



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ANEXOS

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

ÍNDICE ANEXOS

1	Introducción.....	4
1.1	Objeto.....	4
1.2	Alcance.....	4
1.3	Antecedentes.....	5
2	Planificación.....	6
3	Búsqueda de información.....	7
3.1	¿Qué son los residuos sólidos urbanos? Importancia de su gestión.....	7
3.2	Tipos de contenedores.....	7
3.3	Contenedores de carga lateral.....	8
3.3.1	Características.....	9
3.3.2	Partes.....	9
3.4	Normativa.....	11
3.5	Análisis.....	12
3.5.1	Análisis estructural.....	12
3.5.2	Análisis funcional.....	14
3.6	Estudio de campo.....	15
3.7	Proceso de inyección y puntos a tener en cuenta.....	17
3.7.1	Ciclo de inyección.....	17
3.7.2	El material.....	19
3.7.3	El molde.....	21
3.7.4	La pieza.....	22
3.7.5	Bi-Inyección.....	22
3.8	Especificaciones de diseño.....	24
4.	Generación de ideas.....	27
4.1	Punto de partida.....	27
4.2.	Diseño de pieza.....	28
4.3.	Ensayos mecánicos.....	39
4.3.1	Ensayo resistente durante el reposo.....	40

4.3.2 Ensayo resistente durante la descarga.....	45
4.4 Diseño de procesos.....	50
4.4.1 Llenado por una entrada.....	51
4.4.2 Llenado por dos entradas.....	62
4.4.3 Bi-inyección.....	69
5 Propuesta final.....	73
5.1 Diseño final.....	73
5.2 Prototipos.....	74
5.3 Renders.....	75
5.2 Propuesta de molde	78
5.2.1 Molde una cavidad	79
6 Conclusiones y líneas futuras	81
6.1 Conclusiones generales.....	82
6.2 Líneas futuras.....	83
6.2.1 Varias cavidades en el molde	83
6.2.2 Inyectar por separado rodillo y patín.....	83
6.2.3 Molde tipo family	83
7 Bibliografía	84
7.1 Referencias de textos	84
7.2 Referencias de imágenes	84

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)

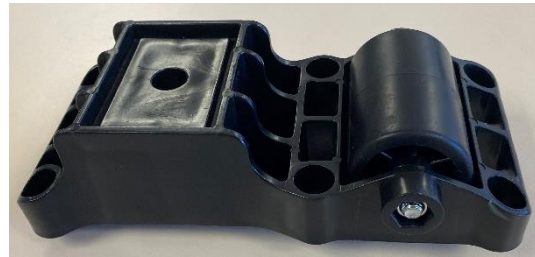


Figura 02. 2ª Generación "patín"

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

3.1 ¿QUÉ SON LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS? IMPORTANCIA DE SU GESTIÓN

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. Los RSU provienen de hogares, comercios, oficinas, instituciones y pequeñas industrial.[3]

Es muy importante tener un sistema de recogida y gestión de los RSU para mantener la higiene en las ciudades mejorando así la calidad de vida.

3.2 TIPOS DE CONTENEDORES

Existen diversos tipos de contenedores destinados a la recogida de RSU, los cuales son mostrados a continuación:

CARGA TRASERA

Esta tipología de contenedores destaca por tener ruedas que facilitan su desplazamiento, esta cualidad los hace perfectos para núcleos urbanos de difícil acceso para su recogida.



Figura 03. Contenedor carga trasera



Figura 04. Contenedor carga vertical

CARGA VERTICAL, IGLÚ

Estos contenedores disponen de un sistema que permite el alzado y el vaciado del contenedor, a través de dos ganchos o del sistema Kinshofer. Para su recogida es necesario zonas amplias sin obstáculos en la vertical.

SOTERRADOS

Esta tipología de contenedores es similar a los de carga vertical, exceptuando que el contenedor está por debajo del nivel del suelo y el usuario solo ve la boca de vertido. Destacan porque minimizan el impacto en el entorno, pero requieren de una gran instalación previa.



Figura 05. Contenedores soterrados

CARGA LATERAL

Son contenedores de gran capacidad que impiden desplazamientos indebidos, destacan en la recogida ya que el conductor hace de operario y acciona el sistema elevador sin necesidad de bajarse del vehículo.



Figura 06. Contenedor carga lateral

3.3 CONTENEDORES DE CARGA LATERAL.

Este proyecto se va a centrar en una pieza característica de los contenedores de carga lateral, por lo que se ha realizado un estudio más en profundidad acerca de esta tipología de contenedores.



Figura 07. Contenedor carga lateral recogida



Figura 08. Contenedor carga lateral descarga

3.3.1 CARACTERÍSTICAS

Las características por destacar de estos contenedores consisten en el ahorro en el tiempo de recogida y en 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.

Como punto desfavorable, este sistema requiere de una planificación previa a la instalación de los contenedores, ya que el vehículo de recogida debe ajustarse a derecha o izquierda, por lo que todos los contenedores tendrán que estar en el mismo lado de la acera.

3.3.2 PARTES

A continuación, se enumeran las principales partes de los contenedores de carga lateral y una breve descripción de estas:



Figura 09. Contenedor de carga lateral

VASO

Consiste en el cuerpo principal del contenedor, es donde se depositan y almacenan los residuos, fabricado principalmente en HDPE [High Density PolyEthylene]. Están diseñados para que no se escape la basura ni se filtren los lixiviados¹ al suelo.

TAPA

Su principal función es evitar la contaminación odorífera que desprenden los contenedores ya sea por la descomposición de la materia orgánica o por los lixiviados. Tienen distintas configuraciones de bocas dependiendo del tipo de residuo.

¹ Real Academia Española (s.f.). Líquido residual, generalmente tóxico, que se filtra de un vertedero por percolación. Recuperado de <https://dle.rae.es/lixiviado>

AMORTIGUADOR

Permite un cierre controlado y silencioso de la tapa para el usuario.



Figura 10. Vista detalle amortiguador



Figura 11. Vista detalle pedal

PEDAL

Su función es permitir la apertura de la tapa del contenedor utilizando el pie, permitiendo al usuario tener ambas manos disponibles para depositar los residuos en el contenedor.

ESPADA/BULÓN

Son elementos exclusivos de la tipología de contenedores de carga lateral ya que son los que permiten que el camión de recogida pueda elevarlos y realizar la descarga.



Figura 12. Vista detalle espada/bulón

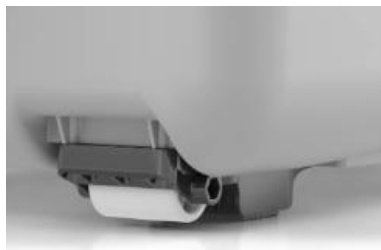


Figura 13. Vista detalle rodillo

PATÍN

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.

Este proyecto se enfoca en el rediseño de esta pieza específica de los contenedores, por lo que se profundizará en los siguientes apartados.

3.4 NORMATIVA

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

UNE-EN 12574-1:2017

Contenedores fijos para residuos. Parte 1: Contenedores con capacidades hasta 10 000 L con tapa(s) plana(s) o abovedada(s) para dispositivos de elevación de tipo soporte giratorio, doble soporte giratorio o tipo manguito. Dimensiones y diseño.

Tabla 1 – Dimensiones relativas a las figuras 1, 2 y 3

Contenedores para dispositivo de elevación tipo soporte giratorio

Nº de elemento	Tipo B Interfaz estrecha Dimensiones mm	Tipo A Interfaz ancha Dimensiones mm	Observaciones
1*	1350 ⁺²⁰	1880 ± 10	importante para el dispositivo de elevación
2*	1 530 máx.		análisis total con las tapas cerradas o abiertas
3	1 470 máx.		sólo para contenedores con tapa plana
4*	1 350 máx.		
5	1 350 máx.		
6	15 máx.		
7	240 ± 50		
8*	460 mín.		
9*	460 máx.		sólo para contenedores con tapa plana
10*	0 a 90		sólo para contenedores con tapa plana
11	80 ^{±5}		sólo para contenedores con tapa plana
12*	30 mín.		distancia mínima al suelo
13*	1 240 ⁺²⁰	1 700 ± 10	importante para el dispositivo de elevación
14	1 150 máx.	1 650 máx.	
15*	40 ± 2		
16*	1 050 ± 50		
17*	160 ± 10		
18*	450 ± 50		
19	450 máx.		
20*	1 250 máx.	1 750 máx.	dimensión total máxima para la parte superior de la estructura y la tapa
21*	550 mín.		
22*	1 020 máx.		
23*	0 a 150		posición del soporte giratorio de la(s) tapa(s) para rotación asistida de la(s) tapa(s) para la operación de vaciado
24*	490 ± 60		distancia entre el soporte giratorio y soporte giratorio de la(s) tapa(s)
25*	1 700 máx.		distancia desde el eje del soporte giratorio al borde de la tapa medido desde 0° a 90° (altura de la tapa)
26*	820 mín.		máxima distancia desde el eje del soporte giratorio al borde frontal del cuerpo
27*	820 máx.		máxima distancia desde el eje del soporte giratorio al borde trasero del cuerpo

* Dimensione obligatoria.

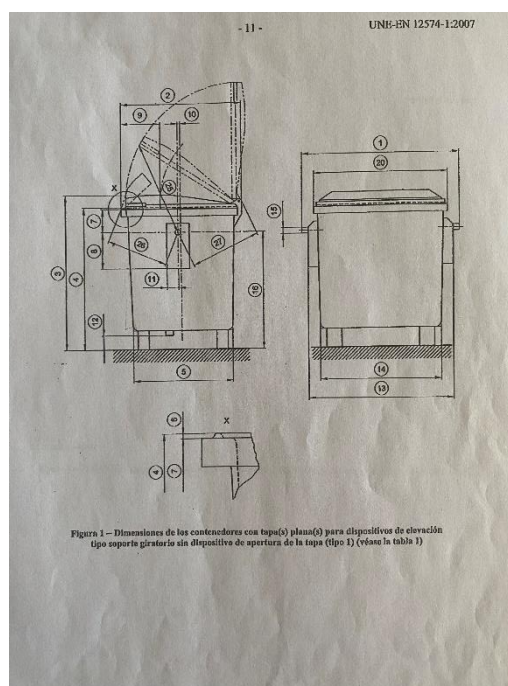


Figura 14. Extracto norma UNE-EN 12574-1:2017

UNE-EN 12574-2:2017

Contenedores fijos para residuos. Parte 2: Requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo.

UNE-EN 12574-3:2017

Contenedores fijos para residuos. Parte 3: Requisitos de seguridad e higiene.

UNE-EN ISO 14001:2015

Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2015).

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, de esta manera podemos ver qué hace cada uno individualmente, cómo interacciona con los otros elementos, qué hace cada conjunto de elementos y cómo hacen que el producto funcione de manera correcta. En este caso se va a analizar el subconjunto patín.

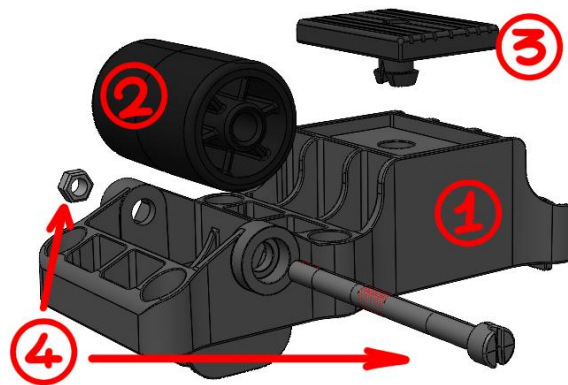


Figura 15. Patín 2ª generación

Los distintos elementos del subconjunto se van a clasificar en tres tipos de elementos:

- **Elemento estructural:** Todas aquellas piezas que contribuyan a mantener los componentes del producto en su sitio, como tornillos, carcasas, etc.
- **Elemento móvil:** Todas las piezas que transmiten un movimiento de rotación, traslación, etc.; de una pieza a otra. Como pueden ser barras, ejes, ruedas, etc.
- **Elemento funcional:** Son aquellos componentes cruciales para el desarrollo de una función.

Se ha realizado una tabla para agrupar sus componentes:

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

Tabla 02. Análisis estructural patín

3.5.2 ANÁLISIS FUNCIONAL

En este análisis se recogen las funciones para las que han sido diseñadas las distintas partes del subconjunto patín. Este análisis trata de identificar la función principal del subconjunto y las funciones secundarias que desempeña en el conjunto final.

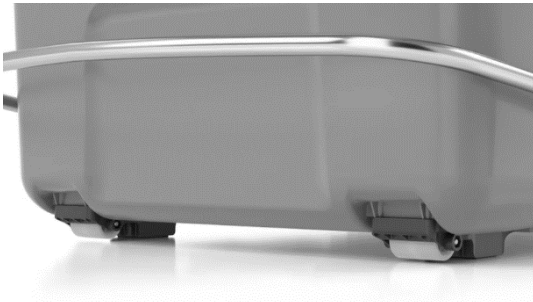


Figura 16. Detalle patín Conteneur

La **función principal** 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 el estancamiento de suciedad y distintos fluidos.

Esto se consigue gracias al **patín** y a la **goma**, que elevan y evitan que el contenedor pueda deslizarse consiguiendo así que se mantenga fijo en la posición que el operario lo coloca. 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 se ruede a la hora de la carga/descarga y 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 de carga lateral suele recibir varios impactos mayoritariamente 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. Se han observado distintos patines en distintos entornos y se han recopilado las imágenes de los patines con mayor desgaste y distintos tipos de rotura los cuales se han recogido en forma de tabla:

IMAGEN	LUGAR	OBSERVACIONES
	Zaragoza	Patín partido.
	Zaragoza	Patín sin rodillo.
	Zaragoza	Patín sin rodillo ni eje.
	Tarragona	Patín deteriorado, pero en funcionamiento pese al desgaste.
	Soria	Patín metálico en funcionamiento.

Tabla 03. Estudio de campo

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 siguen cumpliendo parcialmente su función.

Si se simplifica el patín y se consiguen unificar sus componentes, facilitaría su intercambio una vez fallase la pieza.

Se tuvo la posibilidad de asistir a la sede de CONTENUR en Madrid para poder ver de primera mano los procesos de fabricación y de inyección de los componentes del subconjunto patín pudiendo entender mejor el funcionamiento de todo el proceso.

Ahí se tuvo acceso al subconjunto patín que utilizan ellos actualmente, y se pusieron en común los primeros bocetos y prototipos del rediseño del patín.

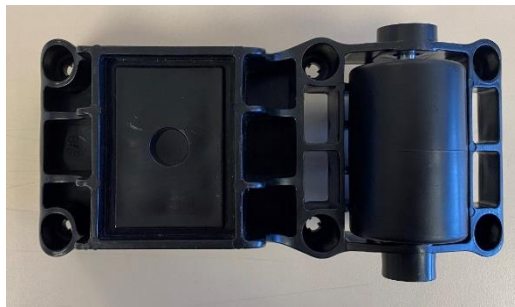


Figura 17. Patín 2ª generación vista superior



Figura 18. Patín 2ª generación vista lateral

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. El ciclo comienza con el cierre del molde y termina con la apertura de este.

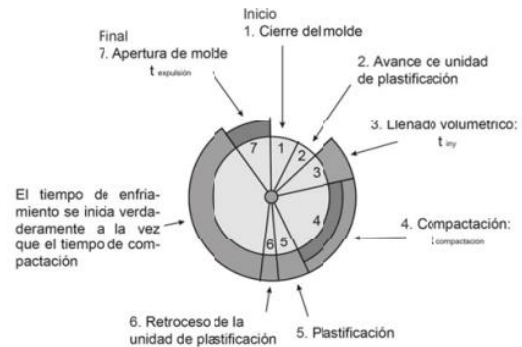


Figura 19. Ciclo de inyección

Para conocer mejor el proceso de inyección es necesario enumerar sus distintas fases:

Dosificación

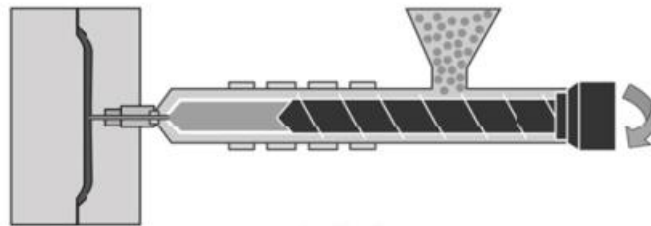


Figura 20. Fase de dosificación

La primera fase es la dosificación. Esta es la fase donde se prepara el material para ser inyectado, lo que se busca es fundir el material para que sea fluido, sin llegar a degradarlo, así como homogeneizarlo en la medida de lo posible

Llenado

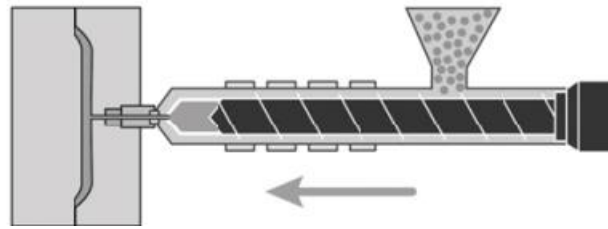


Figura 21. Fase de llenado

A continuación, se tiene la fase de llenado. El material previamente fundido en el cilindro de plastificación es introducido a la cavidad del molde hasta dejarla casi totalmente llena, normalmente en un 95-98% dependiendo del material. El recorrido y la cantidad de material a inyectar deberá ser previamente definido por el usuario.

Compactación

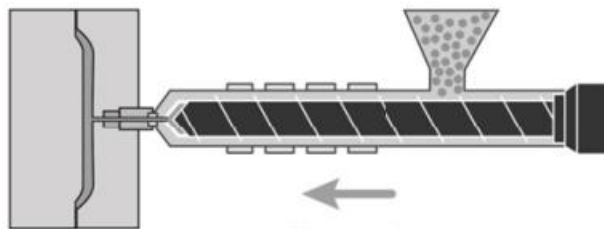


Figura 22. Fase de compactación

Al llenado le sigue la fase de compactación. El material introducido en el molde comienza a enfriarse y se aplica una presión adicional desde la máquina para contrarrestar la contracción y homogeneizar la presión en la cavidad lo que favorecerá propiedades y comportamiento homogéneo en servicio. Esta fase fija la calidad dimensional del producto final.

Enfriamiento y expulsión

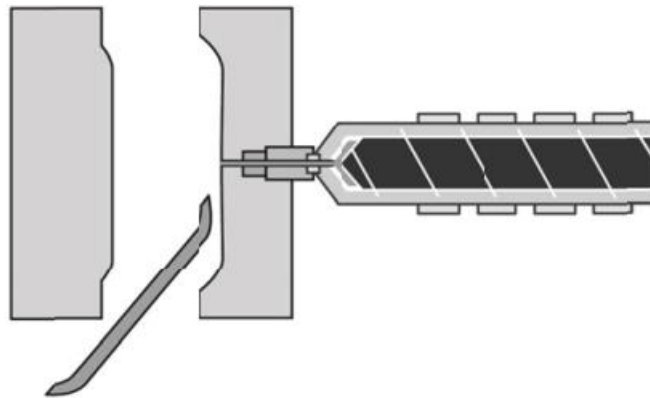


Figura 23. Fase de enfriamiento y expulsión

Por último, está la fase de enfriamiento y expulsión. En esta fase el molde se mantiene cerrado hasta que el material alcanza una temperatura adecuada para expulsar la pieza sin causar deformaciones. Esta fase termina fuera del molde, cuando la pieza alcanza la temperatura ambiente.

Una vez explicado el proceso de inyección, se va a analizar los puntos a tener en cuenta para obtener una buena pieza.

En este apartado se hablará de las principales partes del proceso de inyección: el material, el molde y la pieza.

3.7.2 EL MATERIAL

Las propiedades del material empleado caracterizarán tanto el comportamiento en servicio como el proceso. Dentro de los polímeros se puede hacer diferencia entre termoplásticos, termoestables y elastómeros.

Los plásticos son materiales que tienen una gran variabilidad dentro de sus grupos, es por ello que es difícil clasificarlos. Las características que se indican a continuación se ajustan a la mayoría de los polímeros de ese grupo, pero el mundo de los polímeros está lleno de excepciones.

- Los **termoestables** tienen una estructura de cadenas muy unidas entre sí, endurecen por la aplicación de presión o de temperatura, y no pueden volver a fundirse. Pertenecen a este grupo la resina epoxi y el poliuretano entre otros.

- Los **elastómeros** están formados por largas moléculas en forma de cadenas con flexibilidad entre sus uniones. Son muy elásticos, tipo caucho.
- Los **termoplásticos** son los usados en los procesos de inyección debido a que pueden ser fundidos y solidificados repetidamente. La estructura molecular condiciona sus propiedades tanto reológicas como mecánicas, existiendo dos grandes familias: amorfos y semicristalinos.

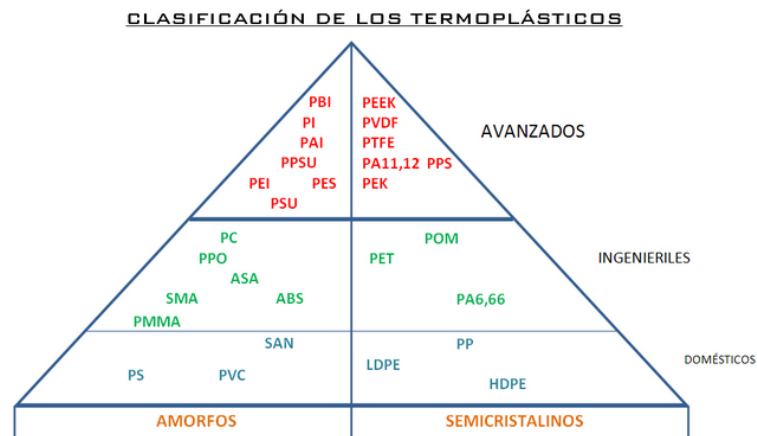


Figura 24. Pirámide clasificación termoplásticos

- Los **termoplásticos amorfos** se caracterizan mayoritariamente por ser transparentes, duros y poco flexibles.
- Los **termoplásticos semicristalinos** destacan principalmente por ser opacos, flexibles y no romper.

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 requisitos de la pieza

La idea inicial de este proyecto consiste en inyectar todo el subconjunto patín en un único material, pero como estudio adicional se plantea la opción de realizar una bi-inyección e inyectar el rodillo de un material que se ajuste más a las propiedades que requiere, como por ejemplo una poliamida como el nylon.

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. Por norma general, la zona de inyección se encuentra en la placa fija y los expulsores en la placa móvil.

