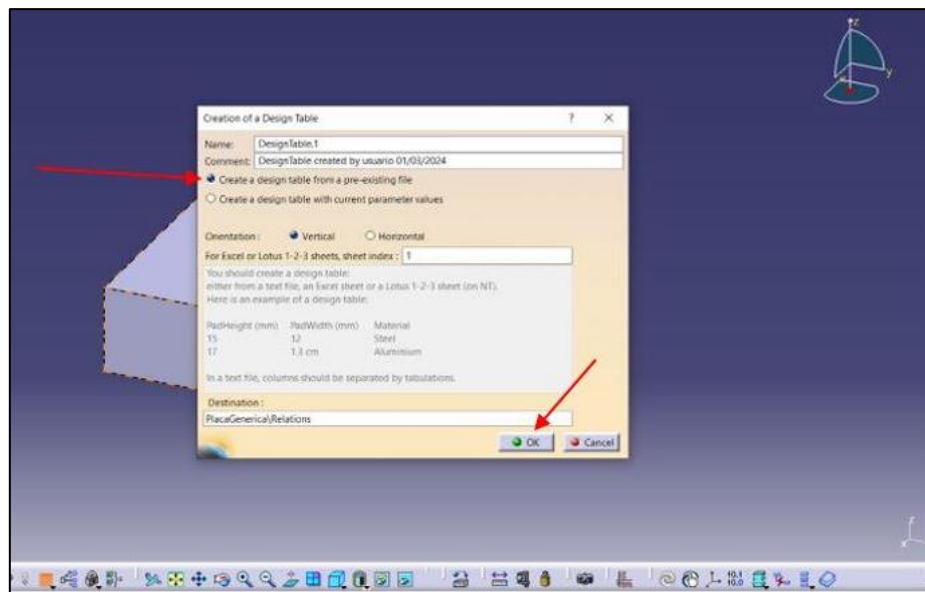
3° Paso: introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje

Figura 133: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje



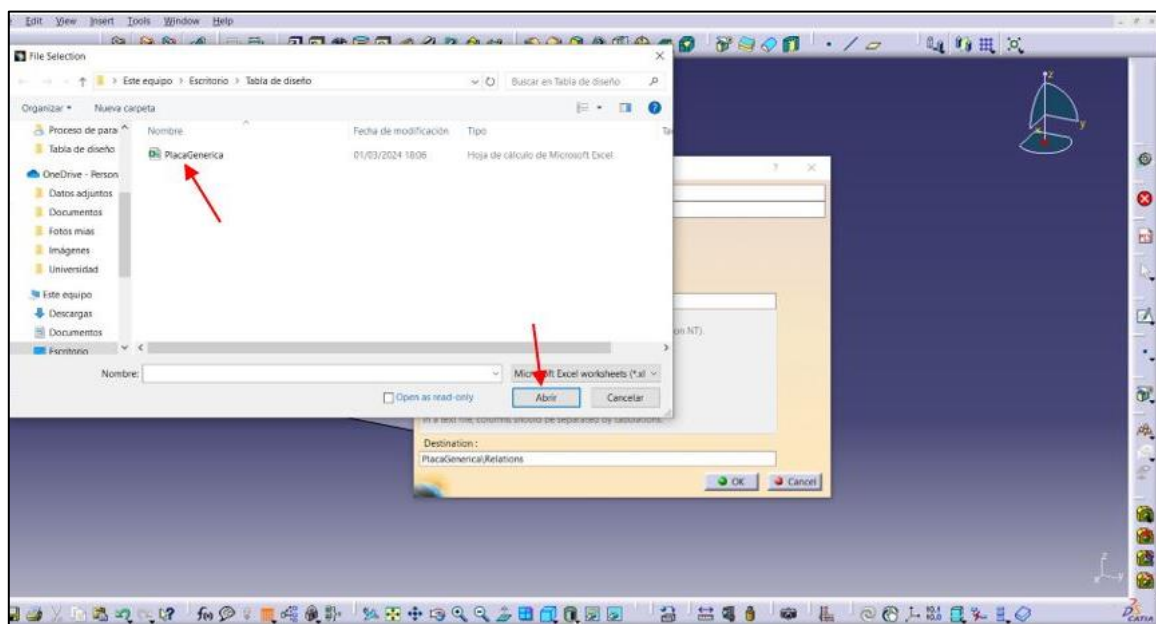
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 134: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje



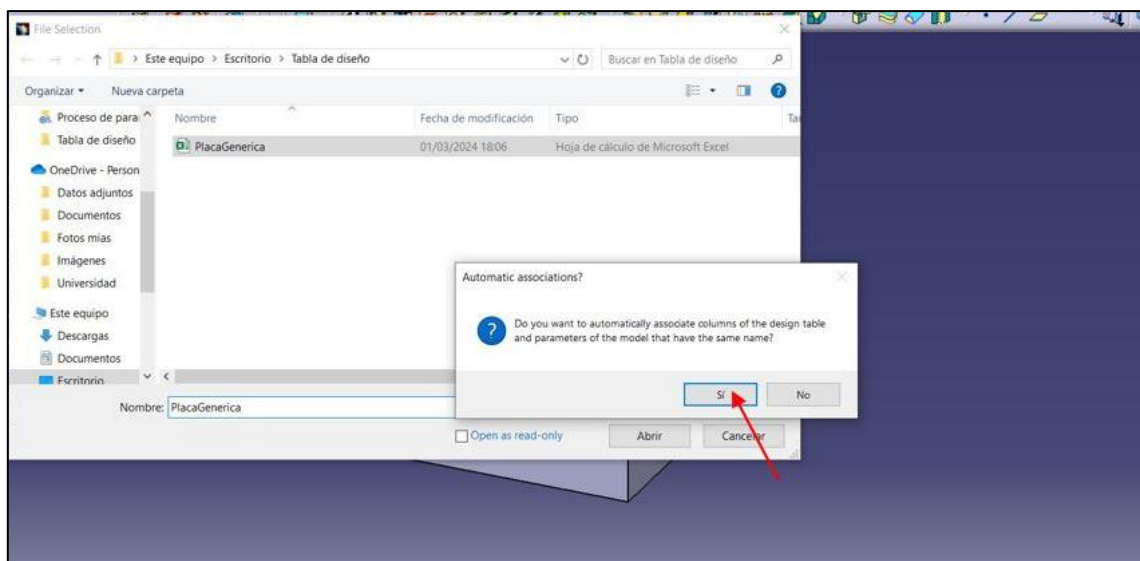
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 135: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje



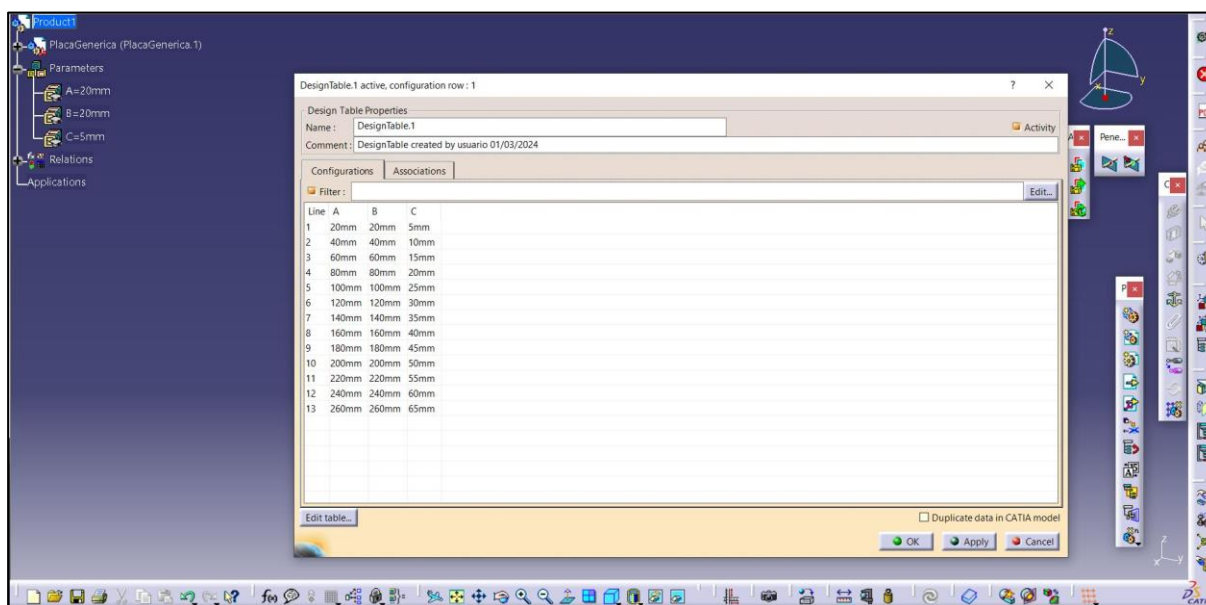
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 136: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 137: Introducción y asociación de la tabla de diseño en relación con los parámetros del ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

