



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Rediseño y análisis de factibilidad del
subconjunto de apoyo para un contenedor de
carga lateral de residuos

Redesign and feasibility analysis of the support
subassembly of a side-loading waste
container

Autor

Javier López Domingo

Director

Jorge Aísa Arenaz

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2024

REDISEÑO Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL SUBCONJUNTO DE APOYO PARA UN CONTENEDOR DE CARGA LATERAL DE RESIDUOS

RESUMEN

En este proyecto se han realizado una serie de análisis previos para poder descomponer el subconjunto a rediseñar y poder entenderlo en su totalidad. Tras ello, se ha realizado un rediseño desde el punto de vista del diseño de pieza, los ensayos mecánicos y del diseño de procesos. Finalmente se ha realizado una propuesta de un diseño de molde.

El trabajo tiene como objetivo realizar una primera aproximación a la viabilidad de eliminar el eje metálico y unificar todos los componentes en un molde de inyección de plásticos.

Este proyecto abre la puerta a una serie de líneas futuras de desarrollo para una definición en profundidad del producto, y a análisis más específicos para su posible uso en un futuro.

ABSTRACT

In this project, a series of preliminary analyses were carried out in order to break down the sub-assembly to be redesigned and to be able to understand it in its entirety. This was followed by a redesign from the point of view of part design, mechanical testing and process design. Finally, a proposal for a mould design has been made.

The aim of this work is to make a first approach to the feasibility of eliminating the metal shaft and unifying all the components in a plastic injection mould.

This project opens the door to a series of future lines of development for an in-depth definition of the product, and more specific analyses for its possible use in the future.

ÍNDICE

1	Introducción.....	5
1.1	Objeto.....	5
1.2	Alcance.....	5
1.3	Antecedentes.....	6
2	Planificación.....	7
3	Búsqueda de información.....	8
3.1	¿Qué son los residuos sólidos urbanos?.....	8
3.2	Tipos de contenedores.....	8
3.3	Contenedores de carga lateral.....	8
3.3.1	Características.....	9
3.3.2	Subconjunto patín.....	9
3.4	Normativa.....	9
3.5	Análisis.....	10
3.5.1	Análisis estructural.....	10
3.5.2	Análisis funcional.....	11
3.6	Estudio de campo.....	11
3.7	Proceso de inyección y puntos a tener en cuenta.....	12
3.7.1	Ciclo de inyección.....	12
3.7.2	El material.....	12
3.7.3	El molde.....	12
3.7.4	La pieza.....	13
3.7.5	Bi-inyección.....	13
3.8	Especificaciones de diseño.....	14
4.	Generación de ideas.....	16
4.1	Punto de partida.....	16
4.2.	Diseño de pieza.....	17
4.3.	Ensayos mecánicos.....	23
4.3.1	Ensayo resistente durante el reposo.....	24

4.3.2 Ensayo resistente durante la descarga.....	25
4.4 Diseño de procesos.....	27
4.4.1 Llenado por una entrada.....	28
4.4.2 Llenado por dos entradas.....	31
4.4.3 Bi-Inyección.....	33
5 Propuesta final.....	35
5.1 Diseño final.....	35
5.2 Propuesta de molde	36
5.2.1 Molde una cavidad	37
6 Conclusiones y líneas futuras	39
6.1 Conclusiones generales.....	40
6.2 Líneas futuras.....	41
6.2.1 Varias cavidades en el molde	41
6.2.2 Inyectar por separado rodillo y patín.....	41
6.2.3 Molde tipo family	41
7 Bibliografía	42
7.1 Referencias de textos	42
7.2 Referencias de imágenes	42

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El objeto de este Trabajo Fin de Grado [TFG] consiste en realizar un rediseño del subconjunto de apoyo (en adelante “patín”) para un contenedor de carga lateral de residuos, con el objetivo final de simplificar su fabricación tratando de unificar todos sus componentes en una única pieza de plástico inyectada, reduciendo así los costes de fabricación y facilitando su reciclado.

La pieza a diseñar deberá cumplir con la normativa vigente y asegurar que puede ser fabricada mediante inyección de plástico.

Este trabajo corresponde con la realización de un Trabajo Fin de Grado de la especialidad de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

1.2 ALCANCE

Este proyecto tiene la finalidad de plantear distintas alternativas para eliminar el eje metálico, con el objetivo de facilitar el reciclado del subconjunto de apoyo siempre y cuando sea una solución económicamente viable.

Durante este proyecto se desarrollarán los siguientes apartados:

- Una fase de inicial del proyecto que incluye la búsqueda de información y normativa, así como distintos análisis planteados.
- Una fase de generación de ideas y de evolución del diseño planteado.
- Simulación de casos resistentes y de llenado para la correcta definición del objeto del proyecto.

Esta serie de trabajos estarán recogidos en la memoria, y planteados en profundidad en los anexos del proyecto.

Para la realización de estos apartados se hará uso de distintos programas CAD (Creo Parametric, SolidWorks) y de simulación de llenado (Moldex3D). Adicionalmente se hará uso de una impresora 3D para la realización de prototipos.

1.3 ANTECEDENTES

El condicionante de inicio de este proyecto viene del resultado de un proyecto anterior realizado por URCHAGA (2013) [1]. Se partirá del resultado final de dicho proyecto para rediseñar el subconjunto y, en fases posteriores, analizar y comparar los resultados obtenidos en cuanto a su viabilidad, costes, reciclaje, etc.

El subconjunto patín ha tenido distintas versiones desde que se planteó el primer diseño, las cuales se muestran a continuación:



Figura 01. 1ª Generación "patín"

La figura 1 corresponde con la primera versión del subconjunto patín, se realizó para la empresa Contener [2] en el año 2006.

En 2013 se realizó un rediseño del patín reduciendo considerablemente su tamaño y adaptándolo a los nuevos modelos de contenedores. (Figura 2)

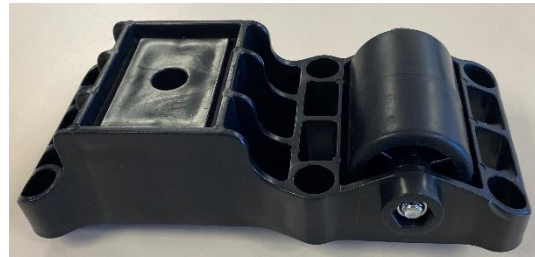


Figura 02. 2ª Generación "patín"

Este proyecto trata de plantear la 3ª generación del subconjunto patín, realizando el segundo intento de mejora del producto.

2 PLANIFICACIÓN

El desarrollo de este trabajo se ha dividido en diferentes fases para llevar un control de seguimiento con el fin de realizar el trabajo de manera eficaz:

- **Fase I:** Búsqueda de información, análisis de funcionalidad y requisitos del conjunto (4 semanas).
- **Fase II:** Propuesta de soluciones y primeros modelos (3 semanas).
- **Fase III:** Selección de alternativas y análisis de factibilidad (5 semanas).
- **Fase IV:** Diseño de detalle, propuesta final y comparativa con el conjunto existente (3 semanas).
- **Fase V:** Redacción de la memoria final (A la par que el resto de fases).



Tabla 01. Cronograma fases del proyecto

3 BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

En estos apartados se encuentra la información a destacar de cada uno de los puntos analizados. Para una información más detallada consúltese el apartado correspondiente en los ANEXOS 3.

3.1 ¿QUÉ SON LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS?

Los Residuos Sólidos Urbanos [RSU] son todos aquellos desechos generados en las áreas urbanas como resultado de las actividades humanas. Incluyen una amplia variedad de materiales, como restos de alimentos, papel, cartón, plásticos, vidrio, metales y textiles, entre otros.[3]

3.2 TIPOS DE CONTENEDORES

Existen diversos tipos de contenedores destinados a la recogida de RSU, los cuales son mostrados a continuación. Para una definición detallada de las distintas tipologías de contenedores consúltense los anexos 3.2.

Carga trasera



Figura 03. Contenedor carga trasera

Carga vertical



Figura 04. Contenedor carga vertical

Soterrados



Figura 05. Contenedor soterrado

Carga lateral



Figura 06. Contenedor carga lateral

3.3 CONTENEDORES DE CARGA LATERAL.

Este proyecto se centra en una pieza de los contenedores de carga lateral. En las figuras 7 y 8 se puede apreciar la carga y descarga de estos contenedores.



Figura 07. Contenedor carga lateral recogida



Figura 08. Contenedor carga lateral descarga

3.3.1 CARACTERÍSTICAS

Las características principales de estos contenedores son el ahorro en el tiempo de recogida y la disminución de costes de servicio. Esto se consigue gracias a que el mismo conductor es el único operario necesario para la recogida, ya que en la propia cabina se encuentran los mandos necesarios para la carga y descarga del contenedor, proporcionando así mayor seguridad al operario al no exponerse ante ningún riesgo. Al ser un proceso automatizado el ciclo de descarga es rápido y eficaz. Consúltense anexos 3.3.1. para más información.

3.3.2 SUBCONJUNTO PATÍN

Dentro de los contenedores de carga lateral se encuentra el subconjunto patín, el cual ha sido objeto de análisis. Para conocer el resto de componentes de los contenedores de carga lateral véase anexos 3.3.2.

Este proyecto se enfoca en el rediseño de esta pieza específica de los contenedores.



Figura 09. Contenedor de carga lateral

PATÍN



Figura 10. Vista detalle patín 2ª generación

Se ubica en la parte inferior del vaso y tiene una doble función. En primer lugar, eleva y protege el contenedor contra posibles impactos al colocarlo en el suelo después de ser descargado del camión, en segundo lugar, cuenta con un rodillo instalado en su parte externa, el cual facilita la descarga al permitir que el contenedor ruede. Cada contenedor cuenta con 4 de ellos.

3.4 NORMATIVA

Se ha realizado un estudio de la normativa vigente que regula los contenedores de residuos urbanos y se han recopilado las normas que afectan al diseño del patín.

En la figura 11 se muestran las medidas que por normativa han de estar en un rango determinado, que en el caso del patín tan sólo afecta a la cota 12, que corresponde con la distancia entre el suelo y el fondo del contenedor. Esta cota es mínimo de **30 mm**. Para más información consúltense los anexos 3.4.

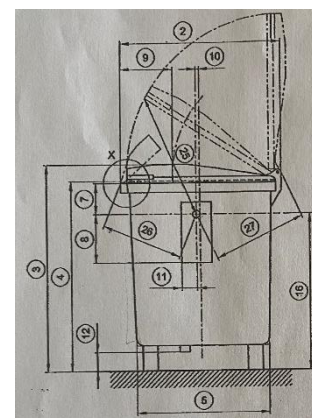


Figura 11. Extracto norma UNE-EN 12574:2017 [4]

3.5 ANÁLISIS

Se han realizado distintos análisis para conocer en profundidad la pieza a rediseñar, con el objetivo de descomponer el producto y poder entender a la perfección su funcionamiento.

3.5.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural tiene como objetivo mostrar en detalle los elementos que componen un producto y ver cómo interaccionan entre sí. En este caso se va a analizar el subconjunto de 2ª generación mostrado en la figura 12:

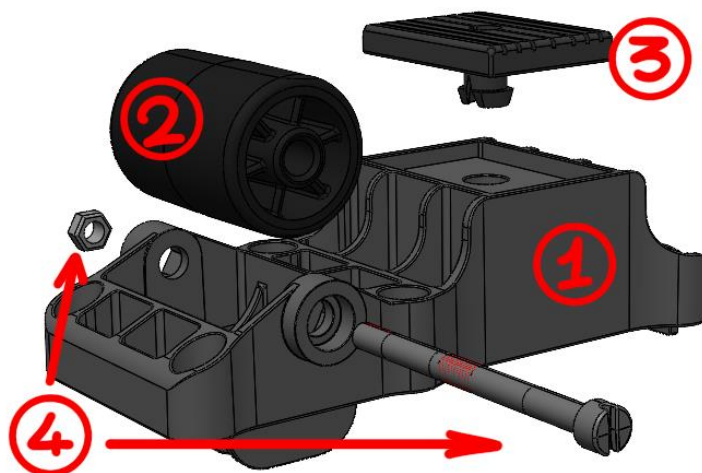


Figura 12. Vista explosionada patín 2ª generación

En la siguiente tabla se recogen las características principales de cada elemento:

Número	Nombre	Función
1	Patín	Actúa como elemento principal del conjunto elevando el contenedor del suelo y sirviendo de unión entre el resto de los componentes.
2	Rodillo	Permite que el contenedor ruede libremente en una dirección.
3	Goma	Evitar que el contenedor deslice cuando está en su posición de reposo.
4	Tornillo/ Tuerca	Fija el rodillo al cuerpo principal y permite libremente su movimiento.