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. Las piezas de plástico tienden a contraer al enfriarse, por lo que las paredes del molde deben facilitar la expulsión de la pieza, es por ello que se añaden ángulos de desmoldeo a todas las paredes en dirección perpendicular a la línea de partición. Por norma general, se utiliza un ángulo de desmoldeo mínimo de $0,5^\circ$, pudiendo variar dependiendo de las necesidades del molde y del material a utilizar.

Hay casos en los que es inevitable tener partes de la pieza que no se pueden desmoldear de forma natural y se crean las **contrasalidas**. Las contrasalidas se consiguen desmoldar gracias a los postizos. Existen diferentes formas de desmoldar zonas en contrasalida, como, por ejemplo:

- Correderas.
- Noyos.
- Expulsores inclinados.
- Desenroscadores.
- Postizos flotantes.

Otros sistemas por considerar en un molde son:

los canales de alimentación, que son los conductos por los que llega el material a la cavidad de la pieza, Existen distintas configuraciones de canales y distintos tipos (calientes, fríos o mixtos).

- El sistema de atemperación, para mantener una temperatura superficial en el molde, así como evacuar el calor del material fundido
- Los elementos necesarios para la expulsión de la pieza, generalmente mecánicos (pueden ser asistidos con aire).

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]

Uno de los mayores inconvenientes que puede traer la bi-inyección, consiste en que requiere de una gran inversión inicial si no se dispone de una máquina con dos husillos, ya que las máquinas de inyección convencionales no sirven para este tipo de inyección.

Otra desventaja es que, si ambos materiales llenan la misma cavidad, se forma una línea de soldadura, que es aquella que se produce por el choque frontal de dos frentes de flujo dentro del molde. Además, este defecto siempre implica una pérdida de resistencia en la pieza.

Esta tecnología permite inyectar dos colores distintos del mismo material para dar un acabado específico, e incluso permite inyectar dos materiales distintos a la vez.

El proceso de inyección es similar al convencional, la fase de dosificación la realiza cada husillo independientemente y en la fase de llenado cada material entra al molde por un sistema de alimentación independiente. Dentro del molde puede existir una cavidad para cada material o puede ser la misma para ambos, esto permite una gran variedad de aplicaciones y ofrece una mayor flexibilidad en el diseño de piezas por bi-inyección.

De cara al proyecto a realizar, se va a realizar un estudio de inyectar la pieza a través de la bi-inyección, el cuerpo principal de HDPE y el rodillo de PA.

3.8 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

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

Se ha de procurar no pasar por alto ningún requisito relevante para el diseño de la pieza, al igual que hay que definir bien las especificaciones para no añadir más de la cuenta, especialmente en el mundo de la inyección de plásticos. Esto es debido a que definir en exceso una pieza aumenta innecesariamente el coste de la producción y reduce su competitividad en el mercado.

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 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.

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

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

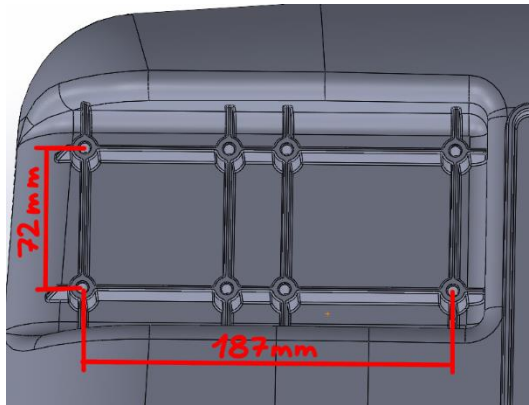


Figura 25. Cotas patín 2ª generación

Existen determinadas cotas de la pieza que vienen predeterminadas por la versión inicial, por lo que no se podrá modificar. las posiciones de los alojamientos de los tornillos ni la altura máxima del patín.

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 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.



Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

“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 que se trate 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 26. Logo UNE / ISO

Mantenimiento

El patín se diseña para que no necesite mantenimiento, pero ha de estar diseñado para 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 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 ido documentando todo el proceso de generación de ideas, así como los distintos conceptos propuestos y su viabilidad.

Esta fase se va a subdividir 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, con la premisa de intentar unir todos sus componentes en uno solo de plástico inyectado.

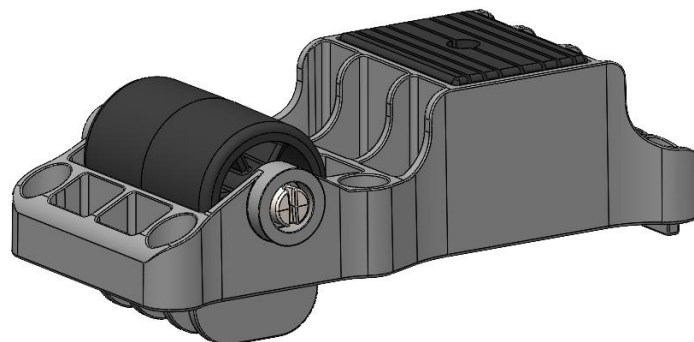


Figura 27. Patín 2ª generación.

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, se observó que no era eficiente convertir todas las piezas por separado en piezas de plástico y unir las, ya que cada pieza por separado estaba destinada a realizar una función en específico como se ha visto en apartados 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.

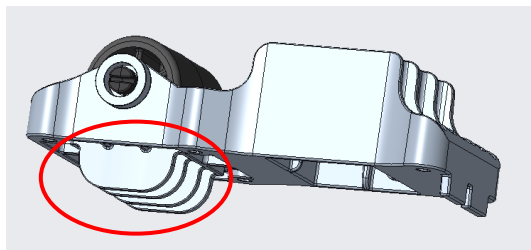


Figura 28. Vista 3D Patín 2ª generación

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.

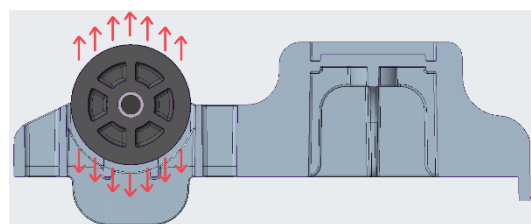


Figura 29. Corte Patín 2ª generación desmoldeo

Primero se analizó la función que tenía el apoyo en el conjunto simulando el montaje del patín de 2ª generación en el contenedor.

Como se puede apreciar en el Detalle 1 de la siguiente figura, aportaba rigidez al conjunto haciendo de unión entre el contenedor y el patín, por lo que al eliminarlo se va a tener que reforzar la estructura para poder soportar los mismos esfuerzos

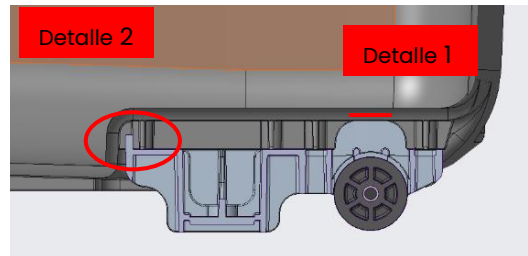


Figura 30. Detalle sección conjunto contenedor y patín 2ª generación

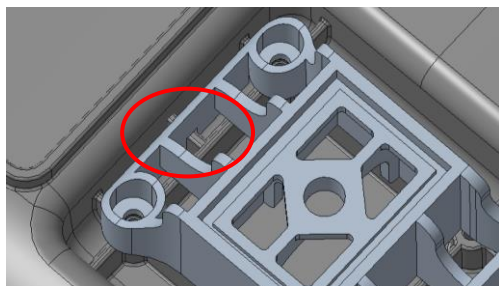


Figura 31. Detalle alojamiento patín y contenedor.

Adicionalmente se pudo observar en el Detalle 2 que el pequeño saliente trasero de la pieza no hace contacto con la base del contenedor como se pensaba al principio. Su función consiste en centrar y fijar el patín a la hora del montaje.

Esta pieza es importante ya que, durante el montaje, el patín llega al contenedor con los tornillos previamente encajados gracias a los dientes entre los alojamientos de los tornillos, como se muestra en la siguiente figura:

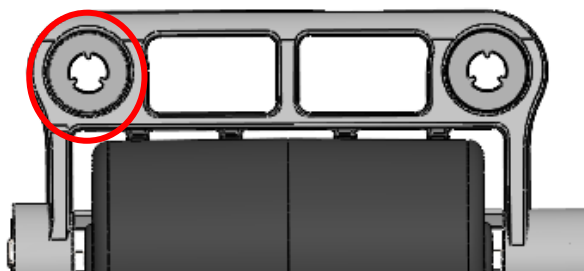


Figura 32. Detalle alojamiento tornillos



Figura 33. Detalle patín 1ª generación listo para el montaje

Una vez se llega el patín al montaje, el operario coloca el patín en posición y comienza a atornillarlo al contenedor. El detalle 2 comentado anteriormente sirve, aparte de para centrar el patín, para que el movimiento de la pistola no haga que rote el patín y se pueda atornillar sin problema.

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:

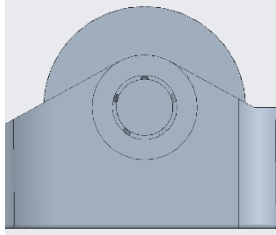
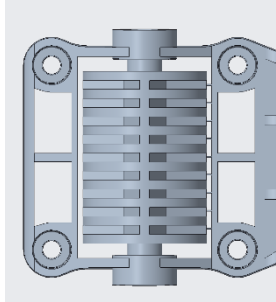
Nombre	Imagen	Descripción
Unión a través del eje		Trata de unir el rodillo y el patín a ambos lados del eje del rodillo, permitiendo un paso más controlado entre el patín y el rodillo.
Unión por el lateral del rodillo		Esta opción consiste en situar las entradas al rodillo en el lateral del mismo, liberando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

Tabla 04. 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 permitiendo el libre movimiento del rodillo.

El funcionamiento de este sistema es similar al funcionamiento de los tapones de rosca de las botellas de plástico. El cuál se muestra a continuación:




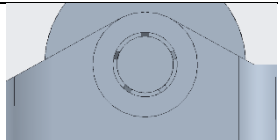
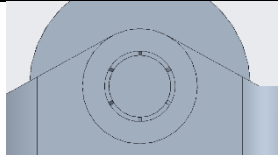


Paso 1	Paso 2	Paso 3
		
<p>En la inyección, tanto el tapón como el seguro son inyectado de una vez.</p> <p>El plástico avanza por las pequeñas entradas que a su vez hacen de unión entre ambos elementos.</p>	<p>Al aplicar una pequeña fuerza para abrir la botella, los pasos que bloqueaban el movimiento se rompen permitiendo que el tapón gire libremente.</p>	<p>Una vez se han roto estos pasos, el tapón queda libre de restricciones y aunque se haya inyectado como una sola pieza.</p>

Tabla 05. Funcionamiento tapón de plástico

A partir de ahí, se realizaron distintas pruebas para determinar el número de entradas y su diámetro, 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.

Se han recogido las distintas pruebas en la tabla mostrada a continuación:

N.º Prueba	N.º Entradas (por lado)	Dimensiones	Imagen
1	5	1.5 mm x 2 mm	
2	6	0,75 mm x 0,75 mm	
3	6	1 mm x 1 mm	
4	8	0,75 mm x 0,5 mm	

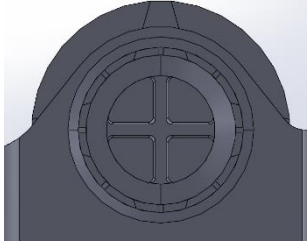
5	8	1 mm x 2 mm	
---	---	-------------	---

Tabla 06. Pruebas número de entradas y espesores

La solución por la que se optó fue la opción de las 8 entradas por cada lado con un espesor cada una de 1 mm x 2 mm. Esta configuración era la que mejor se adaptaba para poder llenar la cavidad.

Se diseñaron las entradas con el lado de entrada más estrecho que el lado de salida para facilitar el flujo en el llenado y para facilitar a su vez la rotura de estas durante el primer uso del contenedor. Se observa en la figura 30 la zona resaltada en rojo.

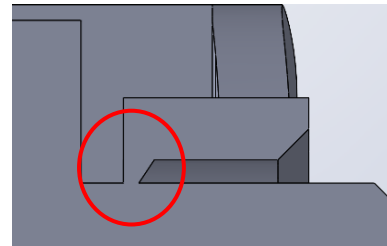


Figura 34. Corte detalle entradas rodillo

Así es como se ven las entradas en un corte en el diseño final:

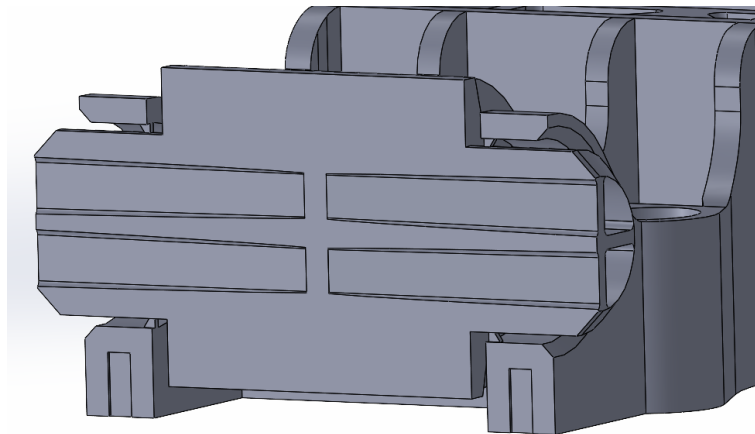
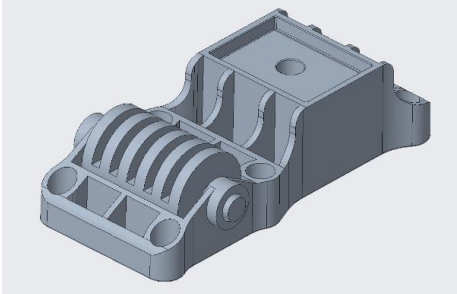
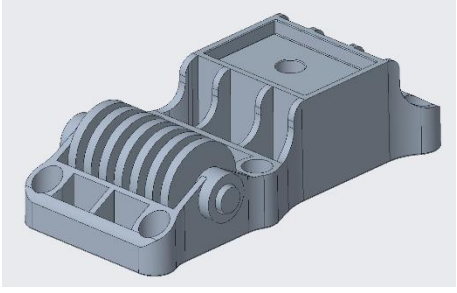
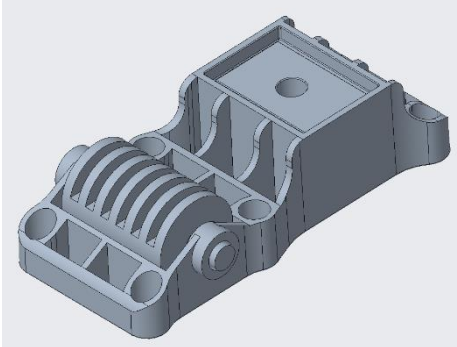
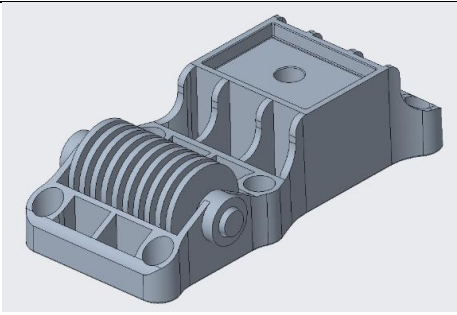


Figura 35. Corte rodillo diseño final

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. Los elementos por comparar fueron el número de discos del rodillo, su espesor y la forma del rodillo. Las distintas pruebas se recogieron en la siguiente tabla:

Versión	Modelado	Discos	Espesor	Comentario
01	 <p>Figura 36. Patín versión 01</p>	6	7 mm	Primera versión, discos demasiado gruesos.
02	 <p>Figura 37. Patín versión 02</p>	7	5,4 mm	Discos enteros de espesor demasiado grueso.
03	 <p>Figura 38. Patín versión 03.</p>	7	5,4 mm	Discos partidos por la mitad para facilitar desmoldeo, discos demasiado gruesos.
04	 <p>Figura 39. Patín versión 04</p>	10	4 mm	Mismo espesor que el resto de la pieza.

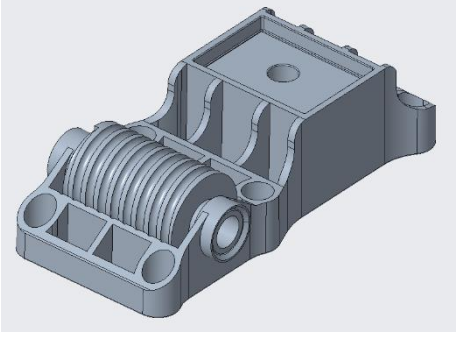
05	 <p data-bbox="488 533 770 564">Figura 40. Patín versión 05</p>	9	3 mm	Discos en espiral.
----	--	---	------	--------------------

Tabla 07. Pruebas rodillo patín

Tras analizar las distintas versiones se eligió la versión 04, 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.

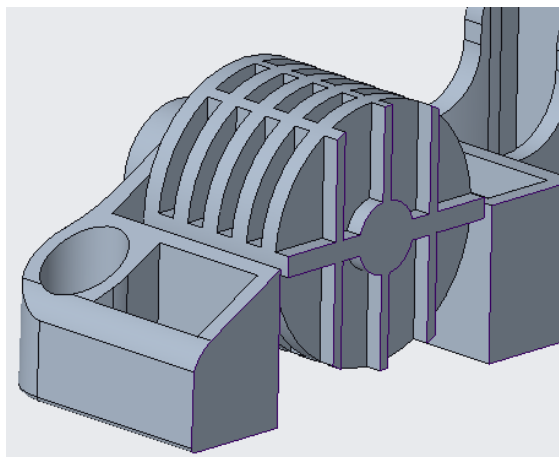


Figura 41. Detalle sección rodillo versión 09.

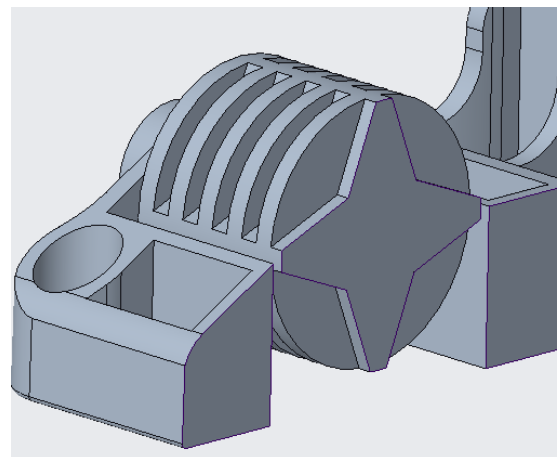


Figura 42. Detalle sección rodillo versión 10.

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 funcionarán a los esfuerzos de manera más uniforme en comparación con la versión 9. Otro punto favorable en el diseño de la versión 10 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.

Seguidamente se ensanchó el eje y se vació, por lo que los radios en “estrella” siguieron siendo la mejor opción.

Otro punto para rediseñar consistía en el eje del rodillo, se realizaron distintas propuestas que se recogen a continuación:

En la versión 10 se aumentó el diámetro exterior del eje y se hizo hueco, ya que, a esfuerzos de flexión, la zona interna del eje no trabaja, además de que, en la inyección de plásticos, una acumulación así de material hubiese generado rechupes.

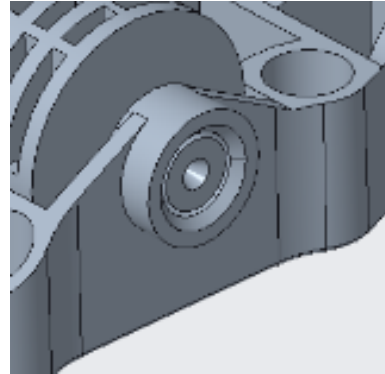


Figura 43. Versión 10.

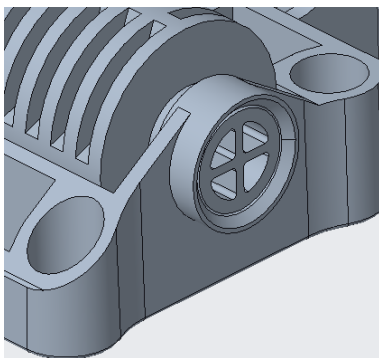


Figura 44. Versión 16.

Otra propuesta consistía en aumentar más el diámetro del eje y añadir una cruz a modo de nervios que rigidizasen el interior del eje, pudiendo mantener un espesor homogéneo y evitando acumulaciones de material.

En este otro caso, se propuso cambiar los nervios en cruz por unas costillas que rigidizasen el eje, simplificando la pieza.

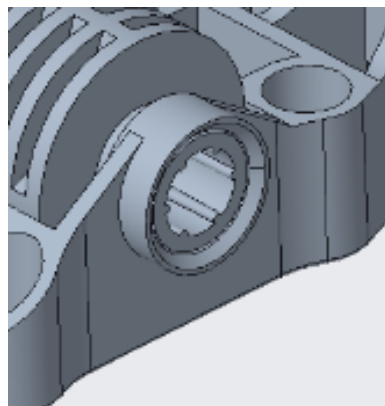


Figura 45. Versión 18.

Para comprobar la factibilidad de las distintas propuestas y ver cuál de ellas era la opción más adecuada para la pieza, se necesitaba realizar distintos análisis resistentes a través de un software CAE.

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

La versión 10 se desestimó debido a que sería inviable en la fabricación del molde ya que los postizos necesarios para la pieza serían muy finos y no aguantarían los ciclos consecutivos.

Para los resultados se han escalado los resultados de tensiones de Von Mises a **30 MPa**, tensión admisible estimada del material a utilizar, para tener una visión clara de las partes de la pieza que soportarían las tensiones:

Análisis Versión 16

Como se puede observar en la vista en detalle, 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, puntos que se pueden ignorar ya que esos puntos romperán en el primer uso del contenedor.

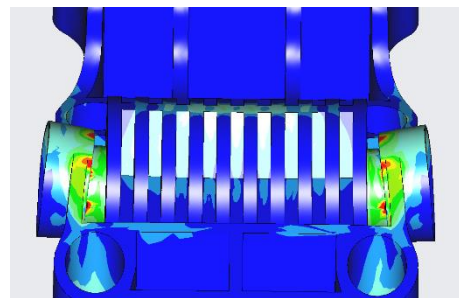


Figura 46. Vista detalle rodillo tensiones Von Mises versión 16

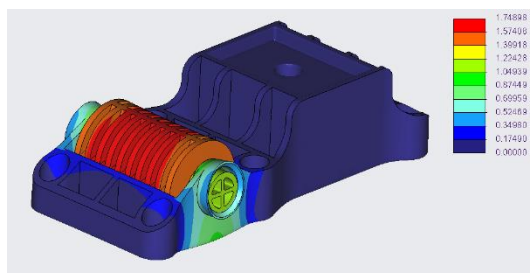


Figura 47. Desplazamientos versión 16

Respecto a los desplazamientos, se observa que el valor máximo de desplazamiento es de **1.7 mm**.

