



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño y desarrollo de sistema de apertura de tapa
"usuario" mediante pedal, implementado en un
contenedor de carga lateral en fase de restyling

Design and development of "user" lid opening system by means of
pedal in a restyled side-loading container

Autor/es

Ignacio Pérez García

Director/es

Aránzazu Martínez Pérez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Año 2018

DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMA DE APERTURA DE TAPA “USUARIO” MEDIANTE PEDAL, IMPLEMENTADO EN UN CONTENEDOR DE CARGA LATERAL EN FASE DE RESTYLING

RESUMEN

El presente trabajo aborda el diseño y desarrollo del mecanismo de apertura mediante pedal de la tapa de usuario de un contenedor de carga lateral en fase de restyling. El diseño del mecanismo deberá ser incorporado en un diseño de contenedor cerrado previamente en cuanto a estética, pero que no ha tenido en cuenta la necesidad de dicho mecanismo. Se procurará reducir al máximo el número de piezas necesarias, y que el máximo de estas piezas se pueda fabricar en plástico mediante inyección.

Durante el desarrollo del trabajo, será necesaria la formación en softwares de diseño y simulación, así como en diseño en plástico. Se trabajará con un programa CAD para diseño de diferentes conceptos de mecanismos de apertura mediante pisado de pedal, teniendo en cuenta el recorrido máximo permitido del pedal, la apertura mínima requerida de tapa y la fuerza máxima permitida en el pisado. Posteriormente se desarrollará en CAD el concepto elegido actualizando el diseño según se realizan las simulaciones resistentes mediante FEM. Por último, se simulará mediante MOLDFLOW la inyección de las piezas plásticas y se estimarán los costes.

NOTA

Se presenta en este documento el Trabajo Fin de Grado dividido en 2 partes: Memoria y Anexo.

Tal y como recomienda la normativa de elaboración de la memoria de un alumno que trabaja 400 horas en el proyecto, el documento principal debe tener aproximadamente 20 páginas o 10.000 palabras. En este caso, tratándose de un TFG de 30 ECTS (750 horas de trabajo), se ha dejado el documento principal en 15000 palabras aproximadamente en un total de 55 páginas. Este número de páginas es algo más elevado de lo esperado dada la gran cantidad de imágenes que se han incluido y el tamaño de las mismas.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. IGNACIO PEREZ GARCIA

con nº de DNI 73000363-L en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Prod., (Título del Trabajo)

Diseño y desarrollo de sistema de apertura de tapa "usuario" mediante pedal,
implementado en un contenedor de carga lateral en fase de restyling

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 21 de Noviembre de 2018

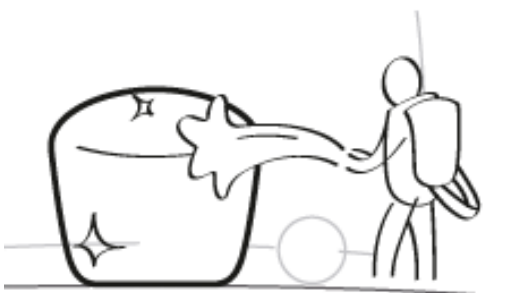
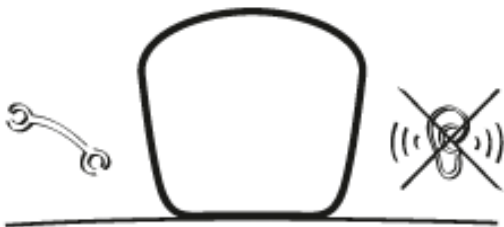
Fdo: Ignacio Pérez García

Índice

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PLANIFICACIÓN.....	8
3. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	9
3.1. Cuestiones previas: RSU y contenedores de basura	9
3.2. Contenedores de carga lateral	9
3.3. Partes de un contenedor de carga lateral	10
3.4. Contenedor de partida	11
3.5. Normativa.....	12
3.6. Proceso de inyección	13
3.6.1. Fases del ciclo de inyección	13
3.6.3. Contracción de las piezas plásticas.....	14
3.7. Análisis.....	14
3.7.1. Análisis de usuario	14
3.7.2. Análisis de entorno	15
3.7.3. Análisis formal y funcional.....	15
3.7.4. Secuencia de uso	16
3.8. Estudio de mercado.....	18
3.8.1. Empresas	18
3.8.2. Tabla de productos.....	18
3.8.3. Conclusiones.....	21
3.9. Estudio de campo	21
3.10. Especificaciones de Diseño de Producto (EDPs).....	24
4. GENERACIÓN DE IDEAS Y CONCEPTOS PEDAL.....	26
4.1. Generación de ideas pedal interior	26
4.2. Generación de ideas pedal exterior	27
4.3. Generación de conceptos.....	28
4.4. Modelado 3D	30
5. CÁLCULOS Y SIMULACIÓN	33
5.1. Bloques en SolidWorks	33
5.2. Motion en SolidWorks	34
5.3. Cálculos teóricos.....	35
6. ESTUDIO DEL MONTAJE DEL PEDAL	39
6.1. Opción de tubo completo cerrado	39
6.2. Opción de tubo partido en dos piezas.....	41

