



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

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

Alumno: Eduardo Sánchez Burgos

Tutor: Prof. D. Miguel Ángel Rubio Paramio
Prof. D. Jorge Manuel Mercado Colmenero

Dpto: Ingeniería Gráfica, diseño y proyectos



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Don MIGUEL ÁNGEL RUBIO PARAMIO, tutor del Proyecto Fin de Carrera y JORGE MANUEL MERCADO COLMENERO, cotutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: DISEÑO PARAMÉTRICO DE UN MOLDE DE INYECCION DE PLÁSTICO PARA LA FABRICACIÓN DE COMPONENTES DE PLÁSTICO, MEDIANTE UN SOFTWARE CAD COMERCIAL, que presenta EDUARDO SÁNCHEZ BURGOS autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, JULIO de 2023

El alumno:

EDUARDO SÁNCHEZ BURGOS

Los tutores:

MIGUEL ÁNGEL RUBIO PARAMIO
JORGE MANUEL MERCADO COLMENERO



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	6
1.1	Antecedentes	6
1.1.1	Máquina de inyección.....	10
1.1.2	Molde de inyección	12
1.1.3	Proceso histórico de normalización del molde	14
1.1.4	Herramientas de diseño 3D que facilitan el diseño del molde	15
1.2	Objetivos	16
2	Justificación.....	16
3	Software utilizado.....	17
3	Metodología de diseño de un molde.....	18
3.1	Armazón.....	19
3.2	DISEÑO DE LA PIEZA	34
3.3	Ubicación de la pieza	35
3.4	Expulsión, refrigeración y otros elementos normalizados	41
4	RESULTADOS.....	45
5	BIBLIOGRAFIA.....	52
6.	PLANOS	53



TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Distintos tipos de plástico para la inyección.....	7
Figura 2: Piezas inyectadas con distintos materiales	8
Figura 3: Esquema de inyección de plástico	8
Figura 4. Formas de colocar los tubos de refrigeración	9
Figura 5. Esquema de expulsión de pieza	9
Figura 6. Diagrama de procesos de inyección.....	9
Figura 7. Partes de una máquina de inyección.....	10
Figura 8. Partes de un molde de inyección.....	12
Figura 9. Logo de Catia V5.....	17
Figura 10. Logo de Autodesk Inventor.....	17
Figura 11. Logo de SolidWorks.....	17
Figura 12. Logo de Fusion 360.....	17
Figura 13. Pieza de ejemplo de parametrización.....	18
Figura 14. Tabla de diseño del ejemplo	18
Figura 15. Molde paramétrico de 6 placas Catálogo VAP	19
Figura 16. Plano paramétrico en planta.....	19
Figura 17. Tipos de moldes del Catálogo VAP	20
Figura 18. Placa Figura Fija.....	21
Figura 19. Placa Sufridera Fij	21
Figura 20. Placa Base Fija	21
Figura 21. Plano paramétrico del tornillo del lado Fijo	22
Figura 22. Tornillo lado fijo	22
Figura 23. Plano paramétrico del casquillo guía	23
Figura 24. Vista 1 casquillo guía.....	23
Figura 25. Vista 2 casquillo guía.....	26
Figura 26. Plano paramétrico bebedero.....	24
Figura 27. Bebedero.....	24
Figura 28. Plano paramétrico anillo centrador.....	25
Figura 29. Anillo centrador	25
Figura 30. Placa de figura móvil	25
Figura 31. Vista 1 Placa sufridera móvil.....	26
Figura 32. Vista 2 Placa sufridera móvil.....	29
Figura 33. Plano paramétrico placas puente.....	26
Figura 34. Placas puente	26
Figura 35. Placa base móvil	27
Figura 36. Plano paramétrico tornillo lado móvil.....	27
Figura 37. Tornillo lado móvil.....	27
Figura 38. Plano paramétrico columnas guía	28
Figura 39. Columnas guía.....	28
Figura 40. Placa expulsora.....	29
Figura 41. Plano paramétrico placa portaexpulsora.....	29
Figura 42. Placa portaexpulsora	29
Figura 43. Plano paramétrico tornillo de placa portaexpulsora	30
Figura 44. Tornillo de placa expulsora.....	30
Figura 45. Armazón del molde parametrizado.....	31
Figura 46. Tabla de diseño de columnas guía	32
Figura 47. Filtro de tabla de diseño.....	32



Figura 48. Tabla de diseño del bebedero.....	33
Figura 49. Tabla de diseño del anillo centrador.....	33
Figura 50. Pieza a inyectar.....	34
Figura 51. Estudio de espesores de la pieza	34
Figura 52. Colocación de la pieza en el molde.....	35
Figura 53. Correcto posicionamiento de la pieza	35
Figura 54. Separación de ambas partes del molde	36
Figura 55. Cavity	36
Figura 56. Core.....	36
Figura 57. Ubicación de la pieza en molde paramétrico	37
Figura 58. Cavity y core situados en el molde paramétrico	37
Figura 59. Huella parte fija	38
Figura 60. Huella parte móvil.....	38
Figura 61. Cavity para cuatro piezas.....	38
Figura 62. Core para cuatro piezas	39
Figura 63. Huella en parte fija para cuatro piezas.....	39
Figura 64. Huella en parte móvil para cuatro piezas	39
Figura 65. Tipos de canales de alimentación.....	40
Figura 66. Canal de alimentación.....	40
Figura 67. Plano paramétrico del expulsor	41
Figura 68. Tabla de diseño del expulsor	41
Figura 69. Expulsor	41
Figura 70. Plano paramétrico de la boquilla de refrigeración.....	42
Figura 71. Tabla de diseño de la boquilla de refrigeración.....	42
Figura 72. Boquilla de refrigeración	42
Figura 73. Plano paramétrico del cáncamo.....	43
Figura 74. Tabla de diseño del cáncamo	43
Figura 75. Cáncamo.....	43
Figura 76. Molde paramétrico con cáncamos	44
Figura 77. 'Remove' de los cáncamos	44
Figura 78. Vista inferior parte fija de molde con cuatro cavidades	45
Figura 79. Vista superior parte fija de molde con dos cavidades.	45
Figura 80. Vista superior parte fija de molde con cuatro cavidades.	46
Figura 81. Vista inferior parte móvil de molde con cuatro cavidades.	46
Figura 82. Vista superior de placa expulsora con expulsores de molde con cuatro cavidades	47
Figura 83. Vista inferior de placa expulsora con expulsores de molde con cuatro cavidades	47
Figura 84. Pieza para molde con dos cavidades.....	48
Figura 85. Molde con dos cavidades completo.....	48
Figura 86. Vista superior parte fija de molde con dos cavidades.	49
Figura 87. Vista inferior parte fija de molde con dos cavidades.	49
Figura 88. Vista superior parte móvil de molde con dos cavidades.....	50
Figura 89. Vista inferior parte móvil de molde con dos cavidades.....	50
Figura 90. Placa expulsora con expulsores de molde con dos cavidades.....	51



1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo investigaremos sobre el moldeo por inyección y el diseño de un molde paramétrico.

Comenzaremos hablando del mundo de los plásticos, explicando en qué consiste el proceso de inyección, las partes que tiene una máquina inyectora y cuáles son las características de los plásticos más utilizados para la inyección.

Continuaremos conociendo las partes que posee un molde de inyección, el proceso histórico de normalización de este, y las herramientas CAD que disponemos para el diseño del mismo.

Después, abordaremos los objetivos que han promovido este trabajo, es decir, qué problemas hemos encontrado en los moldes paramétricos que nos proporcionan los softwares comerciales y cuáles de estos problemas solucionamos con nuestro molde paramétrico.

Pasamos ahora a hablar de los distintos softwares comerciales que existen en el mercado y porque hemos utilizado Catia.

Luego, explicaremos paso por paso la metodología de trabajo que hemos seguido para la realización de dicho molde y las piezas de inyección diseñadas para él.

Para mostrar la potencia del molde paramétrico diseñado y lo fácil que se puede cambiar de pieza, número de cavidades y molde, hemos realizado dos moldes: uno con la pieza de la Figura 49 con cuatro cavidades y otro con la pieza de la Figura 83 con dos cavidades.

Finalizaremos este trabajo con los resultados de los dos moldes paramétricos y con los planos de los mismos.

1.1 ANTECEDENTES

El moldeo por inyección de plásticos es una técnica de fabricación que consiste en calentar gránulos de plástico hasta que estén completamente fundidos e inyectarlos a presión a través de una boquilla en la cavidad un molde cerrado, donde es enfriado, para conseguir la producción de la pieza deseada. Este tipo de fabricación permite una amplia gama de polímeros y acabados diferentes.



Figura 1: Distintos tipos de plástico para inyección.

Los plásticos más utilizados para el moldeo por inyección son los siguientes:

Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)

El rasgo que más caracteriza a este material es su tenacidad, incluso a bajas temperaturas.

Policarbonatos

- Elevada resistencia a la deformación térmica.
- Elevada resistencia a la fluencia.
- Buenas propiedades de aislamiento eléctrico.
- Elevada resistencia a la intemperie, con protección contra rayos UV.

Nylon

- Alta resistencia al desgaste.
- Gran estabilidad térmica.
- Muy buena resistencia y dureza.
- Buenas características de amortiguación mecánica.
- Buenas propiedades de deslizamiento.
- Buena resistencia química

Polipropileno (PP)

- Excelente resistencia química.
- Baja densidad.
- Gran pureza.
- Muy baja absorción de humedad.
- Alta dilatación térmica.
- No sufre agrietamiento por esfuerzo.
- Baja tenacidad a temperaturas bajo cero, sensible a impactos.

Polietileno (PE)

- Al ser químicamente inerte, el polietileno no es casi reactivo.
- Tiene un aspecto blanquecino y translúcido.
- Es resistente y flexible a temperaturas ordinarias

La elección del tipo de plástico que se utiliza en la inyección de una pieza dependerá de las especificaciones y características de cada pieza.



Figura 2: Piezas inyectadas con distintos materiales.

El proceso de inyección consta de las siguientes partes:

- **Cierre del molde:** el molde se cierra y se asegura en la máquina de inyección.
- **Inyección de plástico:** el plástico se alimenta desde la tolva a través de un tornillo que lo funde y lo mezcla. Luego, el material fundido se inyecta en el molde a través de la boquilla de inyección.

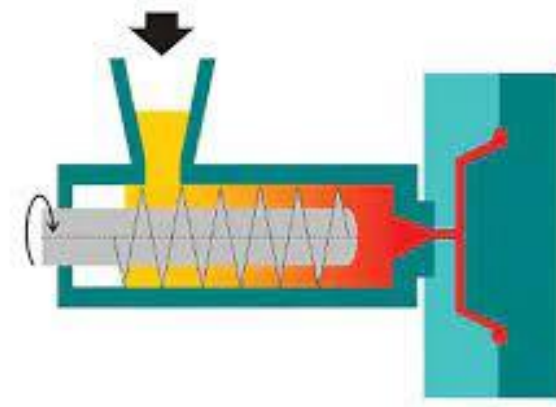


Figura 1. Esquema de inyección de plástico.

- **Enfriamiento:** una vez que el plástico ha sido inyectado en el molde, se enfría y se solidifica en la forma deseada. Esto se consigue mediante un chiller o una máquina frigorífica con tubos de refrigeración.

Para que no se produzcan distorsiones en el material y conseguir un mayor rendimiento, la temperatura del agua debe de ser muy baja.

Existen dos formas en las que colocar los tubos de refrigeración:

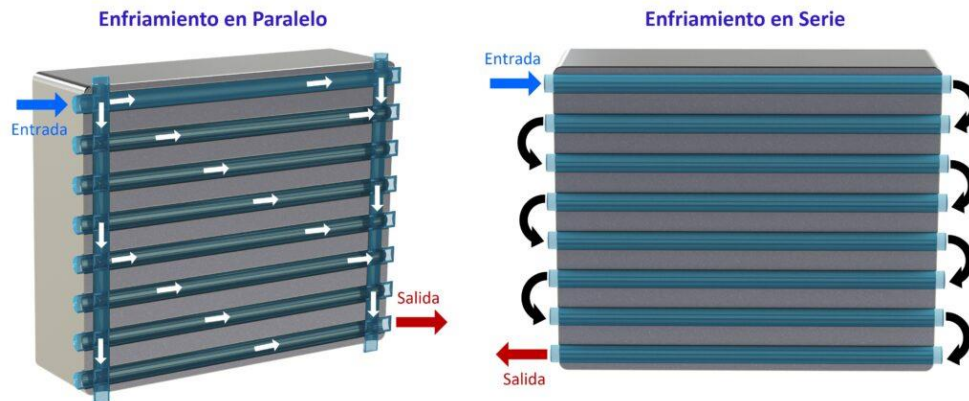


Figura 2. Formas de colocar los tubos de refrigeración

- **Apertura del molde:** una vez que el plástico se ha enfriado y solidificado en la forma deseada, el molde se abre y se extrae la pieza moldeada.
- **Expulsión:** en algunos casos, la pieza moldeada puede necesitar ser expulsada del molde con la ayuda de un mecanismo de expulsión.

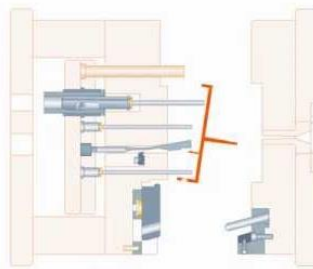


Figura 3. Esquema de expulsión de pieza

- **Ciclo de repetición:** el proceso de inyección se repite para producir múltiples piezas.



Figura 4. Diagrama de procesos de inyección

1.1.1 Máquina de inyección

Las partes de una máquina inyectora son las siguientes:

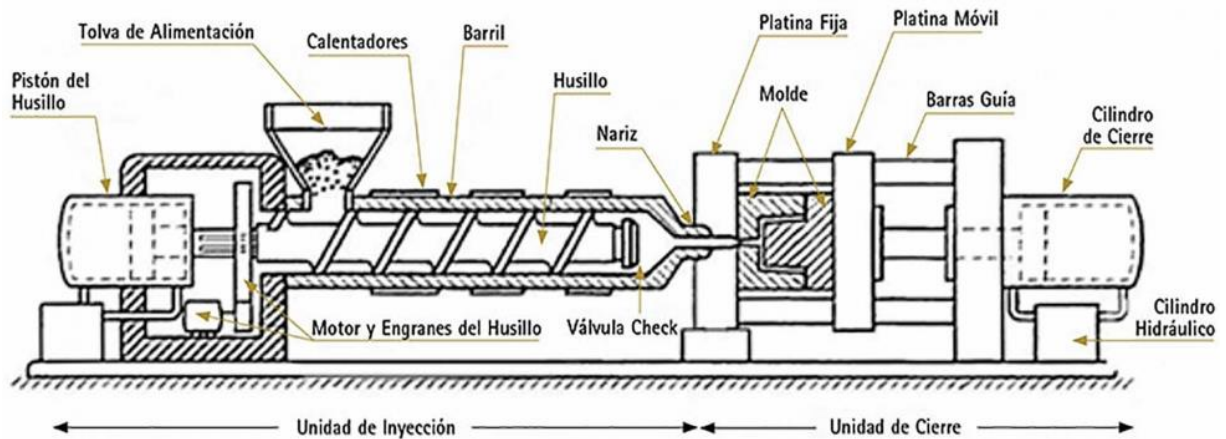


Figura 5. Partes de una máquina de inyección.

- **Unidad de Inyección:**

- **Tolva de alimentación:** Es la parte de la máquina de inyección donde se carga el material termoplástico en su forma granular o en polvo. Está diseñada para permitir la alimentación continua del material termoplástico a la máquina de inyección a través de un tornillo alimentador denominado husillo.
- **Husillo:** Es un tornillo largo y estrecho que se encuentra en el barril de la máquina de inyección y se utiliza para transportar y mezclar el material termoplástico antes de que sea inyectado en el molde. Está diseñado con una hélice especial que se extiende a lo largo de su longitud para ayudar a mezclar el material termoplástico y distribuirlo uniformemente.

-Pistón del husillo: Está diseñado para empujar el material fundido hacia la boquilla de inyección y controlar el flujo del material durante el proceso de inyección. Además, el pistón ayuda a evitar que el material se filtre fuera del barril y también puede proporcionar una presión adicional al material fundido para asegurar que llene completamente el molde durante el proceso de inyección.

-Motor del husillo: Es el componente que proporciona la energía necesaria para hacer girar el husillo dentro del barril de la máquina de inyección. El motor del husillo puede ser de diferentes tipos, como un motor hidráulico, un motor eléctrico o un motor neumático, dependiendo del tipo de máquina de inyección y del proceso de fabricación específico.



-Engranajes del husillo: Son componentes mecánicos que se utilizan para transmitir la energía del motor del husillo al husillo en sí mismo. Están diseñados para resistir el desgaste y el deterioro durante la operación prolongada de la máquina de inyección.

- Calentadores: Son componentes de la máquina de inyección que se utilizan para calentar el material termoplástico y mantenerlo en un estado fundido antes de que se inyecte en el molde. Además, los calentadores están equipados con sensores de temperatura que permiten a la máquina de inyección controlar la temperatura del material y ajustarla, según sea necesario, para garantizar una fusión uniforme y controlada del material termoplástico.
- Circuito de refrigeración: Está compuesto por una serie de tuberías y canales que circulan agua u otro líquido refrigerante alrededor del molde para disipar el calor generado durante el proceso de inyección.
- Nariz: Es una parte de un molde de inyección que está diseñada para permitir que el material termoplástico fluya suavemente a través del canal de entrada del molde y se distribuya uniformemente en todo el molde, para formar la pieza de plástico moldeada. Puede tener diferentes formas y tamaños para adaptarse a diferentes diseños de piezas de plástico y moldeados específicos.