Análisis Versión 18

En este caso, respecto al caso anterior se puede apreciar un ligero aumento de las zonas "rojas", que corresponden con las zonas donde se acumulan las tensiones.

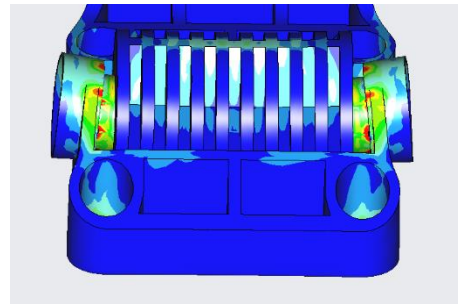


Figura 48. Vista detalle rodillo tensiones Von Mises versión 18

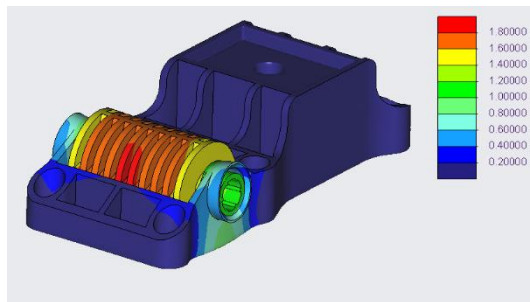


Figura 49. Desplazamientos versión 16

Respecto a los desplazamientos, se observa que el valor máximo de desplazamiento es de **1.8 mm**.

Tras este análisis se ha llegado a la conclusión de que ambos casos analizados tienen un comportamiento bastante similar entre ellos.

Se ha escogido la versión 18 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 golpes.

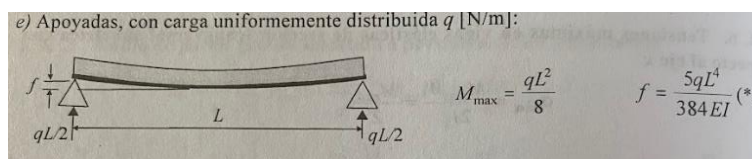


Figura 50. Esquema esfuerzos flexión

Como se observa en la imagen superior, 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 el buscar el acortamiento del eje del rodillo para reducir así los esfuerzos de flexión a los que estará sometido el rodillo. También se buscó aumentar la superficie de contacto entre el eje del rodillo y los alojamientos del patín.

En el patín de 2ª generación, 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.

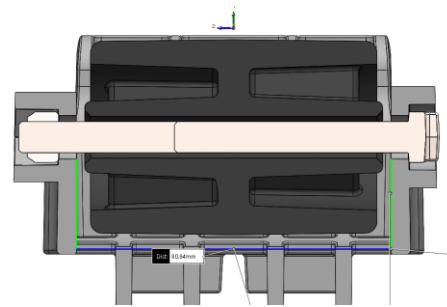


Figura 51. Corte detalle rodillo patín 2ª generación

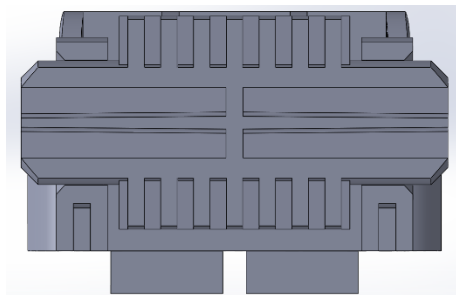


Figura 52. Corte ¾ detalle rodillo rediseño final

Para lograr esta reducción, al diseño final 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.

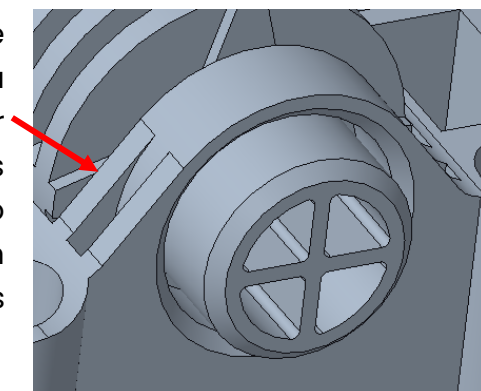


Figura 53. Vista en detalle alojamientos del rodillo versión final

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.

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

² FdS: Factor de seguridad.

Se van a realizar dos ensayos estáticos para comprobar la viabilidad del patín en sus dos funciones principales: mantener el peso del contenedor en reposo, y las acciones que le llegan al patín durante la rodadura.

4.3.1 ENSAYO RESISTENTE DURANTE EL REPOSO

El primer ensayo consiste en mantener el contenedor de pie, 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 almohadilla. Este estudio se realizará con las fuerzas calculadas anteriormente.

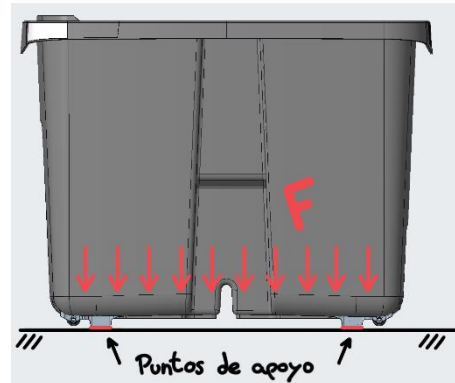


Figura 54. Esquema fuerzas en el contenedor en reposo



Figura 55. Esfuerzo de compresión.

El trabajo a compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existen en el interior de un sólido deformable cuando se aplican dos o más fuerzas en misma dirección y enfrentadas.

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, 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 movimientos 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 es la versión 23 del patín.

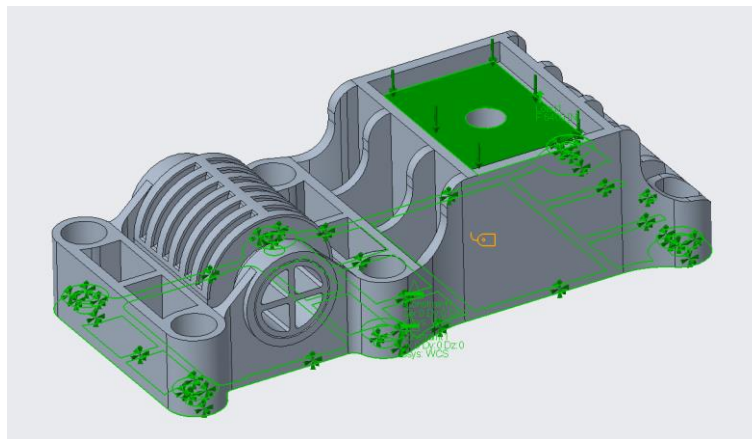


Figura 56. Cargas y sujeciones aplicadas al patín 23

Al ejecutar el caso se puede observar tanto las tensiones de Von Mises como los desplazamientos. Todos los casos están escalados x2 para poder observar mejor las tendencias de deformación del patín.

Respecto a las tensiones, se han escalado a la tensión admisible estimada del material (30 MPa) para poder observar las zonas que no soportarían la carga estimada.

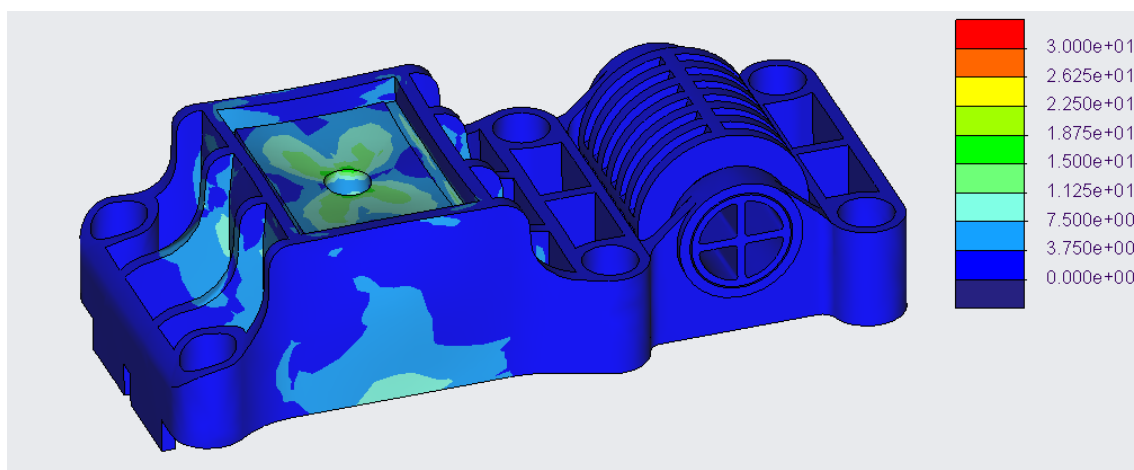


Figura 57. Tensiones de Von Mises patín 23.

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

Respecto a los desplazamientos, se analizará los desplazamientos en el eje Z, en la dirección en la que se ha aplicado la fuerza y en la dirección en la que el patín trabajará a compresión.

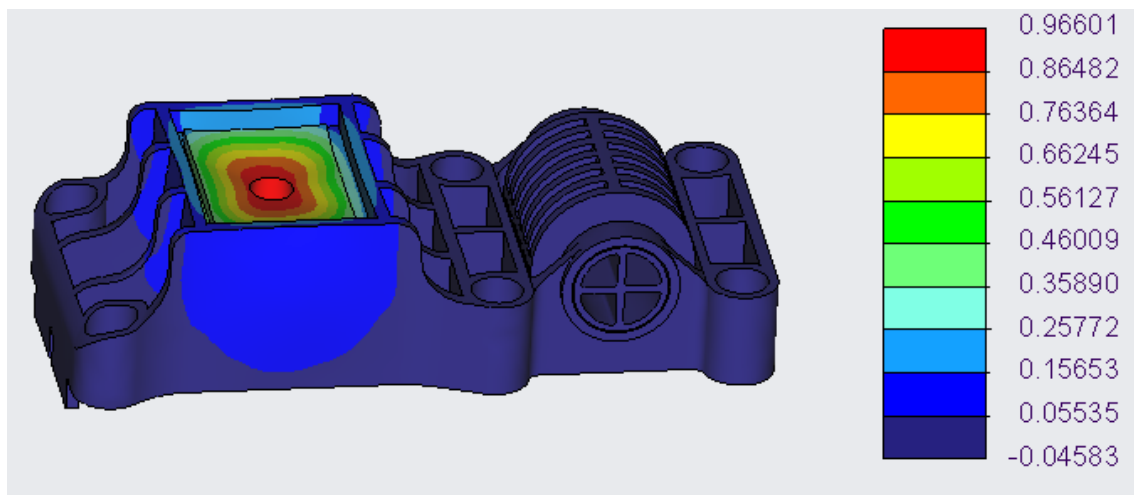


Figura 58. Desplazamientos eje Z Patín 23

Como se puede observar en la figura anterior, los valores máximos de desplazamiento que se observan están en el alojamiento de la goma, alcanzando valores alrededor de **1mm**, valores admisibles en nuestro ensayo.

Tras este primer ensayo, se ha observado que el patín está preparado para soportar mayores esfuerzos de los que se necesitan. Sabiendo que se está trabajando con el caso más desfavorable y desde el lado de la seguridad, se ha propuesto una reducción de material en la zona del alojamiento de la almohadilla, para abaratar costes disminuyendo el peso de la pieza.

También se observó que la zona de apoyo del contenedor no recibía ningún esfuerzo, por lo que se eliminaron las zonas de la base que no estaban sometidas a esfuerzos, reduciendo el peso de la pieza como se observa en la siguiente figura.

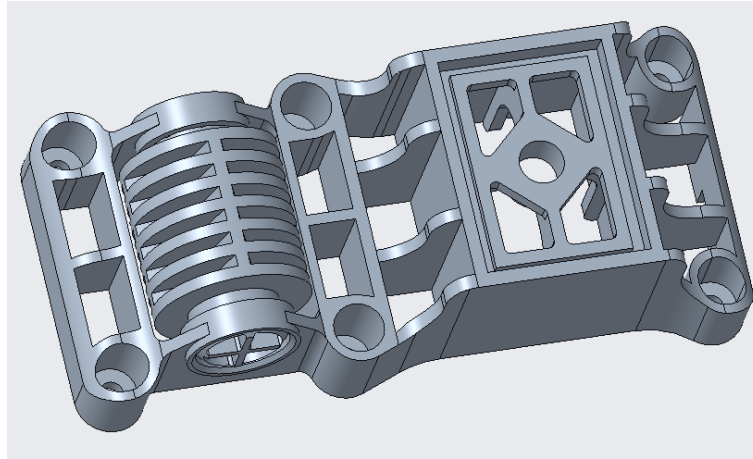


Figura 59. Patín versión 24

Una vez realizados los cambios, se volvió a realizar el mismo ensayo para comprobar la viabilidad de la nueva versión:

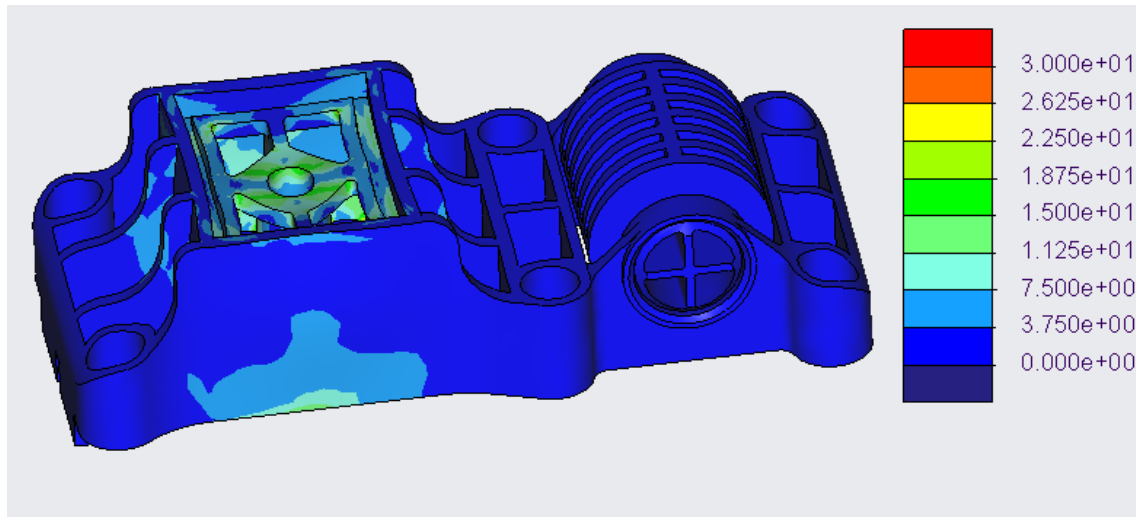


Figura 60. Tensiones de Von Misses patín versión 24

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.

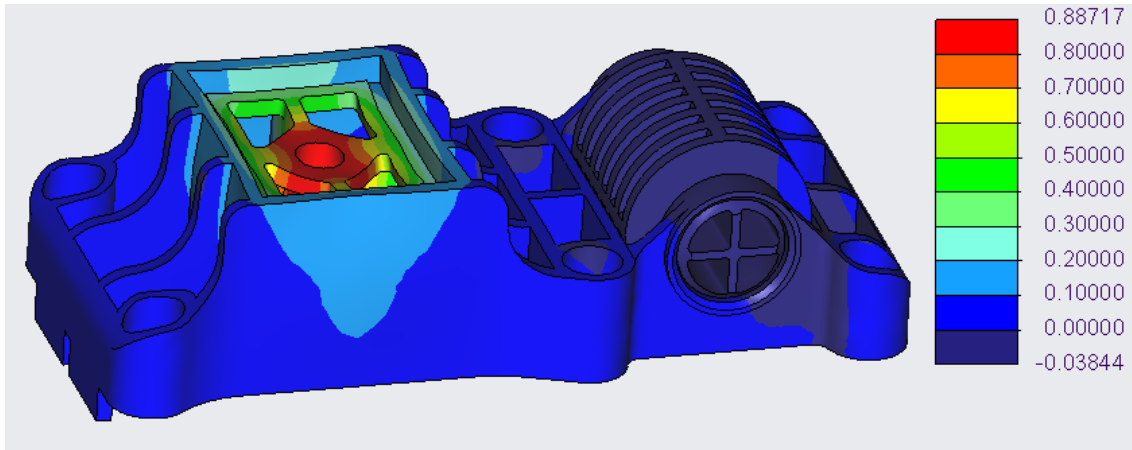


Figura 61. Desplazamientos eje Z patín 24

Al observar los desplazamientos en el eje Z, se observa que se sigue estando alrededor de **1 mm** en los desplazamientos máximos. A diferencia del caso anterior, se puede observar que el resto del patín se ve afectado por estos desplazamientos, aunque al ser del valor de 0,1 mm, se puede despreciar.

Tras realizar el ensayo, se ha llegado a la conclusión de que las mejoras propuestas funcionarán al menos mecánicamente a los esfuerzos de compresión planteados, por lo que estas mejoras pasarán a formar parte del diseño final del patín.

4.3.2 ENSAYO RESISTENTE DURANTE LA DESCARGA

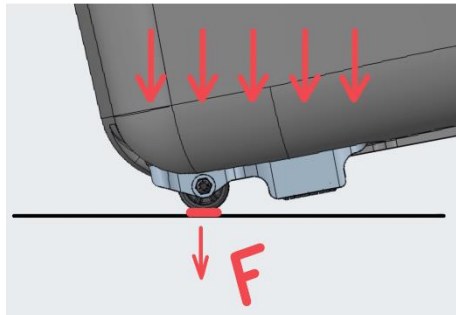


Figura 62. Detalle zona de contacto en la rodadura del contenedor.

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

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.

El trabajo a flexión es producido por fuerzas que no están enfrentadas. Sus fuerzas actúan en sentido contrario y separadas la una de la otra.

En este caso es el tornillo el que trabaja a flexión, ya que recibe una fuerza perpendicular en el medio y tiene los apoyos en los extremos.

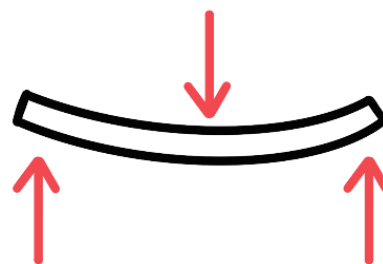


Figura 63. Esquema esfuerzos a flexión

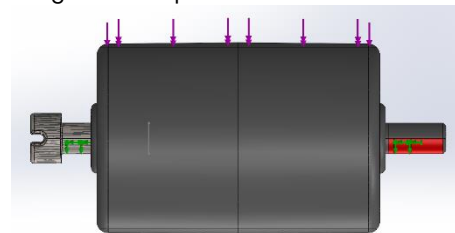


Figura 64. Esfuerzos a flexión rodillo

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.

Patín 2ª generación

En este estudio se ha realizado un ensamblaje con los componentes del patín original, con el objetivo de obtener unos resultados de referencia para poder compararlos con el rediseño propuesto. El patín Original lleva en funcionamiento alrededor de 10 años.

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 N³**. El material de los distintos componentes es:

- **Patín:** HDPE.
- **Rodillo:** PA66.
- **Eje:** Acero aleado.

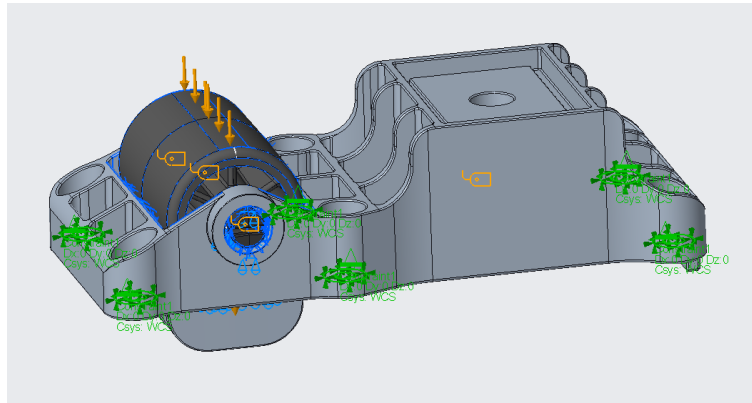


Figura 65. Cargas y sujeciones patín 2ª generación

Al ejecutar el caso se van a observar los resultados de tensiones, relacionados con la resistencia de los materiales, y los resultados de las deformaciones relacionados con la rigidez. Se ha escalado la deformación x2 para observar la tendencia de deformación.

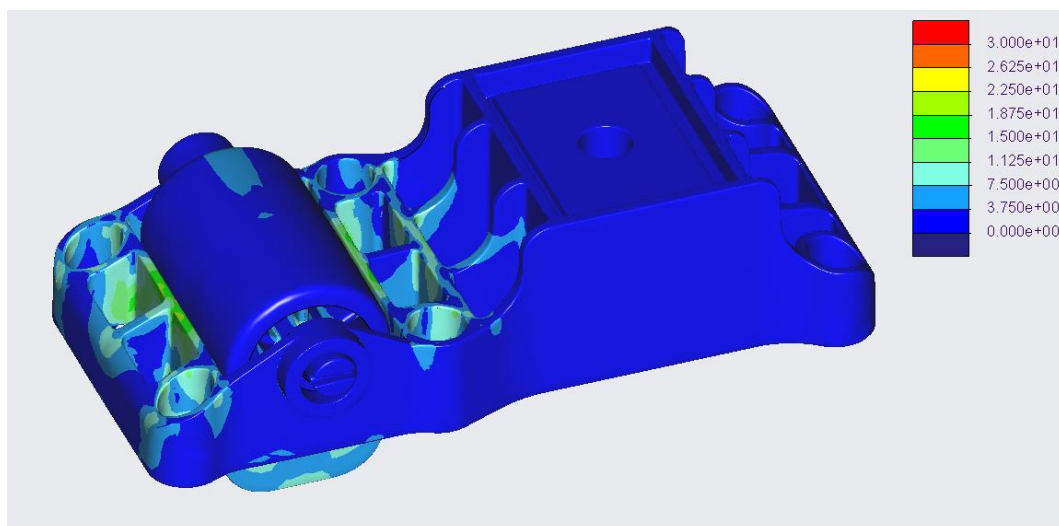


Figura 66. Tensiones de Von Mises patín 2ª generación

³ Este valor ha sido recogido del estudio resistente del proyecto de partida.