7. DESARROLLO DE PIEZAS	42
7.1. Empujador	42
7.2. Soporte pedal	42
7.3. Cunas de sujeción del pedal	43
7.4. Varillas	44
7.5. Pisador	45
8. SELECCIÓN DE MATERIALES	46
8.1. Empujador y pisador.....	46
8.2. Cunas de sujeción del pedal y pieza soporte.....	46
8.3. Herrajes	46
9. ESTUDIOS RESISTENTES	47
9.1. Empujador	47
9.2. Soporte pedal	48
9.3. Varillas	49
10. ESTUDIOS DE INYECCIÓN.....	50
10.1. Empujador	50
10.2. Soporte pedal	52
10.3. Cunas de sujeción del pedal	54
10.4. Pisador	56
11. COSTES.....	59
11.1. Empujador	59
11.2. Soporte pedal	59
11.3. Cunas de sujeción del pedal	59
11.4. Pisador	60
11.5. Conjunto metálico: varillas y tubo partido pedal	60
12. CONCLUSIONES.....	61
13. LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO.....	62
14. RENDERS Y PLANOS	63
Bibliografía.....	74
Bibliografía de imágenes	76
ANEXO I. INFORMACIÓN	78
ANEXO II. ESTUDIO DE MERCADO	88
ANEXO III. CONCEPTOS.....	91
ANEXO IV. CÁLCULOS Y SIMULACIÓN.....	101
ANEXO V. MoldFlow	109

FASE 1



INTRODUCCIÓN

OBJETO

METODOLOGÍA

ALCANCE

PLANIFICACIÓN

BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

CUESTIONES PREVIAS

CONTENEDOR DE CARGA LATERAL

PARTES DE UN CCL

CONTENEDOR DE PARTIDA

NORMATIVA

PROCESO DE INYECCIÓN

ESTUDIO DE MERCADO

ANÁLISIS

EDPs

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto

El propósito de este documento es recoger toda la información relativa al desarrollo de un Trabajo Final de Grado de la especialidad de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. El trabajo realizado en el proyecto consiste en diseñar el sistema de apertura mediante pedal de la tapa de usuario de un contenedor de carga lateral. El resultado del proyecto será definir de forma concreta y detallada el mecanismo, especificando, entre otras, sus dimensiones y características técnicas. Este mecanismo se debe adaptar al diseño actual (en desarrollo) de un contenedor de carga lateral de la empresa Contenur. Además, se diseñará un pisador en plástico, metal o combinado, para el pedal. El objetivo del trabajo es resolver una necesidad detectada durante la fase de desarrollo de un proyecto superior.

1.2. Alcance

Los trabajos que se desarrollan en el proyecto para el diseño del sistema de apertura mediante pedal de la tapa de usuario de un contenedor de carga lateral son los siguientes:

- Planificación y programación del trabajo
- Una fase inicial del trabajo que incluye búsqueda de información, la realización de un estudio de mercado, así como distintos análisis.
- Simulación de casos resistentes y de proceso para la correcta definición del mecanismo objeto del proyecto.

Esta serie de trabajos estarán recogidos en la memoria, planos y anexos del proyecto. También una aproximación de costes.

1.3. Metodología

El desarrollo del trabajo está dividido en diferentes fases para asegurar un buen resultado de forma eficaz.

En primer lugar, se encuentra la fase de información. En paralelo, se aprenderá a manejar Creo Parametric, una herramienta de modelado 3D.

A partir de las conclusiones obtenidas de la información recogida en la fase anterior se generarán una serie de ideas de carácter estético. A continuación, se generarán también los conceptos mecánicos.

La fase siguiente parte de la selección de uno de los conceptos mecánicos para desarrollarlo completamente.