- **Unidad de cierre:**

- Placa móvil: Es una parte del molde de la máquina de inyección que se utiliza para mover y extraer la pieza de plástico moldeada del molde, después del proceso de enfriamiento. Es la parte del molde que se mueve hacia atrás y hacia adelante a lo largo de los rieles, guía y se conecta al sistema de expulsión de la máquina de inyección.
- Placa fija: Es una parte del molde de la máquina de inyección que se utiliza para sostener y guiar la mitad fija del molde durante el proceso de inyección. Es la parte del molde que no se mueve durante el proceso de inyección y está conectada a la platina de la máquina de inyección. Está diseñada para sostener el molde de manera segura y estable para evitar vibraciones o movimientos durante el proceso de inyección.

1.1.2 Molde de inyección

Las partes de un molde de inyección son las siguientes:

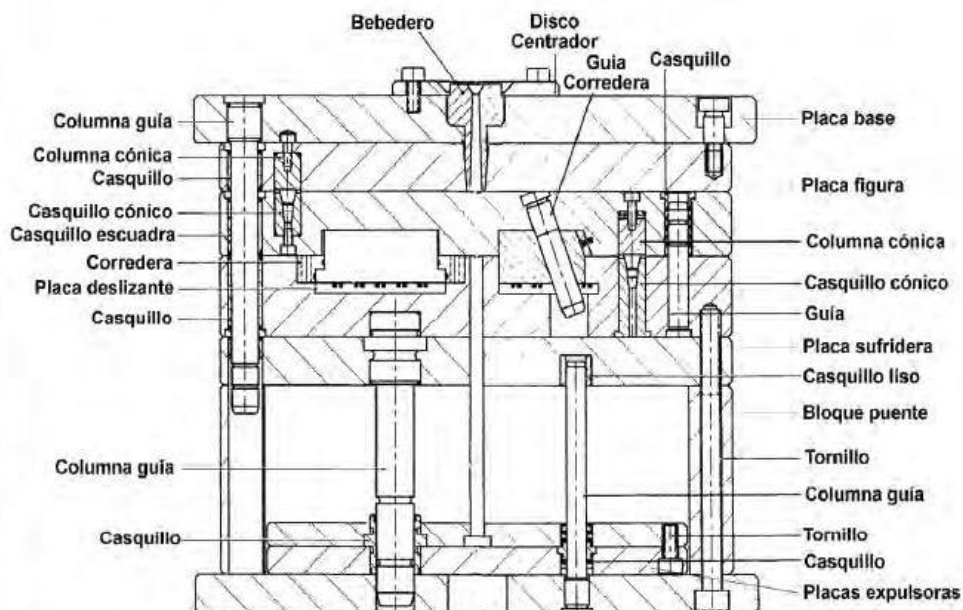


Figura 6. Partes de un molde de inyección.

Un molde de inyección, cuenta con una parte fija, y una móvil, que a su vez tiene distintas partes, entre las que podemos distinguir:

- **Parte fija:**

- **Placa sufridera** (también conocida como placa porta cavidades): sostiene los insertos o cavidades del molde que forman la forma final de la pieza de plástico. Estos insertos pueden ser intercambiables para permitir la producción de piezas de diferentes formas y tamaños.
- **Placa base**: es la base sobre la cual se montan todas las demás partes del molde, como las placas sufrideras, los núcleos y los insertos. También permite la circulación de los líquidos de enfriamiento a través del molde.
- **Placa cavidad** (también nombrada figura fija): contiene una o varias cavidades o huecos que definen la forma y tamaño de la pieza de plástico que se va a inyectar.

La placa de cavidad debe estar diseñada cuidadosamente para asegurar que la pieza de plástico se forme correctamente, con las dimensiones y acabado superficial adecuados. También debe ser resistente y duradera, ya que está sometida a altas temperaturas y presiones durante el proceso de inyección.



- Disco centrador: es una pieza circular que se utiliza para alinear y fijar las distintas partes del molde, como las placas de cavidad, las placas sufrideras y los núcleos, con la placa base del molde.
- Bebedero: es una pequeña cámara o canal que se encuentra en la placa de cavidad o en la placa sufridera y que está conectada al canal de alimentación de material. Se utiliza para inyectar el material fundido en la cavidad del molde durante el proceso de inyección de plástico.
- Casquillos guía: es una pieza del molde de inyección que se monta generalmente en la placa base del molde y su función es asegurar que los componentes del molde se muevan suavemente y en línea recta durante el proceso de inyección. Los casquillos guía también ayudan a evitar el desgaste y la deformación de los componentes del molde debido a la fricción y las vibraciones.

- **Parte móvil:**

- Placa sufridera: es una parte del molde de inyección que se utiliza para soportar y mover las piezas móviles del molde, como los núcleos y las placas de cavidad, durante el proceso de inyección de plástico.
La placa sufridera es una parte crítica del molde de inyección ya que su correcto diseño y funcionamiento son esenciales para garantizar la calidad y la precisión de las piezas de plástico producidas.
- Placa base: es una parte el molde de inyección que sirve como soporte y base para el conjunto completo del molde. Es la parte inferior del molde y se fija a la máquina de inyección de plástico mediante bridas o tornillos.
- Placa punzón (también denominada figura móvil)
- Columnas guía: es una pieza del molde de inyección que se utiliza para guiar el movimiento vertical de las placas y los núcleos dentro del molde. Las columnas guía se montan en la placa base y en la placa sufridera del molde y están diseñadas para mantener una alineación precisa entre ambas placas.
- Expulsores: es una pieza importante del molde de inyección que se utiliza para expulsar las piezas moldeadas del interior del molde después de que se ha completado el proceso de inyección. Se compone de un vástago metálico que está fijado en la placa sufridera del molde y que se extiende hacia el interior del molde a través de una cavidad especialmente diseñada. En algunas ocasiones, en el extremo del vástago se encuentra una placa expulsora que entra en contacto con la pieza moldeada para empujarla hacia afuera del molde.
- Placas expulsoras: es una pieza del molde de inyección que se encuentra en la parte inferior del mismo y que se utiliza para expulsar las piezas moldeadas del interior del molde después de que se ha completado el proceso de inyección. La



placa expulsora se compone de una placa plana de metal o plástico que se fija a la parte inferior del molde y cuenta con una serie de agujeros donde se ubican los vástagos de expulsión, que se activan para empujar las piezas moldeadas fuera del molde.

- Placa puente (también llamado regles): es una pieza del molde de inyección que se utiliza para proporcionar soporte y rigidez a la estructura del molde. Esta placa se encuentra generalmente en la parte superior del molde y está diseñada para unir las dos mitades del molde.

1.1.3 Proceso histórico de normalización del molde

El proceso de normalización de un molde es un procedimiento importante que se lleva a cabo para asegurar la calidad y la estandarización de los moldes utilizados en la producción industrial. El proceso de normalización de un molde ha evolucionado a lo largo del tiempo y ha pasado por varias etapas importantes.

A principios del siglo XX, el proceso de normalización de moldes se inició en la industria del hierro fundido. En esta etapa, se utilizaban moldes de madera y las dimensiones de los moldes eran controladas por medio de medidas manuales.

En la década de 1920 se comenzó a desarrollar la normalización de moldes. En esta etapa, se establecieron estándares y normas para el tamaño y las tolerancias de los moldes. Esto permitió la estandarización de los moldes, lo que a su vez facilitó la producción y redujo los costos.

En la década de 1950, las normas de normalización se empezaron a aplicar ampliamente en la producción industrial. Se establecieron comités de normalización y se crearon organizaciones para promover la normalización de los moldes.

A partir de 1970, la normalización de moldes se expandió a nivel internacional, lo que permitió la estandarización de los moldes en todo el mundo. Esto facilitó la producción en masa de productos en diferentes países y redujo los costos de producción.

En la actualidad, el proceso de normalización de moldes continúa evolucionando y mejorando. Las nuevas tecnologías de diseño y fabricación, como el diseño asistido por ordenador (CAD) y la fabricación asistida por ordenador (CAM), están permitiendo la creación de moldes más precisos y eficientes.

En resumen: el proceso histórico de normalización de moldes ha pasado por varias etapas importantes, desde los primeros días de la industria del hierro fundido hasta la actualidad, con la mejora continua de la tecnología de diseño y fabricación. La normalización de moldes es fundamental para garantizar la calidad y la estandarización de los moldes utilizados en la producción industrial.



1.1.4 Herramientas de diseño 3D que facilitan el diseño del molde

Existen diversas herramientas de diseño 3D en CATIA que facilitan la creación de un molde paramétrico. Algunas de ellas son:

- **Boceto:** es una herramienta de dibujo que permite crear y editar bocetos 2D, que luego pueden ser utilizados para generar modelos 3D. Es especialmente útil para crear geometrías complejas y ajustar parámetros de diseño.
- **Diseño de partes:** es una herramienta de modelado de piezas que permite crear modelos sólidos utilizando bocetos, operaciones de extrusión, revolución, barrido, etc. Es útil para crear las piezas del molde y ajustar sus dimensiones y formas.
- **Ensamblaje de partes:** permite crear ensamblajes complejos de piezas y componentes. Es útil para crear el molde completo, incluyendo los distintos elementos que lo componen, como el núcleo, la cavidad, los pasadores, etc.
- **Modelado de superficies:** es una herramienta avanzada que permite crear superficies complejas, como las que se utilizan en la creación de moldes. Es especialmente útil para crear superficies de curvatura compleja y ajustar suavemente la transición entre ellas.
- **Análisis y simulaciones** es una herramienta que permite simular el comportamiento de un modelo en diferentes condiciones, como la resistencia, la deformación, la fatiga, etc. Es útil para validar el diseño del molde y asegurarse de que funciona correctamente antes de la fabricación.

En resumen, estas herramientas de diseño 3D en CAD son muy útiles para facilitar la creación de un molde paramétrico, ya que permiten ajustar rápidamente los parámetros del diseño, crear geometrías complejas y validar el diseño antes de la fabricación.



1.2 OBJETIVOS

La creación de un molde paramétrico tiene como objetivos, **facilitar el diseño, optimizar el proceso de fabricación, reducir el tiempo de diseño, aumentar la precisión y mejorar la comunicación**, entre otros.

El molde paramétrico permite crear un modelo que se adapta automáticamente a los cambios en el diseño original. Gran parte del proceso puede automatizarse y ajustarse rápidamente, lo que facilita el proceso de diseño y reduce el tiempo y los errores asociados con la creación manual de modelos.

También permite ajustar las dimensiones y la geometría del molde, garantizando la precisión del diseño, que se ajusta automáticamente a cambios, basándose en parámetros específicos. Esto minimiza errores y puede ayudar a reducir los costos y mejorar la eficiencia de la producción.

Además, el molde paramétrico permite una mejor comunicación entre los diseñadores y los fabricantes, ya que ambos pueden trabajar con el mismo modelo y ajustar rápidamente los parámetros según sea necesario.

2 JUSTIFICACIÓN

Los moldes paramétricos que nos proporcionan algunos softwares como Catia, están muy restringidos a la personalización del mismo.

Con el diseño de este molde conseguiremos **abaratar los costes de fabricación** de los mismos, ya que estos tienen un precio muy elevado.

Pero el objetivo principal de este trabajo es realizar **un molde paramétrico totalmente personalizable**, independiente del módulo de cualquier software. Esto nos permite, por ejemplo, tener en el árbol de ensamblajes, partes como el circuito de refrigeración o cáncamos; piezas que en el módulo de Catia están integradas dentro de otros ensamblajes y son difíciles de encontrar.

3 SOFTWARE UTILIZADO

Podemos utilizar muchos softwares, pero el que hemos elegido para la realización de este proyecto ha sido **CATIA**. CATIA es una multiplataforma para el diseño 3D, que pertenece al fabricante DASSAULT SYSTEMES, que también es conocido por otros softwares como ABAQUS.



Figura 7. Logo de Catia V5

Hemos elegido este software porque es el más utilizado en el sector del plástico.

CATIA es un excelente programa para la creación de sólidos, superficies, ensamblajes y análisis, y tiene muy buenas herramientas para el modelo paramétrico.

Este software es el más utilizado en este sector debido a poseer unos de los mejores módulos para la creación de moldes normalizados totalmente paramétricos.

No obstante, nosotros realizaremos nuestro molde paramétrico sin la utilización de este módulo, es decir, realizándolo desde cero.

Otros de los muchos softwares que teníamos la posibilidad de elegir son:

Autodesk inventor→



Figura 8. Logo de Autodesk Inventor

SolidWorks→



Figura 9. Logo de SolidWorks

Fusion 360→



Figura 10. Logo de Fusion 360

3 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE UN MOLDE

Para crear un molde paramétrico en CATIA, debemos de seguir los siguientes pasos:

1. **Crear la geometría de lo que quiere diseñar.** Podemos usar las herramientas de CATIA, como extrusión, revolución, barrido, etc., para crear la geometría. En nuestro caso vamos a realizar una figura básica como la siguiente:

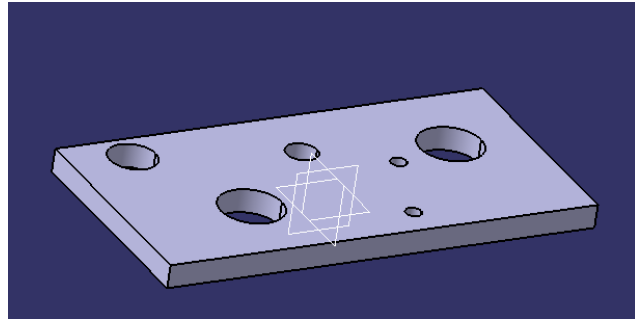


Figura 11. Pieza de ejemplo de parametrización

2. Una vez que tenga la geometría base, **crear una nueva operación de diseño paramétrico** haciendo clic en "Insert" en la barra de menú y seleccionando "Parameters".
3. Una vez que haya agregado todos los parámetros necesarios, puede **enlazar los mismos a una tabla de diseño** para no tener que cambiar cada parámetro uno por uno.

Si tenemos un Excel creado que tenga el mismo nombre para cada columna que los distintos parámetros que hemos añadido, como es nuestro caso, deberemos pulsar en 'Create a design table from a pre-existing file'.

Después seleccionar el Excel, y se relacionarán automáticamente las columnas con los nombres de los parámetros; así obtendremos una tabla de diseño como la siguiente:

DesignTable.1 active, configuration row : 1

Line	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
<1>	280mm	140mm	15mm	20mm	15mm	10mm	5mm	120mm	40mm	100mm	140mm	86mm	230mm	75mm	190mm	50mm	80mm	20mm	170mm
2	290mm	150mm	16mm	21mm	16mm	11mm	6mm	123mm	43mm	103mm	143mm	89mm	233mm	78mm	193mm	53mm	83mm	23mm	173mm
3	300mm	160mm	17mm	22mm	17mm	12mm	7mm	126mm	46mm	106mm	146mm	92mm	236mm	81mm	196mm	56mm	86mm	26mm	176mm
4	310mm	170mm	18mm	23mm	18mm	13mm	8mm	129mm	49mm	109mm	149mm	95mm	239mm	84mm	199mm	59mm	89mm	29mm	179mm
5	320mm	180mm	19mm	24mm	19mm	14mm	9mm	132mm	52mm	112mm	152mm	98mm	242mm	87mm	202mm	62mm	92mm	32mm	182mm

Figura 12. Tabla de diseño del ejemplo

4. Cuando se tienen todas las partes del molde creadas, realizamos un Assembly desing y relacionamos los parámetros de cada pieza con los parametros del ensamblaje, y así, **obtendremos el molde paramétrico.**

3.1 ARMAZÓN

Para el diseño del armazón hemos utilizado el catálogo de elementos normalizados de VAP

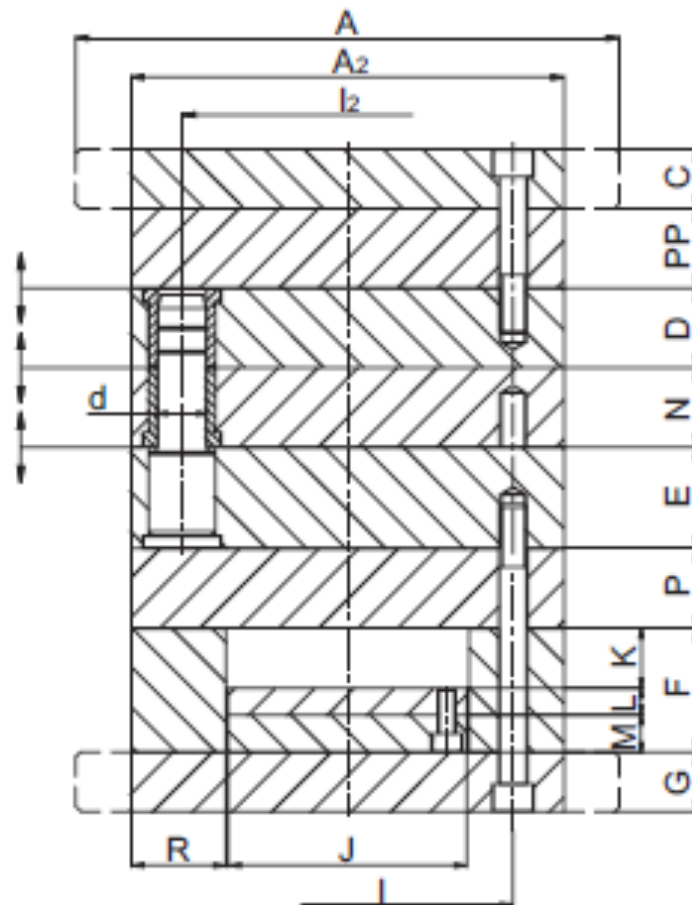


Figura 13. Molde paramétrico de 6 placas Catálogo VAP

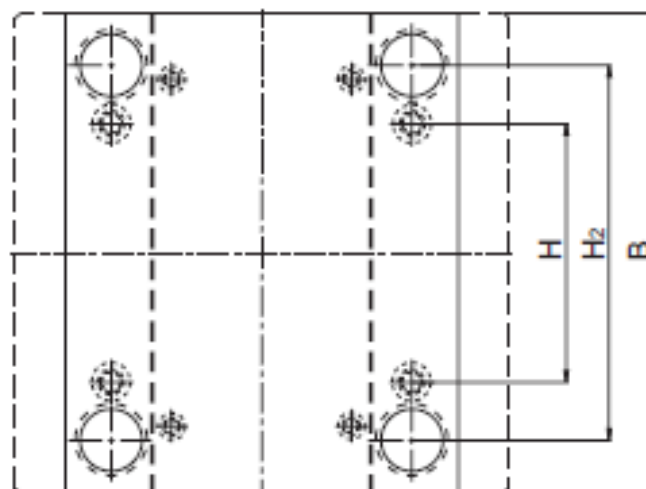


Figura 14. Plano paramétrico en planta

En el catálogo VAP hay siete distintos tipos de moldes, que son los siguientes:

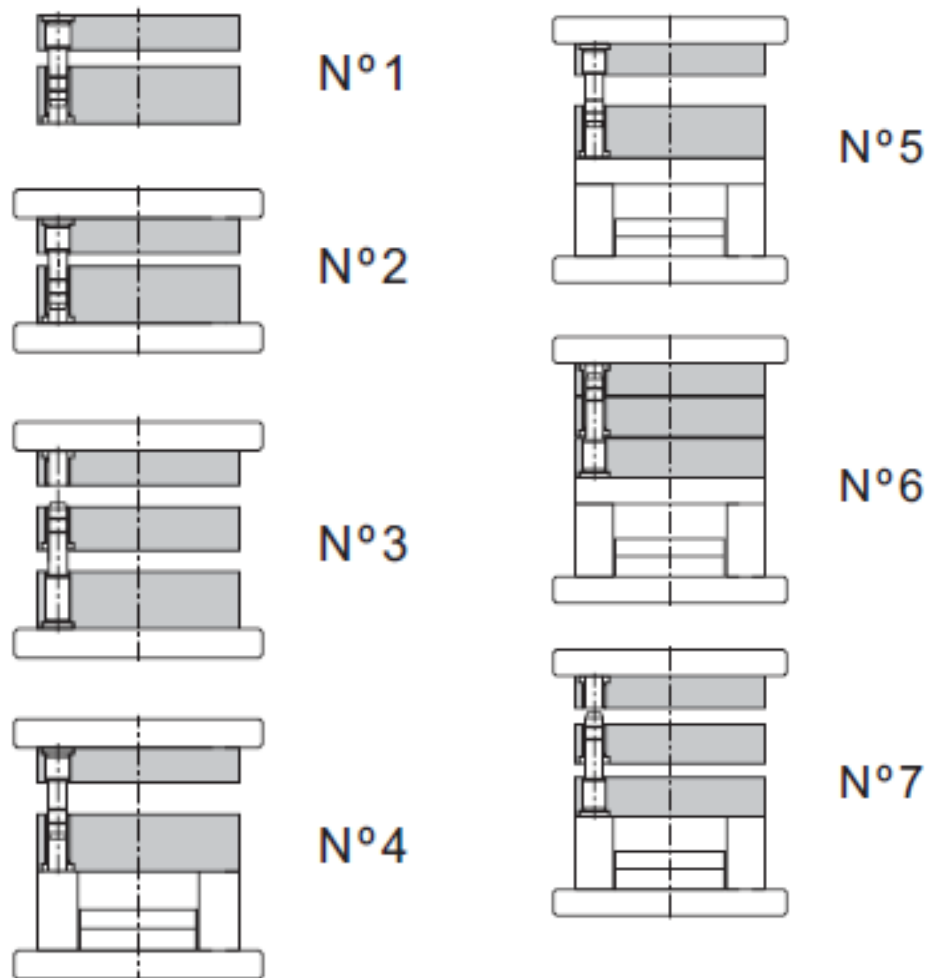


Figura 15. Tipos de moldes del Catálogo VAP

Nosotros hemos elegido **el tipo nº6 de molde**, por lo que en el plano de la Figura 14 sobraría un parámetro, que sería el P.

El armazón de nuestro molde paramétrico consta de las siguientes partes:

- **Injection Side (Parte Fija)**

- Placa de Figura Fija

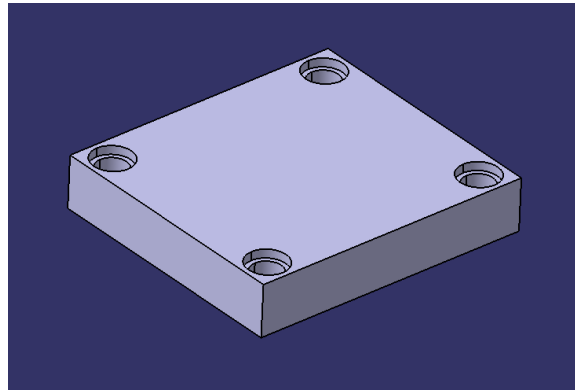


Figura 16. Placa Figura Fija

- Placa sufridera Fija

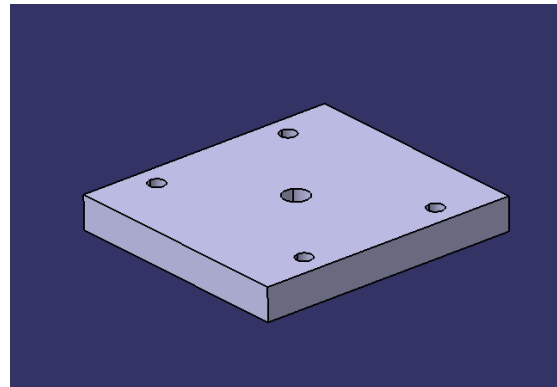


Figura 17. Placa Sufridera Fija

- Placa Base Fija

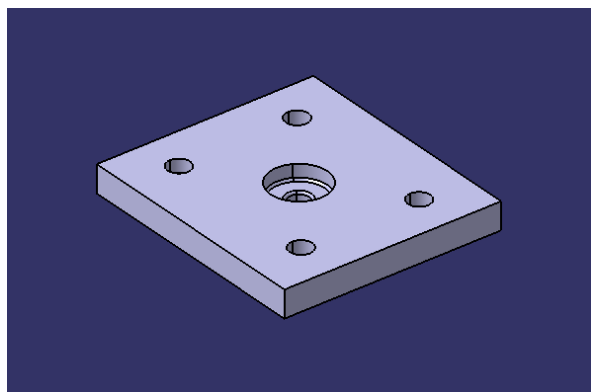


Figura 18. Placa Base Fija

○ Tornillo del lado fijo

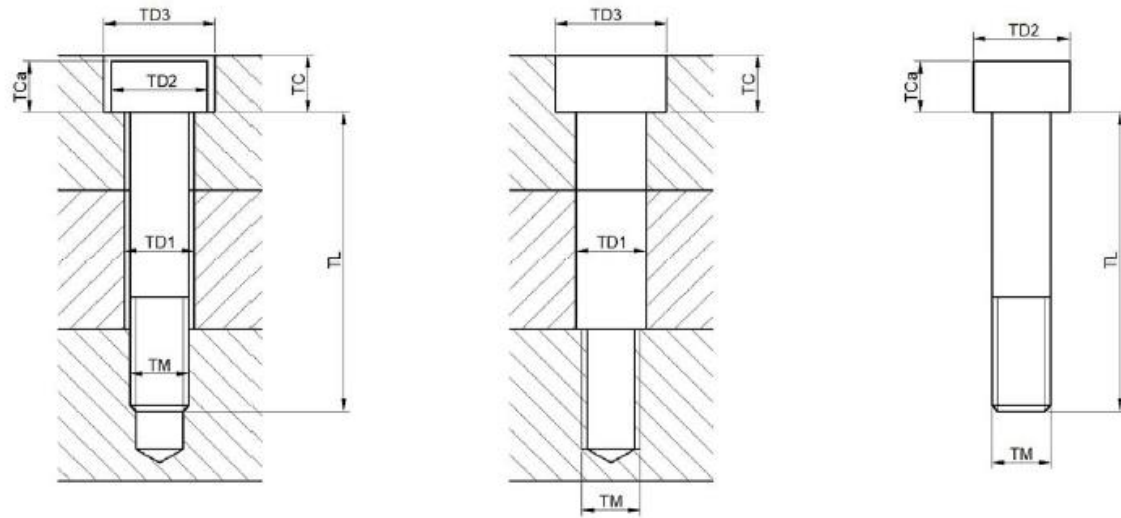


Figura 19. Plano paramétrico del tornillo del lado Fijo

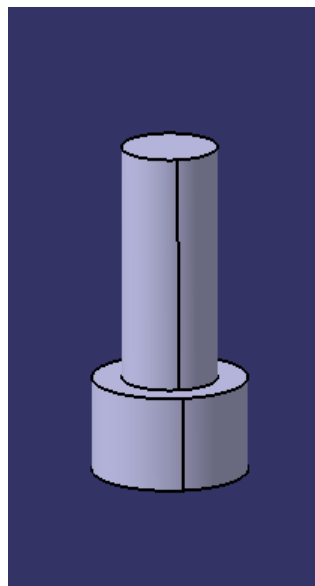


Figura 20. Tornillo lado fijo

○ Casquillo Guía

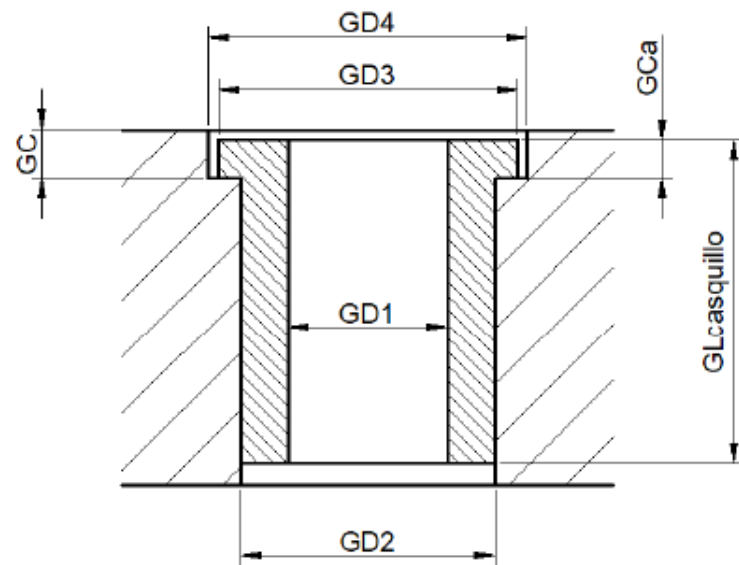


Figura 21. Plano paramétrico del casquillo guía

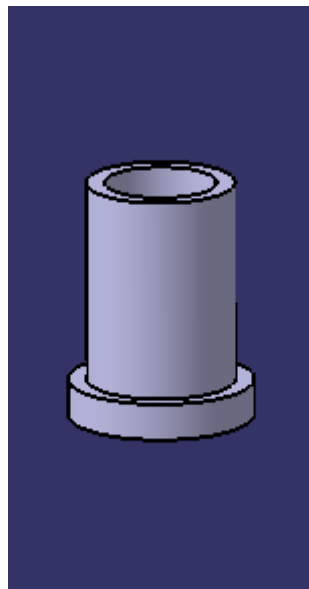


Figura 22. Vista 1 casquillo guía

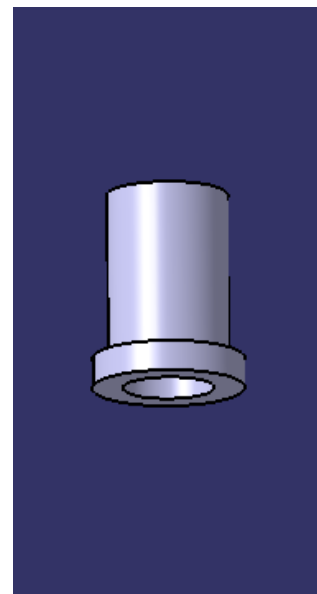


Figura 23. Vista 2 casquillo guía

- Bebedero

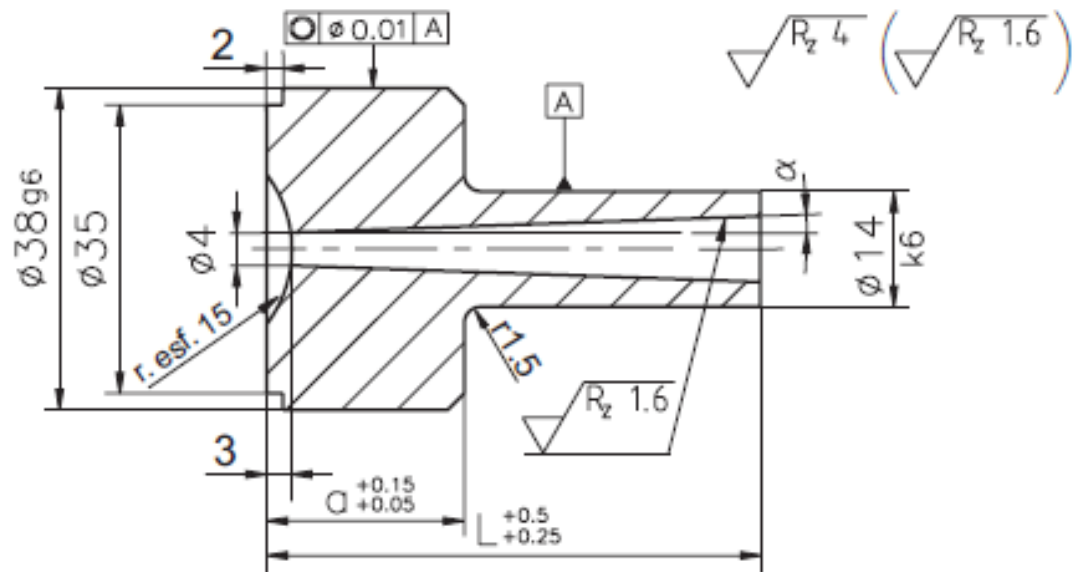


Figura 24. Plano paramétrico bebedero

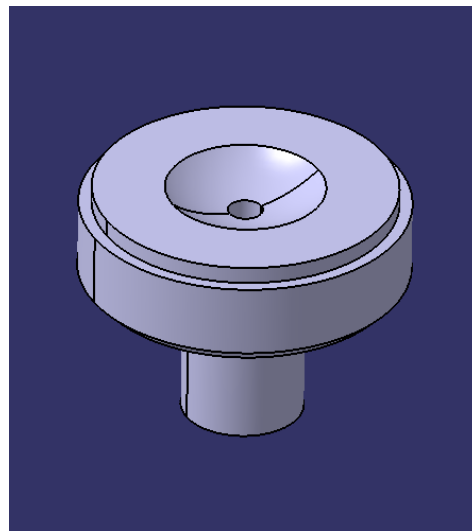


Figura 25. Bebedero

- Anillo centrador

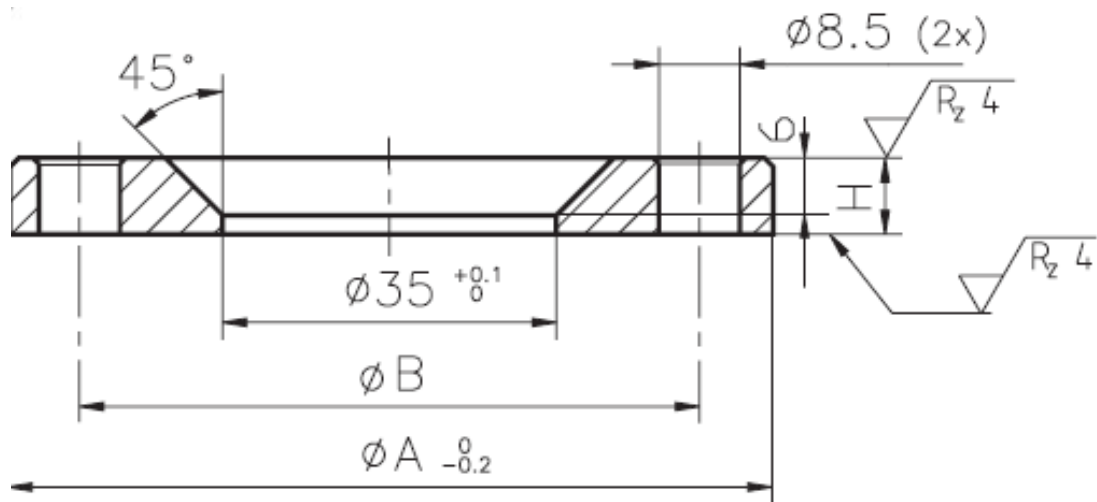


Figura 26. Plano paramétrico anillo centrador

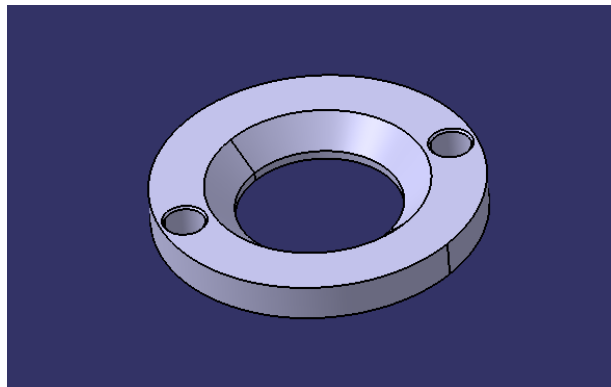


Figura 27. Anillo centrador

- Ejection Side (Parte móvil)