Se han escalado las tensiones a **30 MPa** ya que es la tensión admisible planteada para el HDPE en este proyecto. Se ha decidido trabajar con la tensión admisible y no con el límite elástico ya que el límite elástico es una propiedad intrínseca del material mientras que la tensión admisible es una tensión reducida para trabajar desde la seguridad.

Como se puede observar, el conjunto soporta los esfuerzos planteados ya que no se aprecian tensiones elevadas en el mapa de tensiones. Sin embargo, si se observa el patín desde la zona inferior se puede observar que hay determinadas esquinas rojas donde se acumulan las tensiones.

Estas zonas de acumulación de tensiones no son preocupantes ya que es la zona de apoyo con el contenedor, y en el caso real los esfuerzos se repartirían al contenedor.

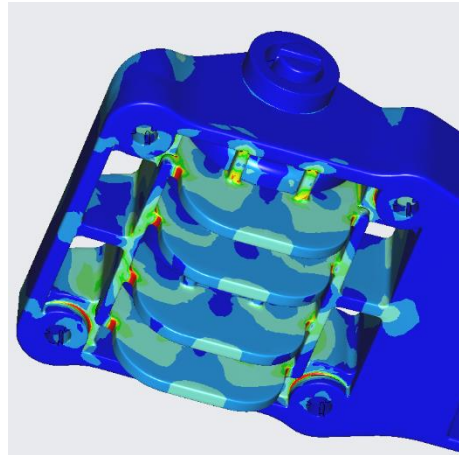


Figura 67. Detalle tensiones patín 2ª generación

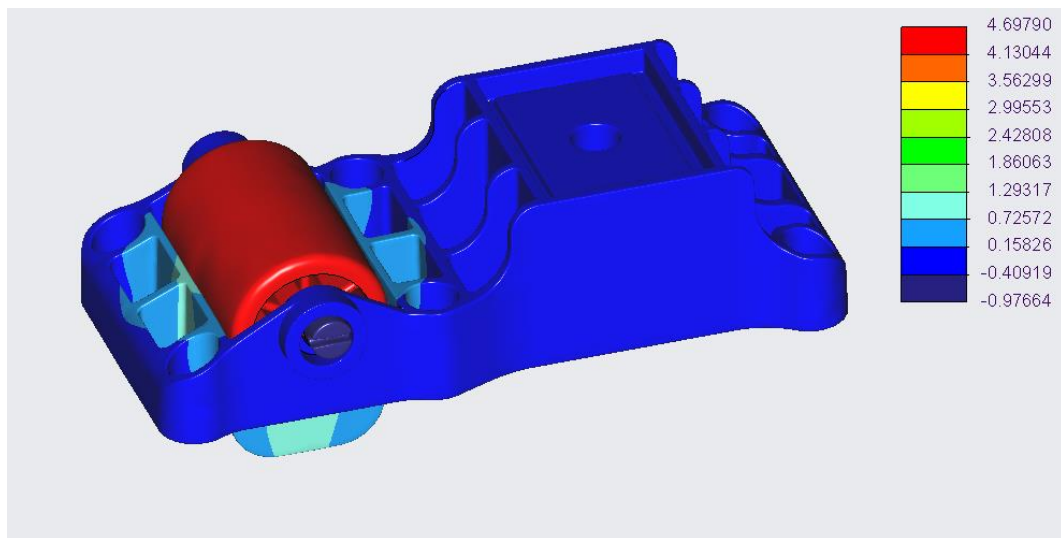


Figura 68. Desplazamientos patín 2ª generación

Respecto a los desplazamientos se han observado que es el rodillo el que se desplaza casi **5 mm**, valor que se puede ignorar debido a las holguras entre eje y rodillo, que permiten que este último pueda moverse dentro del alojamiento.

Patín 3ª generación

Para analizar el caso del rediseño del patín, se ha realizado un ensamblaje con el rodillo y el resto del patín como piezas separadas ya que las pruebas realizadas con las entradas el software no permite la rotura de esas partes por lo que arrastran tensiones y los resultados no corresponden con la realidad.

Se han utilizado las mismas condiciones que en el caso anterior, restricciones de movimiento en los alojamientos de los tornillos, fuerza de **3.500N**, excepto que esta vez el conjunto es entero en **HDPE**:

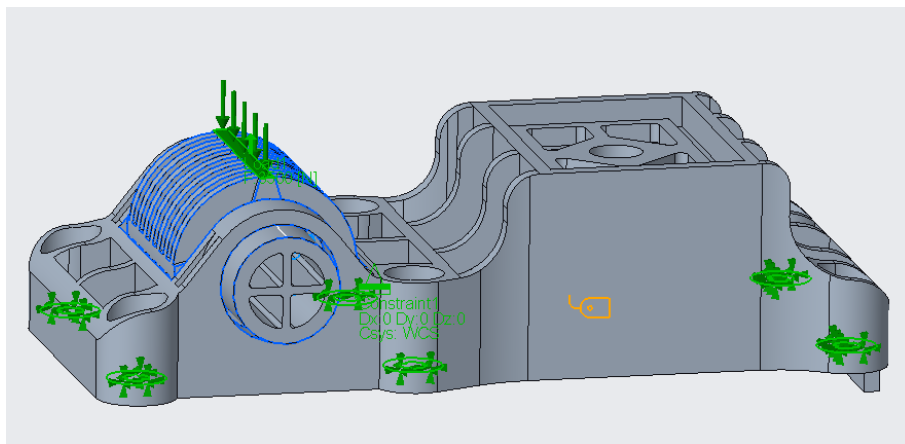


Figura 69. Cargas y sujeciones patín rediseño

A continuación, se observa el mapa de tensiones de Von Mises escaladas a la tensión admisible del material. También se ha escalado la deformación x 2 para poder observar mejor la tendencia de deformación.

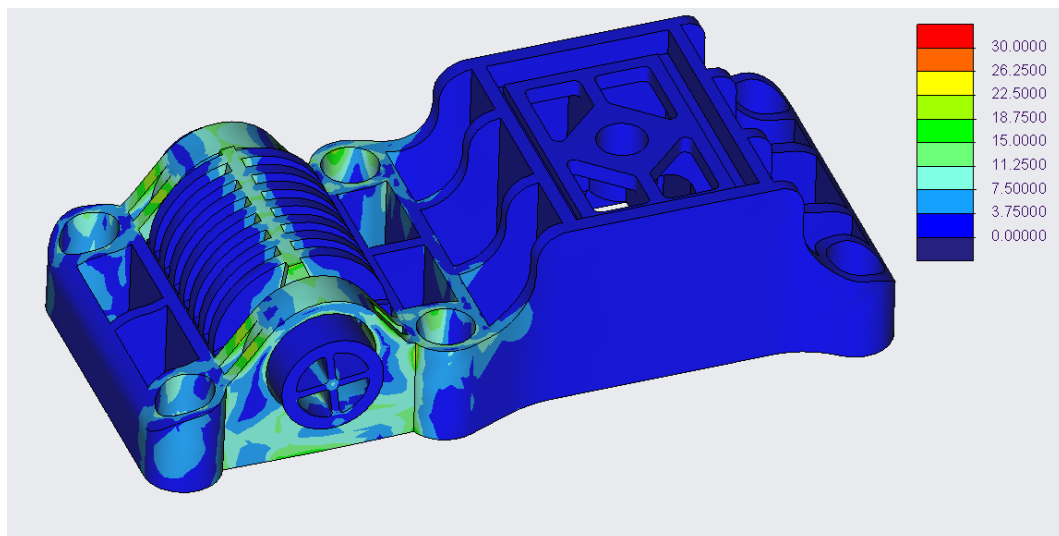


Figura 70. Tensiones Von Mises patín rediseño

Comparando este caso con el patín de 2ª generación, se observa un incremento en las tensiones, al haber cambiado las dimensiones y materiales de la pieza. Se observan acumulaciones de tensiones en los apoyos de los alojamientos del patín del orden de los **20 MPa**, por lo que no se supera la tensión admisible planteada.

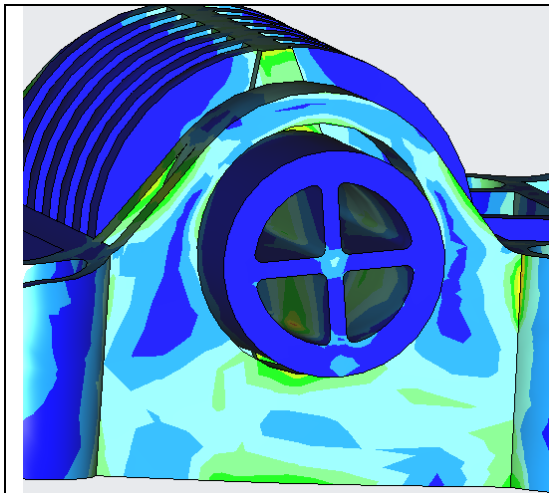


Figura 71. Vista detalle tensiones VM patín 3ª gen

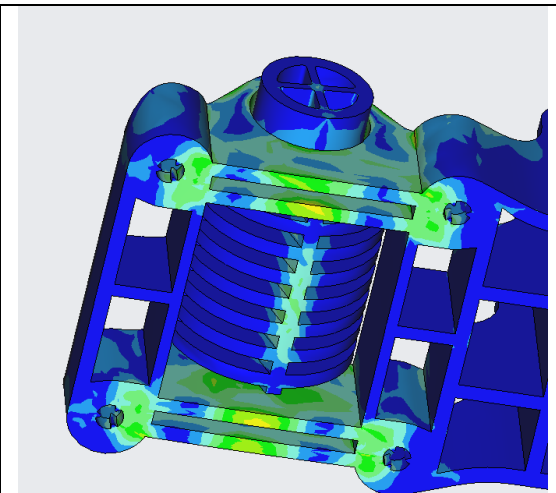


Figura 72. Vista detalle 2 tensiones VM patín 3ª gen

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 admisible del material.

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.

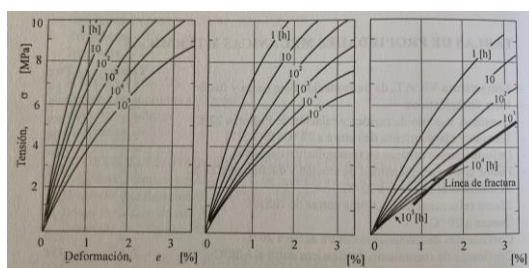


Figura 73. Diagramas isócronos del HDPE (α 23, 40 y 65°C)

Como se puede observar en el siguiente diagrama, el módulo de elasticidad varía dependiendo de la temperatura y del tiempo al que está sometido a esfuerzos la pieza.

Observando esto, se ha de recalcar que este proyecto trata de plantear una posible nueva versión del patín de 2ª generación, pero es sólo un primer paso donde no se está teniendo en cuenta todas las variables y que, en posteriores fases del proyecto se podría simular de manera más realista y teniendo en cuenta todas estas variables que ahora mismo se han decidido aproximar debido a la extensión del proyecto.

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, ya que las 8 entradas a cada lado deben ser lo suficientemente grandes para que el plástico pueda fluir por ellas y completar el llenado de la pieza, y lo suficientemente pequeñas para que una vez puesta en funcionamiento la pieza, se rompan en el primer movimiento para dejar libre el movimiento del rodillo respecto al patín.

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

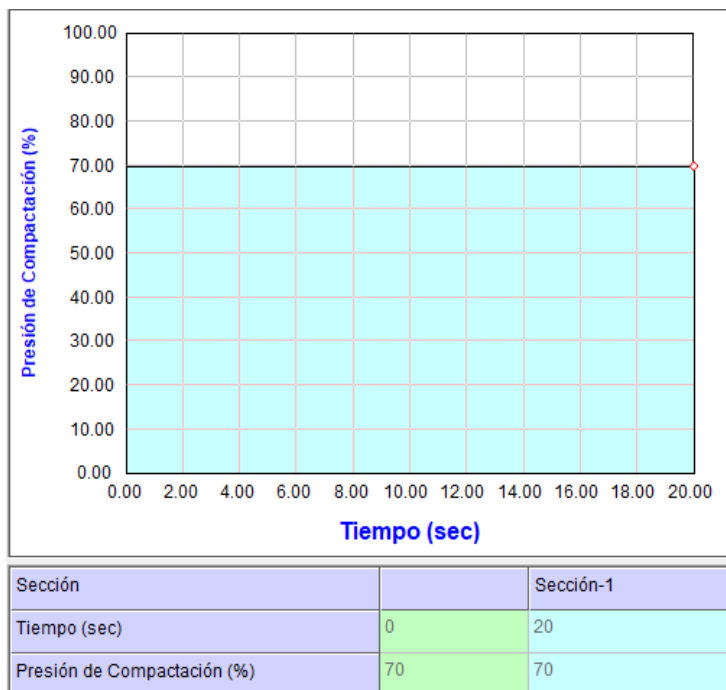
4.4.3 Estudio bi-material

4.4.1 LLENADO POR UNA ENTRADA.

Se han planteado distintos puntos de inyección, todos con las mismas condiciones de llenado que se muestran a continuación, así como el perfil de presión de compactación:

[Llenado]	
Tiempo de Llenado (sec)	2
Temperatura del fundido (oC)	245
Temperatura del molde (oC)	40
Presión máxima de Inyección (MPa)	150
Volumen de Inyección (cm ³)	290.754
[Compactación]	
Tiempo de Compactación (sec)	20
Presión máxima de Compactación (MPa)	150
[Enfriamiento]	
Tiempo de enfriamiento (sec)	25
Tiempo de apertura del molde (sec)	5
Temperatura de expulsión (oC)	104.85
Temperatura del aire (oC)	25
[Misceláneo]	
Tiempo del ciclo (sec)	52

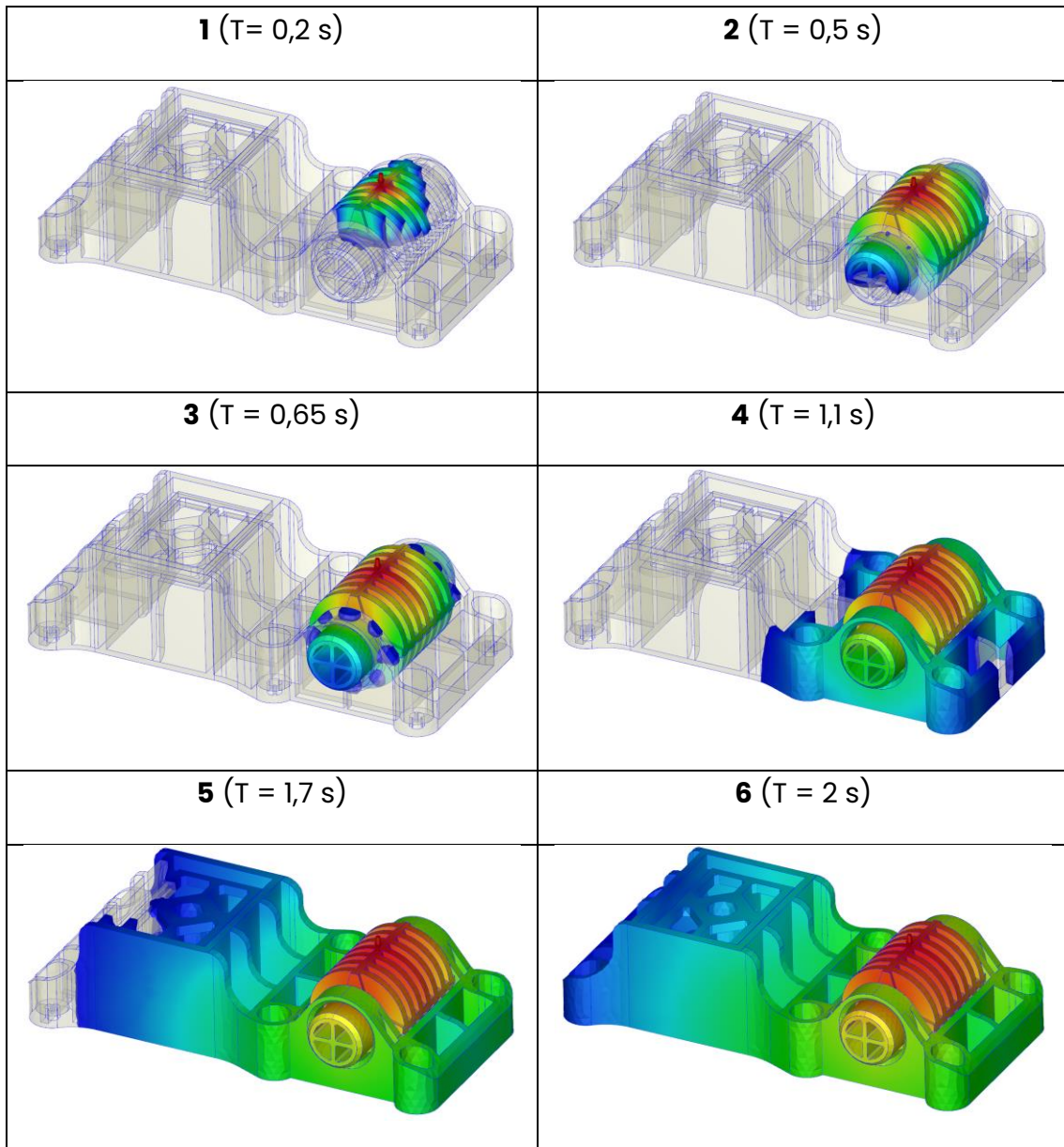
Tabla 5. Condiciones llenado por una entrada



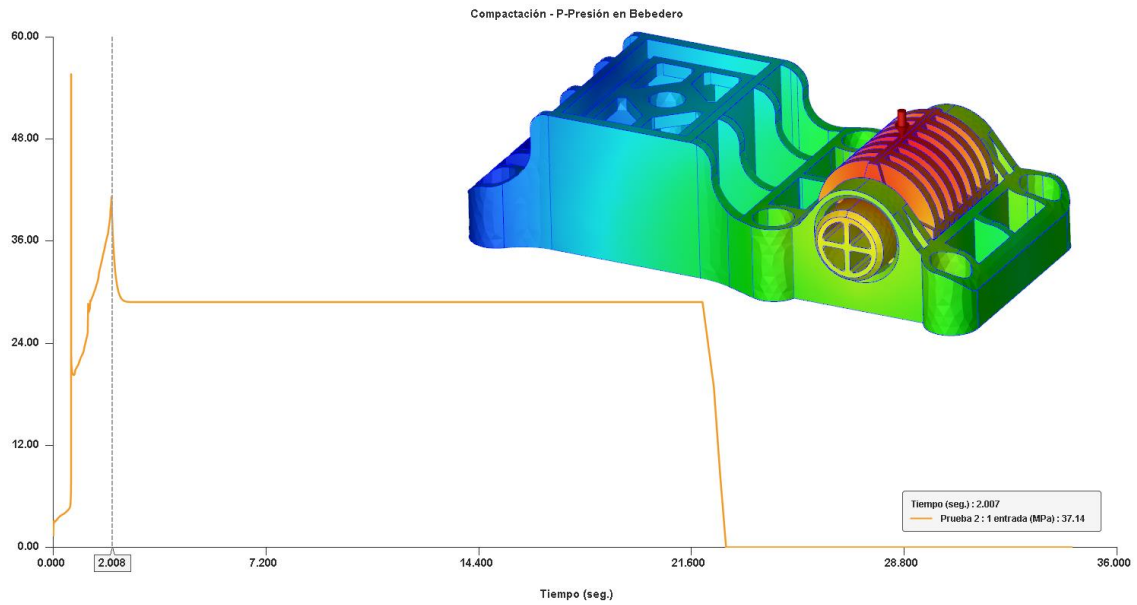
4.4.1.1 Desde el rodillo

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

Llenado

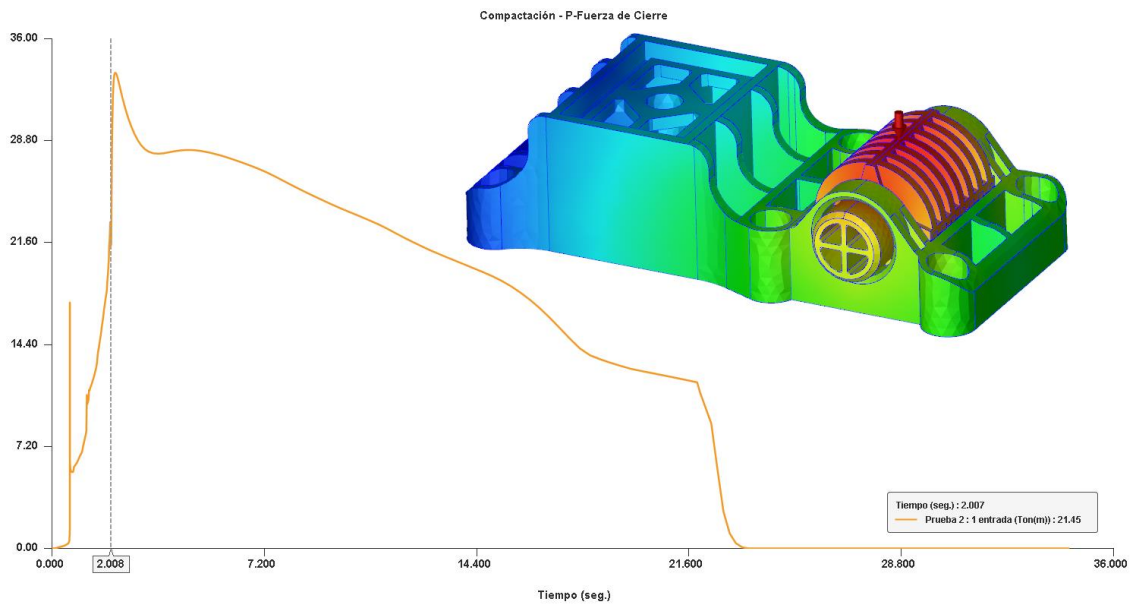


Presión en bebedero



Se observa un pico de valor aproximado de **50 MPa** en el instante 0,7 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.

Fuerza de cierre



Se alcanza una fuerza de cierre máxima de alrededor de **30 toneladas** al final del llenado. En esta gráfica también se puede observar el instante donde se llena completamente el rodillo y el material tiene que avanzar por los pasos al resto de la pieza.

En este caso las presiones no son muy elevadas y la fuerza de cierre es razonable para el tamaño de pieza, por lo que podríamos suponer que es un llenado correcto, pero se ha decidido analizar en detalle las pequeñas entradas del rodillo al patín para observar si no se enfrían demasiado rápido o degradan el material por velocidad o tensión de cizalladura.