Tabla 02. Partes patín 2ª generación

Para más información véase los anexos 3.5.

3.5.2 ANÁLISIS FUNCIONAL

Este análisis trata de identificar la función principal del subconjunto y las funciones secundarias que desempeña en el conjunto final. Detallados en anexos 3.5.2.

La **función principal** del subconjunto patín consiste en elevar el contenedor para cumplir los requisitos de normativa UNE EN ISO 12574.

Esto se consigue gracias al **patín** y a la **goma**, que elevan y evitan que el contenedor pueda deslizarse. Estos elementos del subconjunto han de ser diseñados para que soporten el peso del contenedor cuando esté lleno.

Como **función secundaria**, el subconjunto patín permite que el contenedor ruede tanto en la carga y descarga, como a la hora de colocarlo. Esto es gracias al rodillo que lleva instalado en la parte más externa del conjunto.

Este patín estará sometido a esfuerzos de impacto, a la hora de depositar el contenedor de vuelta en el suelo al realizar la descarga, por lo que será un requisito indispensable que pueda soportar este tipo de esfuerzos.

El contenedor suele recibir varios impactos en el proceso de carga y descarga, por lo que otra **función secundaria** del subconjunto consistirá en evitar que estos impactos le lleguen directamente al contenedor.

3.6 ESTUDIO DE CAMPO

Adicionalmente se ha realizado una breve labor de campo para conocer mejor los distintos patines que existen en la actualidad y su estado. Para ver es estudio de campo ir a los anexos 3.6. Las figuras 13 y 14 corresponden a algunas de las fotos realizadas en el estudio.



Figura 14. Patín metálico visto en Soria



Figura 13. Patín de plástico visto en Zaragoza

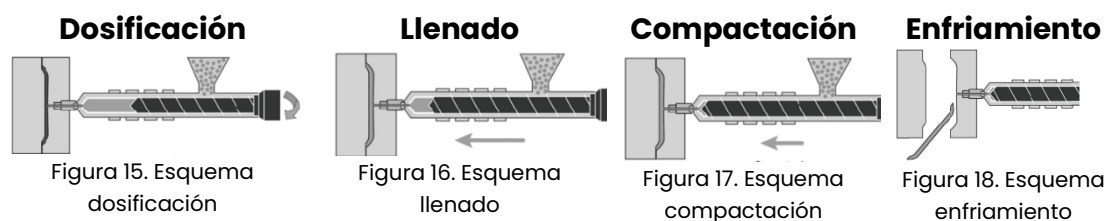
A modo de conclusiones, los patines existentes, independientemente de la ubicación, del modelo y fabricante, son piezas que sufren mucho desgaste. Por lo general, aunque la pieza del rodillo se rompa o se pierda, no se suelen cambiar con frecuencia, ya que, aunque no esté el rodillo, el desgaste y el impacto lo sigue recibiendo el patín y no el contenedor, por lo que el rodillo deberá tener el mismo ciclo de vida que el contenedor.

3.7 PROCESO DE INYECCIÓN Y PUNTOS A TENER EN CUENTA

El proceso de inyección de plásticos consiste en obtener productos moldeados a través de introducir a altas presiones material plástico fundido en un molde previamente mecanizado.[5]

3.7.1 CICLO DE INYECCIÓN

El proceso de inyección de plásticos es un proceso cíclico, está pensado para producción en cadena y sin interrupciones. Para conocer mejor el proceso de inyección es necesario enumerar sus distintas fases correspondientes a las figuras 15 - 18. Se encuentran detalladas en los anexos 3.7.1:



3.7.2 EL MATERIAL

Las propiedades del material empleado caracterizarán tanto el comportamiento en servicio como el proceso. En el caso de la pieza a diseñar el material a utilizar es un requisito de diseño por lo que no se puede modificar, se trata de un termoplástico semicristalino, HDPE. La principal razón para elegir este material es que Contenur utiliza el HDPE en más de un 90% de sus piezas, además de que cumple con el resto de los requisitos de la pieza. Para una definición en profundidad de las distintas familias de los plásticos consúltese el apartado correspondiente en los anexos 3.7.2.

3.7.3 EL MOLDE

Uno de los principales requisitos en el diseño de piezas de plástico consiste en que las piezas se puedan desmoldear y puedan ser expulsadas del molde. Los moldes están formados en primera aproximación por dos placas, la placa fija y la placa móvil; por lo que el desmoldeo natural es en una única dirección.

La unión de estas placas se denomina **línea de partición**, en realidad una superficie más o menos compleja, que es imprescindible tenerla en cuenta para realizar un buen diseño de pieza.

Hay casos en los que es inevitable tener partes de la pieza que no se pueden desmoldear de forma natural y surgen las **contrasalidas**. Las contrasalidas se consiguen desmoldear gracias a los postizos. Véase anexos 3.7.3.

3.7.4 LA PIEZA

Respecto al diseño de pieza se han de tener en cuenta varios puntos clave para sacar el mayor partido a la inyección.[6]

- Para el diseño de piezas plásticas es fundamental tratar de mantener un espesor uniforme en la pieza, dado que, el espesor influye tanto en la forma de avance del material fundido por la cavidad, como en la forma y duración del enfriamiento de esta, pudiendo originar deformaciones si los espesores son diversos.
- Es preferible no utilizar espesores altos, ya que implica más material y mayor tiempo de ciclo, además de defectos o problemas dimensionales.
- Asimismo, es básico considerar la forma de la pieza, radios de acuerdo, ángulos de desmoldeo, posición respecto a la apertura, etc. Todos estos factores deben ser objeto de análisis desde las primeras fases del diseño.
- Al tratarse de materiales plásticos, las condiciones ambientales, de uso, cargas mecánicas, rigidez, etc. Constituyen en sí mismo un problema complejo, por el comportamiento y propiedades de los polímeros.

3.7.5 BI-INYECCIÓN

La bi-inyección es un proceso derivado de la inyección de plásticos que trata de inyectar simultáneamente dos componentes distintos que proceden de distintos puntos de inyección, cada uno con su unidad de inyección independiente (boquilla, husillo, tolva, ...). [7]

Se ha realizado un estudio más en profundidad acerca de este proceso de inyección, el cual se puede encontrar en los anexos 3.7.5. Este estudio tiene como objetivo final realizar una bi-inyección para la pieza a rediseñar, inyectando el cuerpo principal de HDPE y el rodillo de PA con fibra.

3.8 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Las especificaciones de diseño definen los requisitos, características y funciones que va a desarrollar un producto.

En este proyecto, la mayor parte de las EDP's vienen previamente definidas por el modelo que se ha utilizado de referencia, las cuales han sido modificadas, orientándolas al nuevo diseño. Se citan a continuación:

Funcionalidad

La principal función del subconjunto patín consiste en elevar el contenedor para cumplir los requisitos de normativa UNE EN ISO 12574, la cual estipula que la base del contenedor debe estar elevada para evitar así el estancamiento de suciedad y distintos fluidos.

Como función secundaria, el subconjunto patín permite que el contenedor deslice a la hora de la carga/descarga y a la hora de colocarlo.

Vida útil

Su durabilidad deberá ser pareja a la del contenedor al que irá unido. Se considera desde el punto de vista comercial como orden de magnitud para el conjunto del contenedor una vida útil de **10 años**.

Dimensiones

Existen determinadas cotas de la pieza que vienen predeterminadas por la versión inicial, por lo que no se podrán modificar las posiciones de los alojamientos de los tornillos, ni la altura máxima del patín. La figura 19 recoge un esquema de las cotas más significativas.

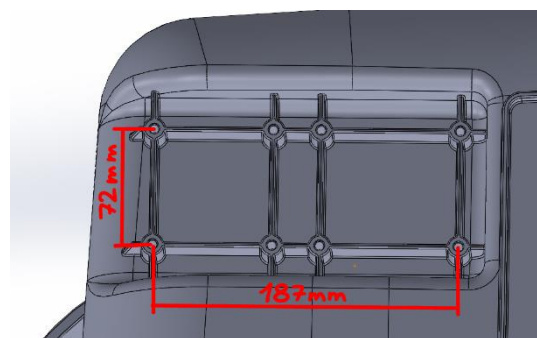


Figura 19. Detalle alojamiento patín en el vaso del contenedor

Material

Es requisito indispensable que el material sea un polietileno de alta densidad debido a que la empresa que se encarga de su diseño y fabricación (Contenur) utiliza el polietileno de alta densidad en más de un 90% de sus piezas.

Medio ambiente

Este proyecto se compromete a cumplir el objetivo 12.5 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.



“12.5. De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.”

Transporte

Es imprescindible que el patín pueda ser apilable, y tratar de optimizar el diseño para poder meter el mayor número de piezas en cada envío.

Normativa

El patín deberá cumplir la normativa UNE EN ISO 12574.



Figura 20. Logo UNE / ISO

Mantenimiento

El patín se diseña para que no necesite mantenimiento, si bien ha de contemplar que en caso de rotura pueda ser fácilmente reemplazable.

Fabricación y montaje

El objetivo de este proyecto consiste en realizar la fabricación en un solo proceso de inyección de plástico, simplificando así los procesos de fabricación y de montaje.

Estética

La estética no es relevante en esta pieza ya que no se va a ser visible. La pieza por rediseñar es un elemento que va a ir apoyado en el suelo por debajo del contenedor, por lo que interesa más que sea una pieza funcional y que se integre con el resto del contenedor.

4. GENERACIÓN DE IDEAS

La segunda fase del proyecto parte de la información obtenida en la Fase 1. En esta fase se ha documentado todo el proceso de generación de ideas, así como los distintos conceptos propuestos y su viabilidad.

Esta fase va a subdividirse en cuatro subapartados:

- Punto de partida.
- Diseño de pieza.
- Ensayos mecánicos.
- Diseño de Proceso.

4.1 PUNTO DE PARTIDA

Como ya se ha comentado anteriormente, este proyecto parte de un diseño previamente existente mostrado en la figura 21, con la premisa de intentar unir todos sus componentes en uno solo de plástico inyectado.

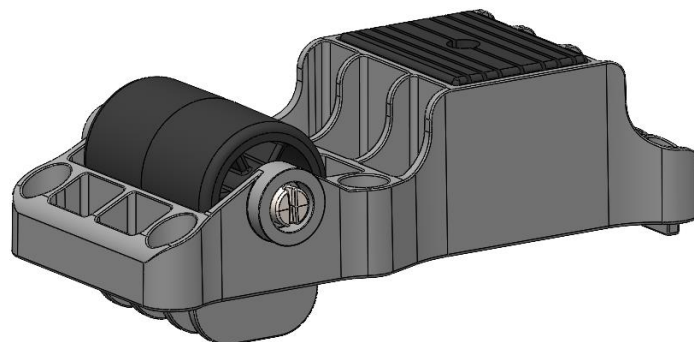


Figura 21. Patín 2ª generación.

Este es el patín que se ha utilizado como referencia para el rediseño. Conocidas las especificaciones de diseño, tanto la forma, las dimensiones y el material del patín son requisitos predefinidos, por lo que este rediseño se centrará en unificar todos sus componentes en una pieza única que pueda ser fabricada en inyección de plásticos, a excepción de la goma.

La razón principal de no incluir la goma en el rediseño consiste en que es una pieza importante para el correcto funcionamiento del contenedor, ya que evita que este se deslice por el suelo impidiendo así movimientos indeseados.

El factor principal que dificulta añadir esta pieza en el rediseño es su actual material, ya que el caucho tiene un mayor coeficiente de rozamiento con el cemento que el HDPE, por lo que, manteniendo esta pieza fuera del conjunto, se asegura un correcto funcionamiento del subconjunto en la calle.

4.2. DISEÑO DE PIEZA

En las primeras versiones se buscó unificar todos los componentes del subconjunto, si bien se observó que no era eficiente convertir todas las piezas por separado en piezas de plástico y unir las, ya que cada pieza individualmente estaba destinada a realizar una función específica, como se ha visto en los estudios anteriores.

La evolución que ha ido teniendo la pieza tras las modificaciones, se han agrupado en las distintas partes del patín y se explican de manera individual, pero es importante destacar que el rediseño ha sido un proceso de evolución continuo y simultáneo.