- Placa de figura móvil

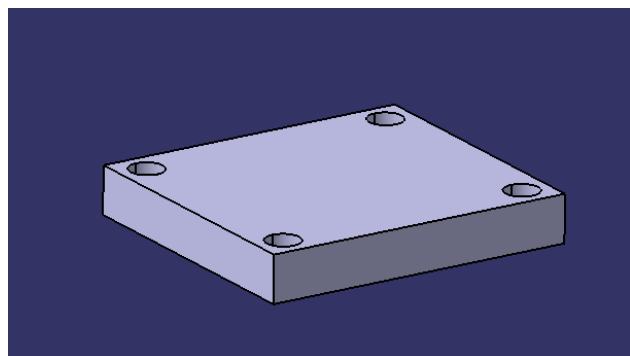


Figura 28. Placa de figura móvil

○ Placa sufridera móvil

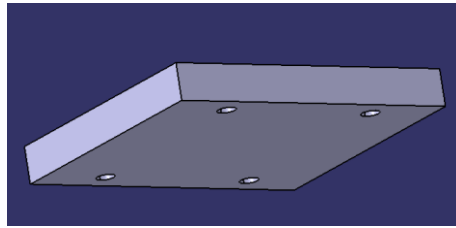


Figura 29. Vista 1 Placa sufridera móvil

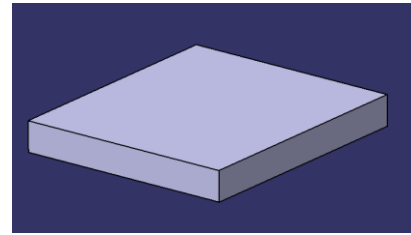


Figura 30. Vista 2 Placa sufridera móvil

○ Placas puente

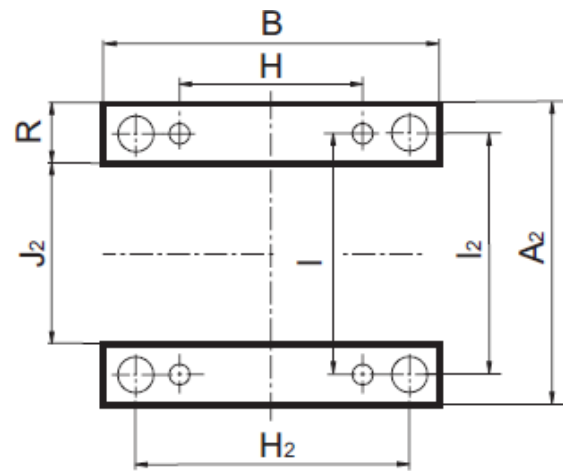
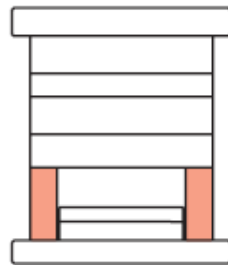


Figura 31. Plano paramétrico placas puente

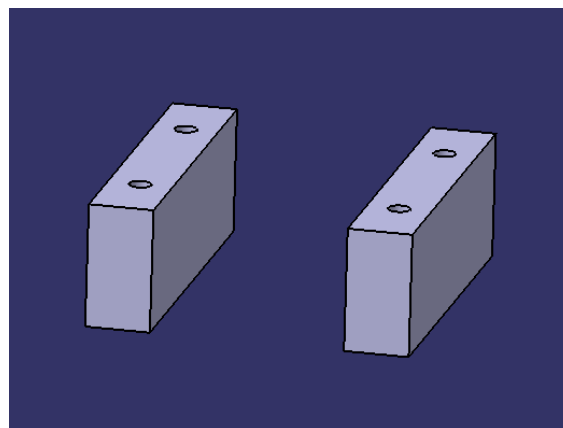


Figura 32. Placas puente

- Placa base móvil

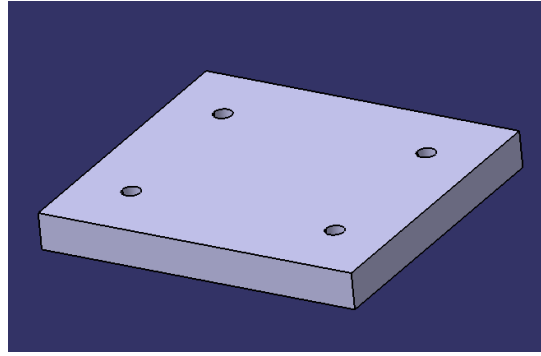


Figura 33. Placa base móvil

- Tornillo lado móvil

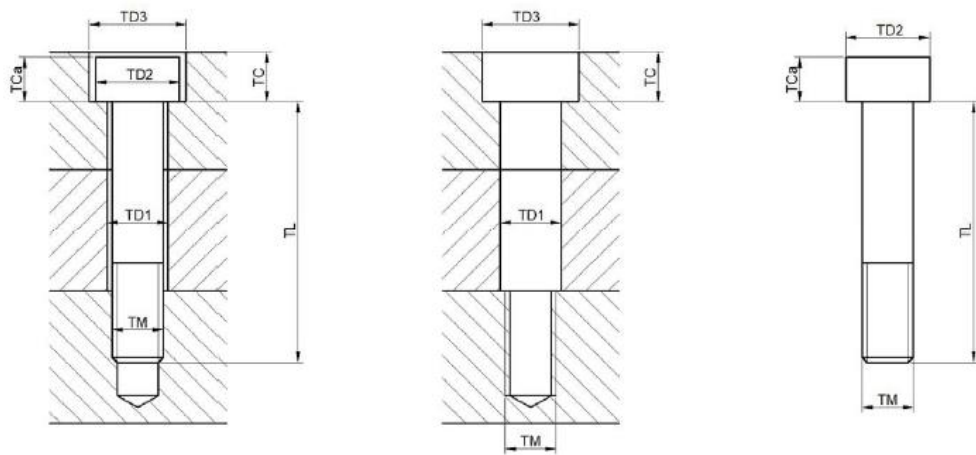


Figura 34. Plano paramétrico tornillo lado móvil

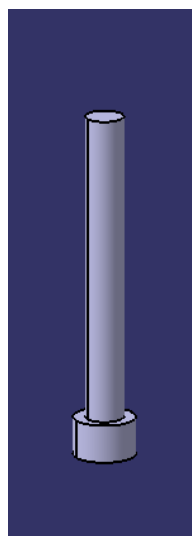


Figura 35. Tornillo lado móvil

○ Columnas guía

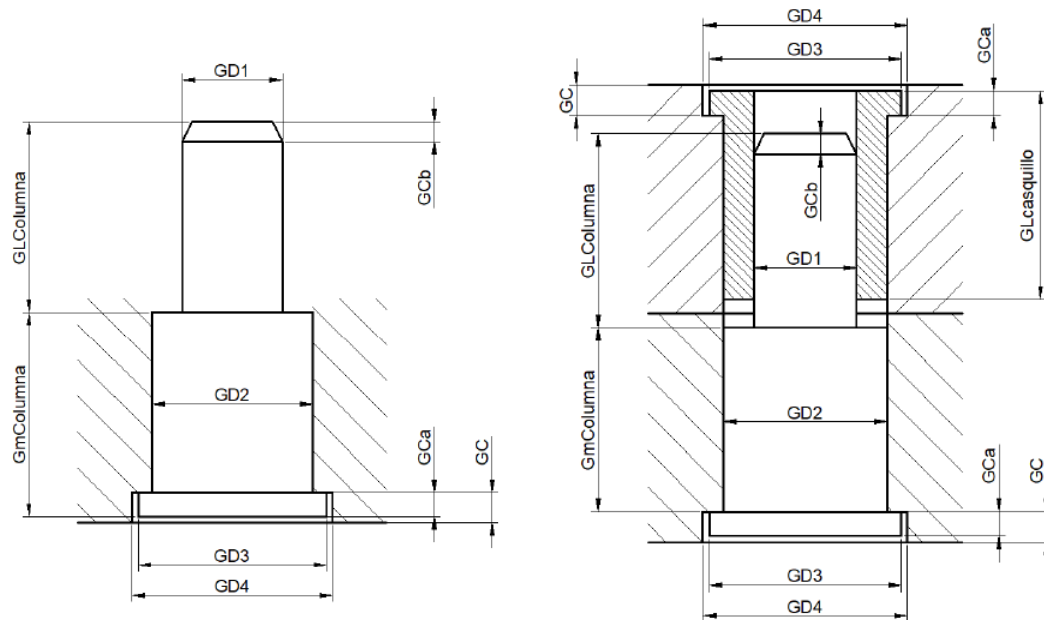


Figura 36. Plano paramétrico columnas guía

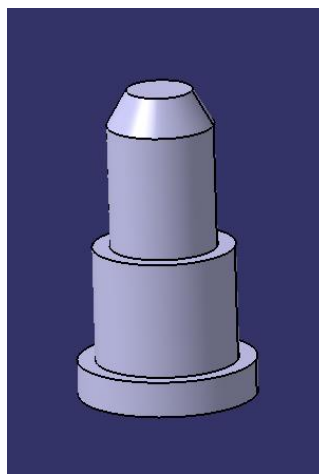


Figura 37. Columnas guía

- Ejection Systems (Bloque expulsoras)

- Placa expulsora

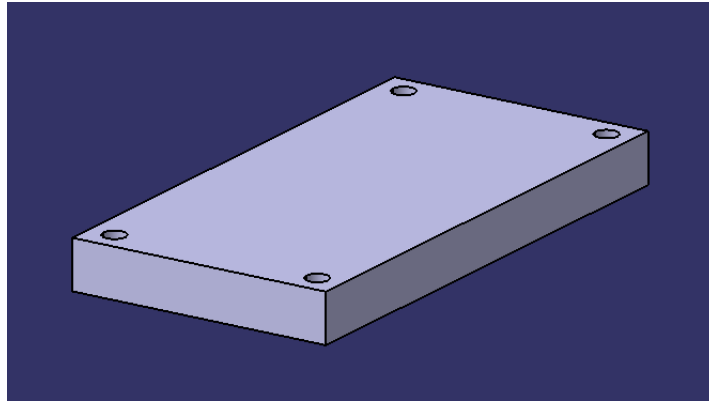


Figura 38. Placa expulsora

- Placa portaexpulsora

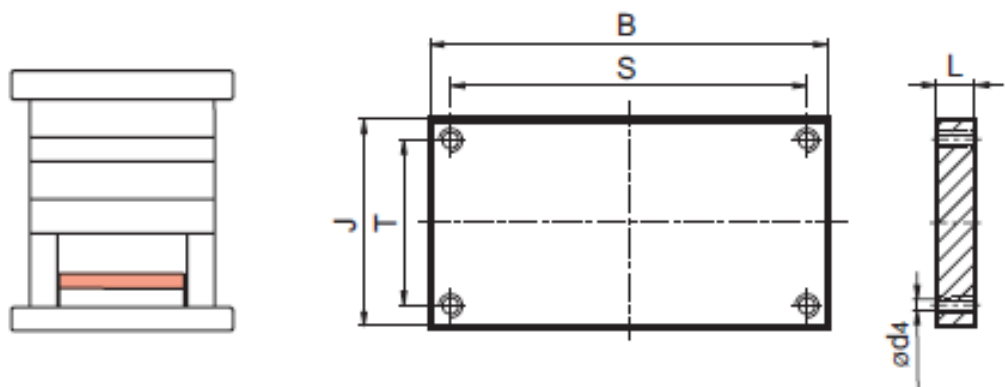


Figura 39. Plano paramétrico placa portaexpulsora

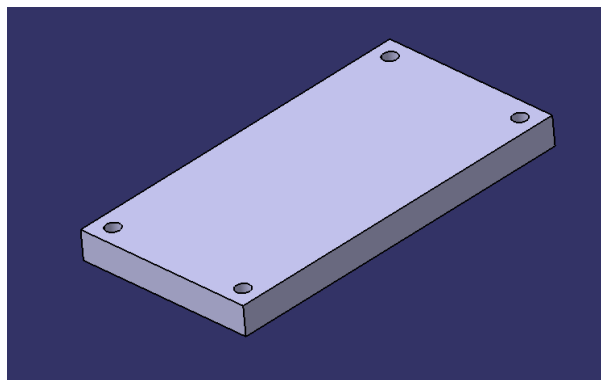


Figura 40. Placa portaexpulsora

○ Tornillo de placa expulsora

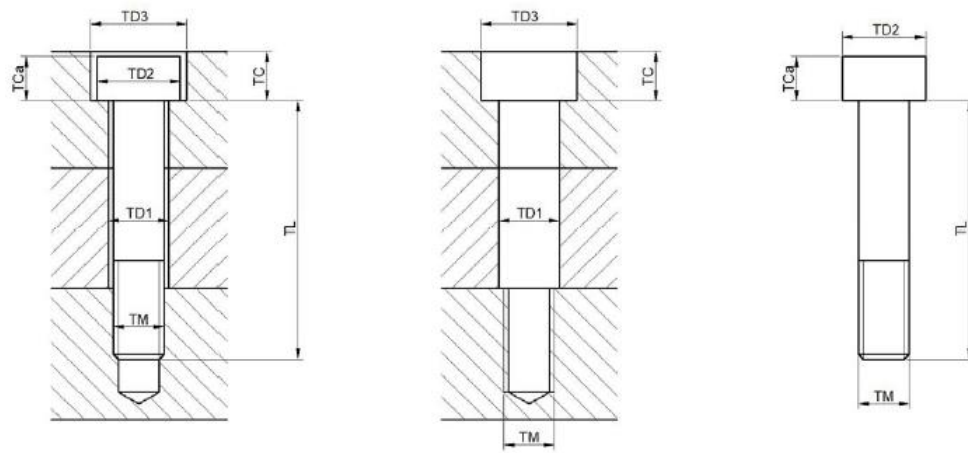


Figura 41. Plano paramétrico tornillo de placa portaexpulsora

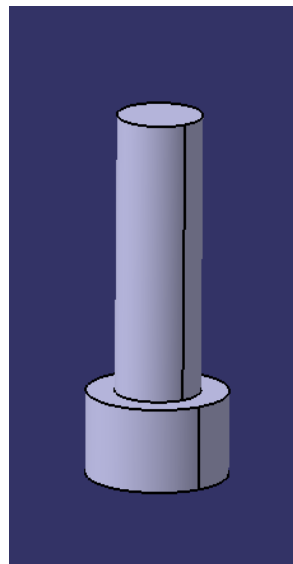


Figura 42. Tornillo de placa expulsora

El armazón del molde parametrizado nos queda de la siguiente forma:

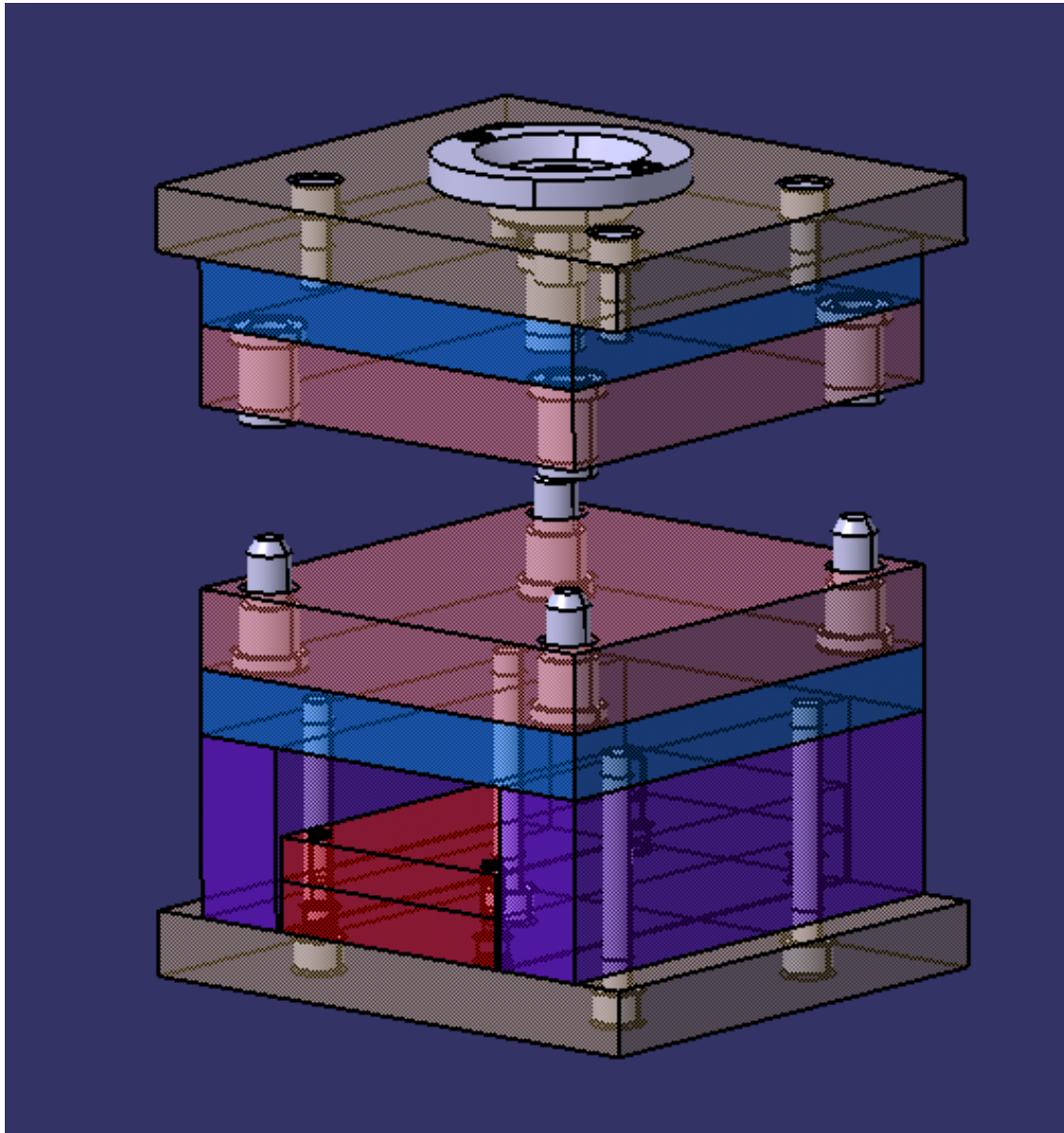


Figura 43. Armazón del molde parametrizado

Todas las distintas piezas de este molde paramétrico están dominadas por cuatro tablas de diseño.