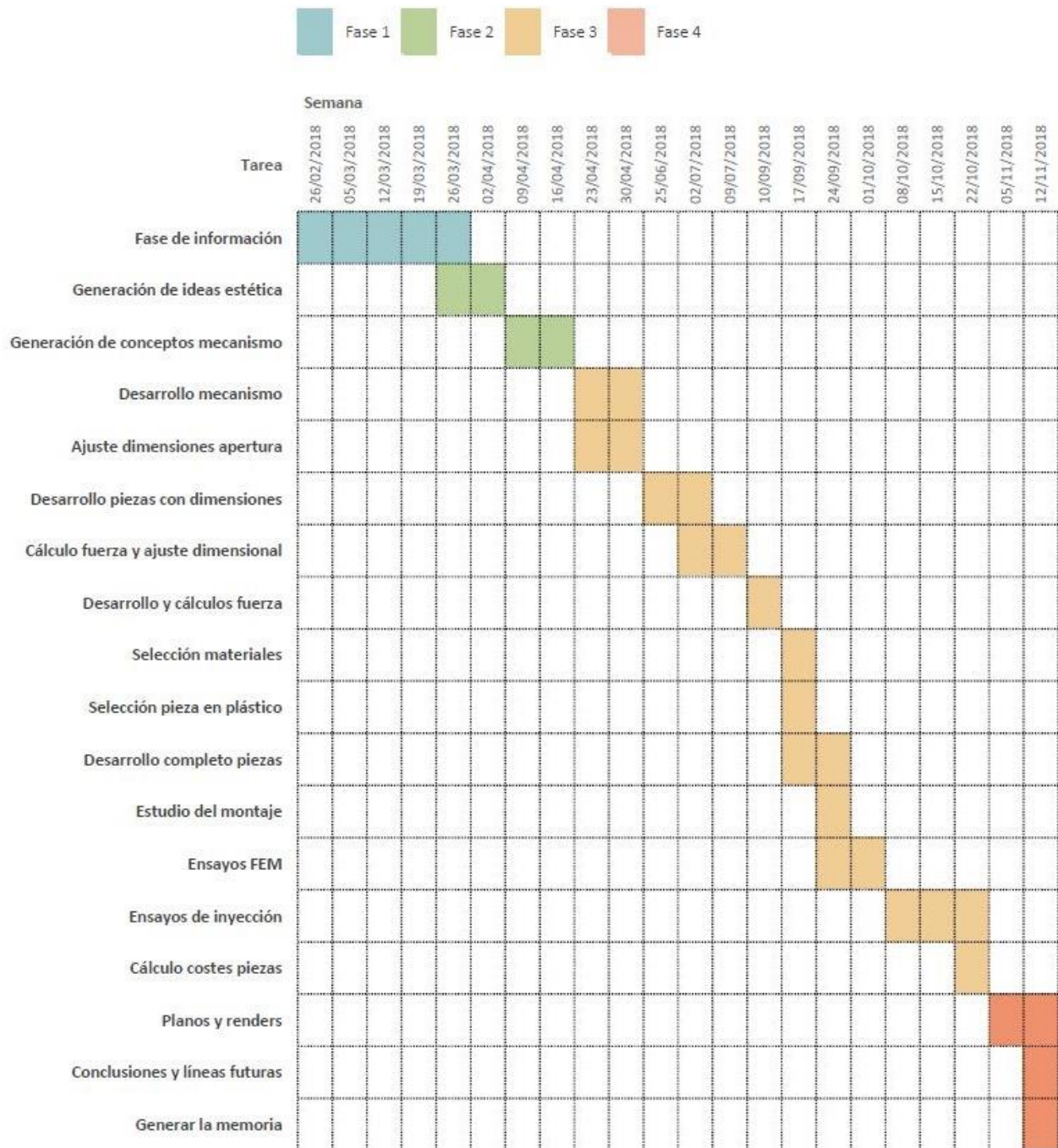
Con el desarrollo final, se realizarán los cálculos de fuerzas y reacciones, además de los ajustes dimensionales que puedan surgir de los mismos. Con todas estas variables definidas, se seleccionarán los materiales más adecuados.

Finalmente se simulará la inyección de las piezas de plástico diseñadas y se realizará un cálculo de costes.

Todas las conclusiones del trabajo se recogerán de forma resumida al final de la memoria.

Para agilizar el desarrollo del trabajo y su corrección, la redacción de la documentación se realizará de forma paralela al desarrollo de esos documentos, de forma que no se acumule el trabajo de redactar y maquetar.

2. PLANIFICACIÓN



3. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

El apartado de búsqueda de información se encuentra ampliado en el Anexo I.

3.1. Cuestiones previas: RSU y contenedores de basura

Los **residuos sólidos urbanos** son aquellos que se generan en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias [1].