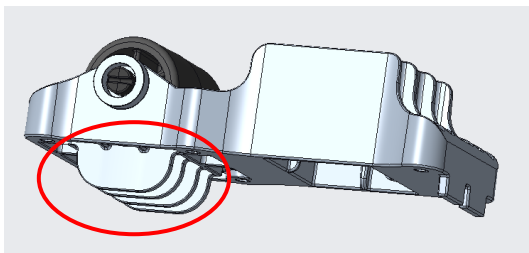


Figura 22. Vista 3D patín 2ª generación

Para poder fabricar el rodillo dentro del conjunto, se debía eliminar la zona de apoyo inferior existente en el modelo anterior, mostrado en la figura 22, ya que sería imposible desmoldear el rodillo por abajo teniendo el apoyo inferior.

Como se puede observar en el corte del patín de 2ª generación correspondiente a la figura 23, al incluir el rodillo, el apoyo inferior impide un desmoldeo hacia abajo.

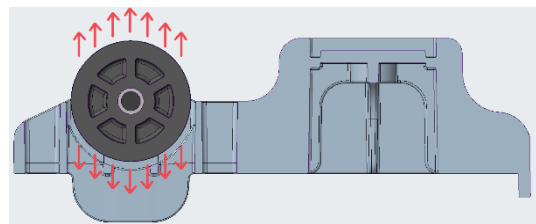


Figura 23. Corte patín 2ª generación desmoldeo

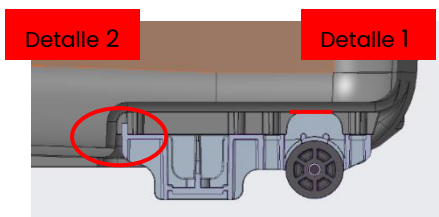


Figura 24. Detalle sección conjunto contenedor y patín 2ª generación

Se analizó la función que tenía el apoyo en el conjunto, simulando el montaje del patín de 2ª generación en el contenedor. Se llegó a la conclusión de que hacía contacto con el contenedor aportando rigidez al conjunto, por lo que al eliminarlo, se va a tener que reforzar la estructura para poder soportar los mismos esfuerzos. La función del Detalle 2 se encuentra detallada en los anexos 4.2.

Al plantear el rediseño en una pieza de plástico, surgieron varias cuestiones a tener en cuenta durante todo el proceso de diseño, como por ejemplo la línea de partición, que fuese posible un desmoldeo y cómo enfocar las contrasalidas para que se pudieran fabricar, etc.

Pero, la principal preocupación, era cómo incorporar en una única pieza inyectada un rodillo que tuviese libertad de movimiento dentro de la pieza.

Se realizaron distintas pruebas para ver cómo conectar el rodillo con el patín, las cuales se han recogido en la siguiente tabla:

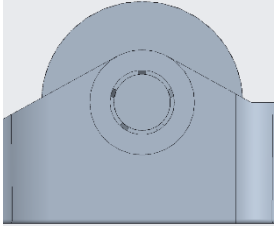
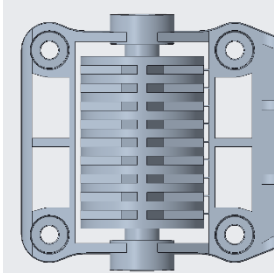
Nombre	Imagen	Descripción
Unión a través del eje		Trata de unir el rodillo y el patín a ambos lados del eje del rodillo, permitiendo un paso más controlado entre el patín y el rodillo.
Unión por el lateral del rodillo		Esta opción consiste en situar las entradas al rodillo en el lateral del mismo, liberando así el eje para facilitar el diseño de los postizos laterales.

Tabla 03. Opciones de diseño de entradas

Entre los diseños propuestos se optó por la unión a través del eje ya que, de cara al llenado en cavidad, permitiría un llenado más controlado, y, de cara al uso, se estimó que daría menos problemas en el momento de la rotura.

De esta forma, el patín y el rodillo quedan unidos formando parte de la misma pieza, pero, cuando se instale el patín y se ponga en funcionamiento, el primer movimiento del contenedor romperá las pequeñas entradas y permitirá el libre movimiento del rodillo.

El funcionamiento de este sistema es similar al funcionamiento de los tapones de rosca de las botellas de plástico. Véase en los anexos 4.2.

A partir de ahí, se realizaron distintas pruebas para determinar el número de entradas y su diámetro, ya que añadir demasiadas entradas dificultaría el diseño de los postizos del molde pudiendo aumentar el coste del mismo, y añadir pocas, podría implicar que la pieza no se llene o que se alcancen presiones muy altas en cavidad. Así mismo, dejar un mayor paso entre las entradas facilitaría el llenado reduciendo presiones en cavidad, pero aumentaría la fuerza necesaria para que se rompiesen. Véase en los anexos 4.2 la tabla recopilatoria con las distintas pruebas realizadas.

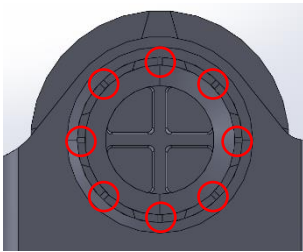


Figura 25. Detalle entradas rodillo

Se diseñaron las entradas con el lado de entrada más estrecho que el lado de salida, para así facilitar el flujo en el llenado y la rotura de las mismas durante el primer uso del contenedor. Mostradas en la figura 26.

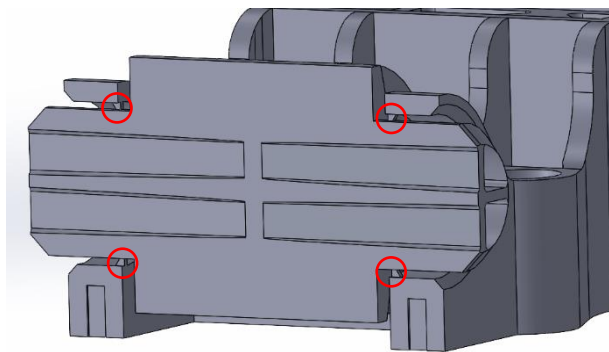


Figura 26. Corte rodillo vista entradas

El tronillo/tuerca se unificó con el rodillo para simplificar el conjunto y se realizaron distintas pruebas para conseguir un rodillo que se pudiese fabricar a través de un molde de inyección. (se pueden encontrar en los anexos 4.2.) Los elementos por comparar fueron el número de discos del rodillo, su espesor y la forma de este.

Tras analizar las distintas versiones se eligió la versión 04 correspondiente a la figura 27, ya que mantenía un espesor constante a lo largo de sus discos, condición que favorecerá en la inyección. Tras esto se buscó rigidizar el rodillo a través de nervios entre los discos, de los cuales se plantearon distintas opciones.

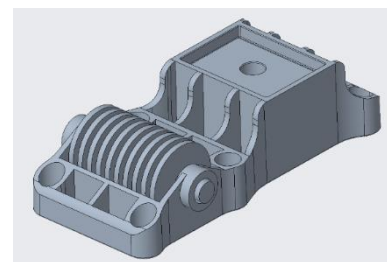


Figura 27. Patín versión 04

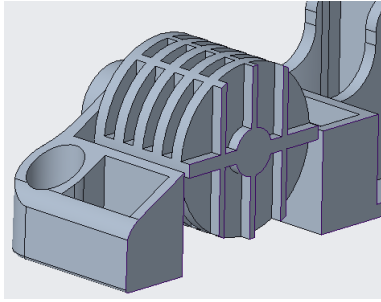


Figura 28. Detalle sección rodillo versión 09

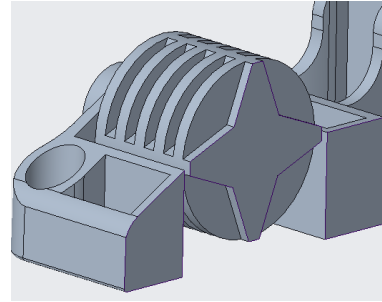


Figura 29. Detalle sección rodillo versión 10

La versión 10, en forma de “estrella”, era la opción que mejor se ajustaba a las necesidades de la pieza, ya que, los radios del rodillo funcionarían a los esfuerzos de manera más uniforme en comparación con la versión 9, correspondiente con la figura 28. Otro punto favorable en el diseño de la figura 29, era que su diseño facilitaba el desmoldeo de la pieza sin necesidad de añadir ángulos de desmoldeo, ya que, la propia estructura del patín incluía estos ángulos.

También se buscó el ensanchar el eje y vaciarlo, por lo que los radios en “estrella” siguieron siendo la opción más favorable.

Otro punto a tener en cuenta consistía en el eje del rodillo, para ello se realizaron distintas propuestas con la intención de ensancharlo y que soportase los esfuerzos a flexión a los que iba a estar sometido.

Para los análisis resistentes se aplicó una fuerza estimada de **3.000 N**, en dirección vertical y sentido descendente en el medio del rodillo (simulando el efecto del contacto con el suelo) y restringiendo los movimientos de los alojamientos de los tornillos. Este análisis se encuentra en los anexos 4.2.

En las figuras 30 y 31 se pueden encontrar distintas versiones del interior del eje que se plantearon.

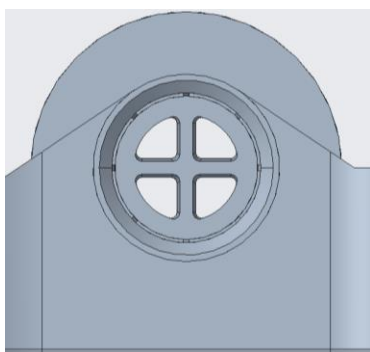


Figura 30. Versión "en cruz"

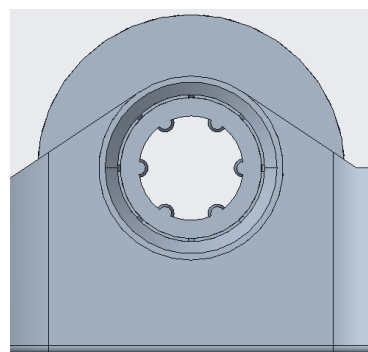


Figura 31. Versión "costillas"

Como se puede observar en la figura 32, la zona donde se acumulan las tensiones sería la zona de unión entre rodillo y patín. Respecto al rodillo se observa una acumulación de tensiones en los puntos donde se encuentran las uniones para la inyección. Estos puntos se pueden ignorar ya que los mismos romperán en el primer uso del contenedor.

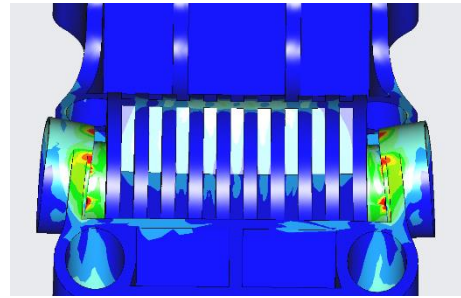


Figura 32. Vista detalle rodillo tensiones Von Mises versión 18

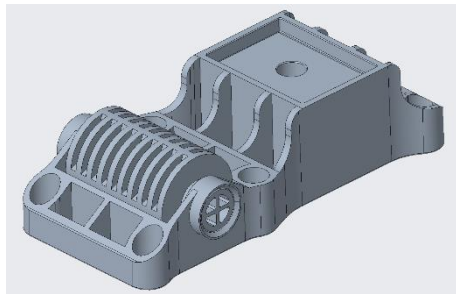


Figura 33. Versión 18 patín

Se ha escogido la versión 18 (figura 33) o "en cruz" debido a que, aunque el patín trabaje a flexión, es una pieza que recibe muchos impactos en la descarga del contenedor, por lo que esos nervios en cruz ayudarán a soportar mejor esos impactos.

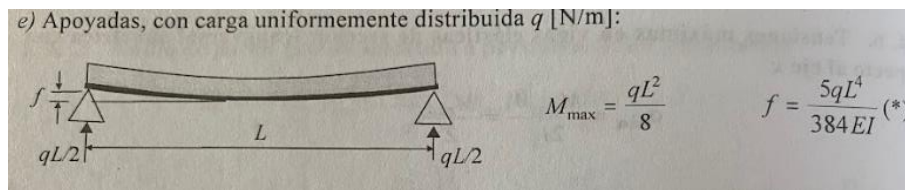


Figura 34. Esquema esfuerzos flexión [8]

Como se observa en la figura 34, una reducción en la longitud entre los puntos de apoyo reducirá significativamente el valor del momento, por lo que, otro de los puntos clave en el rediseño del patín, fue buscar el acortamiento del eje del rodillo a fin de reducir los esfuerzos de flexión a los que estará sometido. También se buscó aumentar la superficie de contacto entre el eje del rodillo y los alojamientos del patín.