Las tres tablas de diseño son:

- Tabla de diseño para las columnas guía
→ DesignTable.ColumnasGuia

GD1 (mm)	GmColumna (mm)	GLColumna (mm)
10	17	26
10	50	26
10	70	18
10	80	18
12	17	18
12	21	26
12	26	26
12	34	26
12	44	26
12	54	26
16	20	18
16	26	26
16	34	26
16	44	26
16	54	26
16	64	36
16	74	36
16	94	36
18	20	26
18	26	26
18	34	36
18	44	45
18	54	36
18	64	36
18	74	36
18	94	36
22	26	36
22	34	36
22	44	36
22	54	36
22	64	36
22	74	36
22	94	36
30	26	36
30	34	36
30	44	45
30	54	36
30	64	36
30	74	36
30	94	36
30	134	36
40	70	90

Figura 44. Tabla de diseño de columnas guía

Hemos introducido el siguiente filtro en la tabla de diseño de las columnas guía, para que, cuando cambiamos a un determinado molde en la tabla de diseño del armazón del molde, nos permita solo elegir las columnas guía que sean compatibles con ese armazón. Además cada vez que cambiamos de armazón, aparecerá una alerta de color morado en la tabla de diseño, para advertirnos que tenemos que cambiar la configuración de la columna guía

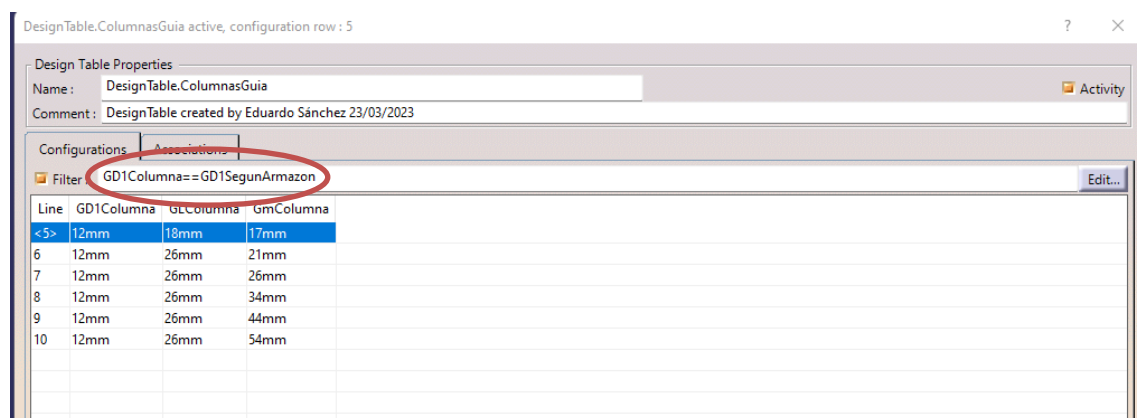


Figura 45. Filtro de tabla de diseño

- Tabla de diseño para el bebedero → DesignTable.Bebedero

a (mm)	L (mm)	Ang (deg)
12	29	2
12	38	2
12	48	2
12	70	1
12	100	1
24	51	2
24	60	2
24	70	2
24	100	1

Figura 46. Tabla de diseño del bebedero

- Tabla de diseño para el anillo centrador → DesignTable.AnilloCentrador

Diametro-A (mm)	Separación T	Altura-H (mm)
70	59	8
70	59	12
75	61	8
75	61	12
80	65	8
80	65	12
90	70	8
90	70	12
100	75	8
100	75	12
110	80	8
110	80	12
120	84	8
120	84	12
125	86	8
125	86	12
150	118	8
150	118	12
160	118	8
160	118	12
175	130	8
175	130	12
200	142	8
200	142	12

Figura 47. Tabla de diseño del anillo centrador

3.2 DISEÑO DE LA PIEZA

La pieza que vamos a utilizar para nuestro TFG es la siguiente:

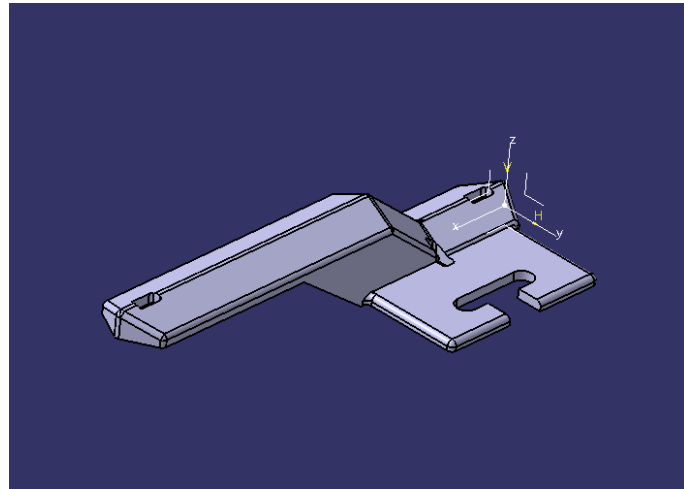


Figura 48. Pieza a inyectar.

Para asegurarnos de que la pieza está diseñada correctamente, vamos a realizar un estudio de los espesores:

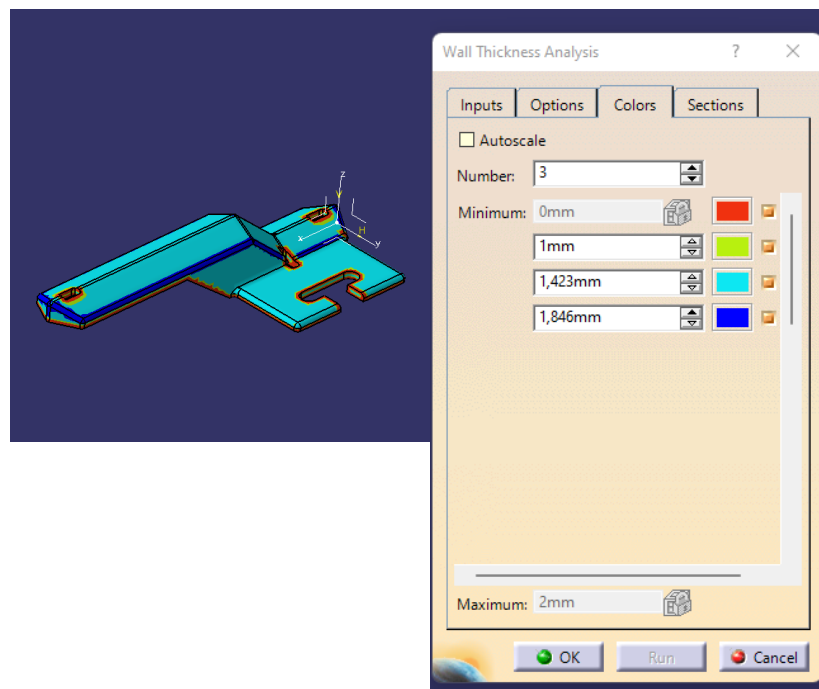


Figura 49. Estudio de espesores de la pieza

No es aconsejable que el espesor de una pieza que va a fabricarse por inyección sea inferior a 1mm ni superior a 4mm, ya que pueden producirse poros, rechupes y deformaciones, como consecuencia de la falta de compactación y por tiempos de enfriamiento diferenciados. Como podemos observar, esta pieza cumple con los requisitos de espesor.

3.3 UBICACIÓN DE LA PIEZA

Parte de la huella de la pieza está en la placa de figura fija, y parte, en la placa de figura móvil como se puede ver en la siguiente figura:

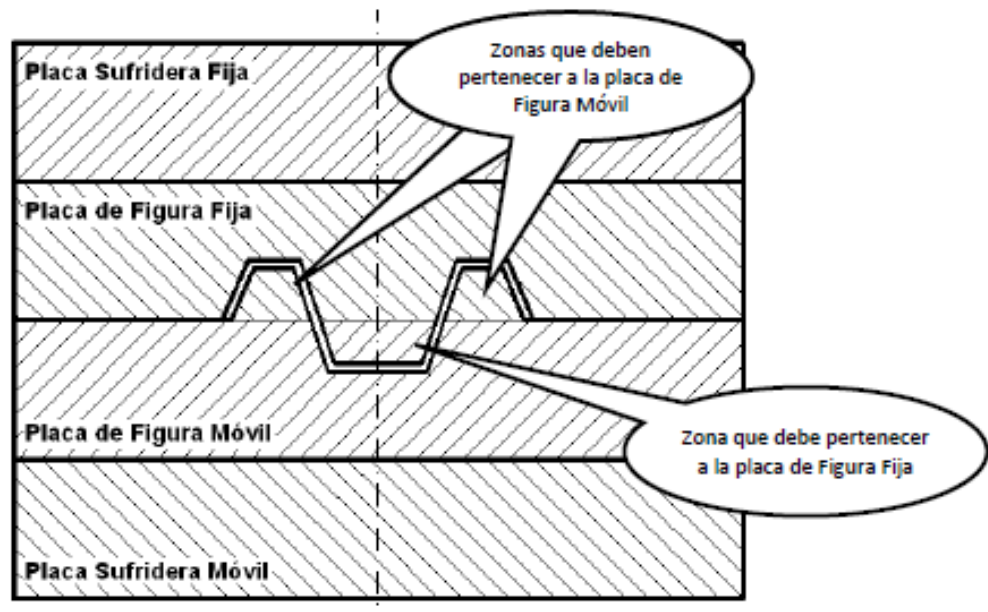


Figura 50. Colocación de la pieza en el molde

Se puede resolver este inconveniente mediante la superposición máxima de ambas placas, incrementando su grosor en caso de ser necesario, para lograr que la pieza quede completamente comprendida en la zona compartida por ambas, tal como se ilustra en la Figura que se presenta a continuación:

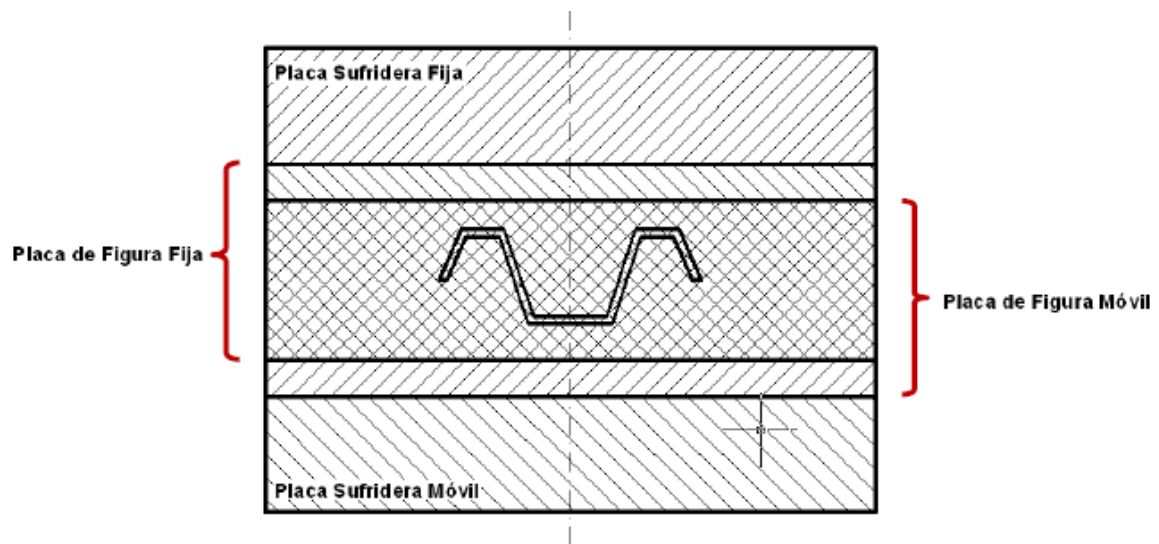


Figura 51. Correcto posicionamiento de la pieza

En seguida, es necesario crear en el archivo CatPart de la pieza, dos superficies adicionales: una que cubra la parte superior de la pieza y se extienda en dirección horizontal hasta el exterior del molde, y otra que cubra su parte inferior y se extienda en la misma dirección hasta el exterior del molde, de acuerdo con lo que se presenta en la Figura 38. Dichas superficies serán empleadas para llevar a cabo una operación de Split en cada una de las placas. En la placa de Figura Fija se suprimirá su parte inferior, mientras que en la placa de Figura Móvil se suprimirá su parte superior.

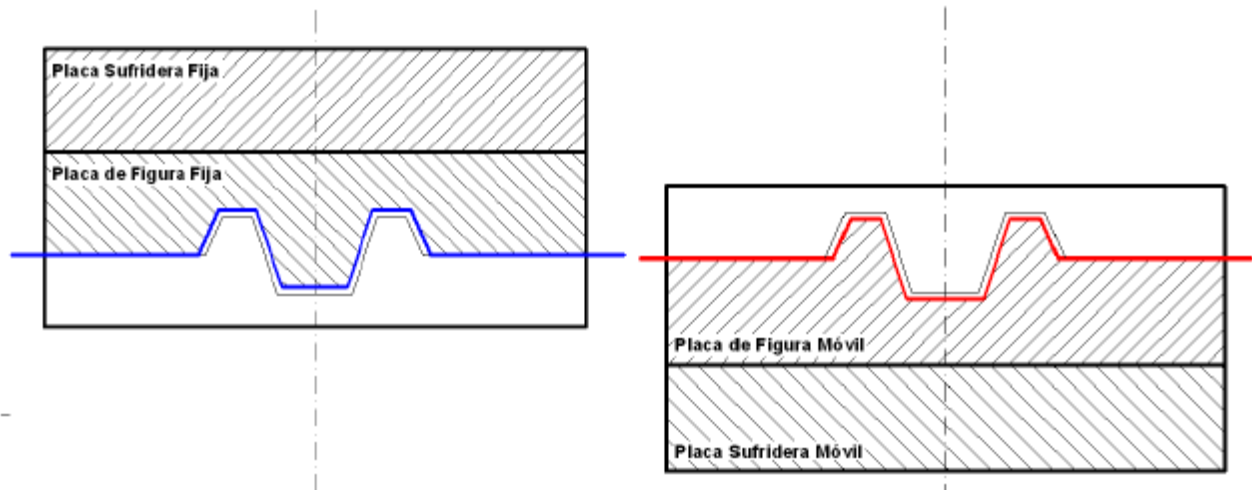


Figura 52. Separación de ambas partes del molde

Para llevar a cabo dicha operación, creamos dos conjuntos geométricos (Geometrical Sets) que se denominan **Cavity** y **Core**, como se indica en la Figura 39 y Figura 40, respectivamente.