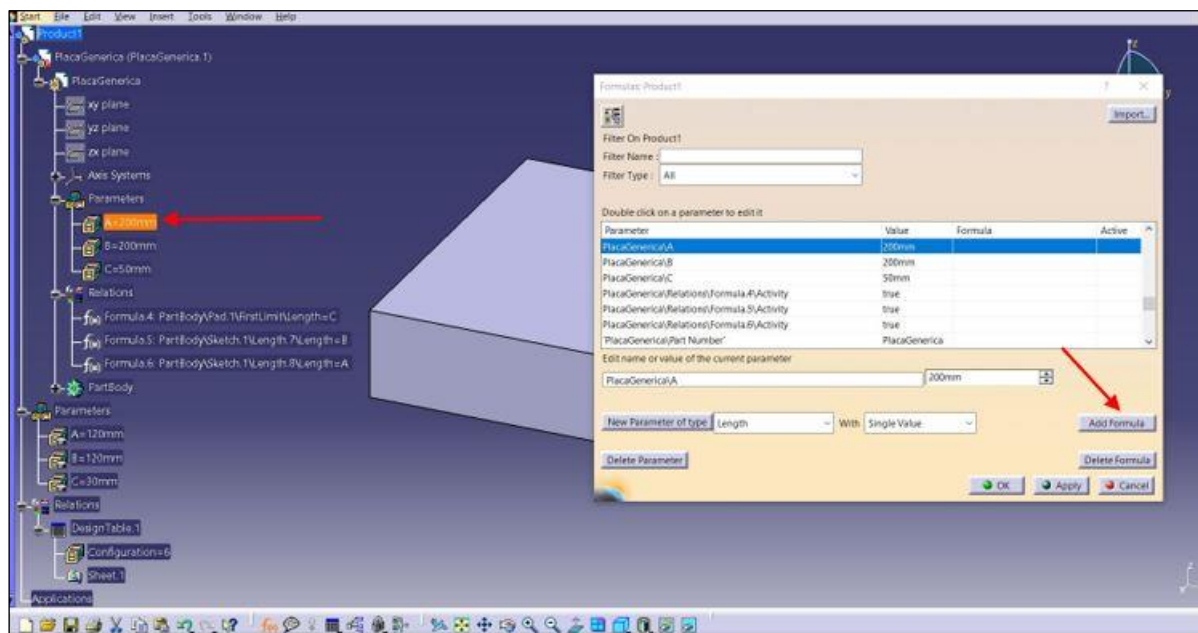
4º Paso: relacionar los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje

Figura 138: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



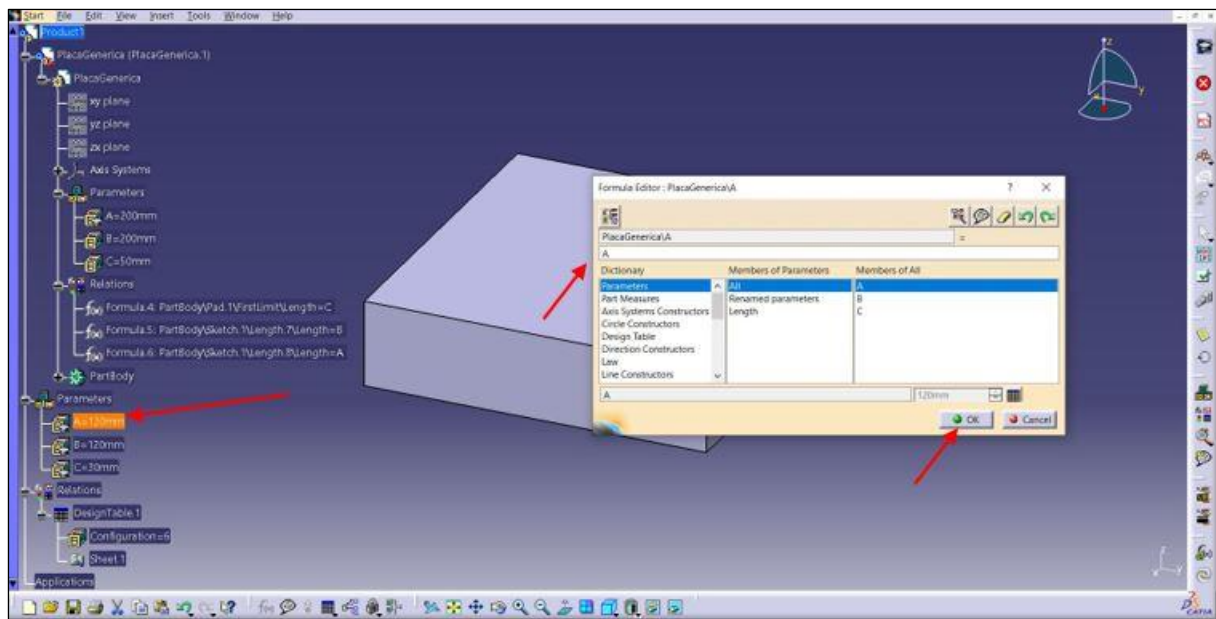
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 139: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



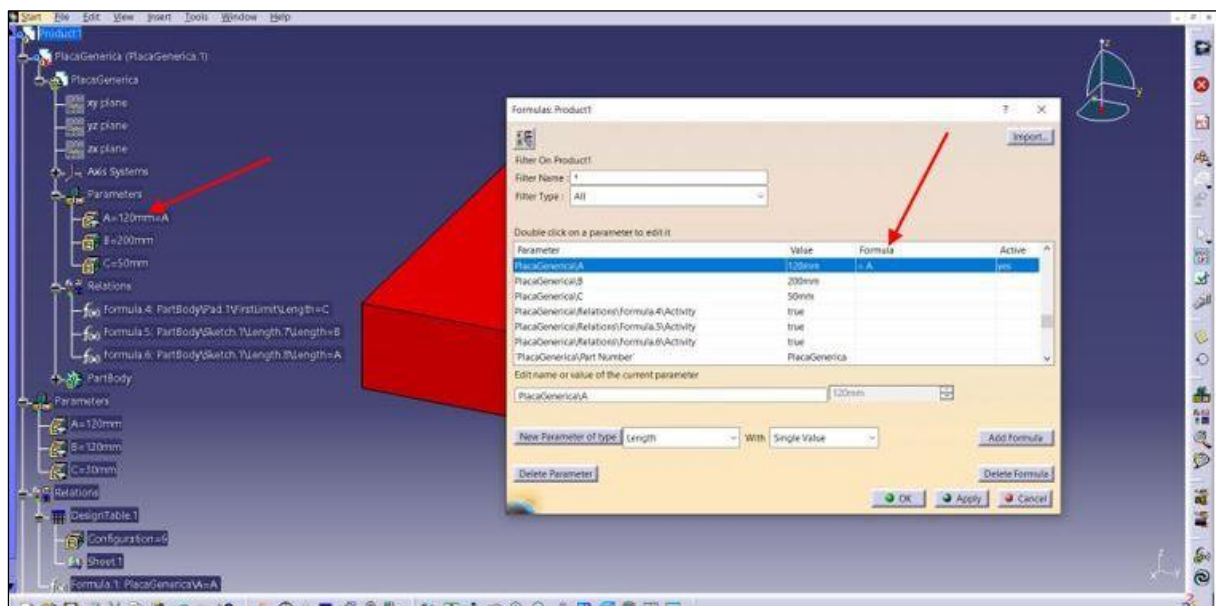
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 140: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