En el patín de 2ª generación (figura 35), la distancia entre alojamientos del rodillo es de **81 mm**, y los alojamientos de este son de **4 mm**. Se ha buscado reducir la distancia entre alojamientos y aumentar la superficie de contacto de estos, reduciendo así la flexión del eje del rodillo y aumentando la superficie de apoyo para distribuir mejor las tensiones.

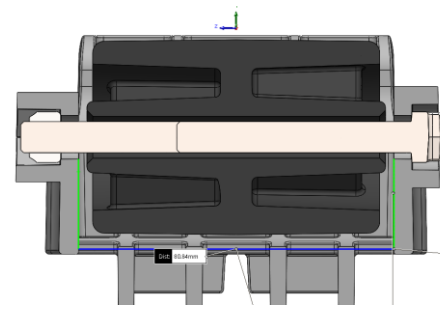


Figura 35. Corte detalle rodillo patín 2ª generación

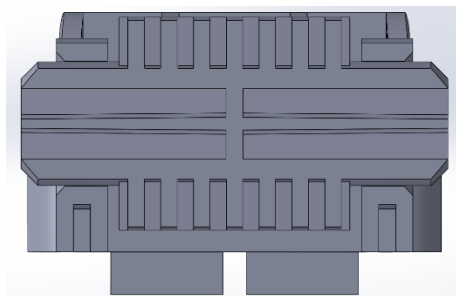


Figura 36. Corte ¼ detalle rodillo rediseño final

Para lograr esta reducción, al diseño final (figura 36) se le han eliminado tres discos reduciendo el tamaño del rodillo. Las dimensiones finales entre los alojamientos del rodillo son de **60 mm**, y los alojamientos de **12 mm**.

Así, la distancia entre alojamientos se ha reducido alrededor de un **25%** y la superficie de contacto ha aumentado en un **25%**.

Por último, al aumentar la superficie de contacto en los alojamientos del patín, se rediseñaron estos alojamientos para rigidizarlos y que pudiesen soportar mejor los esfuerzos de compresión que ejerce el eje del rodillo. Se ensanchó el diámetro del alojamiento debido al aumento del diámetro del eje y se eliminó el saliente donde en el patín de 2ª generación tenía el alojamiento de la tuerca, ya que se ha eliminado esa pieza del subconjunto.

Al aumentar la superficie de apoyo entre los alojamientos y el eje, se ensanchó la zona de los alojamientos, y para reducir material, se dividió el alojamiento en dos paredes unidas a través de un nervio inferior.

Se puede observar una vista en detalle del diseño final de los alojamientos en la figura 37.

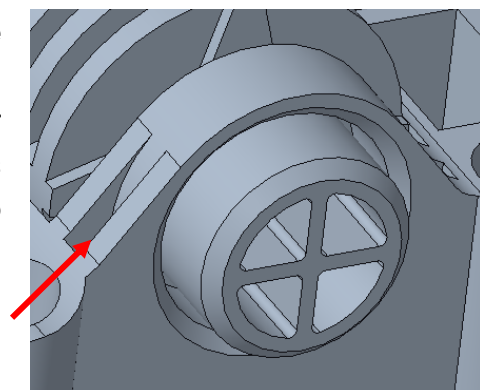


Figura 37. Vista en detalle alojamientos del rodillo versión final

4.3. ENSAYOS MECÁNICOS

Antes de realizar los ensayos mecánicos en las distintas versiones, es necesario analizar a qué tipo de esfuerzos va a estar sometida la pieza y qué fuerzas son las que le llegan al rodillo. Para trabajar del lado de la seguridad, se ha buscado el caso más desfavorable y se trabajará con un factor de seguridad de 2.

Primero de todo se debe tener en cuenta que el patín va incluido en distintos tamaños de contenedores, y con distintos tipos de residuos. Dentro de los tamaños de contenedores, se pueden diferenciar en dos grandes grupos:

- **Contenedores pequeños:** Que abarcan desde los 2.000 L a los 2.400 L.
- **Contenedores grandes:** Que abarcan desde los 3.000 L a los 3.200 L.

Entre las distintas tipologías de residuos, se ha de tener en cuenta que no todos ellos tienen la misma densidad:

- **Envases:** 0,15 kg/dm³
- **Orgánica:** 0,25 kg/dm³
- **Cartón:** 0,4 kg/dm³

Entre las distintas opciones, el caso más desfavorable será un contenedor con capacidad de **3.200 L** y residuos de cartón, con una densidad de **0,4 kg/dm³**.

La fuerza resultante se calcula obteniendo el peso del contenedor a través de la densidad del residuo y el volumen del contenedor, y multiplicando ese valor resultante por la fuerza de la gravedad (se ha aproximado la fuerza de la gravedad a 10 m/s² para simplificar los cálculos).

$$3.200 \text{ L} = 3.200 \text{ dm}^3 \times 0,4 \text{ kg/dm}^3 = 1.280 \text{ Kg} = 12.800 \text{ N}$$

$$F \text{ total} = 12.800 \text{ N}$$

La fuerza calculada corresponde a la fuerza total que ejerce el contenedor lleno de residuos, al que se aplicará un **factor de seguridad** de **2** para asegurarse de que se trabaja del lado de la seguridad.

$$F = F \text{ total} \times FdS = 12.800 \text{ N} \times 2 = 25.600 \text{ N}$$

4.3.1 ENSAYO RESISTENTE DURANTE EL REPOSO

El primer ensayo consiste en mantener el contenedor de pie .(figura 38)

El patín trabaja a compresión entre el contenedor y el suelo, y la zona en contacto con el suelo estará exclusivamente en la zona de la goma. Este estudio se realizará con las fuerzas calculadas anteriormente. Para ver el estudio completo véase anexos 4.3.1.

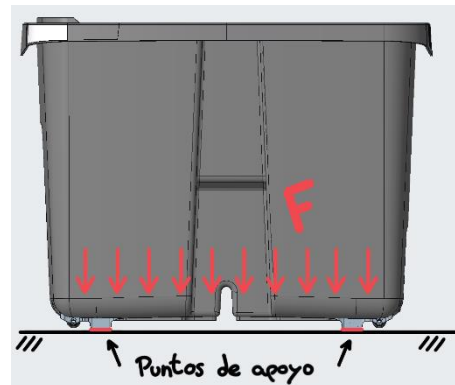


Figura 38. Esquema fuerzas en el contenedor en reposo

Para poder realizar este ensayo se debe calcular la fuerza que va a llegarle a cada uno de los 4 patines instalados en cada contenedor y para ello se ha dividido la fuerza total del contenedor entre 4:

$$F_{\text{Patín}} = 25.600 \text{ N} / 4 = 6.400 \text{ N}$$

$$F_{\text{Patín}} = 6.400 \text{ N}$$

Una vez conocida la fuerza a aplicar, se procedió a realizar la simulación. Se añadió una fuerza en dirección vertical y sentido hacia abajo de **6.400 N**, se restringieron los movimiento y rotaciones de la base ya que irá solidaria al contenedor, y de los asientos de los tornillos. Se añadió el HDPE como material y se realizó el ensayo. El modelo utilizado para este ensayo corresponde con la figura 39.

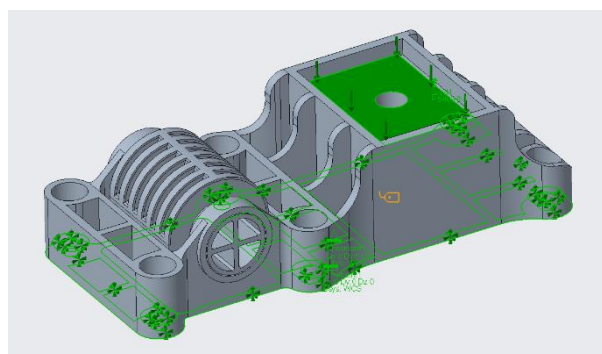


Figura 39. Cargas y sujeciones aplicadas al patín 23

Se observó que, bajo las hipótesis planteadas las tensiones aplicadas no superan los valores de tensión admisible planteados (30MPa). Las tensiones más altas se encuentran en la zona del alojamiento de la goma, alcanzando unos valores alrededor de los **20MPa**.

Tras este primer ensayo, se planteó realizar una reducción de material en las zonas donde se observó que el patín no recibía esfuerzos y en la zona del alojamiento de la goma.

Una vez realizados los cambios, se volvió a realizar el mismo ensayo para comprobar la viabilidad de la nueva versión mostrados en las figuras 40 y 41:

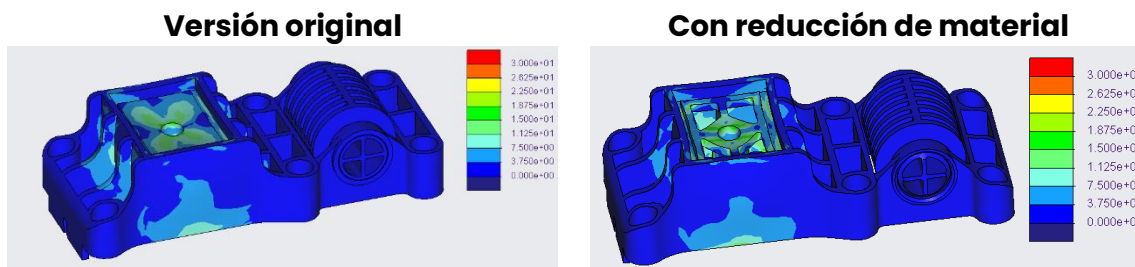


Figura 40. Tensiones de Von Misses patín 23.

Figura 41. Tensiones de Von Misses patín 24

Se puede observar que las tensiones se han redistribuido, pero se sigue sin alcanzar valores próximos a la tensión admisible planteada. En este caso, los valores de tensión máximos siguen siendo del orden de **20 MPa**, así que las mejoras propuestas soportarán los esfuerzos de compresión planteados.

4.3.2 ENSAYO RESISTENTE DURANTE LA DESCARGA

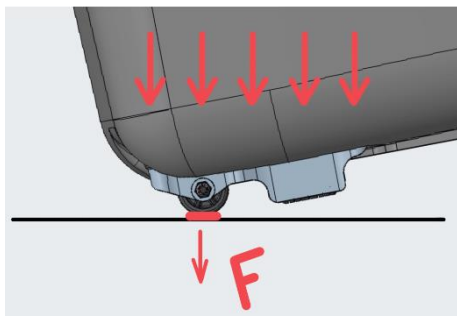


Figura 42. Detalle zona de contacto en la rodadura del Contenedor.

El segundo ensayo, consiste en el momento de la descarga cuando el camión devuelve al suelo el contenedor después de la descarga mostrado en la figura 42.

En este caso, son los rodillos laterales los que entran en contacto con el suelo primero y los que reciben el impacto del peso del contenedor. En este caso, el patín trabajará a flexión.

Para realizar este ensayo se ha decidido realizar un estudio comparativo entre el patín de 2ª Generación y el rediseño planteado. Teniendo en cuenta que, en este ensayo, es difícil calcular la fuerza exacta con la que impacta el rodillo en el suelo ya que el contenedor sigue sujeto por los brazos del camión, se ha escogido la carga con relación al estudio planteado en el patín de 2ª generación.