Como se puede observar, se ha escalado la tensión de cizalladura a 0,3 MPa, por lo que las zonas rojas son aquellas que superan ese valor. En las pequeñas entradas del rodillo al patín podemos observar que, si el material está constantemente a esas tensiones, podría degradarse perjudicando las propiedades del mismo.

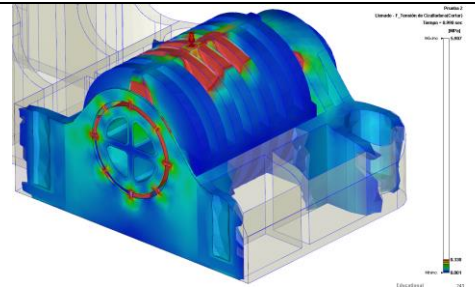


Figura 74. Corte rodillo tensión de cizalladura

Adicionalmente se ha comprobado la temperatura durante la compactación, para analizar la capa de fundido que fluye a través de las entradas. Se ha tenido en cuenta la temperatura de consolidación del material utilizado, que es **124,85°C**, por lo que se puede suponer que cuando la temperatura del fundido sea inferior a este valor, el material dejará de fluir por esa entrada:

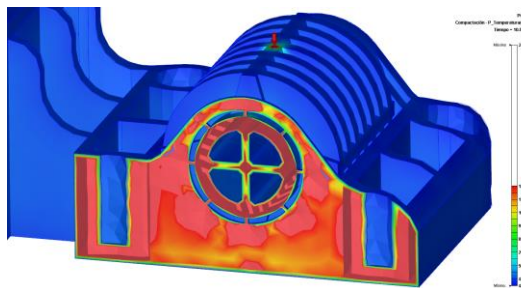


Figura 75. Corte rodillo detalle temperatura

En el instante 10s, se puede observar como las entradas de la parte derecha ya han alcanzado una temperatura inferior a la temperatura de consolidación del HDPE, por lo que por esas entradas ya no fluirá más material y la compactación dejará de ser efectiva.

A los 18 segundos del ciclo solo quedan 3 entradas por las que sigue fluyendo material, por lo que la compactación en este momento ya no es efectiva.

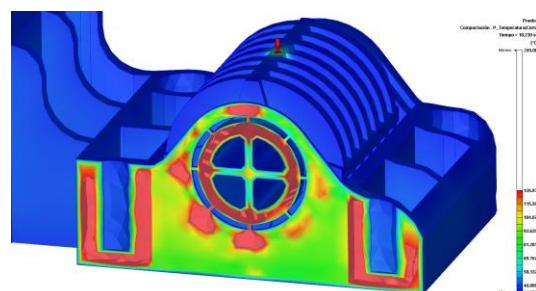
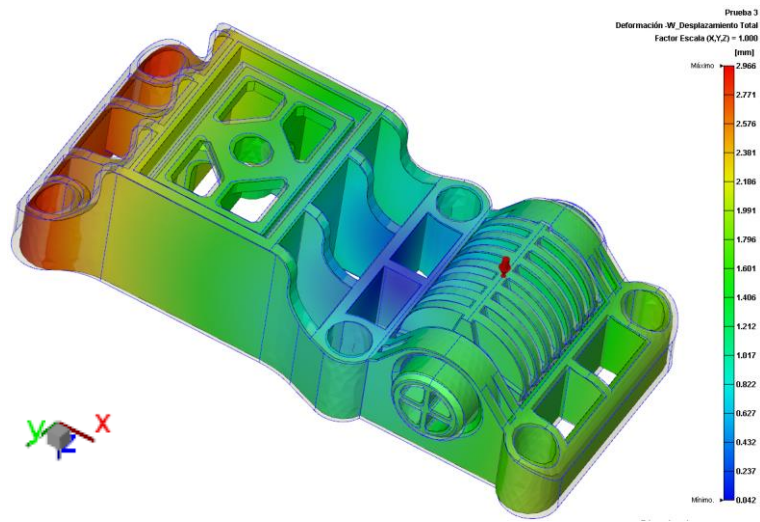


Figura 76. corte rodillo detalle temperatura 2

Deformación

A continuación, se muestra la tendencia de deformación que tomará la pieza:



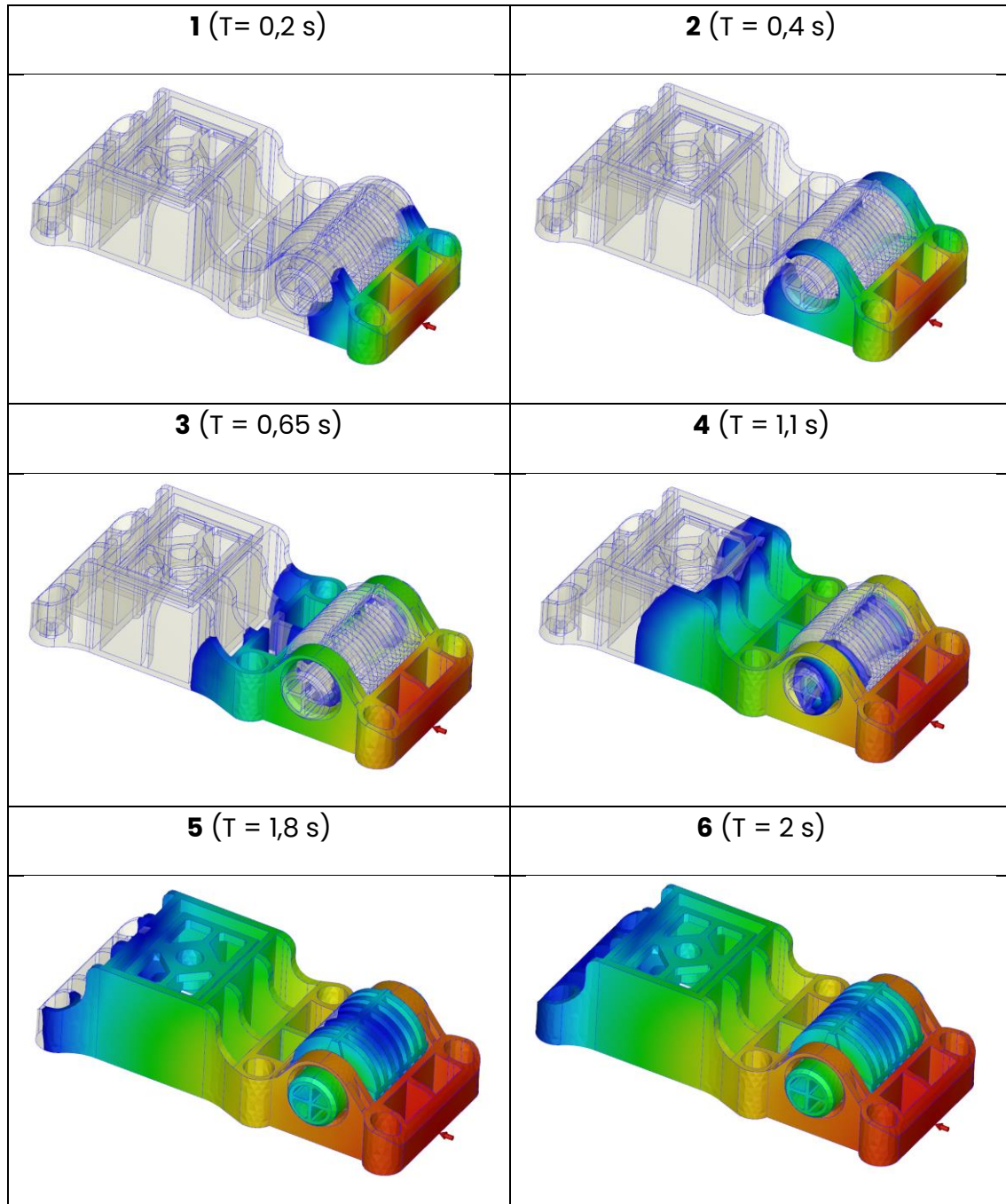
Deformación X	Deformación Y	Deformación Z
2,8 mm	1 mm	0,7 mm

En este caso se observa que la deformación en X es mayor y ligeramente superior en el extremo opuesto al rodillo debido a que es la zona más alejada del punto de inyección por lo que es la zona que menos se compacta.

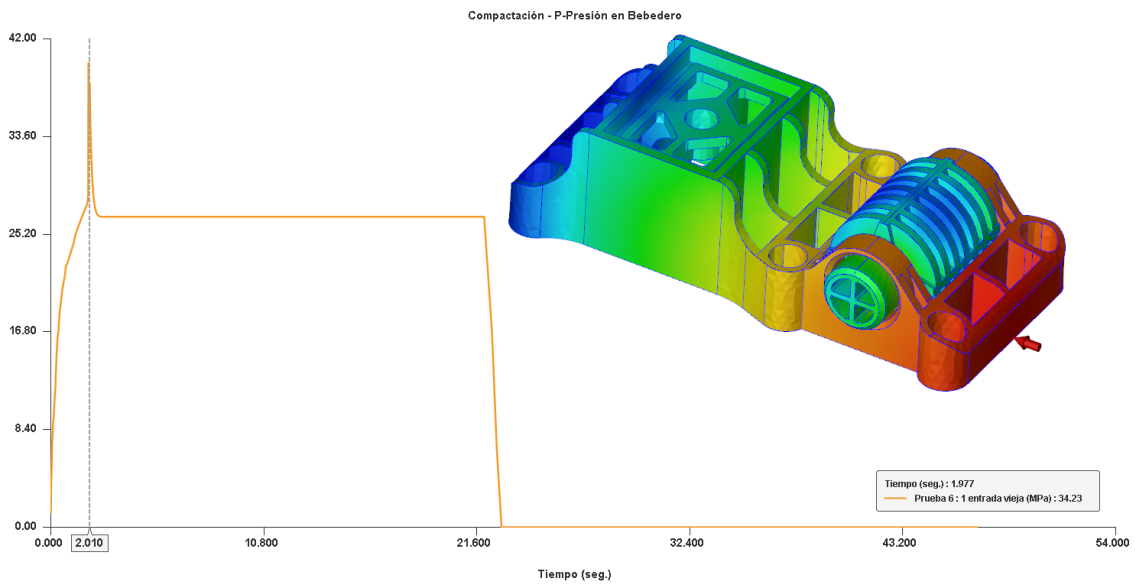
4.4.1.2 Desde el lateral

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.

Llenado

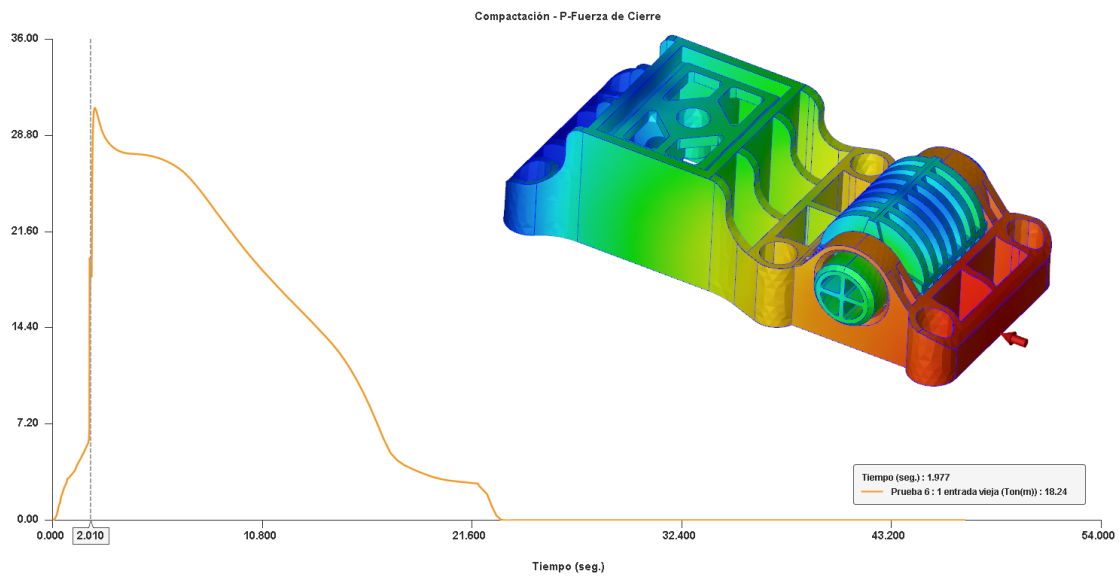


Presión en bebedero



En este caso el perfil de llenado se asemeja más a un llenado progresivo en el que se alcanza un valor máximo alrededor de los **40 MPa**.

Fuerza de cierre



La máxima fuerza de cierre alcanzada sigue siendo de unas **30 toneladas**, y como en la presión en el bebedero, en este caso no se observa un aumento repentino de presión ni fuerza de cierre cuando el material avanza por los pequeños pasos.

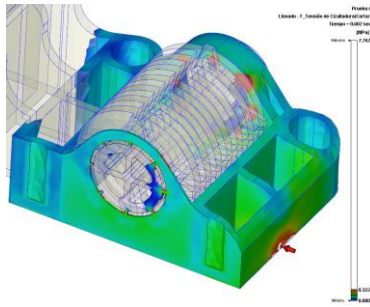


Figura 77. Corte patin tensión de cizalladura

Al ser un llenado desde un solo punto, las pequeñas entradas al rodillo siguen siendo puntos críticos para el llenado, pero se puede observar que en este caso la tensión de cizalladura es menor, debido a que el material va entrando al rodillo poco a poco.

Respecto a la temperatura, se observa que en el instante de $t= 10s$, casi la mitad de las entradas han alcanzado la temperatura de consolidación, por lo que a partir de ese momento la compactación del rodillo será poco efectiva.

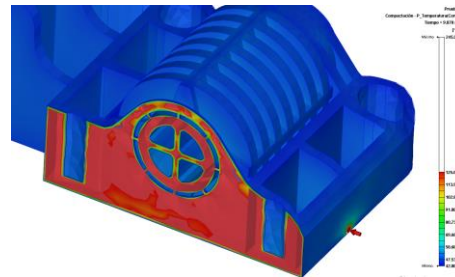
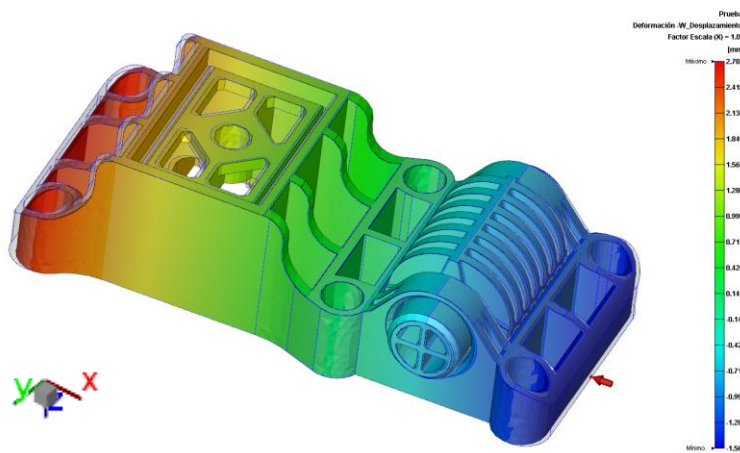
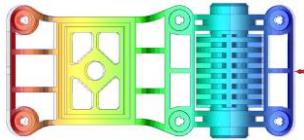
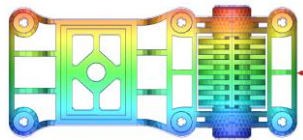
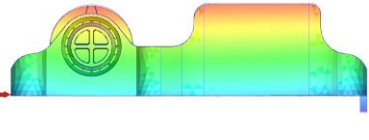


Figura 78. Corte patin temperatura

Deformación

A continuación, se muestra la tendencia de deformación que tomará la pieza:



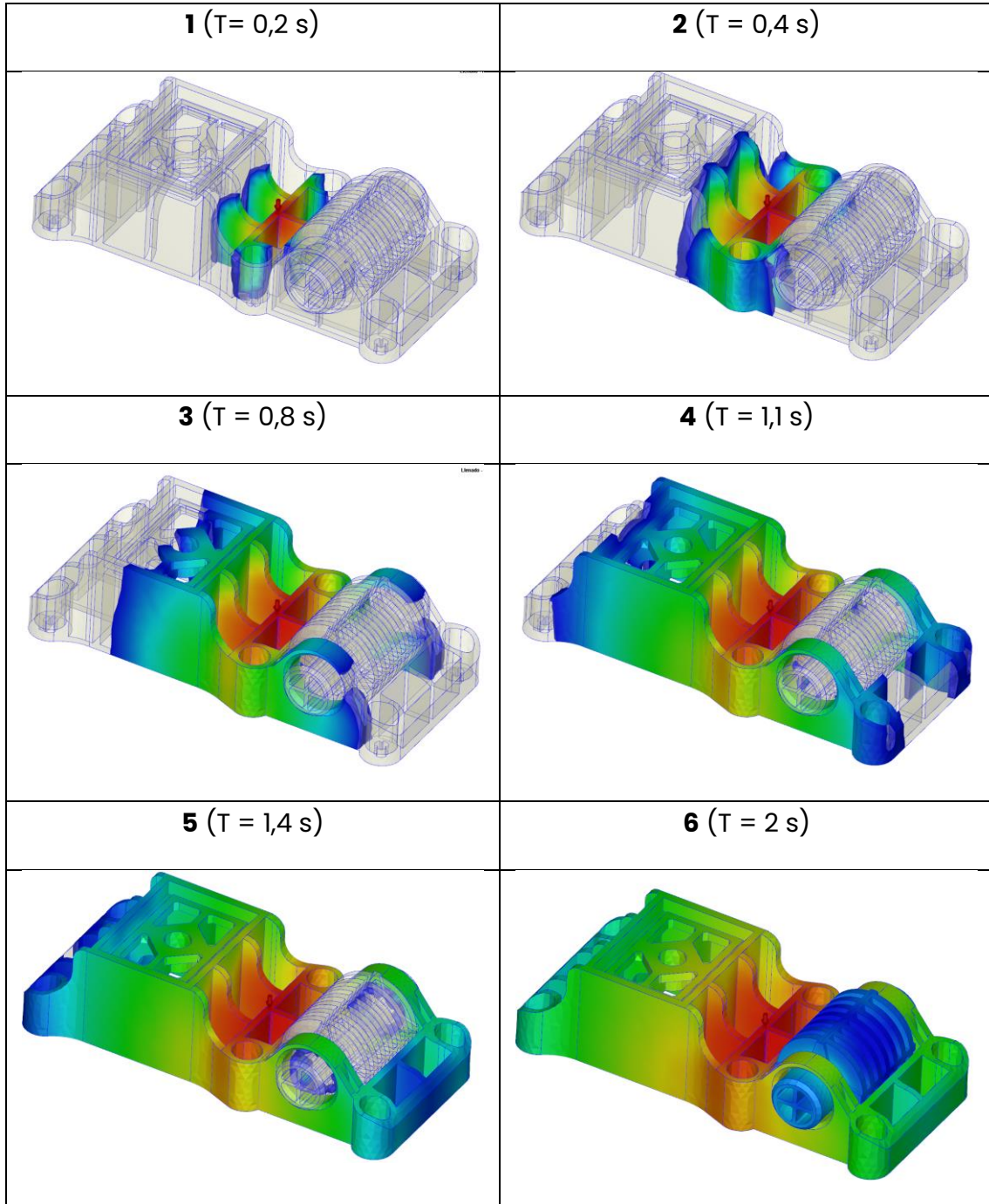
Deformación X	Deformación Y	Deformación Z
		
2,7 mm	1 mm	0,7 mm

En este caso se observa que la deformación en X es mayor y ligeramente superior en el extremo opuesto al rodillo debido a que es la zona más alejada del punto de inyección por lo que es la zona que menos se compacta.

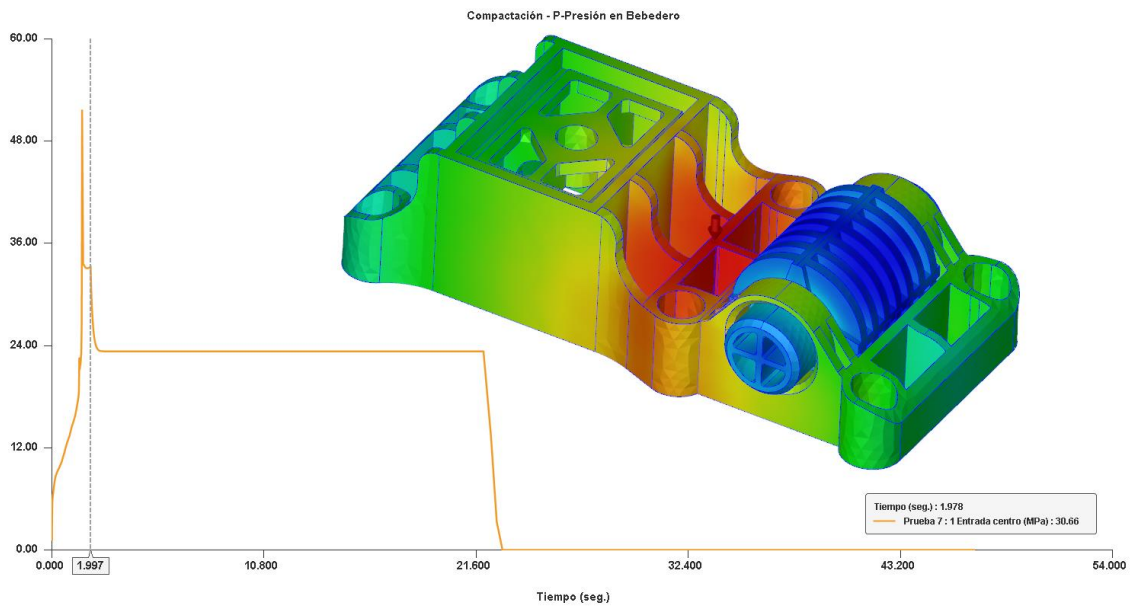
4.4.1.3 Desde el centro

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

Llenado

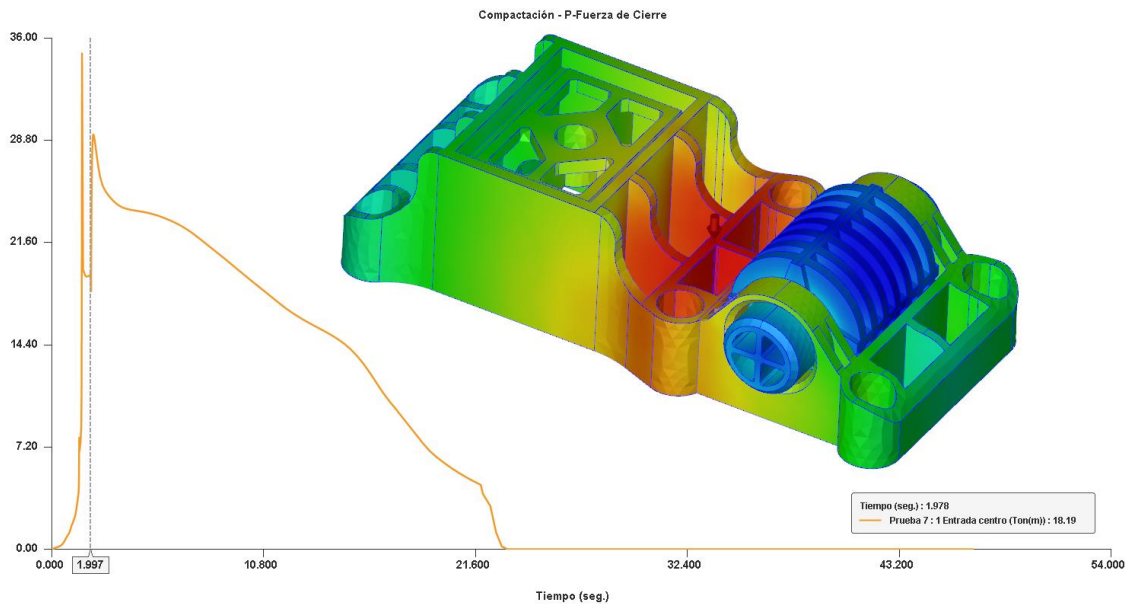


Presión en bebedero

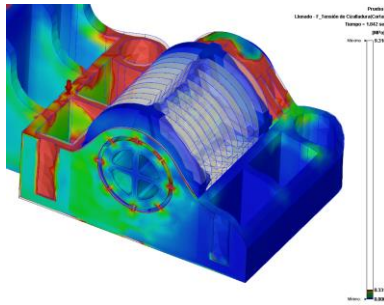


Respecto a la presión en el bebedero se observa un pico de presión en el momento en el que se termina de llenar el patín y solo queda por llenar el rodillo, alcanzando un valor máximo aproximado de **50 MPa**.