El geométrical set denominado **Cavity** de nuestra pieza a moldear es el siguiente:

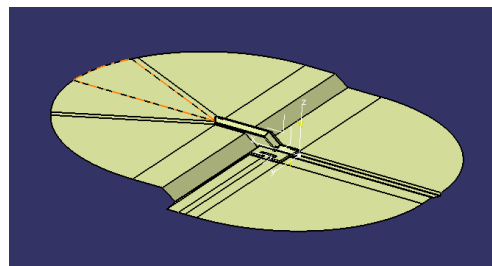


Figura 53. Cavity

Y el geométrical set llamado **Core**:

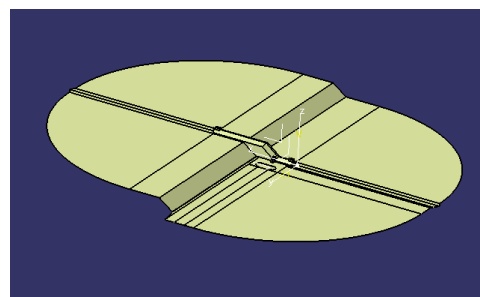


Figura 54. Core

Cuando tenemos estos dos geometrical sets creados, realizamos una operación de corte denominada Split, en las placas de figura fija y móvil. Obtenemos así la huella de la pieza:

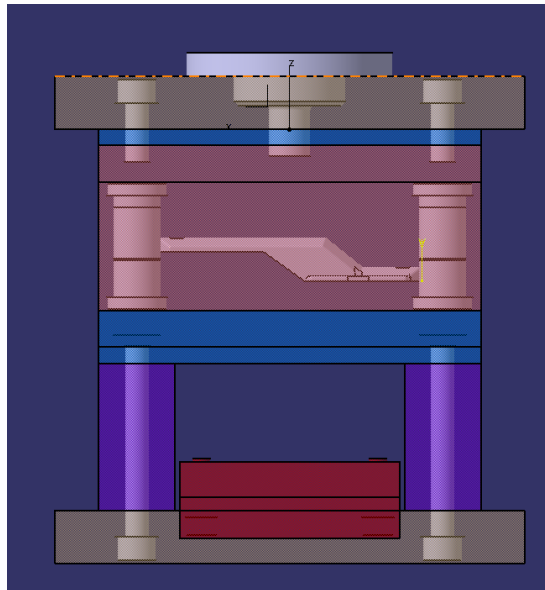


Figura 55. Ubicación de la pieza en molde paramétrico

El resultado de esta operación sería el siguiente:

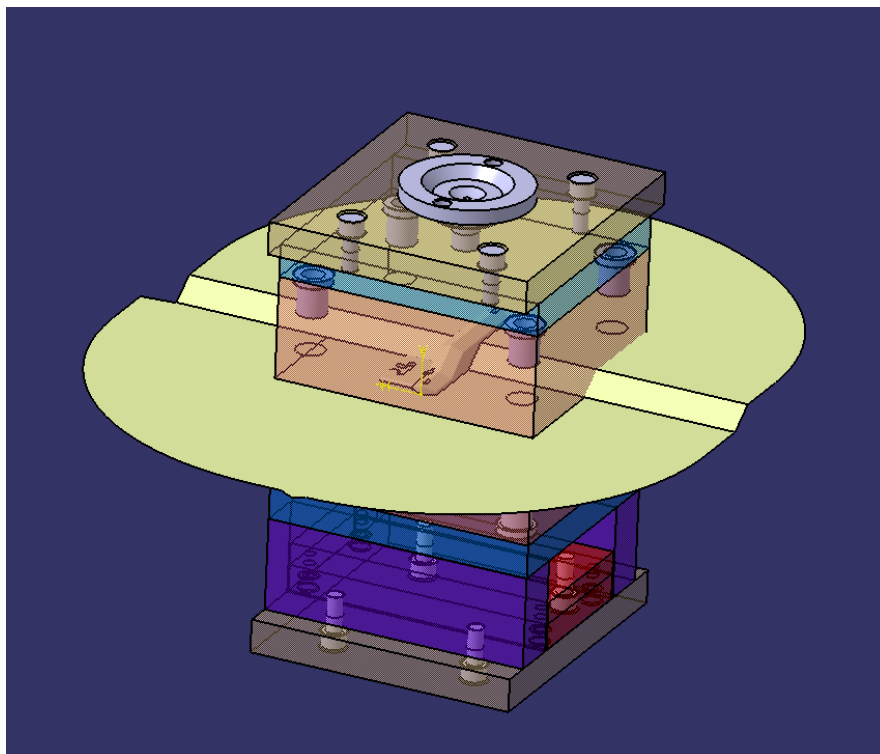


Figura 56. Cavity y core situados en el molde paramétrico

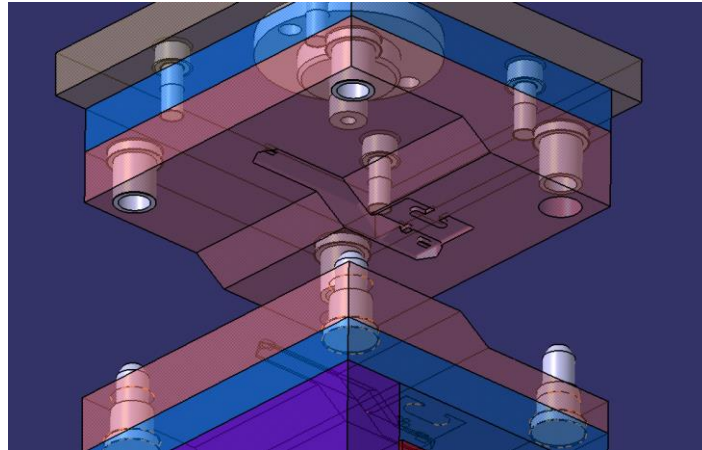


Figura 57. Huella parte fija

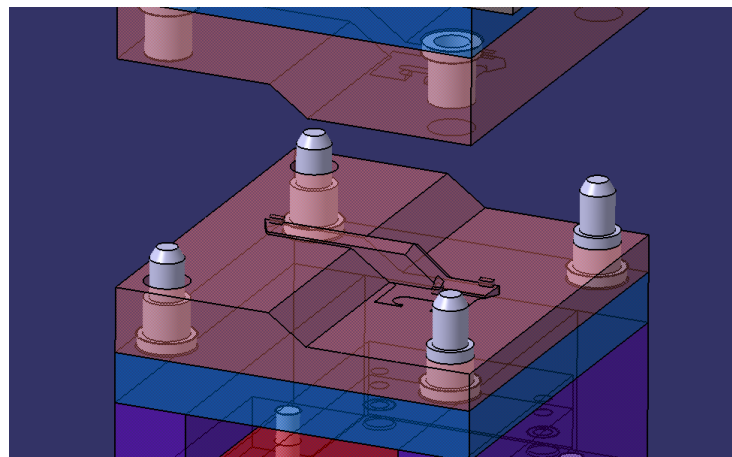


Figura 58. Huella parte móvil

El proceso descrito con anterioridad sería para la incorporación de la huella de una sola pieza. Si se quiere aumentar el número de cavidades, el proceso sería el mismo, pero se realizan una serie de simetrías. A continuación, se muestra el Geometrical Set Core (Figura 61) y Cavity (Figura 60) para llevar a cabo la inyección de cuatro piezas en el molde.

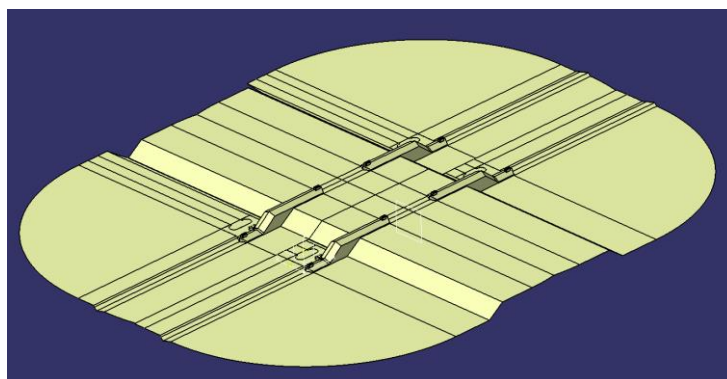


Figura 59. Cavity para cuatro piezas

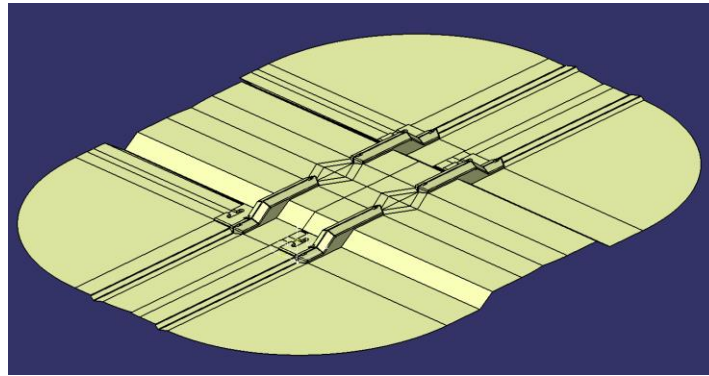


Figura 60. Core para cuatro piezas

El molde de mi tabla de parametrización que he escogido para la inyección de esta pieza ha sido el molde 215x295.

- Parte fija de nuestro molde:

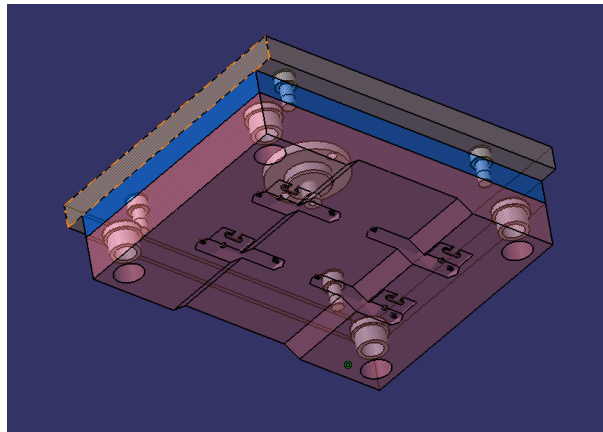


Figura 61. Huella en parte fija para cuatro piezas

- Parte móvil de nuestro molde:

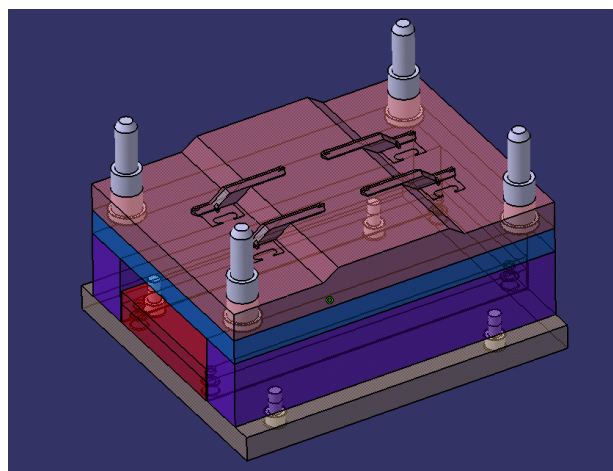


Figura 62. Huella en parte móvil para cuatro piezas

Para realizar los canales de alimentación tenemos distintas opciones:

- Circular
- Semicircular,
- Trapezoidal
- Trapezoidal modificada
- Rectangulares y cuadradas

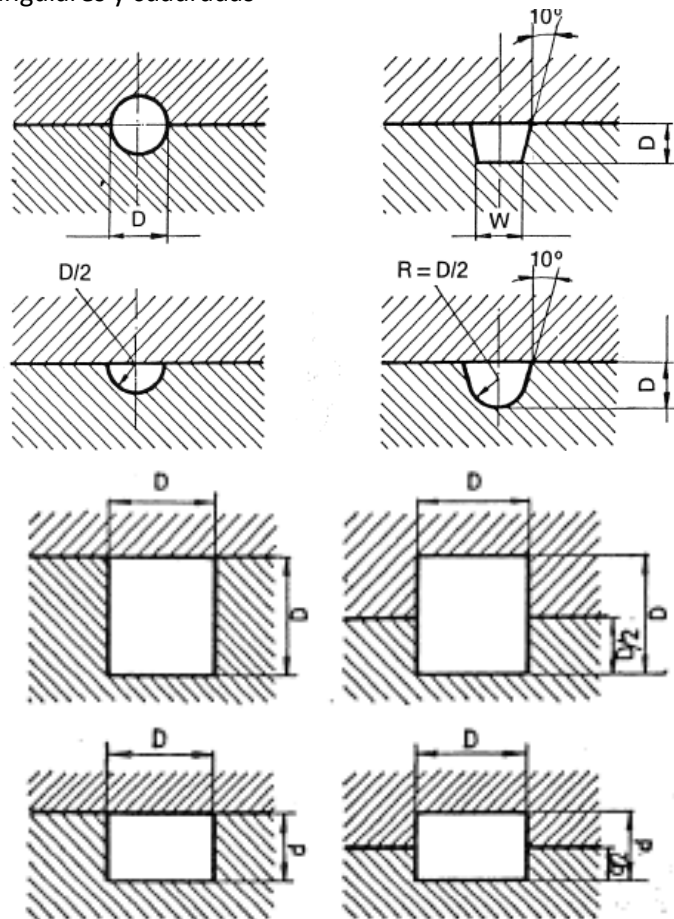


Figura 63. Tipos de canales de alimentación

Para nuestro caso, vamos a utilizar un canal de sección semicircular, ya que son los más fáciles de mecanizar, aunque tienen el inconveniente de que su relación perímetro-sección es alta y esto hace que el material se enfríe en exceso.

Nuestro canal de alimentación diseñado en Catia queda de la siguiente forma:

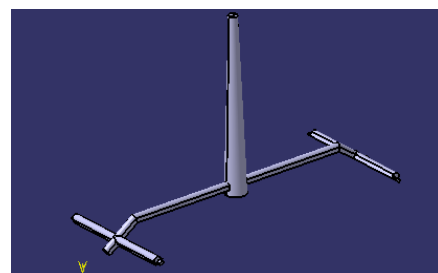


Figura 64. Canal de alimentación

3.4 EXPULSIÓN, REFRIGERACIÓN Y OTROS ELEMENTOS NORMALIZADOS

- **Expulsores.** Dependiendo la geometría de la pieza a retirar se optará por un tipo de expulsor. En la Figura 67 se muestra el plano del expulsor y en la Figura 50 la tabla de diseño asociada.



Figura 65. Plano paramétrico del expulsor

	A	B	C	D
1	d1Exp	d2Exp	kExp	LExp
2	1,5	3	1,5	100
3	2	4	2	100
4	2,2	4	2	100
5	2,5	5	2	100
6	2,7	5	2	100
7	3	6	3	100
8	3,2	6	3	100
9	3,5	7	3	100
10	3,7	7	3	100
11	4	8	3	100
12	4,2	8	3	100
13	4,5	8	3	100
14	5	10	3	100
15	5,2	10	3	100
16	5,5	10	3	100
17	6	12	5	100
18	6,2	12	5	100
19	6,5	12	5	100
20	7	12	5	100
21	8	14	5	100
22	8,2	14	5	100
23	8,5	14	5	100

Figura 66. Tabla de diseño del expulsor



Figura 67. Expulsor

- **Boquilla de refrigeración.** Una de las partes más importantes del molde sería la refrigeración. En la siguiente figura se muestra el plano paramétrico.

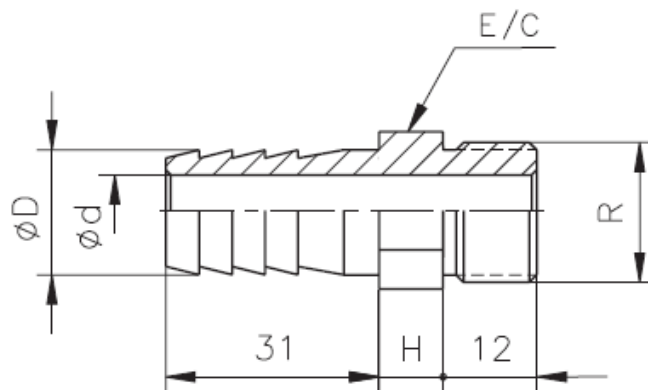


Figura 68. Plano paramétrico de la boquilla de refrigeración

	A	B	C	D
1	DBR (mm)	dBR (mm)	'E/C' (mm)	HBR (mm)
2	6,5 mm	3 mm	7 mm	3,5 mm
3	6,5 mm	3,5 mm	7 mm	3,5 mm
4	6,5 mm	3,5 mm	8,5 mm	5 mm
5	7,5 mm	4,5 mm	8,5 mm	5 mm

Figura 69. Tabla de diseño de la boquilla de refrigeración



Figura 70. Boquilla de refrigeración

- **Cáncamos.** Continuamos con la construcción de nuestro molde añadiéndole dos cáncamos para poder transportar el mismo con un puente grúa. Para la realización de estos cáncamos en Catia hemos utilizado el siguiente plano con su correspondiente tabla de parametrización:

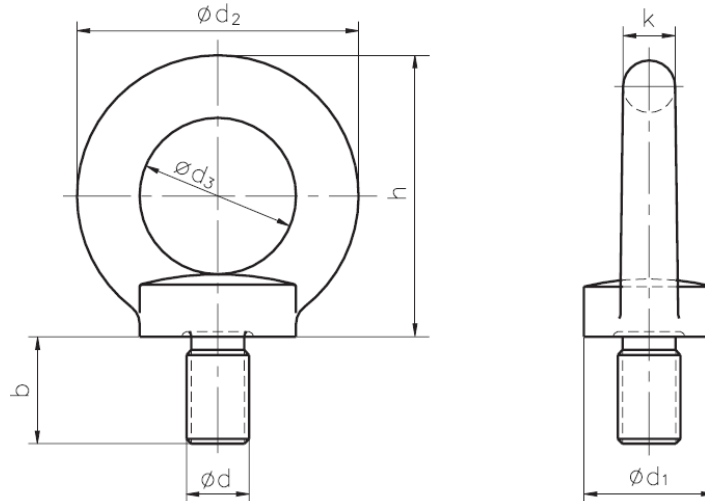


Figura 71. Plano paramétrico del cáncamo

	A	B	C	D	E	F
1	d(mm)	b(mm)	d3(mm)	d1(mm)	h(mm)	k(mm)
2	8 mm	13 mm	20 mm	20 mm	36 mm	8 mm
3	10 mm	17 mm	25 mm	25 mm	45 mm	10 mm
4	12 mm	20,5 mm	30 mm	30 mm	53 mm	12 mm
5	16 mm	27 mm	35 mm	35 mm	62 mm	14 mm
6	20 mm	30 mm	40 mm	40 mm	71 mm	16 mm
7	24 mm	36 mm	50 mm	50 mm	90 mm	20 mm
8	30 mm	45 mm	60 mm	65 mm	109 mm	24 mm
9	36 mm	54 mm	70 mm	75 mm	128 mm	28 mm
10	42 mm	63 mm	80 mm	85 mm	147 mm	32 mm
11	48 mm	68 mm	90 mm	100 mm	165 mm	38 mm

Figura 72. Tabla de diseño del cáncamo

Nuestro cáncamo diseñado en Catia quedaría de la siguiente forma:

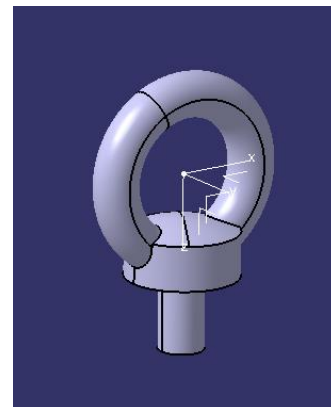


Figura 73. Cáncamo

Vamos a insertar dos cáncamos en nuestro molde, uno en la parte de inyección, y otro en la parte de expulsión. Dicha distribución es la idónea para que el molde sea transportado con un puente grúa y que este esté en equilibrio, evitando así que se abra durante su transporte.