Este estudio se encuentra en los anexos 4.3.2. A continuación se muestra una tabla con los datos más importantes:

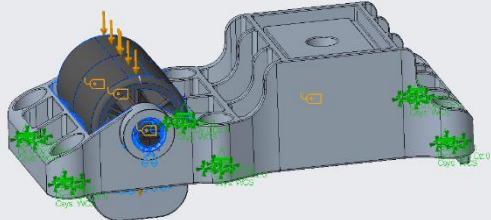
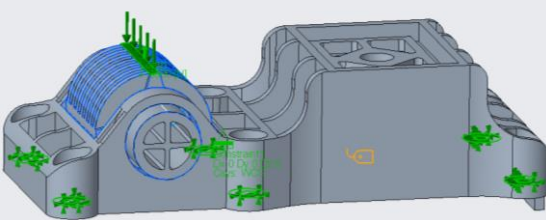
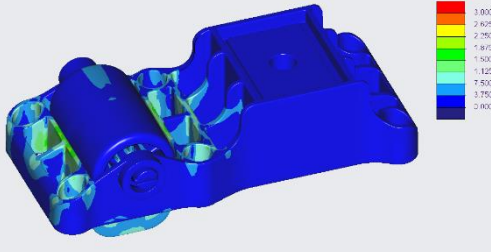
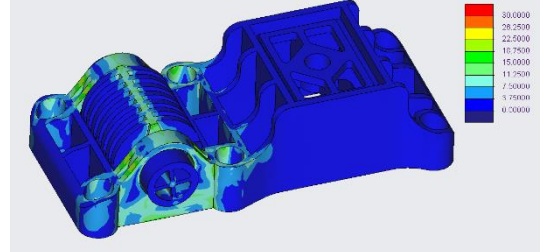
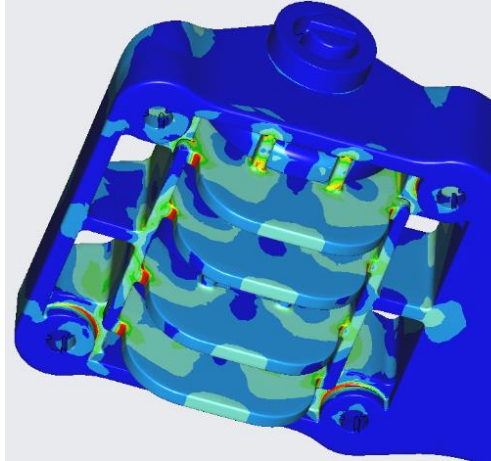
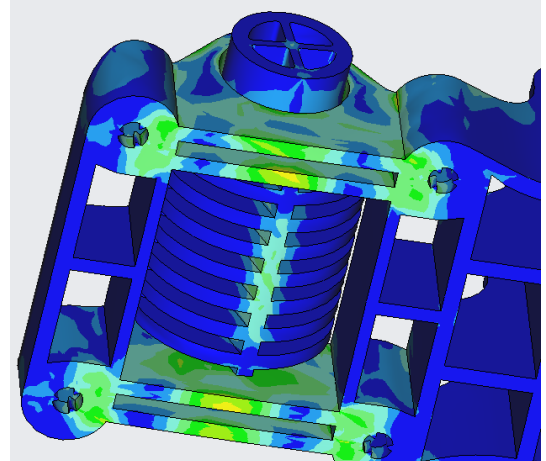
Patín 2ª generación	Patín 3ª generación
Cargas y sujeciones	
Se han restringido los desplazamientos de los alojamientos de los tornillos, y se ha aplicado una fuerza vertical en dirección hacia debajo de 3.500 N .	
	
Tensiones de Von Mises	
	
Detalle vista inferior tensiones	
	
<p>Se puede observar que el conjunto no alcanza la tensión admisible. Se observa que hay determinados puntos en los que las tensiones superan la tensión admisible planteada. Sin embargo, en el caso real los esfuerzos se repartirían con el contenedor por lo que no son preocupantes.</p>	<p>La zona más afectada corresponde con la zona inferior de los alojamientos del rodillo, pero como se pueden observar en ambas vistas de detalle, las tensiones no superan la tensión que se considera admisible del material.</p>

Tabla 04. Resumen ensayo resistente durante la descarga

Aunque la pieza soporte los esfuerzos de tensión, esto es un ensayo aproximado en el que se está suponiendo que el material tiene un módulo de elasticidad constante. Para más información véase anexos 4.3.2.

Una vez concluido en los ensayos que las tensiones no superan la tensión admisible planteada, se ha de insistir en que este proyecto trata de plantear una posible nueva versión del patín de 2ª generación, siendo solo una primera aproximación del estudio, dado que no se están teniendo en cuenta todas las variables, las cuales deberán desarrollarse en las posteriores fases del proyecto. En futuros ensayos se deberían efectuar modelos prototipo para testarlos.

4.4 DISEÑO DE PROCESOS

A la hora de plantear el llenado de la pieza, se han realizado distintas pruebas para encontrar una solución viable y económica.

Antes de realizar las simulaciones de llenado, hay que tener en cuenta el diseño de la pieza. El principal problema de esta pieza de plástico es la unión entre el rodillo y el patín, por lo que se va a hacer especial énfasis en el comportamiento de estas.

Se ha realizado un análisis comparativo de tres casos distintos:

4.4.1 Llenado por una entrada

4.4.1.1 Desde el rodillo

4.4.1.2 Desde el lateral

4.4.1.3 Desde el centro

4.4.2 Llenado por dos entradas

4.4.2.1 Rodillo y centro

4.4.2.2 Rodillo y lateral

4.4.3 Estudio bi-material

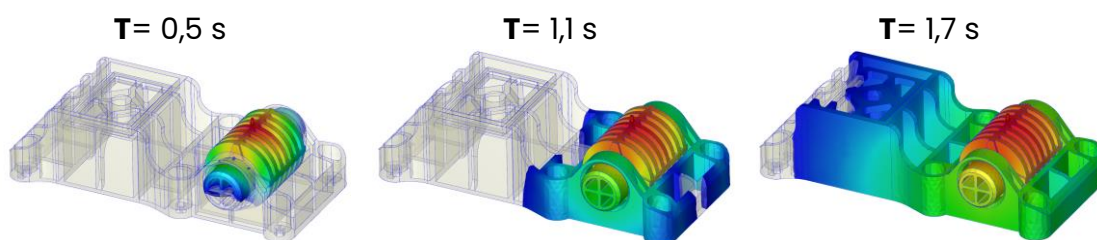
A continuación, se muestra un análisis simplificado de cada uno de los casos estudiados. Para ver cada uno en profundidad véase anexos 4.4.

4.4.1 LLENADO POR UNA ENTRADA.

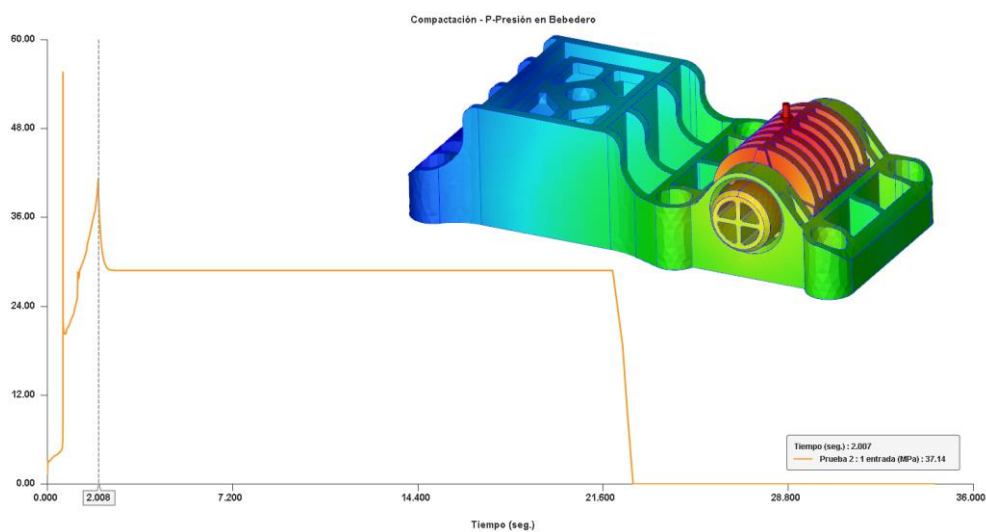
Se han planteado distintos puntos de inyección, todos con un tiempo de llenado de **2 s**, y un tiempo de compactación de **20 s**. La temperatura del fundido se encuentra a **245°C**, y se compactará a un **70%** de la presión máxima de llenado.

4.4.1.1 Desde el rodillo

Para este caso se ha realizado un llenado con entrada directa al rodillo. A continuación, se muestra el llenado de la cavidad durante distintos instantes de tiempo:



Presión en bebedero

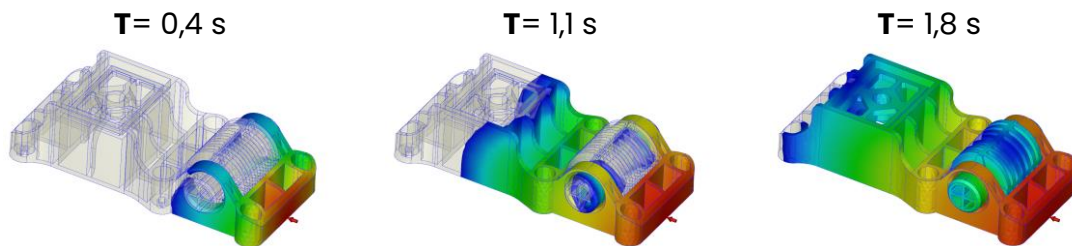


Respecto a este caso se observa un valor máximo de presión de **50MPa** en el instante donde el material llena el rodillo y comienza a avanzar a través de las entradas al resto de la pieza. El principal inconveniente de este caso es que, al hacer que el material pase por unas entradas tan pequeñas durante un tiempo considerable, es posible que se degrade por tensión de cizalladura.

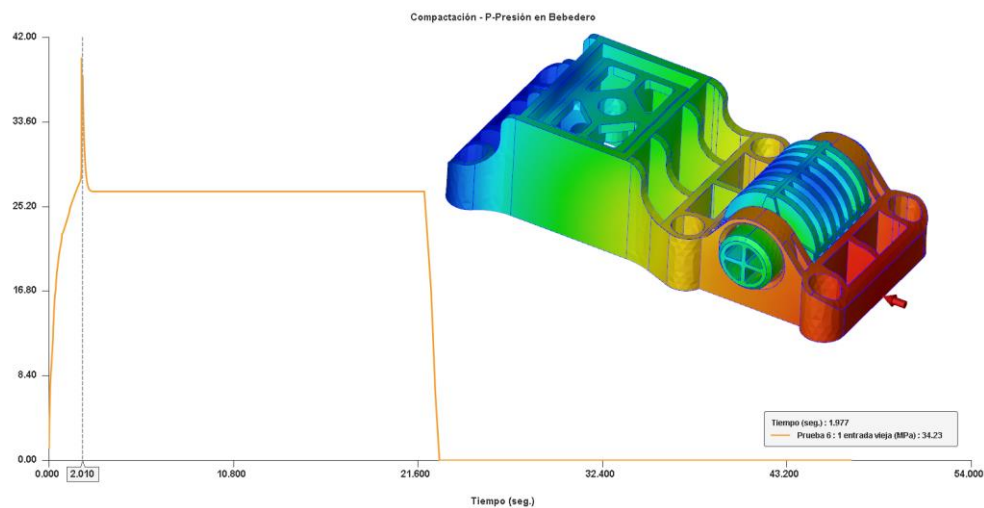
Véase en anexos 4.4.1.1.

4.4.1.2 Desde el lateral

Para el caso siguiente se ha realizado un llenado desde el lateral cercano al rodillo, punto del cuál se inyecta el patín de 2ª generación.



Presión en bebedero



En este caso en el llenado se observa cómo se genera una duda de flujo cuando llega el material a los alojamientos del rodillo y, en vez de llenar el rodillo, sigue avanzando por el resto del patín. Esto se produce debido a la diferencia entre espesores de las entradas y el resto del patín.

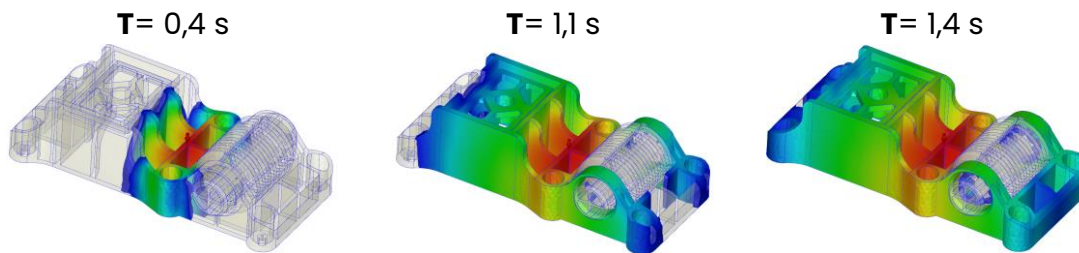
Respecto a la presión en el bebedero se alcanza una máxima de **40 MPa**.

En este caso la tensión de cizalladura es menor debido a que el material va entrando poco a poco en el rodillo, pero esto genera que se enfríen antes el paso de las boquillas y que la compactación deje de ser efectiva en el patín alrededor de los **10 s**. (Véase anexos 4.4.1.2.)