Fuerza de cierre



La gráfica de la fuerza de cierre se corresponde con la presión en el bebedero y se vuelve a observar ese pico en el instante que termina de llenarse el patín, alcanzando una máxima aproximada de **35 toneladas**.



En este caso la tensión de cizalladura vuelve a tener importancia ya que el material entra al rodillo cuando el resto de la pieza está lleno, esto genera altas tensiones de cizalladura que podrían degradar el material.

Figura 79. Corte patín tensión cizalladura

Llenando desde el centro de la pieza, las pequeñas entradas alcanzan la temperatura de consolidación en el segundo 11, por lo que a partir de ese momento la compactación dejaría de ser efectiva en el rodillo.

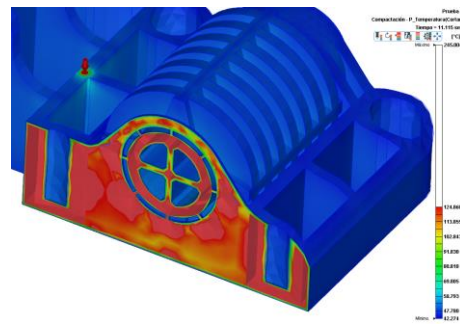
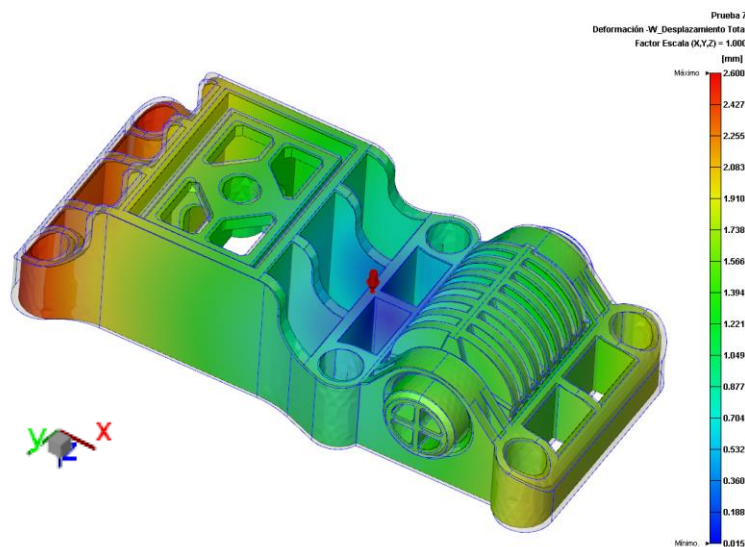
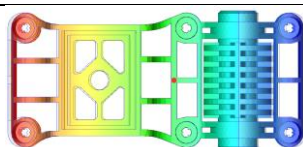
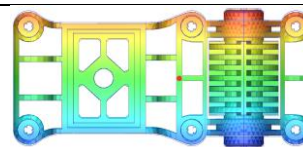
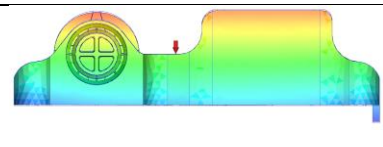


Figura 80. Corte patín temperatura

Deformación

A continuación, se muestra la tendencia de deformación que tomará la pieza:



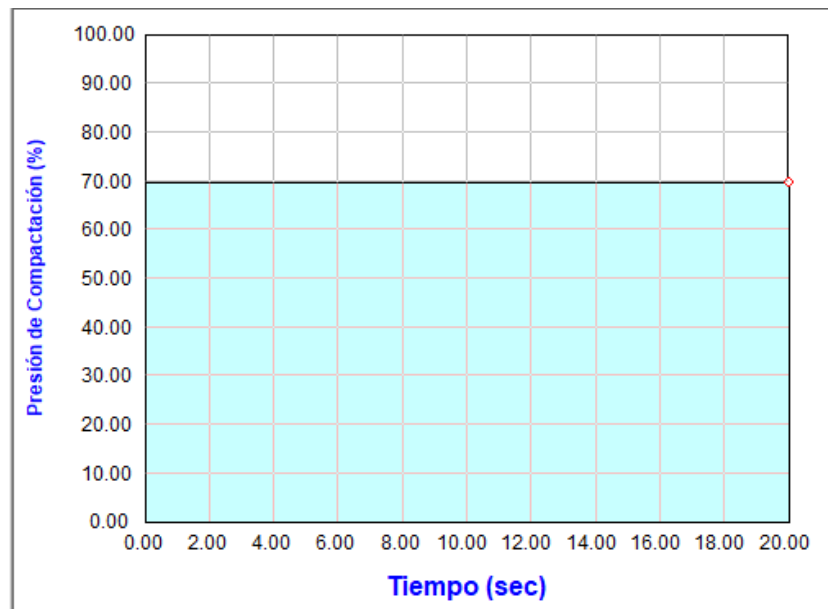
Deformación X	Deformación Y	Deformación Z
		
2,4 mm	1,1 mm	0,7 mm

En este caso la contracción es más simétrica y está más equilibrada ya que el punto de inyección se encuentra cerca del centro de la pieza.

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 los 3 casos las condiciones de proceso son las mismas, mostradas a continuación:

[Llenado]	
Tiempo de Llenado (sec)	2
Temperatura del fundido (oC)	245
Temperatura del molde (oC)	40
Presión máxima de Inyección (MPa)	150
Volumen de Inyección (cm ³)	290.754
[Compactación]	
Tiempo de Compactación (sec)	20
Presión máxima de Compactación (MPa)	150
[Enfriamiento]	
Tiempo de enfriamiento (sec)	25
Tiempo de apertura del molde (sec)	5
Temperatura de expulsión (oC)	104.85
Temperatura del aire (oC)	25
[Misceláneo]	
Tiempo del ciclo (sec)	52

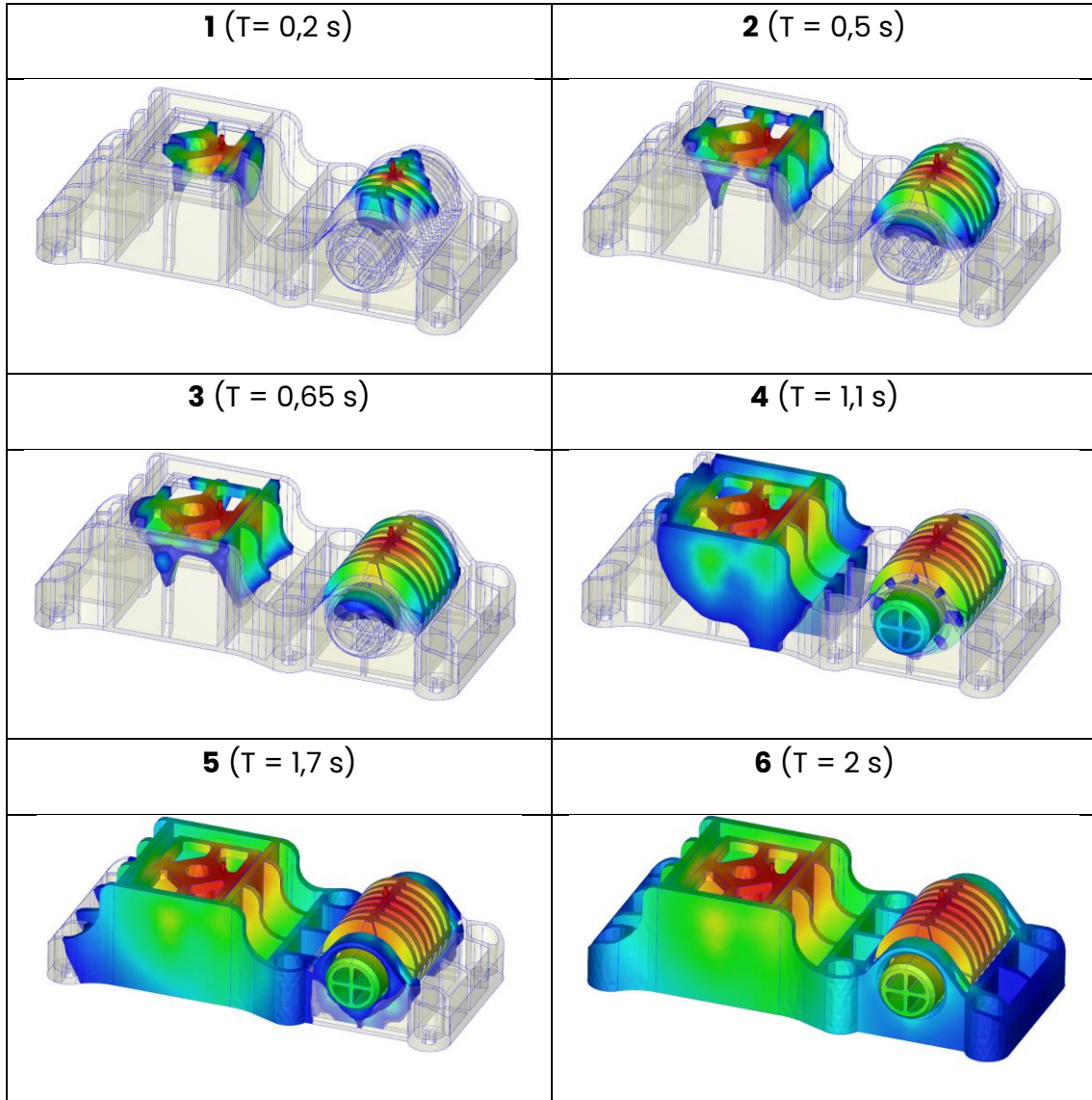


Sección		Sección-1
Tiempo (sec)	0	20
Presión de Compactación (%)	70	70

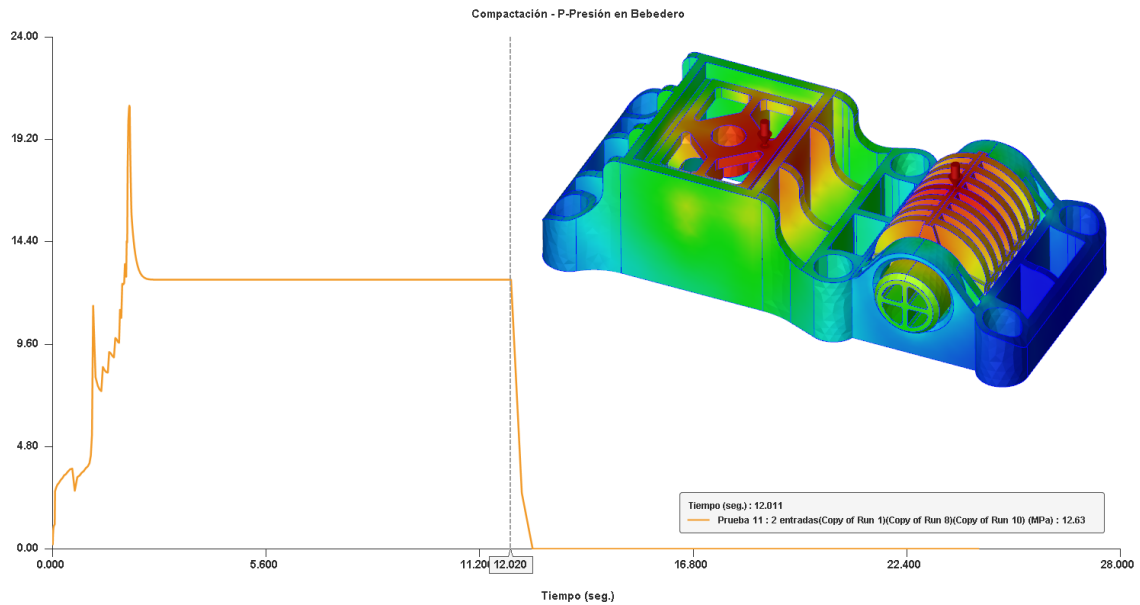
4.4.2.1 Desde el rodillo y el centro

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.

Llenado

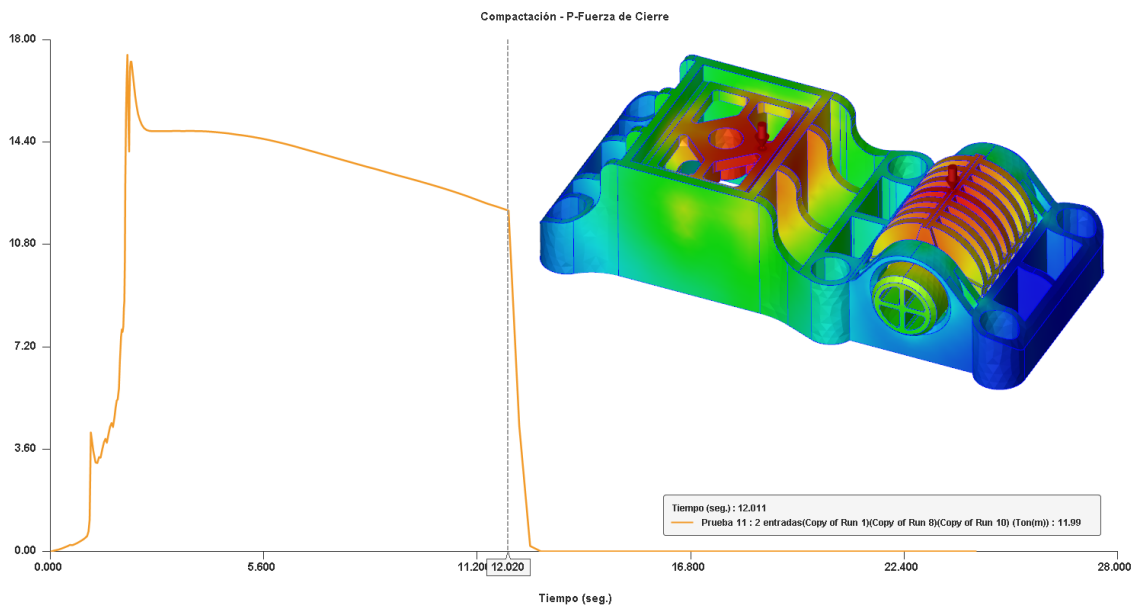


Presión en bebedero

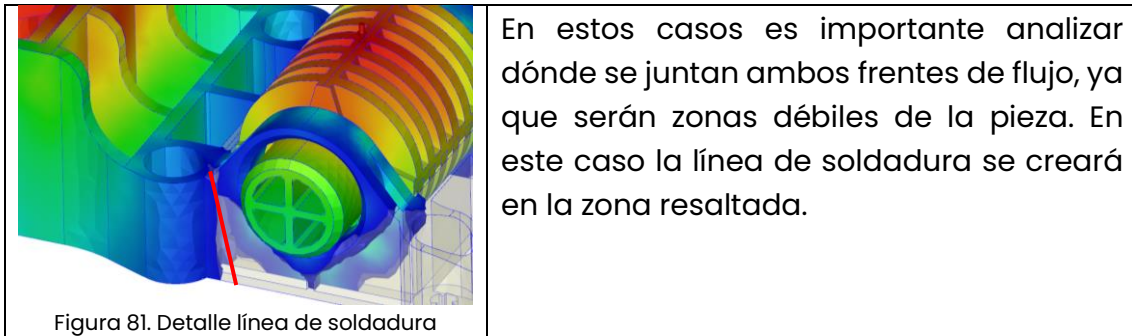


En la gráfica de presión se observa un pico en el instante **1 s**, que corresponde con el momento en el que el rodillo está completamente lleno y el plástico debe avanzar por los pequeños pasos al resto de la pieza. La máxima presión que se alcanza ronda los **20 MPa**.

Fuerza de cierre

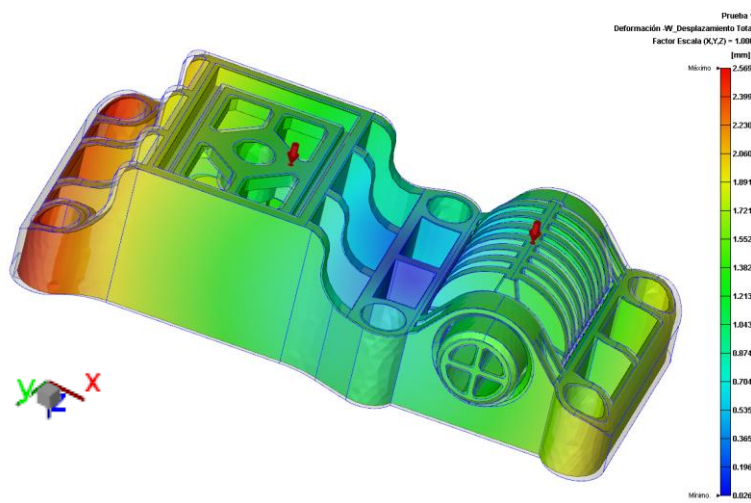


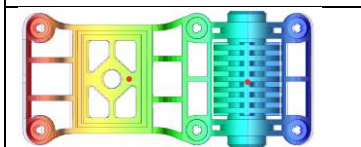
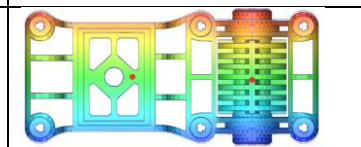
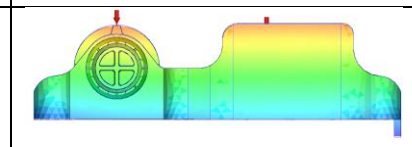
Se alcanza una fuerza de cierre máxima de alrededor de **18 toneladas** al final del llenado. El pico en el instante **1 s**, corresponde con la gráfica de presión en el instante en que se llena el rodillo.



Deformación

A continuación, se muestra la tendencia de deformación que tomará la pieza:



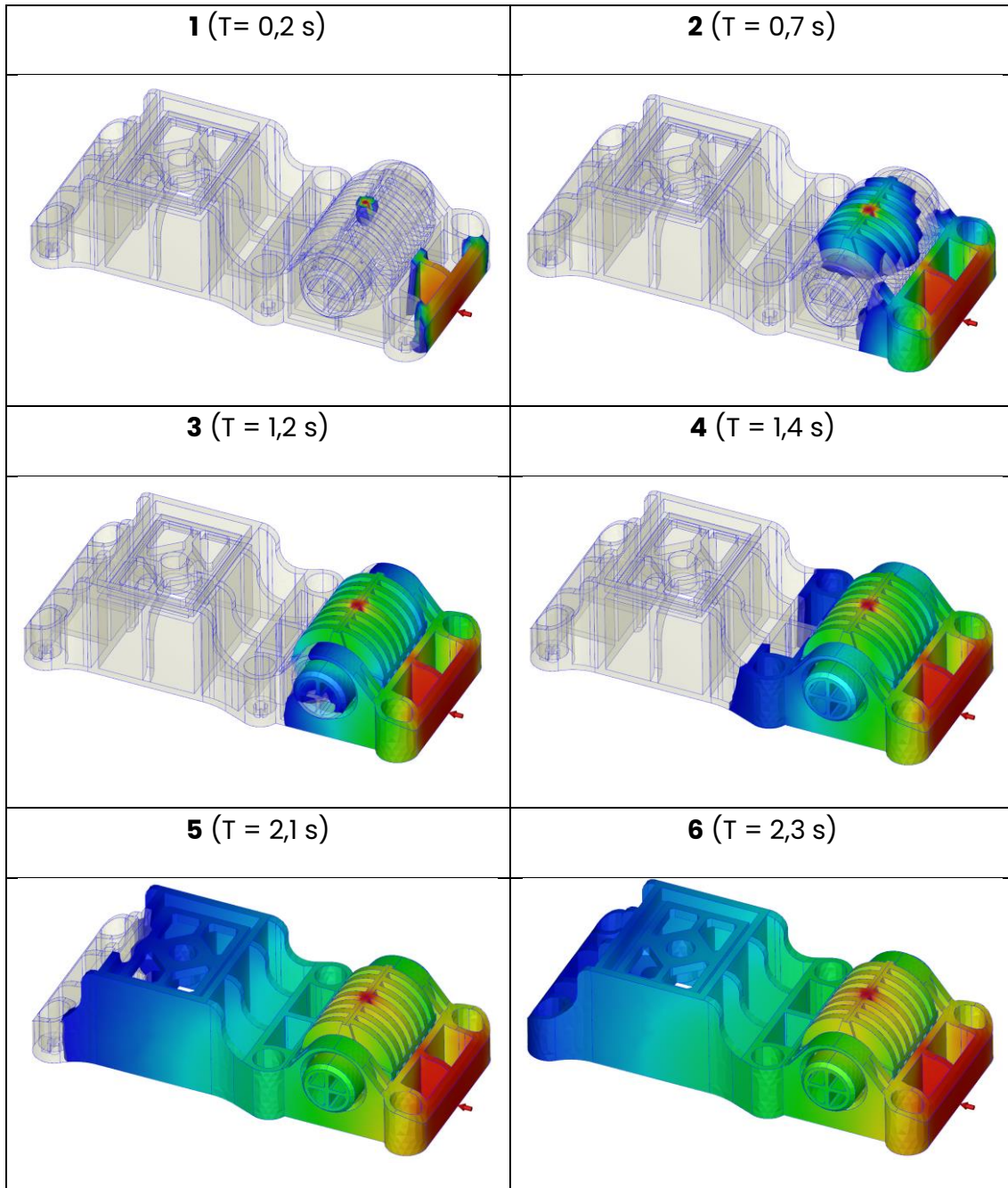
Deformación X	Deformación Y	Deformación Z
		
2,4 mm	1 mm	0,7 mm

En este caso se observa una contracción ligeramente menor debido a que al tener dos puntos de entrada facilita la compactación y es más fácil controlar la contracción.