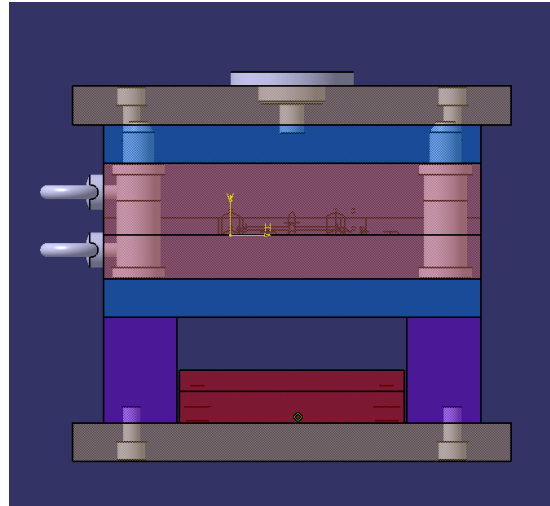


Figura 74. Molde paramétrico con cáncamos

Teniendo bien situados los cáncamos, realizamos la operación 'remove' del 'body' denominado 'DrillHole', para hacer los taladros donde irán enroscados los cáncamos en las placas donde estén situados cada uno.

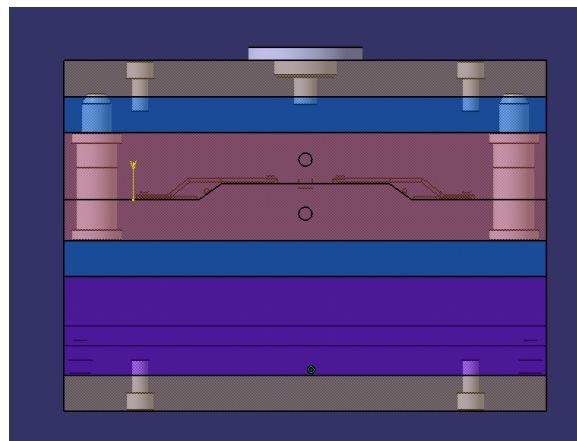


Figura 75. 'Remove' de los cáncamos

4 RESULTADOS

El objetivo se marcó en hacer un molde totalmente paramétrico, donde se pudiera cambiar la pieza o las cavidades de la pieza de manera eficiente y rápida. Como se puede observar en las siguientes figuras, hemos conseguido este objetivo.

Partes finales del molde:

- **Parte fija o de inyección**

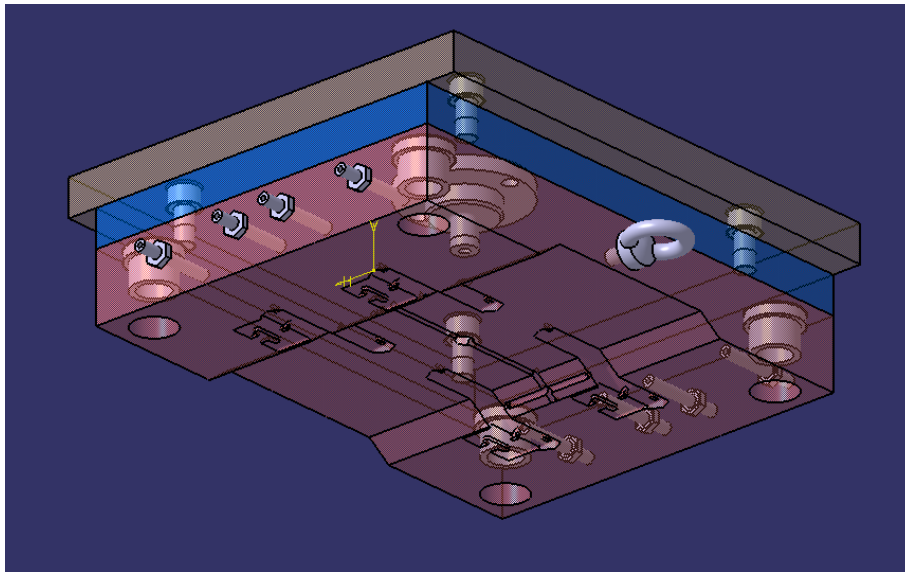


Figura 76. Vista inferior parte fija de molde con cuatro cavidades

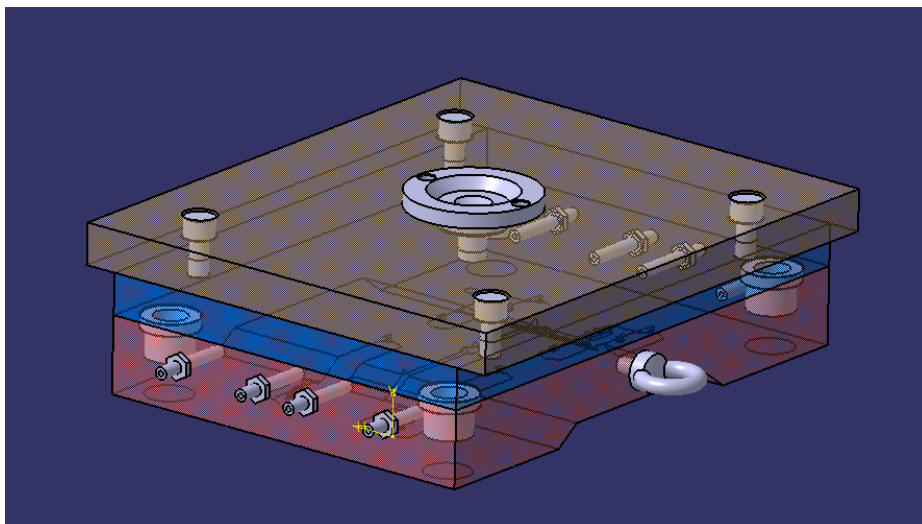


Figura 77. Vista superior parte fija de molde con dos cavidades.

- Parte móvil o de expulsión

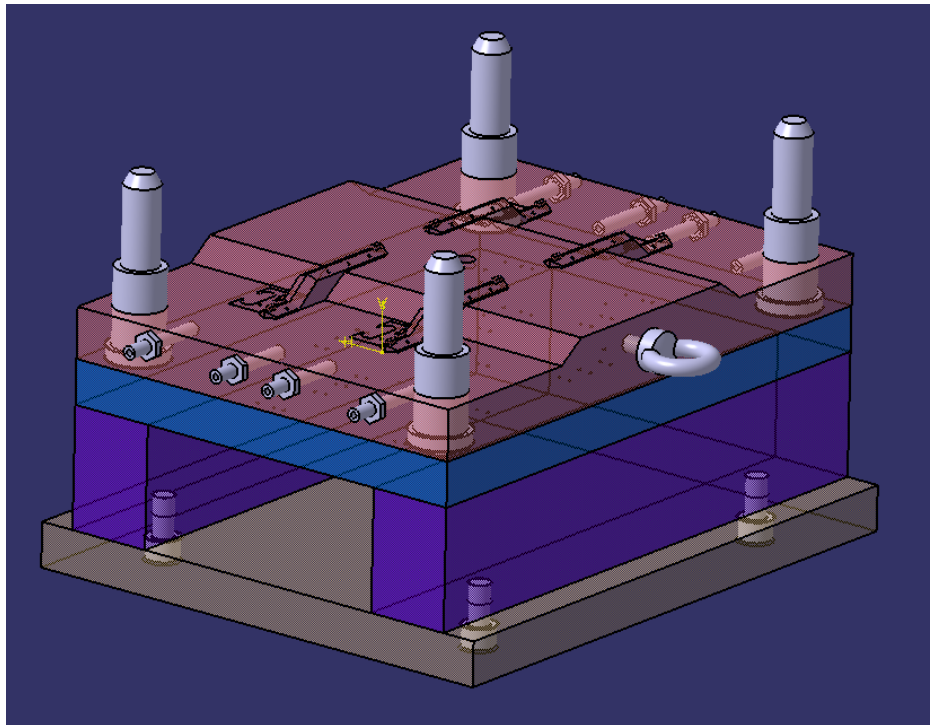


Figura 78. Vista superior parte fija de molde con cuatro cavidades.

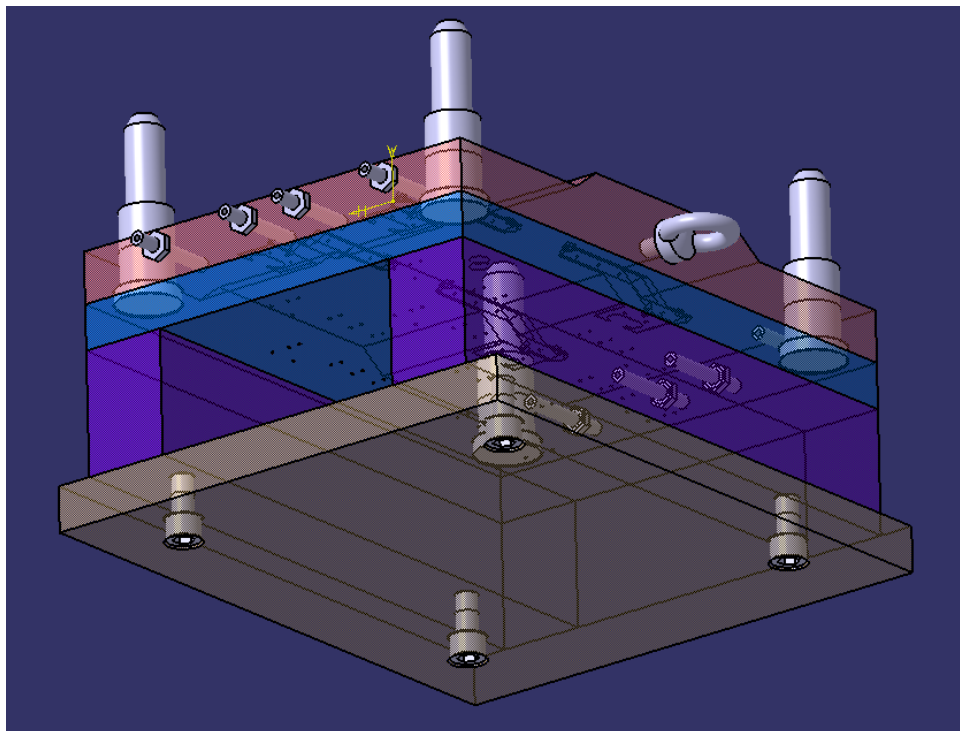


Figura 79. Vista inferior parte móvil de molde con cuatro cavidades.

- Placa expulsora con expulsores

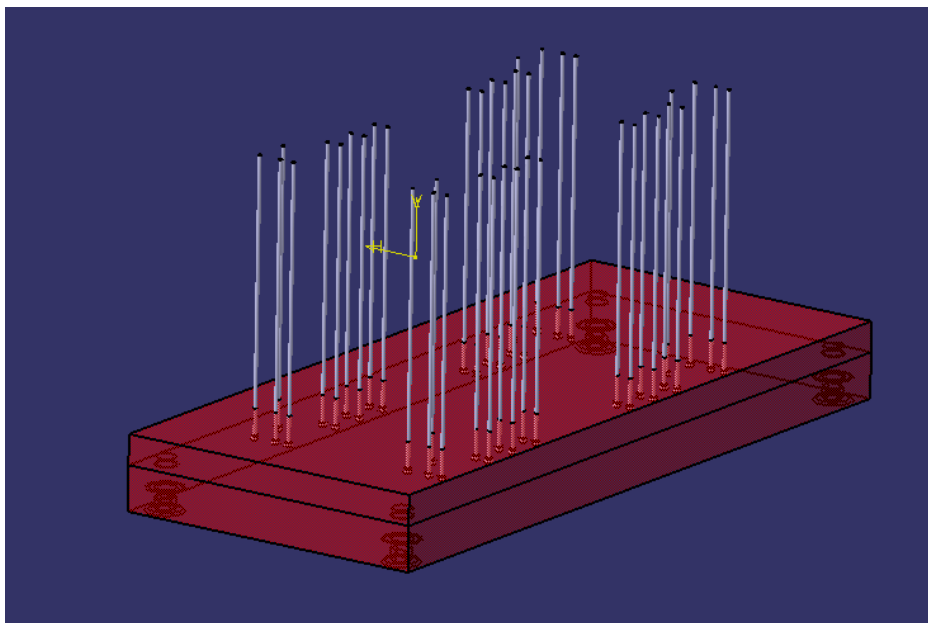


Figura 80. Vista superior de placa expulsora con expulsores de molde con cuatro cavidades

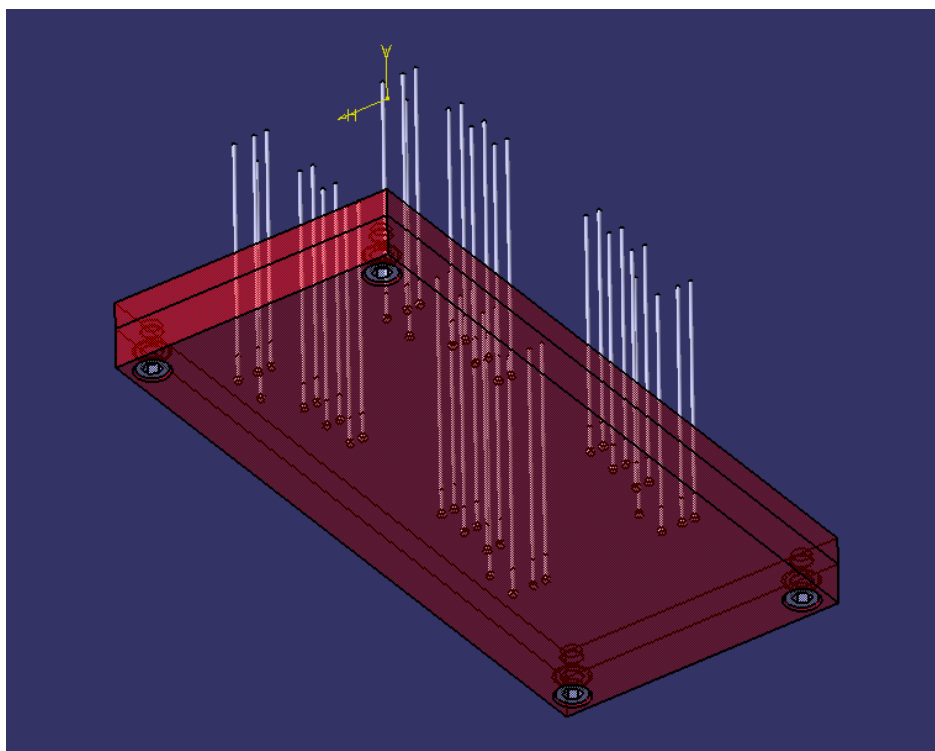


Figura 81. Vista inferior de placa expulsora con expulsores de molde con cuatro cavidades

En un principio se diseñó el molde para inyectar la pieza de plástico **con cuatro cavidades**, pero **para demostrar la potencia y la eficiencia de nuestro módulo** se decide **cambiar de cuatro cavidades a dos con otra pieza distinta**.