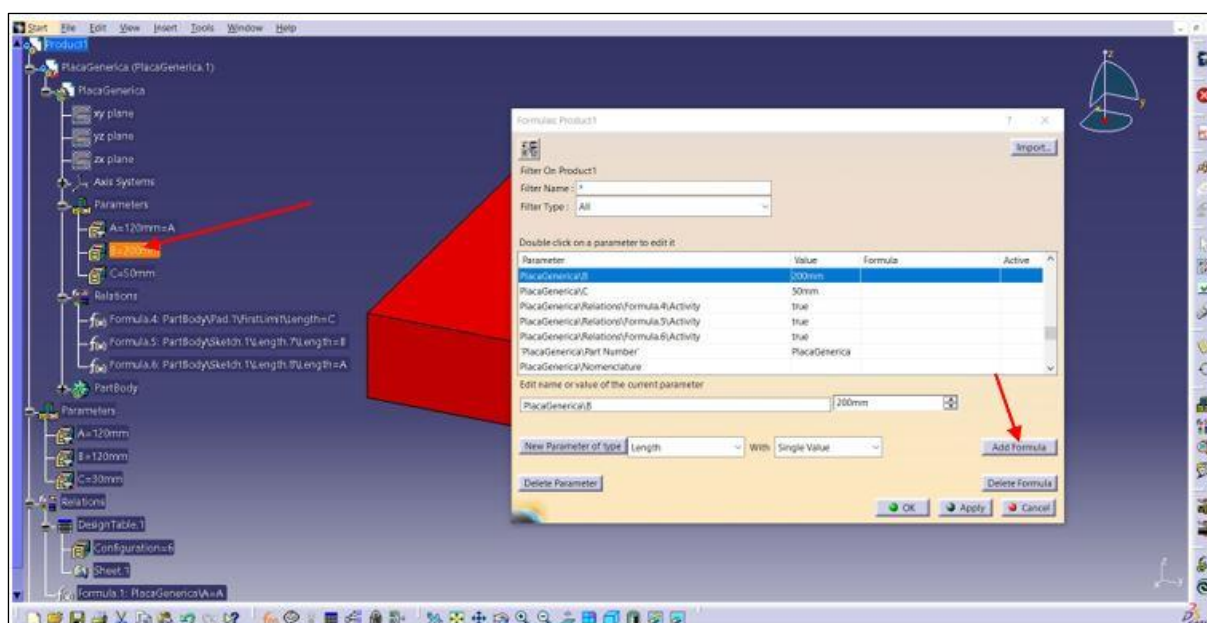
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 141: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



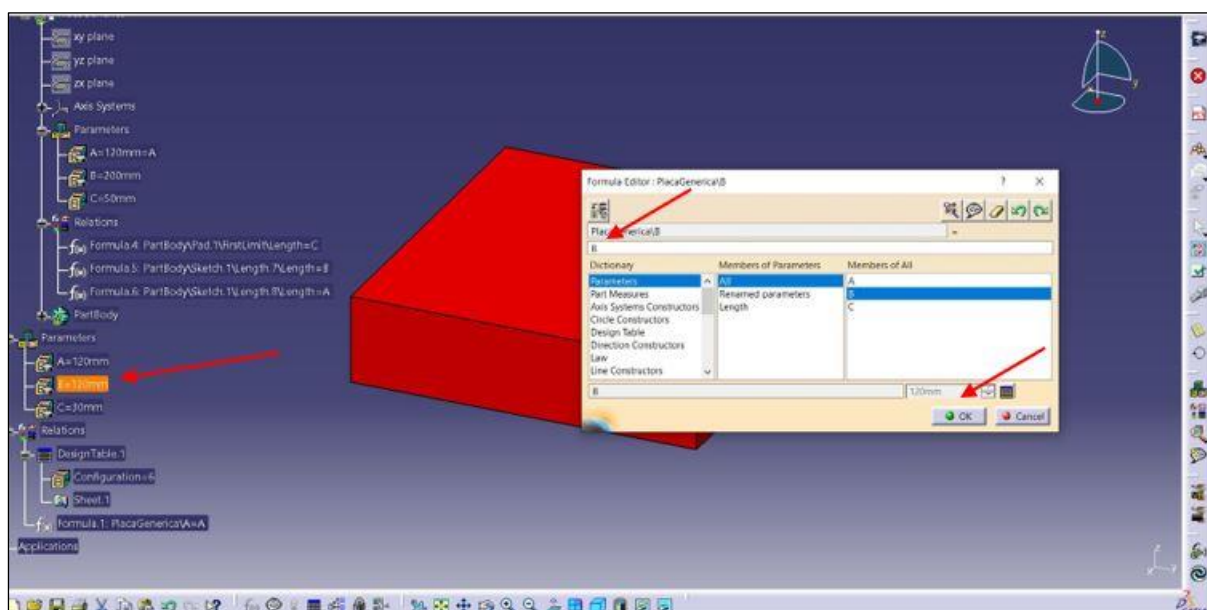
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 142: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