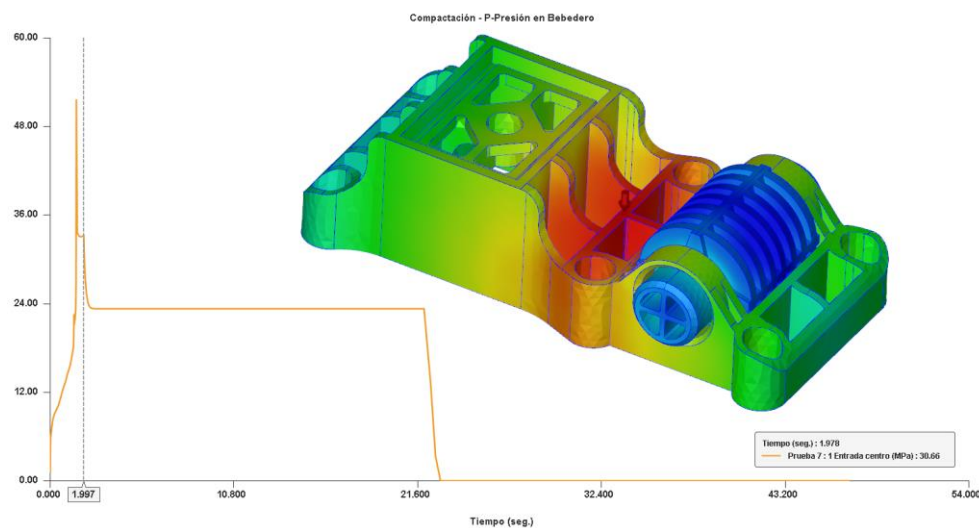
.

4.4.1.3 Desde el centro

Se ha realizado un tercer estudio con una entrada situando el punto de inyección con entrada directa al centro de la pieza.



Presión en bebedero



En la secuencia de llenado se puede observar que, llenando desde el centro primero se llena el patín entero y después comienza a llenarse el rodillo, lo que no es nada recomendable ya que, se está desbalanceando el molde y, cuando el material llega al rodillo se vuelve a disparar esa tensión de cizalladura.

Al ser el rodillo la última parte en llenarse será difícil poder compactar el rodillo, teniendo en cuenta que las entradas alcanzarán la temperatura de consolidación en el segundo 11 y en este caso tan apenas se podrá compactar el rodillo.

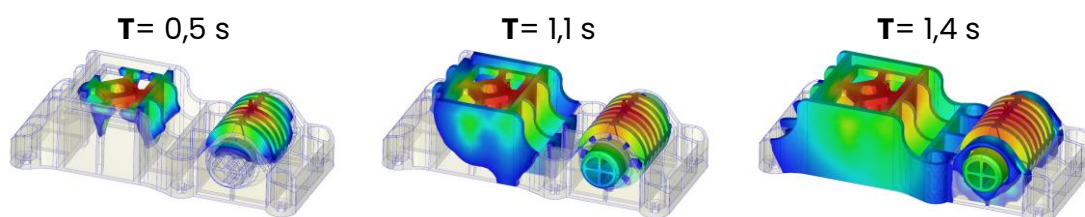
Este es el peor punto de entrada con las condiciones seleccionadas. Para más información véase anexos 4.4.1.3.

4.4.2 LLENADO POR DOS ENTRADAS.

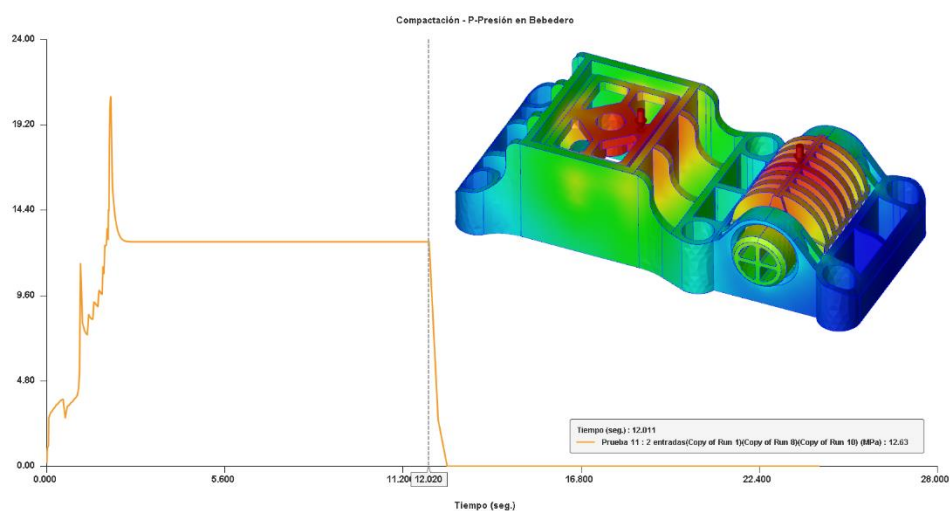
Para estos casos, se ha añadido a la entrada del rodillo una segunda entrada en distintas posiciones, similares a los casos de llenado por una entrada. Para ambos casos las condiciones de proceso son las mismas que en los estudios anteriores, a fin de poder comparar los distintos puntos de llenado en las mismas condiciones.

4.4.2.1 Desde el rodillo y el centro

En este estudio se han establecido dos puntos de llenado, uno desde el rodillo y el segundo desde la zona del alojamiento de la goma.



Presión en bebedero

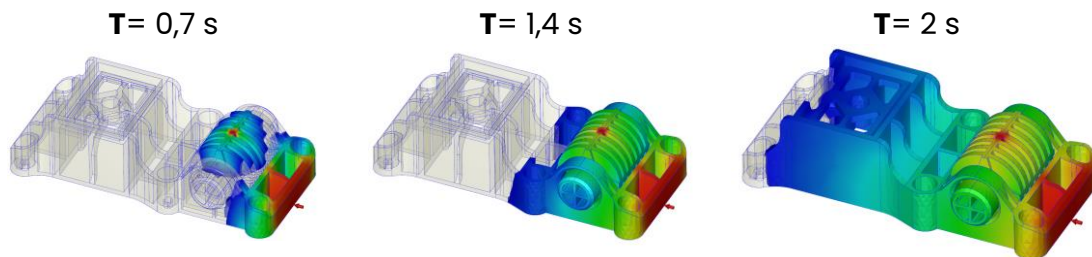


En la gráfica de presión se observa un pico en el instante **1 s**, que corresponde con el momento en el que el rodillo está completamente lleno y el plástico debe avanzar por los pequeños pasos al resto de la pieza. La máxima presión que se alcanza ronda los **20 MPa**.

Al tener dos entradas de material, es importante analizar el momento donde se juntan ambos frentes de flujo, ya que serán zonas débiles de la pieza. (véase en anexos 4.4.2.)

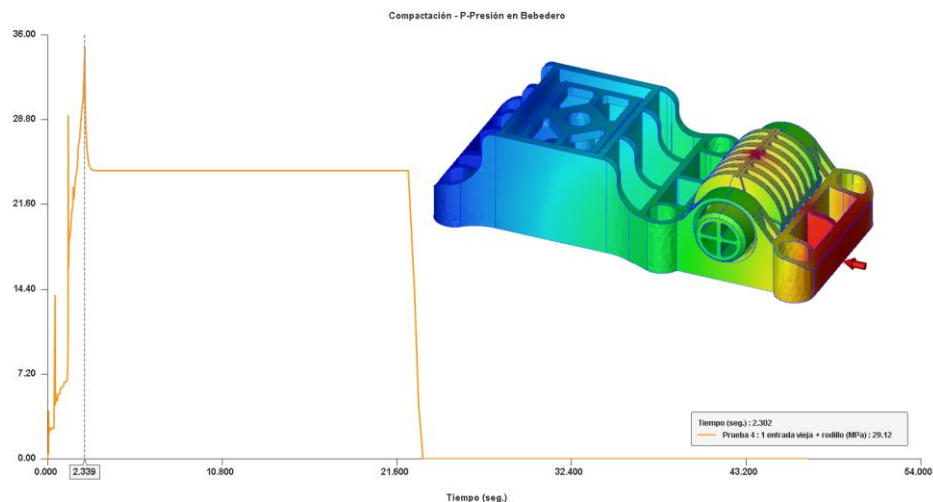
4.4.2.2 Desde el rodillo y el lateral

En este estudio se han establecido dos puntos de llenado, uno desde el rodillo y el segundo desde el lateral, zona donde se inyecta el patín de 2ª generación



En este caso cabe destacar que la cavidad no ha sido capaz de llenarse en los 2 segundos establecidos, sino que el tiempo final de llenado lo alcanza en el instante **2,3 s**.

Presión en bebedero



Igualmente, se observa un aumento de presión debido al paso de las entradas por el rodillo, y también se observa que no es capaz de llenar la cavidad en 2 segundos y se vuelve a disparar la presión para poder terminar el llenado. Aquí la presión máxima de llenado se acerca a los **35Mpa**.

No hay problemas de líneas de soldadura entre ambos frentes de flujo, ya que, cuando se llena el rodillo, el otro frente de flujo ya ha pasado las entradas.

Esta opción se descartó por la irregularidad en el llenado y por la dificultad de llenar la pieza. Cabe destacar que el rodillo se sobrecompactaría y sería difícil compactar el final del patín.

4.4.3 BI-INYECCIÓN

Para este ensayo, se han definido dos cavidades distintas en el mismo molde:

RODILLO

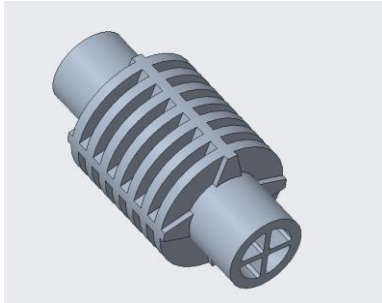


Figura 43. Cavidad 1 rodillo

PATÍN

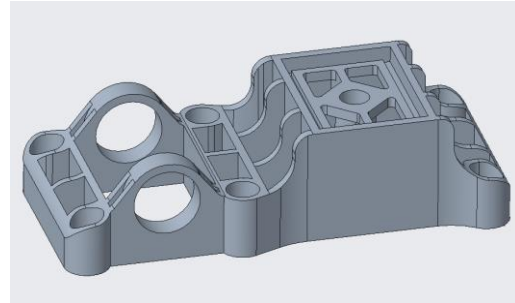
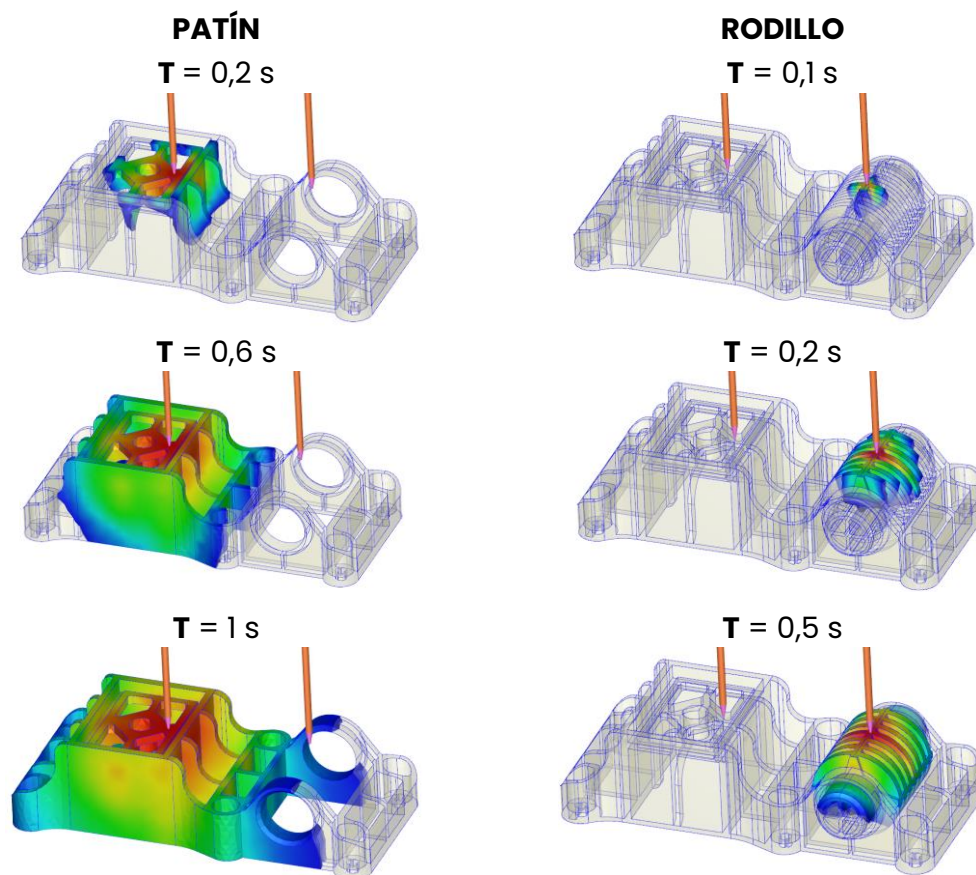


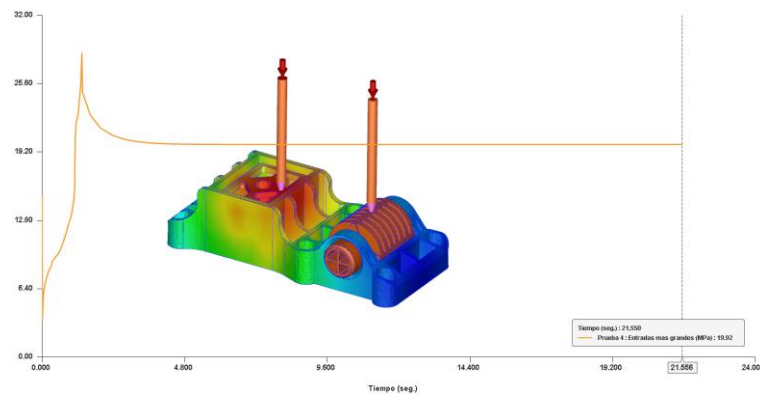
Figura 44. Cavidad 2 patín

Se han eliminado las entradas laterales entre el rodillo y el patín a fin de poder inyectar a través de un proceso de bi-inyección. Se ha establecido el material del rodillo con un **PA66** [Poliamida 66]. Las condiciones de llenado se encuentran en los anexos 4.4.3.