4.4.2.2 Desde el rodillo y el lateral

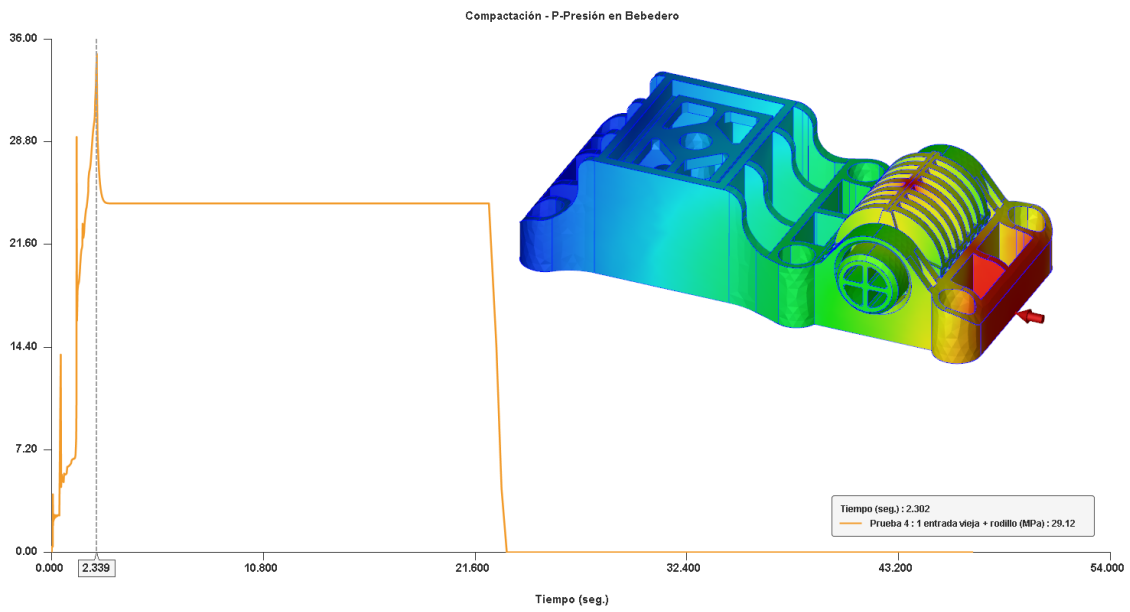
En este estudio se han establecido dos puntos de llenado, uno desde el rodillo y el segundo desde el lateral, zona donde se inyecta el patín de 2ª generación.

Llenado



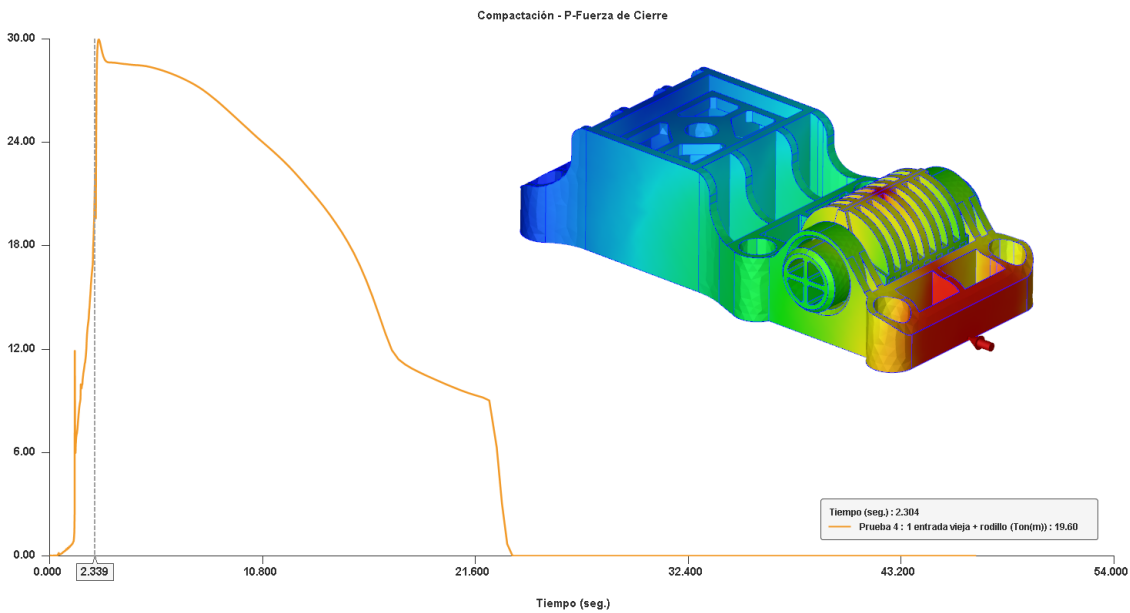
En este caso se ha aumentado el tiempo de llenado hasta 2,3 segundos.

Presión en bebedero



En este caso se observa un pico elevado alrededor de los 30 MPa, instante en el que se llena el rodillo, y el valor máximo que se alcanza en el bebedero se acerca a los **35 MPa**.

Fuerza de cierre

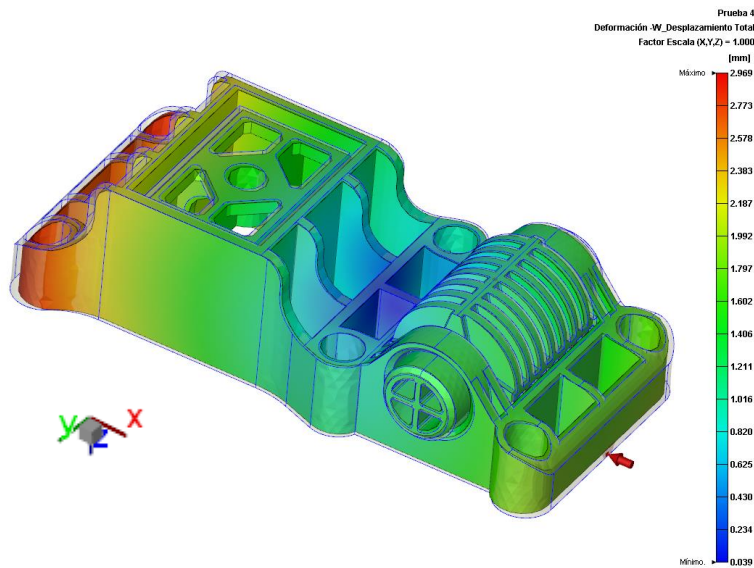


Se alcanza una fuerza de cierre máxima de alrededor de **30 toneladas** al final del llenado. El pico en el instante **1,3 s**, corresponde con el instante en que se llena el rodillo.

En este caso 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 por lo que no se forma línea de soldadura.

Deformación

A continuación, se muestra la tendencia de deformación que tomará la pieza:



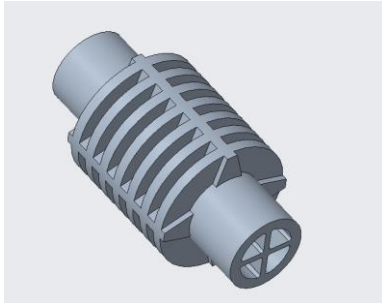
Deformación X	Deformación Y	Deformación Z
2,8 mm	1 mm	0,8 mm

Se observa una ligera contracción mayor de la parte más alejada de las entradas debido que esas zonas se compactan menos.

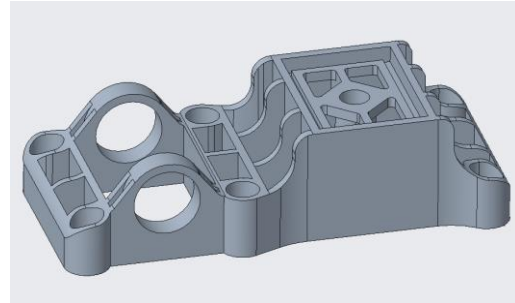
4.4.3 BI-INYECCIÓN

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

RODILLO



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 recogen a continuación:

HDPE

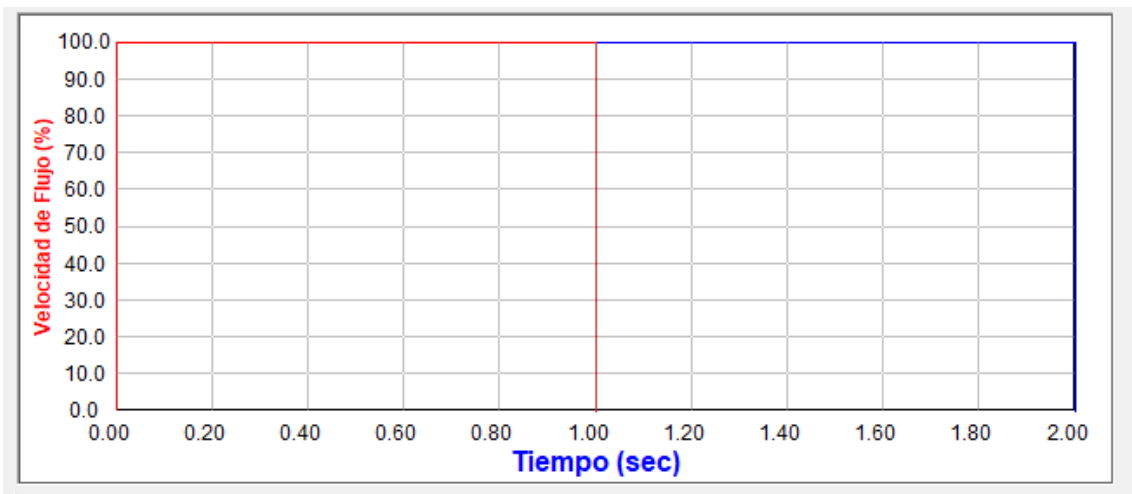
Tipo	Línea	Tipo de Entrada	EM# 1
EM# 1	—	Material	HDPE_SABICHDPEM40053.mtl
EM# 2	—	[Configuración Llenado]	
		Tiempo de Llenado	2 sec
		Máx. velocidad de flujo	145.416 cm ³ /s
		Perfil de la velocidad de flujo	Ajuste de perfil
		Perfil de presión de inyección	Ajuste de perfil

PA66

Tipo	Línea	Tipo de Entrada	EM# 2
EM# 1	—	Material	PA66_UltramidA216V30Natural
EM# 2	—	[Configuración Llenado]	
		Tiempo de Llenado	1 sec
		Máx. velocidad de flujo	290.832 cm ³ /s
		Perfil de la velocidad de flujo	Ajuste de perfil
		Perfil de presión de inyección	Ajuste de perfil

Tipo	Línea	[Configuración de Compactación]
EM# 1	—	Tiempo de Compactación
EM# 2	—	El perfil de Compactación refiere a
		Perfil de presión de Compactación
		temperatura del fundido
		temperatura del molde

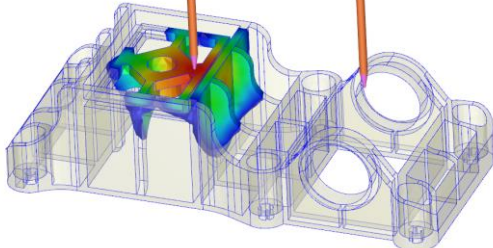
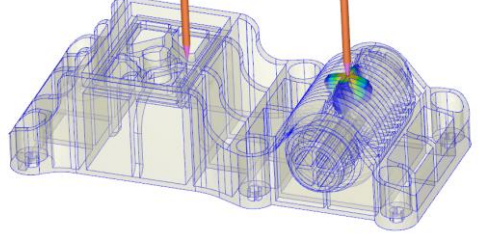
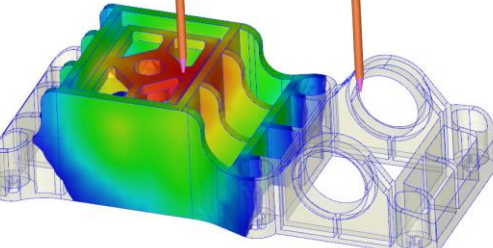
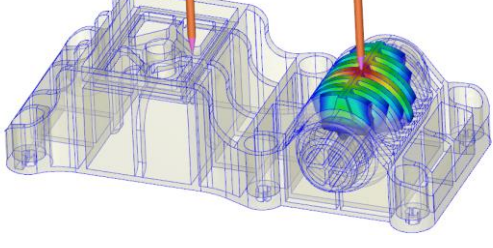
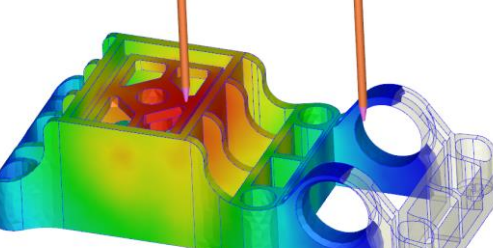
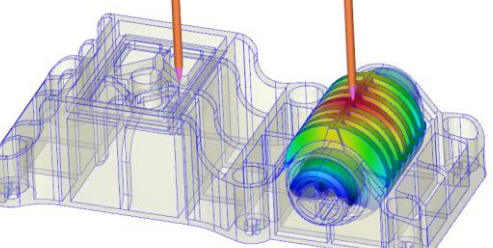
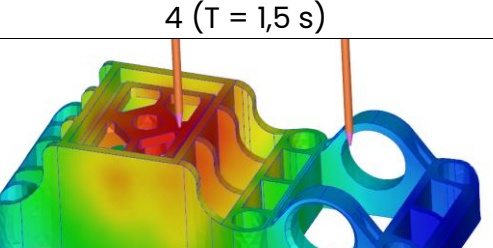
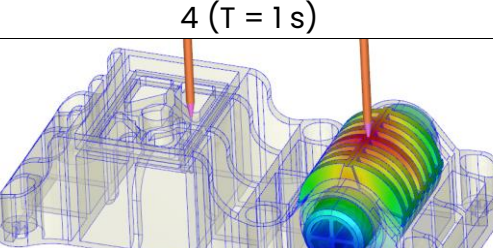
Tipo	Línea	[Configuración de Compactación]
EM# 1	—	Tiempo de Compactación
EM# 2	—	El perfil de Compactación refiere a
		Perfil de presión de Compactación
		temperatura del fundido
		temperatura del molde



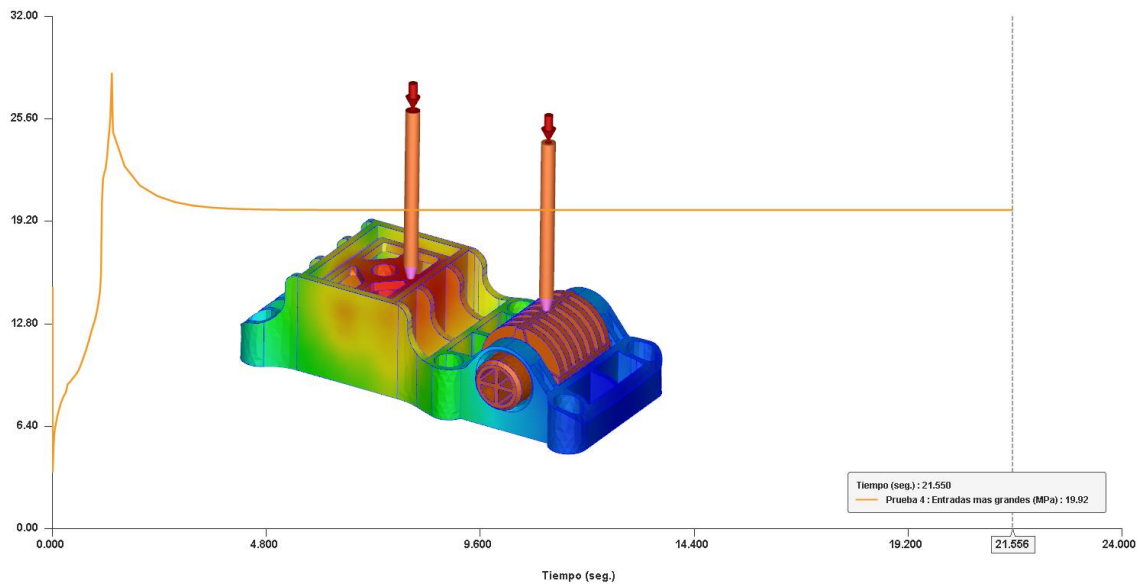
4.4.3.1 Con cámara caliente 8 mm

Se han añadido dos cámaras calientes con entrada directa a pieza, una al rodillo y otra al alojamiento de la goma ya que al ser dos materiales es indispensable que lleve cámara caliente. el llenado es simultáneo, pero se muestra de manera individual para facilitar la comprensión.

Llenado

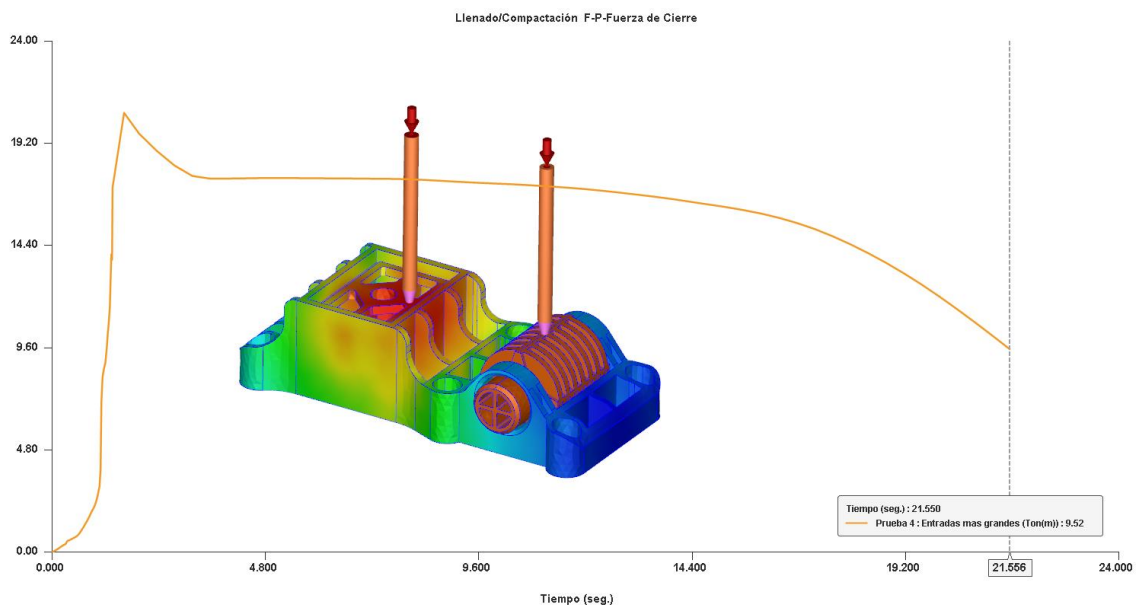
PATÍN	RODILLO
1 (T = 0,2 s)	1 (T = 0,1 s)
	
2 (T = 0,6 s)	2 (T = 0,2 s)
	
3 (T = 1 s)	3 (T = 0,5 s)
	
4 (T = 1,5 s)	4 (T = 1 s)
	

Presión en bebedero



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

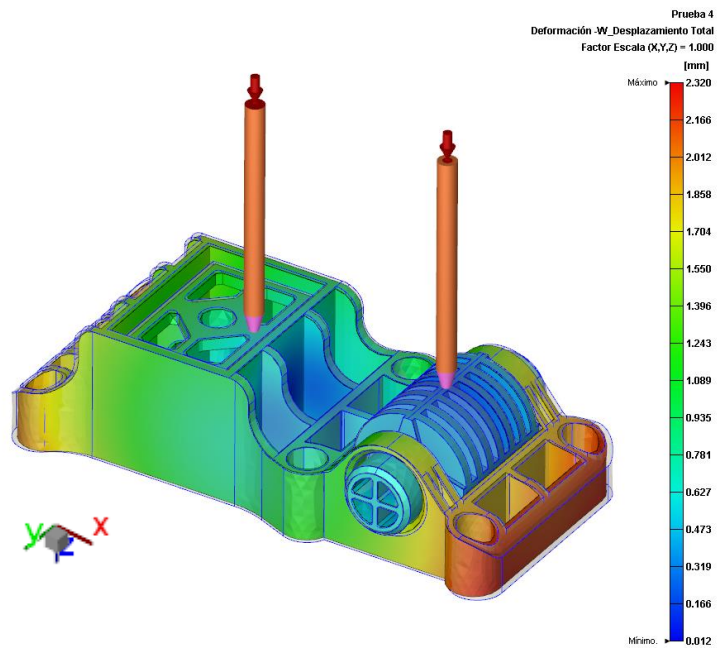
Fuerza de cierre



Se alcanza una fuerza de cierre máxima de alrededor de **21 toneladas** al final del llenado.

Deformación

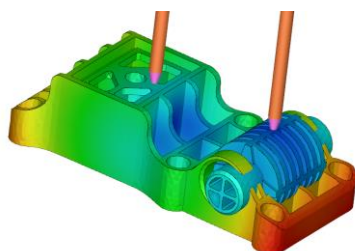
A continuación, se muestra la tendencia de deformación que tomará la pieza:



Deformación X	Deformación Y	Deformación Z
1,9 mm	0,8 mm	0,6 mm

En este caso se observa que la deformación es ligeramente menor que en el resto de casos, pero al utilizar un segundo material, en este caso un material con fibra, existe una diferencia de contracción entre ellos. 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 observar las consecuencias de la diferencia de contracción:



Como se observa en la figura, 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.

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 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.



Figura 82. Render propuesta final

En este proyecto se ha hecho hincapié en la factibilidad y en la posibilidad de su fabricación.