En España se distinguen principalmente tres tipos de residuos según su origen:

- **Residuo doméstico**, producido en los hogares particulares.
- **Residuo comercial**, producido en los comercios y negocios urbanos.
- **Residuo industrial**, producido en fábricas y empresas industriales.

Los residuos producidos en las zonas urbanas comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas, principalmente papel y cartón y materia orgánica [2].

Un contenedor de basura es un recipiente para depositar residuos diversos. Puede ser metálico o plástico y los tipos y dimensiones están normalizados.

Los contenedores diseñados para el reciclaje se clasifican en diferentes categorías (normalmente representadas por colores) que determinan qué puede depositarse en ellos para, posteriormente, ser procesados en una planta de reciclaje.

De este modo se puede encontrar:

1. Contenedor azul. Papel y cartón

2. Contenedor amarillo. Envases de plástico y metal
3. Contenedor verde. Vidrio
4. Contenedor marrón. Residuos orgánicos
5. Contenedor gris/verde oscuro. Residuos mezclados.

Para los demás residuos, como escombros, residuos peligrosos, etc., las poblaciones grandes cuentan con uno o más puntos limpios donde se admiten estos residuos [3].

3.2. Contenedores de carga lateral

Los contenedores de carga lateral se denominan así porque su recogida se lleva a cabo por un vehículo recolector que accede a ellos, por un lado. El volumen de estos es variable (gran capacidad) para adaptarse a las necesidades del entorno.

Cuentan con una tapa de usuario que puede ser accionada manualmente o mediante pedal. Para su posterior vaciado, incorpora una tapa de descarga.

Se adaptan perfectamente a los distintos tipos de recogida selectiva y cuentan con una gran variedad de accesorios y colores [4].



Figura 3.1. Contenedor de carga lateral de 3200 litros de capacidad fabricado con polietileno de alta densidad mediante el proceso de inyección de plástico [2].

La principal ventaja de este sistema de recogida es su alta eficacia, siendo necesario únicamente un operario que puede controlar el proceso de descarga sin bajar del camión [5].

3.3. Partes de un contenedor de carga lateral

Los contenedores de carga lateral pueden componerse de diferentes partes [Fig. 3.2]. Esto diferirá en función del método de recogida, de la modalidad de tapas instaladas o del sistema de apertura de tapas.

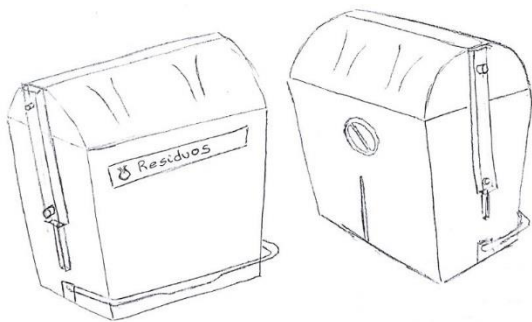


Figura 3.2. Partes de un contenedor de carga lateral

El componente más visible de un contenedor de carga lateral es la cuba. Este elemento es el que aloja los residuos.

Las tapas son un elemento variable. Se asume una tapa de usuario y una tapa de vaciado. En los contenedores más modernos, la tapa de usuario cuenta con un amortiguador que suaviza su caída para evitar daños al usuario cuando esta se cierra. La apertura de la tapa de usuario puede ser manual o mediante pedal. La tapa de usuario puede incorporar un sistema de apertura electrónico o mediante llave para controlar la basura que genera cada usuario. En el caso de la tapa de vaciado, la apertura se produce por gravedad cuando el camión de recogida de residuos vuelca el contenedor para vaciarlo. Las tapas pueden estar unidas a una cúpula o unos laterales que salen integrados con el cuerpo del contenedor.

Si el sistema de apertura de la tapa de usuario es mediante pedal, este puede ser interior o exterior,

contando cada modalidad con diferentes elementos para transmitir a la tapa la fuerza de pisado del usuario.

En los laterales del contenedor se encuentra el sistema de recogida: un elemento estructural cuya función principal es servir de apoyo a los brazos del camión de basura en el proceso de vaciado [6-7].



Figura 3.3. Detalle de un espada del contenedor Small Bin de la empresa Formato Verde [3]

La base del contenedor cuenta con unos elementos conocidos como patines sobre los que apoya la cuba cuando el camión la deposita en el suelo.

Todos los contenedores de carga lateral tienen diferentes elementos gráficos. La identificación de los contenedores sigue un código de colores que está estandarizado para facilitar su uso a trabajadores y usuarios. Esta identificación por colores se puede acompañar de texto e iconografía [Fig. 3.4].