A continuación, se muestra la secuencia de llenado.



Presión en bebedero



Se puede observar que la presión máxima que se alcanza se encuentra en los **30MPa**.

En el caso de la bi-inyección se quiso comparar la deformación respecto a un caso de inyección convencional, ya que, se está utilizando un segundo material con un 40% de fibra de vidrio el cuál va a generar una diferencia de contracción.

En el caso del material con fibra, la contracción va a ser mucho menor. Por ejemplo: La poliamida con 40% de fibra tiene una contracción entre el 0,2 y 0,7%, según la orientación de la fibra, sin embargo, el Polietileno de alta densidad tiene una contracción alrededor del 2,6%.

Se ha escalado la deformación para poder observar las consecuencias de la diferencia de contracción:

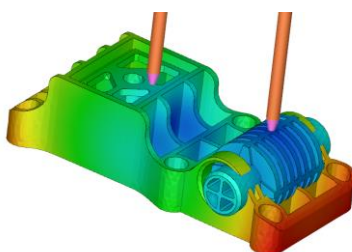


Figura 45. Deformación total escalada

Se observa en la figura 45, que como son cavidades distintas cabe la posibilidad de que el HDPE contraiga lo suficiente como para impedir que se pueda abrir la cavidad del rodillo impidiendo así el desmoldeo de la pieza.

En resumen, este proceso podría ser viable, pero se ha decidido descartarlo debido a los requisitos de maquinaria requeridos y a las posibles dificultades con la contracción de los materiales, además de la complejidad del molde.

5 PROPUESTA FINAL

Una vez realizados los estudios planteados, y obtenidas las conclusiones pertinentes, se ha planteado la propuesta final. Cabe recalcar que esta propuesta final está lejos de ser un producto real puesto que se trata del resultado del trabajo de fin de grado que trata del rediseño y análisis de factibilidad, pero desde las herramientas y conocimientos de un alumno de ingeniería.

Como se ha ido comentando a lo largo del proyecto, se han simplificado los ensayos, ya que, lo que se buscaba en este proyecto consistía en realizar una primera aproximación a la idea planteada de inyectar el subconjunto en un único molde de inyección de plástico.

5.1 DISEÑO FINAL

El rediseño final (figura 46) procede de una sucesión de cambios y evolución constante de la mano del rediseño de la pieza, su viabilidad mecánica y su factibilidad a la hora de la fabricación. Se han mantenido las cotas críticas para su correcto funcionamiento, así como se ha respetado el apilado del producto.



Figura 46. Renders propuesta final

Conociendo las condiciones de llenado y de diseño de proceso, se ha realizado un pequeño estudio adicional para plantear la viabilidad en un molde de inyección de una única cavidad.

5.2 PROPUESTA DE MOLDE

En este apartado se ha realizado un primer acercamiento a grandes dimensiones de cómo plantear el diseño del molde.

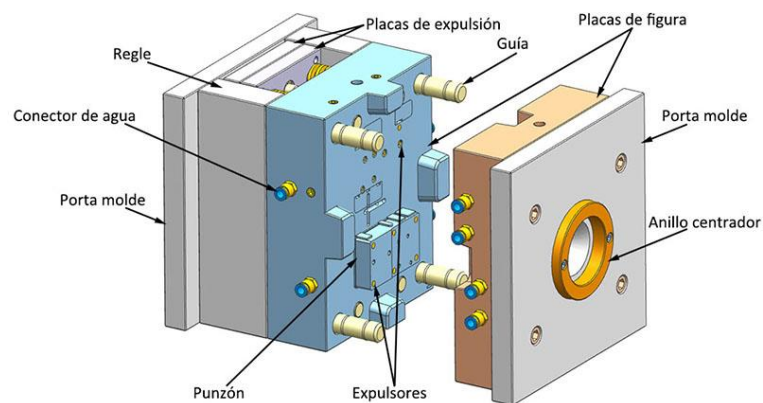


Figura 47. Esquema general molde inyección

A la hora de plantear el diseño del molde, se deben tener en cuenta varios factores que influirán en la fabricación.

Una vez decidida la línea de partición, un punto fundamental a la hora de plantear el diseño de un molde es si necesita contrasalidas, ya que estas limitarán en la medida de lo posible la posición de la pieza en el molde. Sobre todo, es un punto importante a tener en cuenta si se quieren meter más de una cavidad en un mismo molde.

Otro punto importante por destacar en el diseño de moldes es el número de piezas a fabricar. En este caso en cada contenedor van alojados **4 patines**, por lo que el número de piezas a fabricar será el número de contenedores X4, de lo contrario se crearía un desajuste.

En primera instancia se podría pensar que si se necesitan 4 patines por contenedor lo lógico sería realizar un molde con 4 cavidades, pero esto no es del todo cierto ya que hay muchos más factores en juego, como puede ser que durante el tiempo de ciclo en inyectar un contenedor puedes realizar varias inyecciones de los patines.

5.2.1 MOLDE UNA CAVIDAD

Se va a plantear un diseño de molde para la propuesta final de este proyecto. En este apartado se analizarán los elementos necesarios dentro del molde.

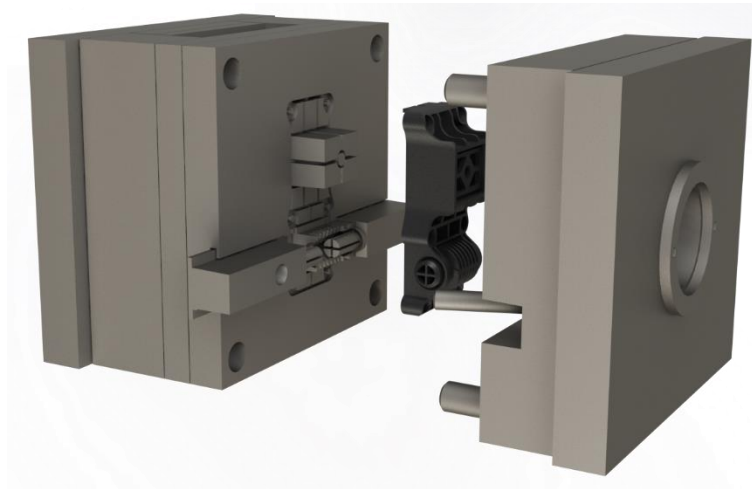


Figura 48. Render Placas propuesta final

El primer paso consiste en plantear la línea de partición del molde y las contrasalidas.

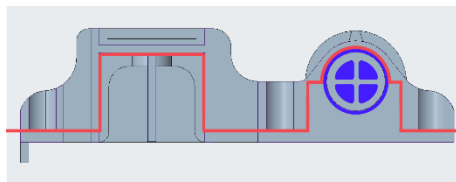


Figura 49. Línea de partición y contrasalidas

La línea roja de la figura 49 marca la línea de partición establecida, mientras que las zonas azules corresponden con las contrasalidas de la pieza.

Las contrasalidas se han pensado para resolverse por medio de correderas.

El sistema de corredera convierte el movimiento de apertura del molde en un movimiento perpendicular a este para realizar el desmoldeo antes de la expulsión de la pieza.

En este caso la corredera deberá recorrer una distancia considerable, por lo que también se plantea la posibilidad de incluir un sistema de noyos hidráulicos, que ocuparán menos espacio en el molde.

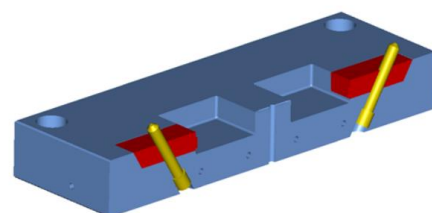


Figura 50. Ejemplo sistema corredera molde

Una vez planteado cómo va a desmoldear la pieza, es importante destacar los distintos elementos que compondrán el molde.

Se ha planteado el diseño de molde con una cámara caliente con dos entradas a pieza (figura 51), una de ellas al rodillo y la otra al alojamiento de la goma.

La cámara caliente estará conectada al bebedero y al aro de centrado, punto donde se introducirá el material en el molde.

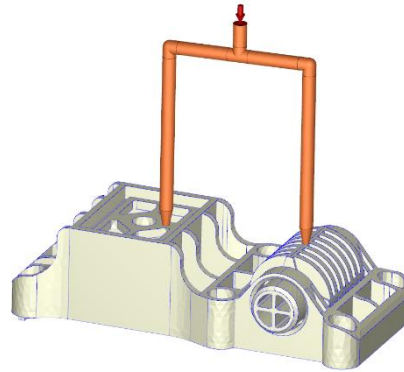


Figura 51. Cámara caliente propuesta final

Tras las distintas pruebas de llenado se ha considerado que la opción que a simple vista parece que menos problemas dará es la de eliminar las entradas e inyectar el patín con dos cavidades cada una con su cámara caliente. No obstante, este proyecto no tiene la finalidad de encontrar la mejor opción, sino de plantear su viabilidad.

Adicionalmente también se ha de contar con un sistema de expulsión directa en el que el recorrido del puente de expulsión debe ser igual o mayor a la profundidad de la pieza.

De cara a la refrigeración es necesario tener una serie de canales de refrigeración a lo largo del macho y de la hembra para intentar homogeneizar la temperatura del molde.

A continuación, se enumeran las principales partes del molde simplificado [9]:

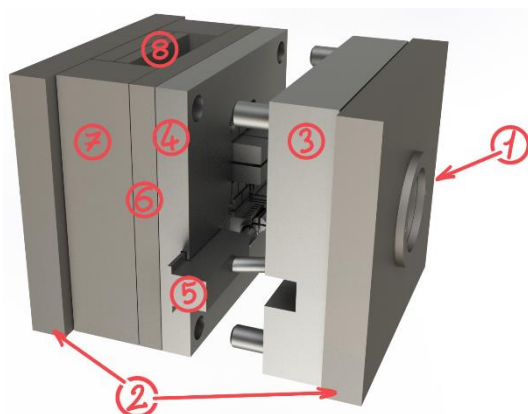


Figura 52. Partes molde

1. Aro de centrado
2. Placas de fijación
3. Placas alojamiento cavidad
4. Placa alojamiento cavidad
5. Corredera
6. Placa intermedia
7. Regletas
8. Conjunto placas expulsoras

Las medidas aproximadas para este molde se recogen en el siguiente esquema:

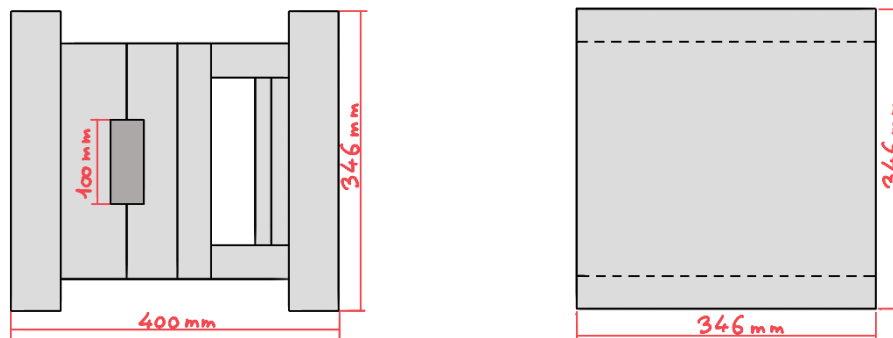


Figura 53. Esquema cotas aproximadas molde

Contando con las placas de amarre, el molde tendría un tamaño aproximado de **350mm x 350mm x 400mm**.