La pieza que vamos a utilizar es la siguiente:

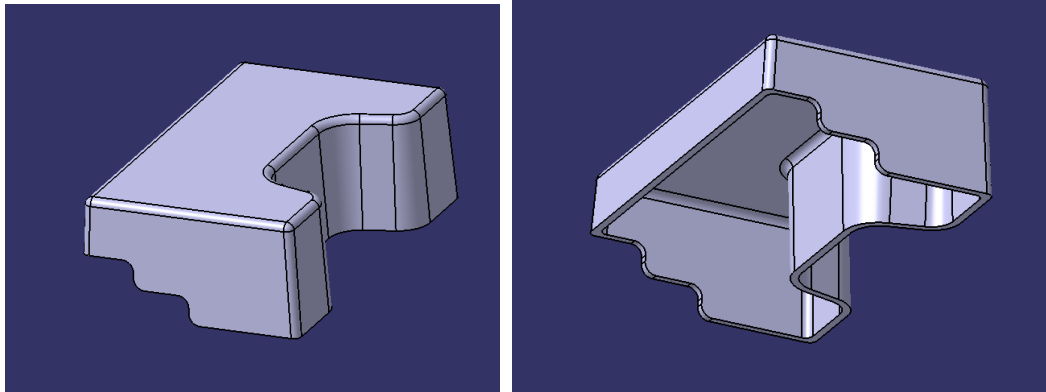


Figura 82. Pieza para molde con dos cavidades

Eligiendo dentro de nuestra tabla de parametrización el molde '175x260 Puente ancho' obtenemos unas dimensiones óptimas para nuestra pieza con dos cavidades. Los resultados de un molde con dos cavidades son los siguientes:

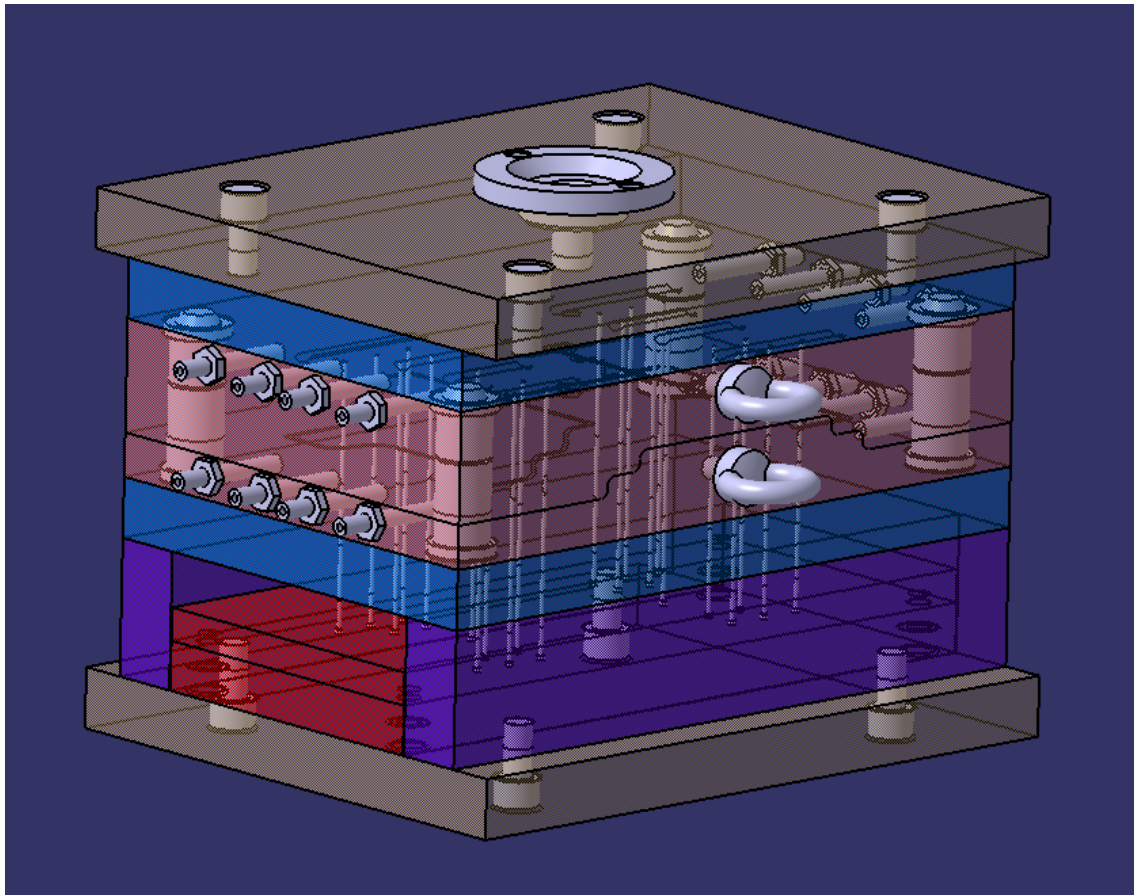


Figura 83. Molde con dos cavidades completo

- Placa figura fija (dos cavidades)

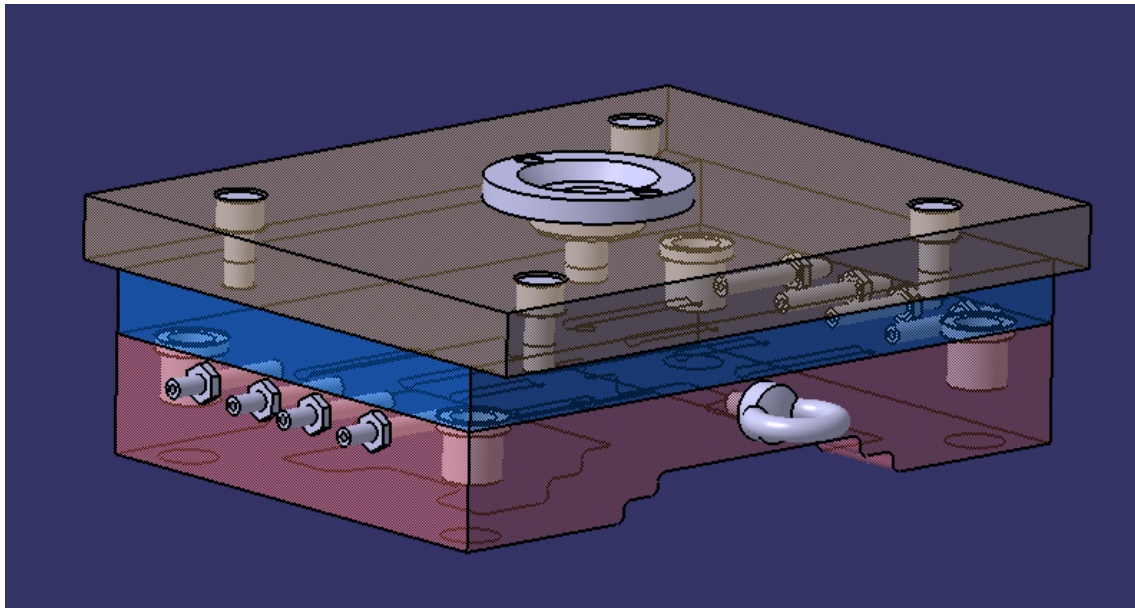


Figura 84. Vista superior parte fija de molde con dos cavidades.

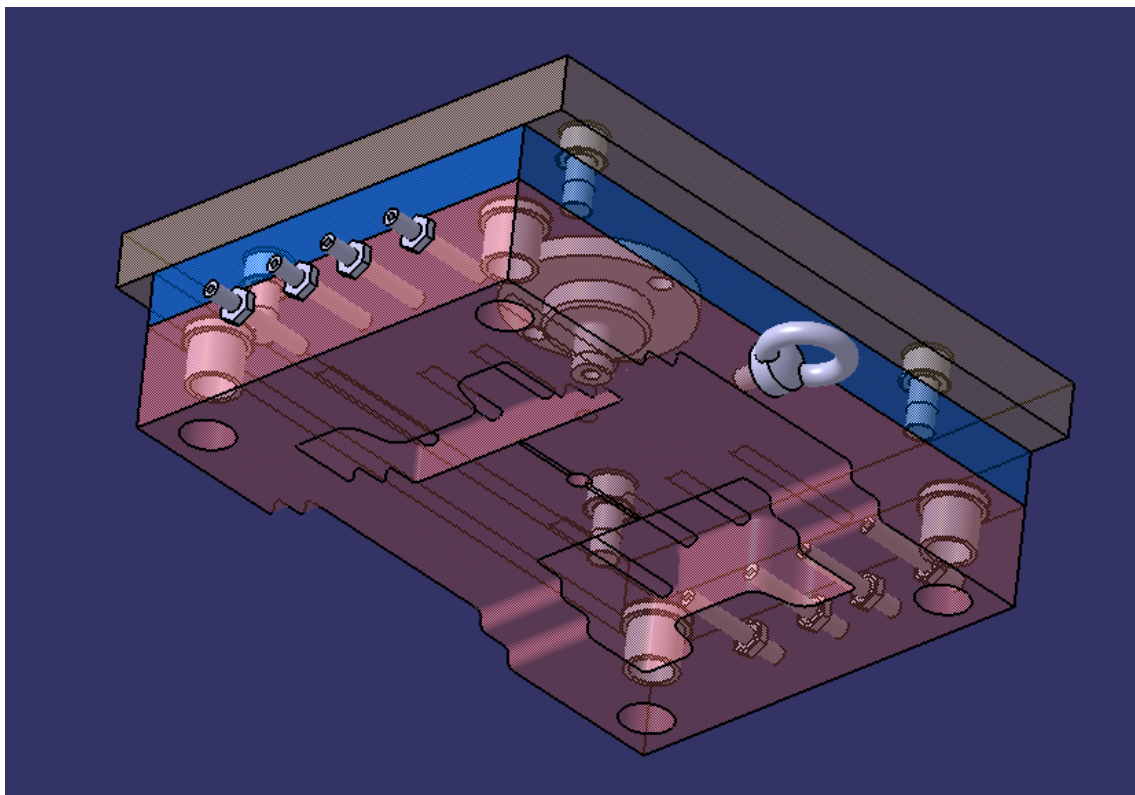


Figura 85. Vista inferior parte fija de molde con dos cavidades.

- Placa figura móvil (dos cavidades)

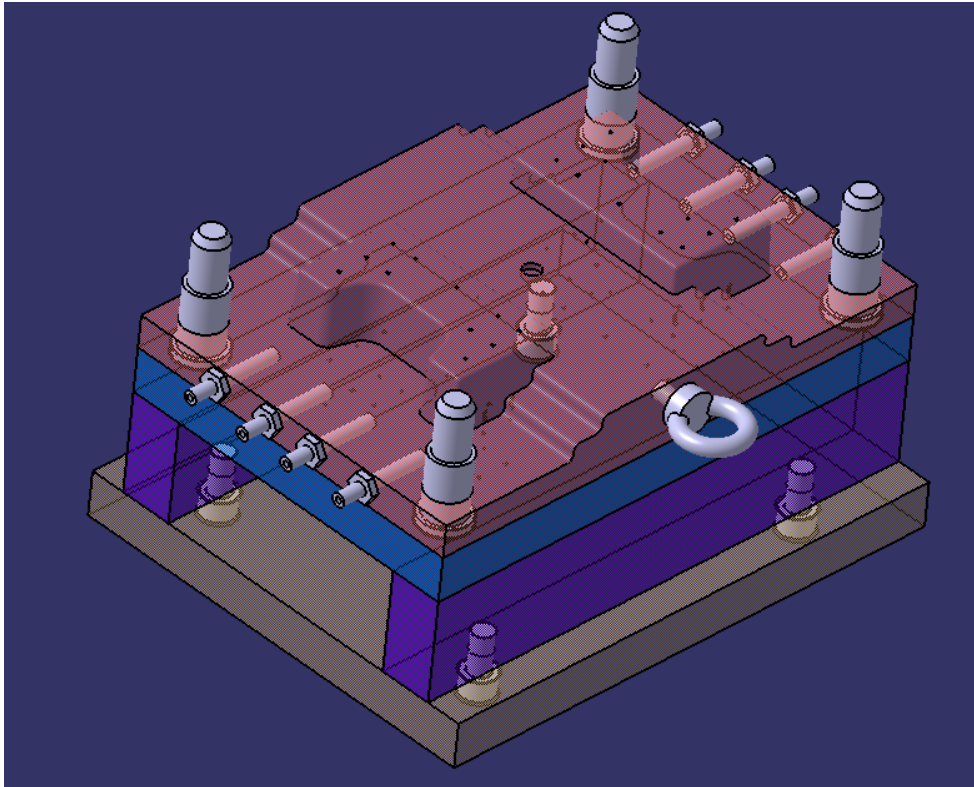


Figura 86. Vista superior parte móvil de molde con dos cavidades.

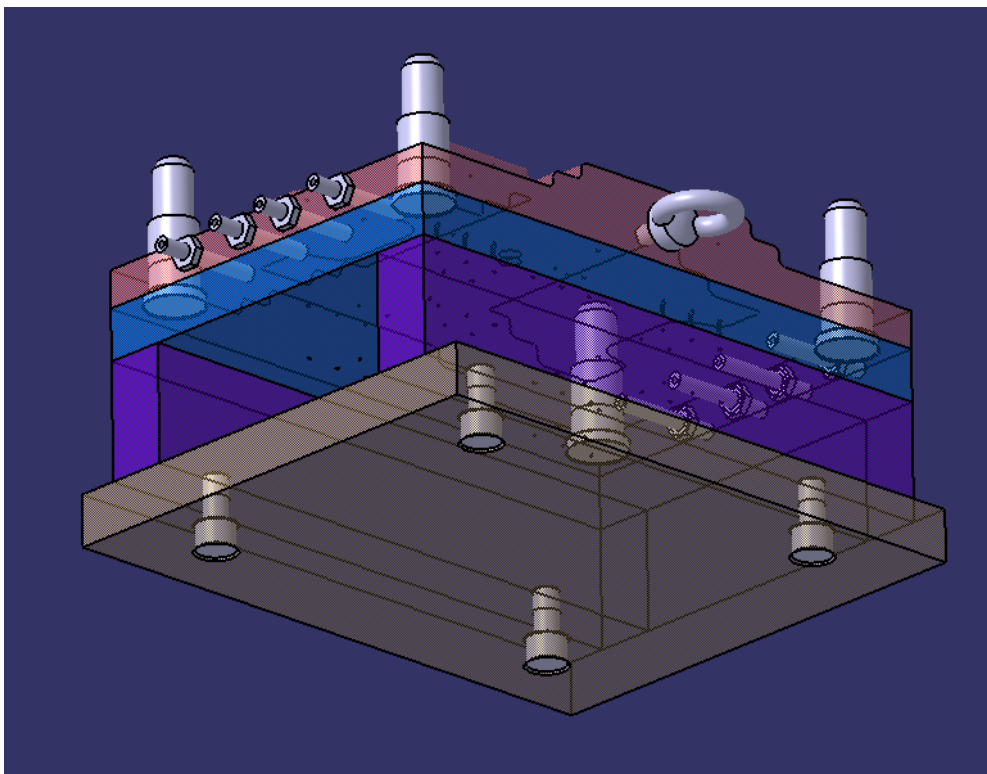


Figura 87. Vista inferior parte móvil de molde con dos cavidades.

- **Sistemas expulsores (dos cavidades)**

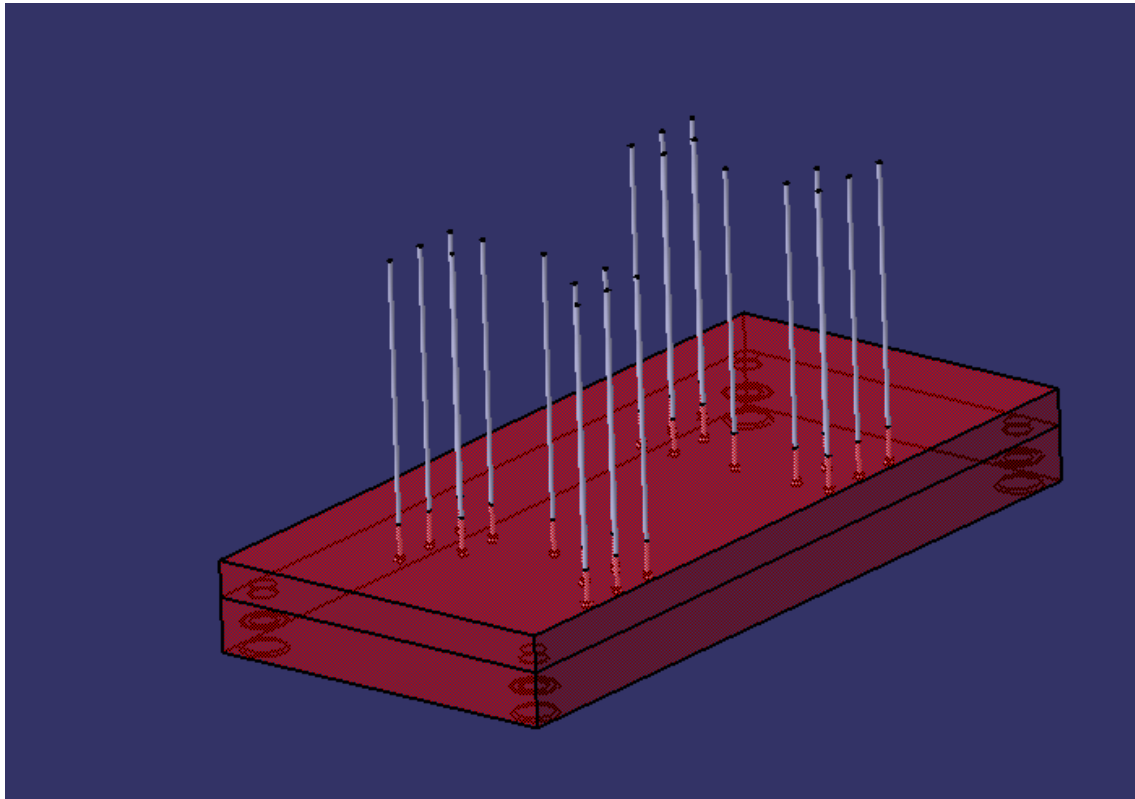


Figura 88. Placa expulsora con expulsores de molde con dos cavidades



5 BIBLIOGRAFIA

1. H. Grastow, Moldes de Inyección para plásticos, Munich: Hanser Publishers, 1992.
2. O. Laguna Castellanos, Manual de moldes para inyección de termoplásticos, Madrid: Instituto de Plásticos y caucho, 1978.
3. K. Stoeckhert, Mold Making Handbook, Munich: Hanser Publishers, 1983.
4. G. Menges, How to make injection mold, Munich: Hanser Publishers, 1992.
5. G. Menges, Moldes para inyección de plásticos, Barcelona: Ed. Gustavo Gili S.A, 1975.



6. PLANOS

En este anexo se presentan una serie de planos de las distintas partes que componen el molde de inyección.