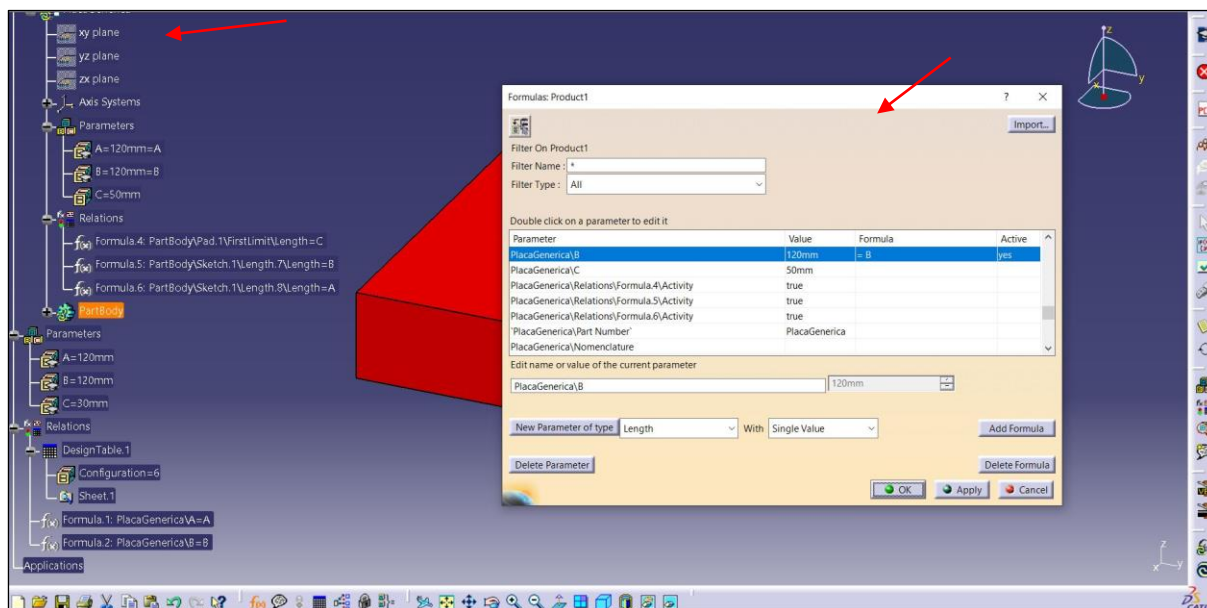
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 143: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



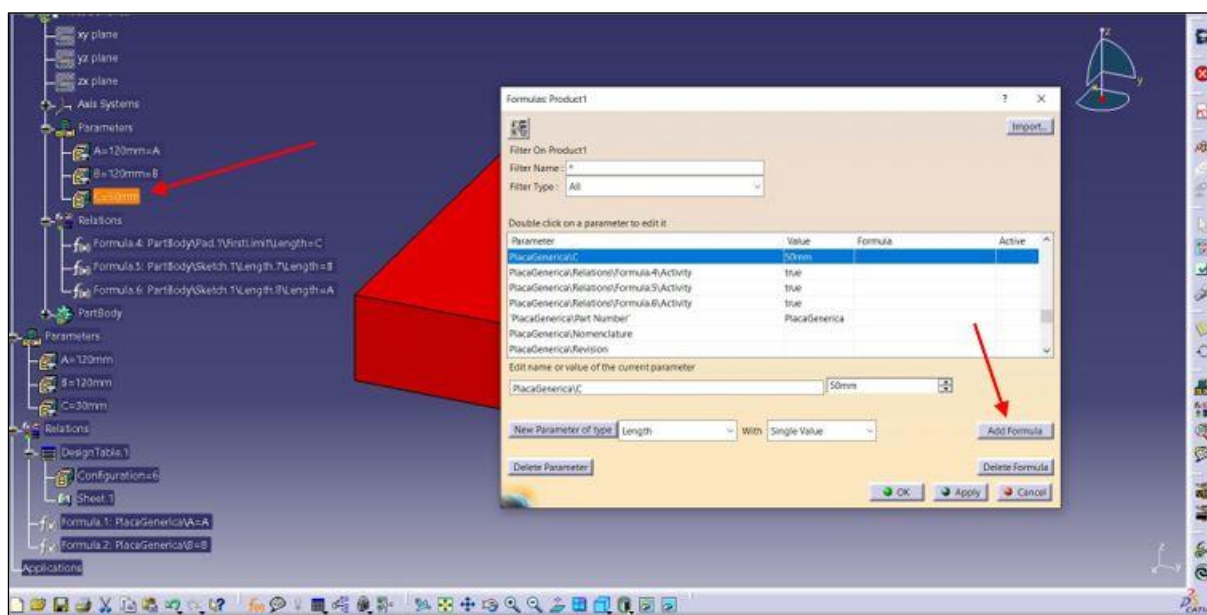
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 144: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