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este apartado final del proyecto se van a enumerar las conclusiones obtenidas de este Trabajo de Fin de Grado, en el que se ha realizado el rediseño y análisis de factibilidad del subconjunto de apoyo (patín) para un contenedor de carga lateral de residuos.

Cabe destacar que este proyecto tenía el objetivo principal de realizar un primer análisis de factibilidad, se es consciente de que con los datos recogidos no se puede afirmar la factibilidad del proyecto, ya que se han realizado distintas aproximaciones para simplificar los datos. Este primer estudio abrirá nuevas vías de desarrollo que se comentarán en los siguientes apartados.

A continuación, se muestra el punto de partida y uno de los prototipos finales:

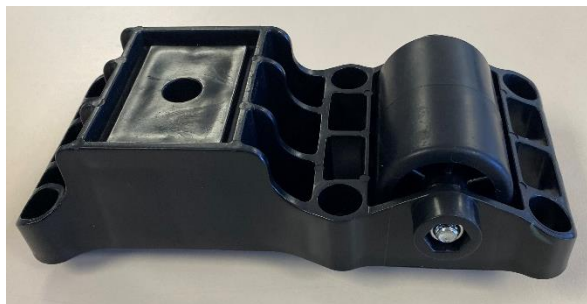


Figura 54. Patín 2ª generación

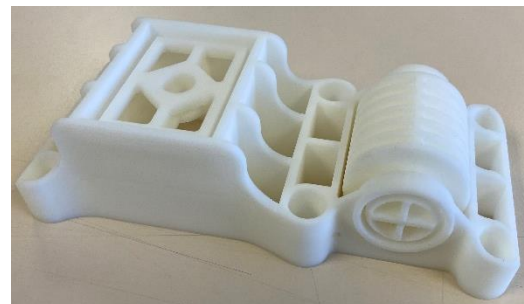


Figura 55. Prototipo patín 3ª generación

6.1 CONCLUSIONES GENERALES

Como conclusión general se puede decir que se ha logrado alcanzar los objetivos de desarrollo planteados en los primeros apartados del proyecto.

Se ha logrado unificar todas las partes del subconjunto de apoyo, reduciendo considerablemente el impacto medioambiental a la hora del reciclado y de la reducción en la producción.

El rodillo, ahora diseñado en forma de discos consecutivos debido a requisitos del molde, ha perdido funcionalidad, pero teniendo en cuenta que rodar no es la función principal de la pieza, no supone un gran deterioro. Se tendría que realizar más estudios para comprobar su viabilidad.

Se han mantenido las dimensiones y funcionalidad del subconjunto **reduciendo en un 25 %** el peso, se ha reducido el peso de la pieza a los 300 g respecto a los 400 g que pesa el patín de 2ª generación, manteniendo las cualidades mecánicas para resistir los distintos esfuerzos planteados en este proyecto.

Una de las mejoras de esta 3ª generación, consiste en la **reducción en el tiempo de montaje**, ya que se ha eliminado la necesidad de fabricar las piezas por separado y montarlas. Con la 3ª generación, el montaje se reduce a, una vez salida la pieza del molde, colocar la goma y la tornillería, y ya estaría listo para unirlo al contenedor. Esto no solo supone un ahorro de tiempo, sino también de costes de fabricación.

Sin embargo, aunque parezca todo positivo a simple vista, no es tan sencillo plantearlo para un proyecto que ya está en funcionamiento. Hay que tener en cuenta que la fabricación de un molde de inyección es una inversión a futuro.

En un nuevo proyecto sí que sería una opción desarrollar y comprobar su viabilidad, pero para un proyecto ya en desarrollo como lo son los patines de 2ª generación, no se plantea como una opción viable económicamente ya que entran en juego las inversiones ya realizadas.

A modo de reflexión final, este proyecto surge de una primera idea (eliminación del eje metálico y montaje) del cuál han surgido diferentes opciones y líneas futuras de trabajo a partir del rediseño realizado, si bien pendientes de una validación final.

6.2 LÍNEAS FUTURAS

Este proyecto abre la puerta a una serie de líneas de desarrollo para una definición en profundidad del producto, y a análisis más específicos para su posible uso en un futuro.

A continuación, se muestran algunas de esas posibles líneas a seguir:

6.2.1 VARIAS CAVIDADES EN EL MOLDE

Se plantea la posibilidad de realizar el molde con 2 o incluso 4 cavidades, teniendo en cuenta las contrasalidas y que no quede desbalanceado el molde. Se habrá de tener en cuenta la producción necesaria para esta pieza, y que, actualmente el patín se inyecta en un molde de 4 cavidades. Esta propuesta es objeto de estudio en profundidad debido a la complejidad de los postizos.

6.2.2 INYECTAR POR SEPARADO RODILLO Y PATÍN

En esta propuesta se plantea la posibilidad, previamente comentada en el apartado 5.2.1 de este documento, que consiste en eliminar las entradas de material entre rodillo y patín, creando dos cavidades independientes.

Estas cavidades, aun siendo independientes, seguirían formando parte de la misma pieza, quedando ya encajadas en el momento de la expulsión. Esto sería posible al inyectar con una cámara caliente, ya que habría que ajustar el llenado de cada cavidad.

6.2.3 MOLDE TIPO FAMILY

En este caso, se plantea la posibilidad de inyectar en un mismo molde ambas piezas (rodillo y patín) por separado, uniéndolos después a través de algún tipo de clipado. Esto conllevaría un rediseño de los alojamientos del patín y un estudio en profundidad de la viabilidad de esos clipados.

Adicionalmente, si el subconjunto ha sido capaz de inyectarse en una única pieza de plástico, ¿por qué no plantear la posibilidad de que el patín vaya incorporado en el molde del contenedor e inyectar el rodillo aparte?

Esta propuesta implicaría tener que realizar un nuevo molde, por lo que para los contenedores que están actualmente en producción no sería una opción viable. Pero se plantea la posibilidad de en un próximo diseño de molde, unificar el cubo y el patín en un único molde.

7 BIBLIOGRAFÍA

7.1 REFERENCIAS DE TEXTOS

- [1] URCHAGA BERNAD, Carlos. *Diseño y Desarrollo del Subconjunto Patín de un Contenedor de Residuos Sólidos Urbanos*. Trabajo Fin de Grado inédito, Universidad de Zaragoza, 2013.
- [2] www.contenur.com [Consultado por última vez: 15/06/2024]
- [3] FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR. *Guía técnica la gestión de residuos municipales*. Capítulo 1, 2015.
- [4] UNE-EN 12574 2007. *Contenedores fijos para residuos*.
- [5] CASTANY VALERI, J., MARTÍNEZ PEREZ, A., & AÍSA ARENAZ, J. (2013). *Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (I): el material*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2013.
- [6] CASTANY VALERI, J., MARTÍNEZ PEREZ, A., & AÍSA ARENAZ, J., SERRALLER SÁNCHEZ, F., MERCADO BARRAQUETA, D., & FUENTELESAZ GALLEGO, J. (2014). *Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (II): la pieza*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2014.
- [7] <https://todoenpolimeros.com/2016/09/12/inyeccion-bi-inyeccion-co-inyeccion-y-sobre-moldeo/> [Consultado por última vez: 24/06/2024]
- [8] RAMOS CARPIO, Miguel Ángel. *Ingeniería de los materiales poliméricos Volumen II*. Madrid
- [9] HASCO. *Ermöglichen mit System, K 2015. (Catálogo de moldes)*

7.2 REFERENCIAS DE IMÁGENES

Figura 01. 1ª Generación "patín" [Elaboración propia]	6
Figura 02. 2ª Generación "patín" [Elaboración propia]	6
Figura 03. Contenedor carga trasera [2]	8
Figura 04. Contenedor carga vertical [2]	8
Figura 05. Contenedor soterrado [2]	8
Figura 06. Contenedor carga lateral [2]	8
Figura 07. Contenedor carga lateral recogida [https://diario.madrid.es/wp-content/uploads/2017/05/rsu5-1500x1000.jpg]	8

Figura 08. Contenedor carga lateral descarga [https://diario.madrid.es/wp-content/uploads/2017/05/rsu5-1500x1000.jpg]	8
Figura 09. Contenedor de carga lateral [2]	9
Figura 10. Vista detalle patín 2ª generación [2]	9
Figura 11. Extracto norma UNE-EN 12574:2017 [4] [Elaboración propia]	9
Figura 12. Vista explosionada patín 2ª generación [Elaboración propia]	10
Figura 13. Patín de plástico visto en Zaragoza [Elaboración propia]	11
Figura 14. Patín metálico visto en Soria [Elaboración propia]	11
Figura 15. Esquema dosificación [5]	12
Figura 16. Esquema llenado [5]	12
Figura 17. Esquema compactación [5]	12
Figura 18. Esquema enfriamiento [5]	12
Figura 19. Detalle alojamiento patín en el vaso del contenedor [Elaboración propia]	14
Figura 20. Logo UNE / ISO [4]	15
Figura 21. Patín 2ª generación [Elaboración propia]	16
Figura 22. Vista 3D patín 2ª generación [Elaboración propia]	17
Figura 23. Corte patín 2ª generación desmoldeo [Elaboración propia]	17
Figura 24. Detalle sección conjunto contenedor y patín 2ª generación [Elaboración propia]	17
Figura 25. Detalle entradas rodillo [Elaboración propia]	19
Figura 26. Corte rodillo vista entradas [Elaboración propia]	19
Figura 27. Patín versión 04 [Elaboración propia]	19
Figura 28. Detalle sección rodillo versión 09 [Elaboración propia]	20
Figura 29. Detalle sección rodillo versión 10 [Elaboración propia]	20
Figura 30. Versión "en cruz" [Elaboración propia]	20
Figura 31. Versión "costillas" [Elaboración propia]	20
Figura 32. Vista detalle rodillo tensiones Von Misses versión 18 [Elaboración propia]	21
Figura 33. Versión 18 patín [Elaboración propia]	21
Figura 34. Esquema esfuerzos flexión [8]	21
Figura 35. Corte detalle rodillo patín 2ª generación [Elaboración propia]	22
Figura 36. Corte $\frac{3}{4}$ detalle rodillo rediseño final [Elaboración propia]	22
Figura 37. Vista en detalle alojamientos del rodillo versión final [Elaboración propia]	22
Figura 38. Esquema fuerzas en el contenedor en reposo [Elaboración propia]	24

Figura 39. Cargas y sujeciones aplicadas al patín 23 [Elaboración propia] ...	24
Figura 40. Tensiones de Von Misses patín 23. [Elaboración propia]	25
Figura 41. Tensiones de Von Misses patín 24 [Elaboración propia]	25
Figura 42. Detalle zona de contacto en la rodadura del Contenedor. [Elaboración propia]	25
Figura 43. Cavidad 1 rodillo [Elaboración propia]	33
Figura 44. Cavidad 2 patín [Elaboración propia]	33
Figura 45. Deformación total escalada [Elaboración propia]	34
Figura 46. Renders propuesta final [Elaboración propia]	35
Figura 47. Esquema general molde inyección [https://imolde.com/partes-de-moldes-de-inyeccion-de-plastico/]	36
Figura 48. Render Placas propuesta final [Elaboración propia]	37
Figura 49. Línea de partición y contrasalidas [Elaboración propia]	37
Figura 50. Ejemplo sistema corredera molde [Documentación académica]	37
Figura 51. Cámara caliente propuesta final [Elaboración propia]	38
Figura 52. Partes molde [Elaboración propia]	38
Figura 53. Esquema cotas aproximadas molde [Elaboración propia]	39
Figura 54. Patín 2ª generación [Elaboración propia]	39
Figura 55. Prototipo patín 3ª generación [Elaboración propia]	39
Figura 54. Patín 2ª generación [Elaboración propia]	39
Figura 55. Prototipo patín 3ª generación [Elaboración propia]	39