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 PROTOTIPOS

A continuación, se muestran los distintos prototipos que se han realizado a través de impresión 3D con el objetivo de ver el producto en físico y apreciar mejor los cambios planteados:

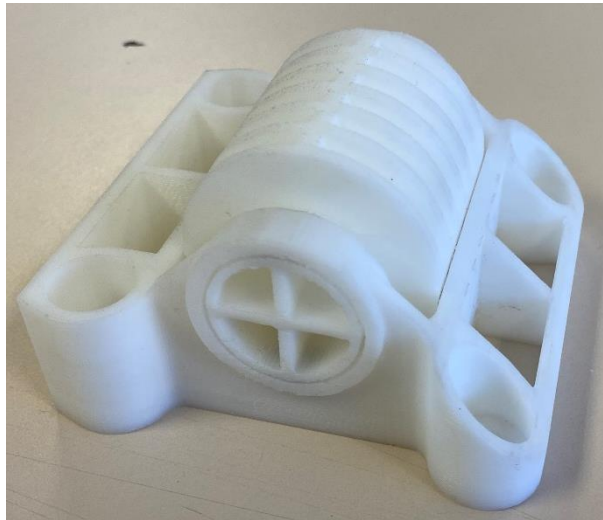


Figura 83. Prototipo 1, detalle rodillo

Al realizar este prototipo se observaron las primeras pruebas y se anotaron distintas mejoras y correcciones para la siguiente versión.

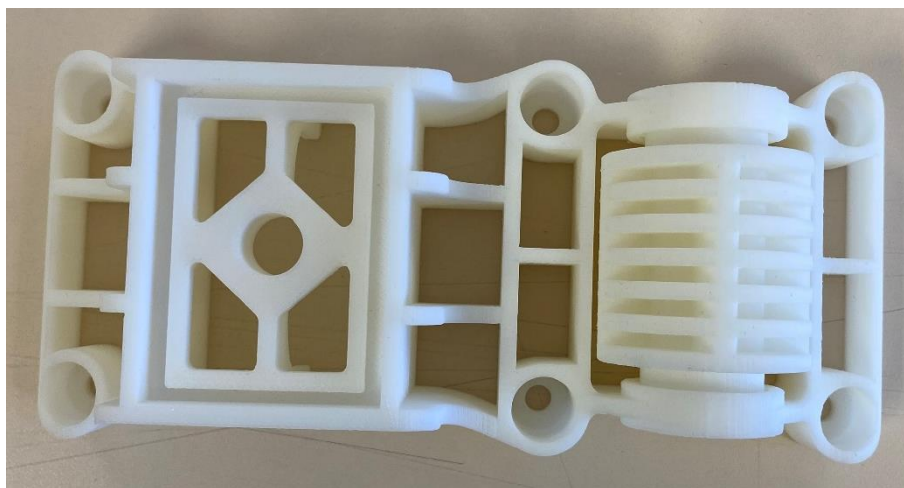


Figura 84. Prototipo 2

Este prototipo se realizó a mitad del proyecto y es una versión que se aproxima más al diseño final, al observarlo, se pudo corregir determinados fallos que no se habían apreciado hasta no ver la pieza en físico.

5.3 RENDERS

En este apartado se muestra en profundidad el rediseño final planteado:



Figura 85. Render 1

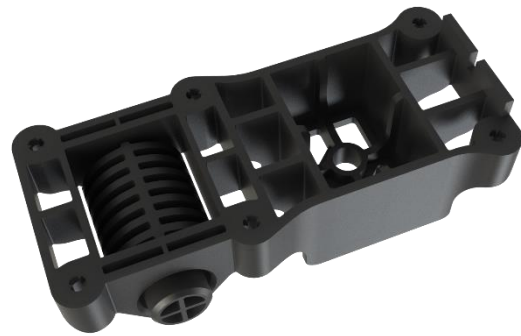


Figura 86. Render 2

VISTAS GENERALES



Figura 87. Render planta

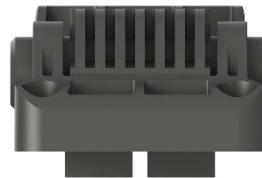


Figura 88. Render perfil

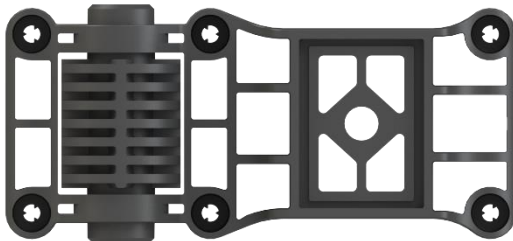


Figura 89. Render alzado

Se plantean distintos cortes de la pieza para entender mejor la geometría final.

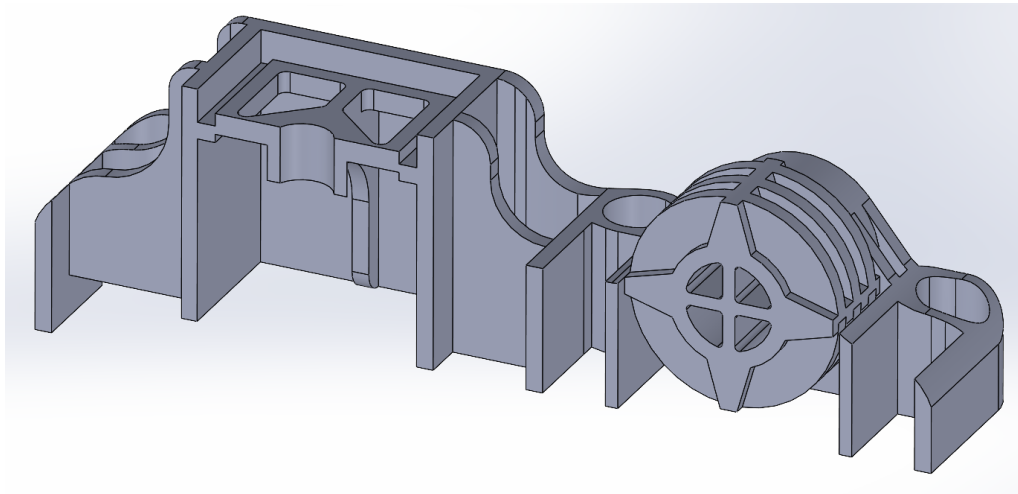


Figura 90. Corte diseño final

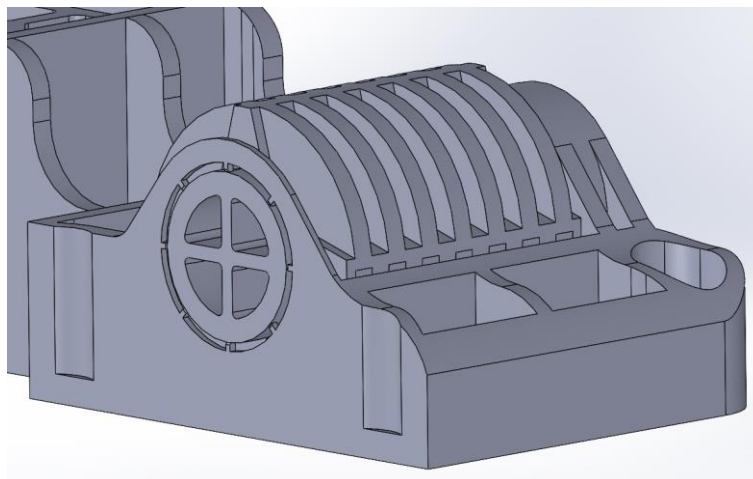


Figura 91. Corte detalle entradas a rodillo

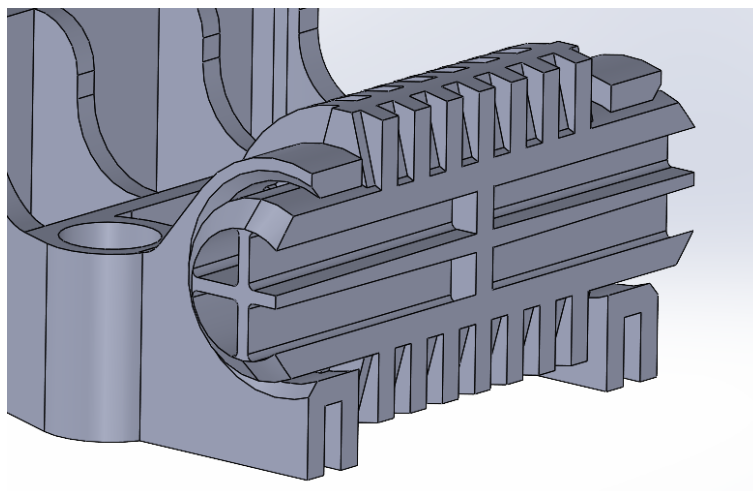


Figura 92. Corte detalle interior rodillo

Renders del contenedor con patín



Figura 93. Render vaso + patín 2ª generación



Figura 94. Render vaso + patín 3ª generación

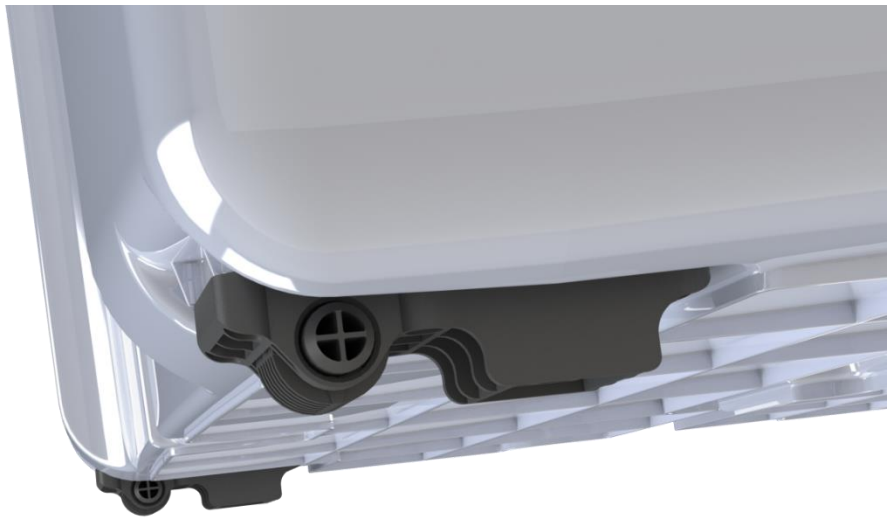


Figura 95. Detalle vaso + patín 3ª generación

5.2 PROPUESTA DE MOLDE

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

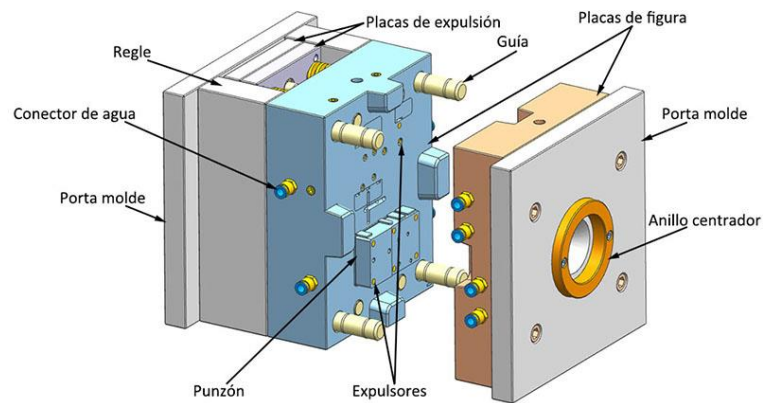


Figura 96. Esquema general molde inyección

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.

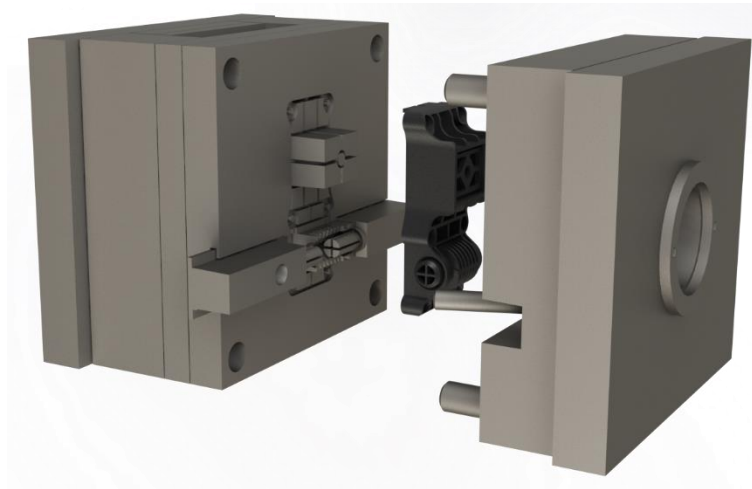


Figura 97. Render placas propuesta final

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

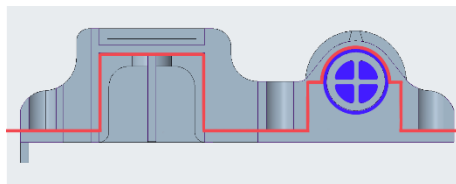


Figura 98. Línea de partición y contrasalidas

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.

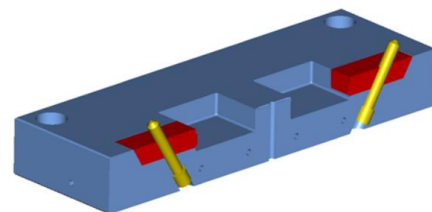


Figura 99. Ejemplo sistema corredera molde

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.

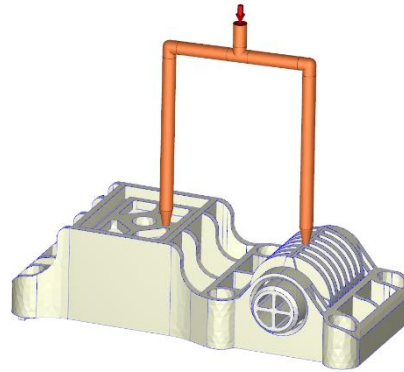


Figura 100. Cámara caliente propuesta final

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]:

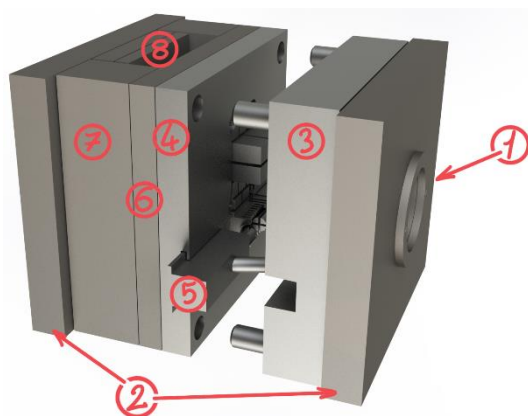


Figura 101. Partes molde

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:

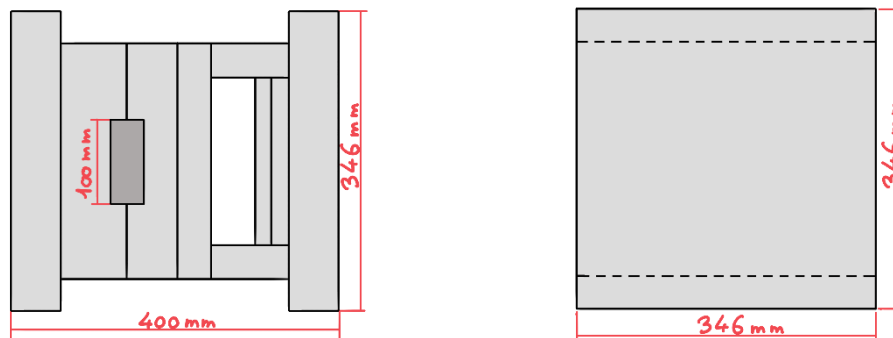


Figura 102. Esquema cotas aproximadas molde

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:

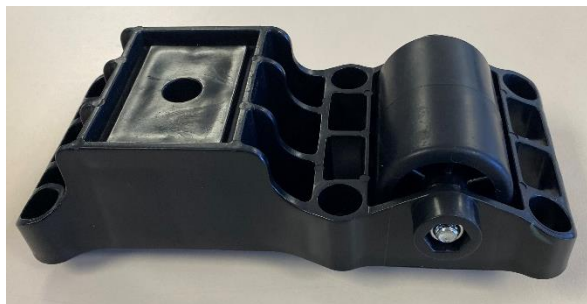


Figura 103. Patín 2ª generación

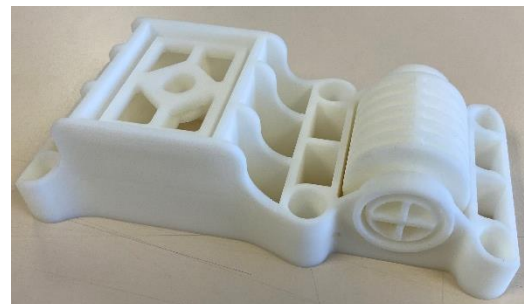


Figura 104. Prototipo patín 3ª generación

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.

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"	5
Figura 02. 2ª Generación "patín"	5
Figura 03. Contenedor carga trasera	7
Figura 04. Contenedor carga vertical.....	7
Figura 05. Contenedores soterrados.....	8
Figura 06. Contenedor carga lateral.....	8
Figura 07. Contenedor carga lateral recogida	8
Figura 08. Contenedor carga lateral descarga.....	8
Figura 09. Contenedor de carga lateral.....	9

Figura 10. Vista detalle amortiguador	10
Figura 11. Vista detalle pedal	10
Figura 12. Vista detalle espada/bulón	10
Figura 13. Vista detalle rodillo	10
Figura 14. Extracto norma UNE-EN 12574-1:2017	11
Figura 15. Patín 2ª generación.....	12
Figura 16. Detalle patín Contener	14
Figura 17. Patín 2ª generación vista superior	16
Figura 18. Patín 2ª generación vista lateral	16
Figura 19. Ciclo de inyección.....	17
Figura 20. Fase de dosificación	17
Figura 21. Fase de llenado	18
Figura 22. Fase de compactación	18
Figura 23. Fase de enfriamiento y expulsión.....	19
Figura 24. Pirámide clasificación termoplásticos	20
Figura 25. Cotas patín 2ª generación.....	25
Figura 26. Logo UNE / ISO	26
Figura 27. Patín 2ª generación.....	27
Figura 28. Vista 3D Patín 2ª generación.....	28
Figura 29. Corte Patín 2ª generación desmoldeo	28
Figura 30. Detalle sección conjunto contenedor y patín 2ª generación.....	29
Figura 31. Detalle alojamiento patín y contenedor.....	29
Figura 32. Detalle alojamiento tornillos.....	29
Figura 33. Detalle patín 1ª generación listo para el montaje	29
Figura 34. Corte detalle entradas rodillo	32
Figura 35. Corte rodillo diseño final	32
Figura 36. Patín versión 01.....	33
Figura 37. Patín versión 02	33
Figura 38. Patín versión 03.....	33
Figura 39. Patín versión 04.....	33
Figura 40. Patín versión 05	34
Figura 41. Detalle sección rodillo versión 09.....	34
Figura 42. Detalle sección rodillo versión 10.	34
Figura 43. Versión 10.....	35
Figura 44. Versión 16.....	35
Figura 45. Versión 18.....	35
Figura 46. Vista detalle rodillo tensiones Von Misses versión 16.....	36

Figura 47. Desplazamientos versión 16.....	36
Figura 48. Vista detalle rodillo tensiones Von Misses versión 18.....	37
Figura 49. Desplazamientos versión 16	37
Figura 50. Esquema esfuerzos flexión	37
Figura 51. Corte detalle rodillo patín 2ª generación.....	38
Figura 52. Corte $\frac{3}{4}$ detalle rodillo rediseño final.....	38
Figura 53. Vista en detalle alojamientos del rodillo versión final	38
Figura 54. Esquema fuerzas en el contenedor en reposo.....	40
Figura 55. Esfuerzo de compresión.....	40
Figura 56. Cargas y sujeciones aplicadas al patín 23.....	41
Figura 57. Tensiones de Von Misses patín 23.....	41
Figura 58. Desplazamientos eje Z Patín 23	42
Figura 59. Patín versión 24.....	43
Figura 60. Tensiones de Von Misses patín versión 24	43
Figura 61. Desplazamientos eje Z patín 24.....	44
Figura 62. Detalle zona de contacto en la rodadura del contenedor.....	45
Figura 63. Esquema esfuerzos a flexión.....	45
Figura 64. Esfuerzos a flexión rodillo.....	45
Figura 65. Cargas y sujeciones patín 2ª generación.....	46
Figura 66. Tensiones de Von Misses patín 2ª generación.....	46
Figura 67. Detalle tensiones patín 2ª generación.....	47
Figura 68. Desplazamientos patín 2ª generación.....	47
Figura 69. Cargas y sujeciones patín rediseño.....	48
Figura 70. Tensiones Von Misses patín rediseño	48
Figura 71. Vista detalle tensiones VM patín 3ª	49
Figura 72. Vista detalle 2 tensiones VM patín 3ª gen	49
Figura 73. Diagramas isócronos del HDPE (a 23, 40 y 65°C)	49
Figura 74. Corte rodillo tensión de cizalladura	54
Figura 75. Corte rodillo detalle temperatura	54
Figura 76. corte rodillo detalle temperatura 2	54
Figura 77. Corte patín tensión de cizalladura.....	58
Figura 78. Corte patín temperatura	58
Figura 79. Corte patín tensión cizalladura.....	61
Figura 80. Corte patín temperatura	61
Figura 81. Detalle línea de soldadura.....	65
Figura 82. Render propuesta final.....	73
Figura 83. Prototipo 1, detalle rodillo.....	74

Figura 84. Prototipo 2.....	74
Figura 85. Render 1.....	75
Figura 86. Render 2	75
Figura 87. Render planta.....	75
Figura 88. Render perfil	75
Figura 89. Render alzado.....	75
Figura 90. Corte diseño final	76
Figura 91. Corte detalle entradas a rodillo.....	76
Figura 92. Corte detalle interior rodillo	76
Figura 93. Render vaso + patín 2ª generación	77
Figura 94. Render vaso + patín 3ª generación.....	77
Figura 95. Detalle vaso + patín 3ª generación	77
Figura 96. Esquema general molde inyección.....	78
Figura 97. Render placas propuesta final	79
Figura 98. Línea de partición y contrasalidas	79
Figura 99. Ejemplo sistema corredera molde.....	79
Figura 100. Cámara caliente propuesta final	80
Figura 101. Partes molde.....	80
Figura 102. Esquema cotas aproximadas molde.....	81
Figura 103. Patín 2ª generación.....	81
Figura 104. Prototipo patín 3ª generación	81