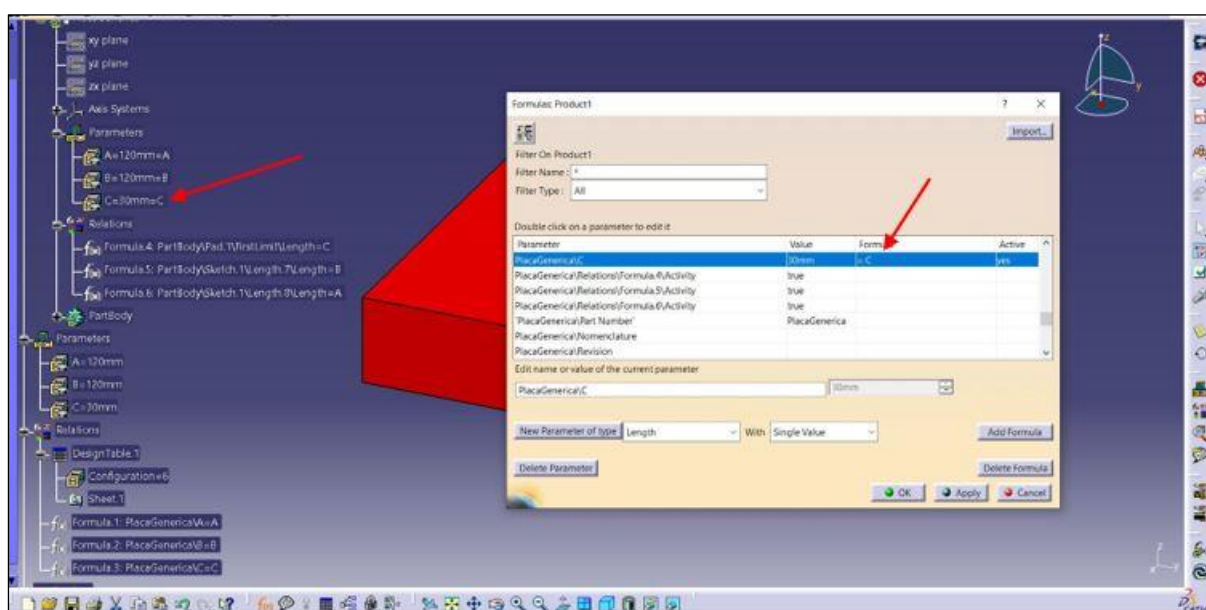
Figura 145: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

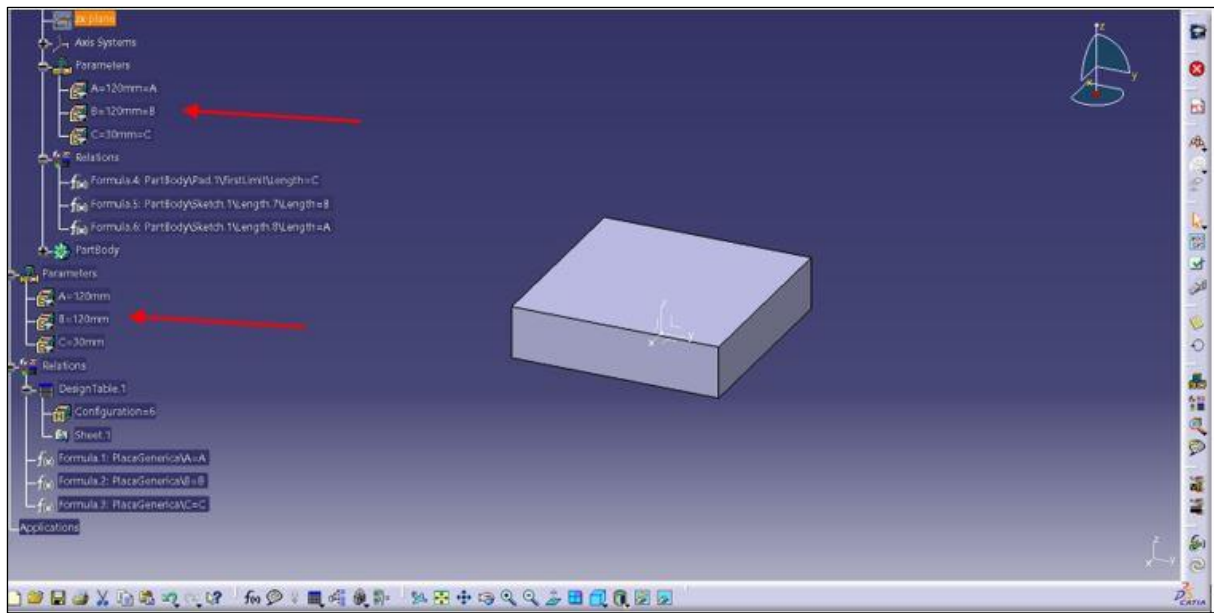
The screenshot shows the SolidWorks interface with a 3D model of a red wedge. The left sidebar displays the Feature Tree, including parameters A=120mm, B=120mm, and C=50mm. The Formula Editor window is open, showing the formula C=50mm and the OK button.

Figura 147: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



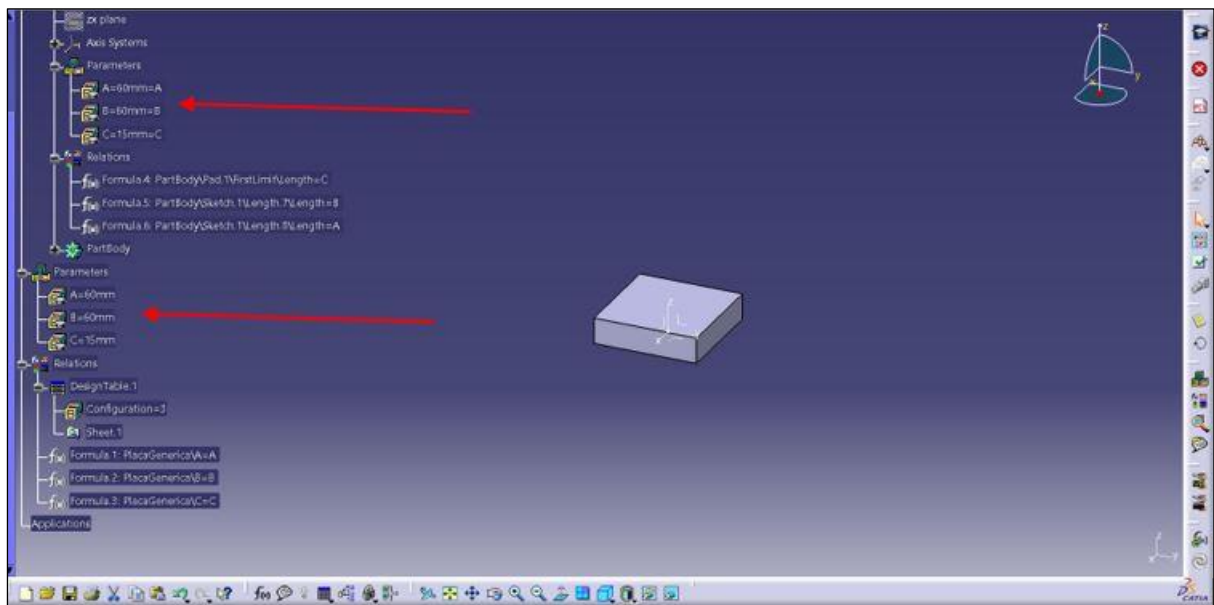
Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 148: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5

Figura 149: Relación de los parámetros de la pieza con los parámetros del ensamblaje



Fuente: Elaboración propia a partir de Catia V5