Además, en las paredes de los contenedores se hay elementos reflectantes que aumentan su visibilidad para los automóviles. También señalética para evitar que un coche, por ejemplo, aparque delante de un contenedor y dificulte al camión de recogida su trabajo [Fig. 3.5].



Figura 3.4. Elementos gráficos en contenedor de carga lateral de la empresa Contener. Identificación de residuos [4]



Figura 3.5. Elementos gráficos en contenedor de carga lateral de la empresa Contenur. Bandas reflectantes y de posición [5]

3.4. Contenedor de partida

Este trabajo parte del contenedor de carga lateral modelo C3200 F de la empresa Contenur.



Figura 3.6. Contenedor de carga lateral modelo C3200 F de la empresa Contenur [6]

El C3200 F está fabricado mediante el sistema de inyección con polietileno de alta densidad coloreado en masa y estabilizado frente a la acción combinada del agua y los rayos U.V. Los elementos metálicos están fabricados en acero inoxidable.

Se trata de un contenedor de carga lateral de 3200 litros de capacidad con versiones para cada tipo de recogida: papel y cartón, vidrio, envases, orgánica... El cuerpo se puede personalizar mediante termo-impresión.

Existe además la posibilidad de equiparlo con diferentes accesorios para ofrecer soluciones concretas a cada necesidad [8].

A partir de este modelo del año 2015 que no tuvo demasiada aceptación en el mercado, se plantea un rediseño. La propuesta de diseño inicial se encarga al estudio Activa de diseño industrial y diseño gráfico, con sede en Zaragoza.



Figura 3.7. Logotipo del estudio Activa [7]

Contenur solicita a ACTIVA, un rediseño del conjunto, cumpliendo como requisito imprescindible el aprovechamiento del molde del cuerpo del contenedor. Este molde es el más caro de todos los que se utilizan en la fabricación del modelo caduco. Se permite que desaparezcan las lunetas, o laterales que nacen a partir del borde del contenedor. La propuesta de ACTIVA cuenta con una cúpula, que apoya sobre el cuerpo, y en la que descansa el conjunto de las tapas de usuario y descarga. No se hacen propuestas acerca de cómo debe ser el pedal.



Figura 3.8. Logotipo de la empresa Contenur [8]

En una segunda fase, este rediseño llega a la Universidad de Zaragoza donde se adapta el modelo CAD a los requerimientos de procesos de montaje, funcionales y de fabricación impuestos por Contenur.

Para ello se crea un grupo de trabajo en el que se diseñarán las nuevas tapas de usuario y descarga, el nuevo sistema de cogida, y el nuevo mecanismo de apertura asistida. Este proyecto, como ya se ha indicado anteriormente, muestra el desarrollo de la apertura de la tapa de usuario mediante pedal, incluyendo propuestas estéticas para dicho pedal.

3.5. Normativa

El contenedor de carga lateral de partida, modelo C3200 F de la empresa Contenur recibió el certificado de homologación de producto GS emitido por TÜV Product Service GmbH según normativa europea EN 12574.

La norma UNE-EN 12574-1:2007 es la versión oficial en español de la Norma Europea EN 12574-1:2006. Esta norma europea es una parte de la serie de Normas 12574 sobre *Contenedores fijos para residuos* que comprende las siguientes partes:

1. *Contenedores con capacidades hasta 10000 l con tapa(s) plana(s) o curva(s) para dispositivos de elevación tipo soporte giratorio, doble soporte giratorio o tipo manguitos. Dimensiones y diseño;*
2. *Requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo;*
3. *Requisitos de seguridad y salud.*

La estética del contenedor viene dada, así como el desarrollo de tapas y espadas, que han de cumplir la norma. No hay ningún apartado de la serie de normas que haga mención específica al sistema de apertura mediante pedal de la tapa de usuario, pero hay que asegurarse de que el pedal no interfiere en la descarga. En las EDP's se fijarán unos valores requeridos de fuerza de pisada, recorrido del pedal, apertura de la tapa, etc... Se tienen en cuenta aquellas medidas que puedan afectar al diseño de este.

Algunas de las dimensiones más relevantes que especifica la norma [Fig. 3.9] son las siguientes:

- (1) Anchura total incluyendo el soporte giratorio: 1880 ± 10 mm
- (12) Distancia mínima al suelo: 30 mm

La segunda parte de la norma especifica los controles a realizar antes y después de los ensayos, las condiciones de temperatura y tiempo que se deben cumplir, así como las cargas que se deben emplear en los ensayos. [9-10].

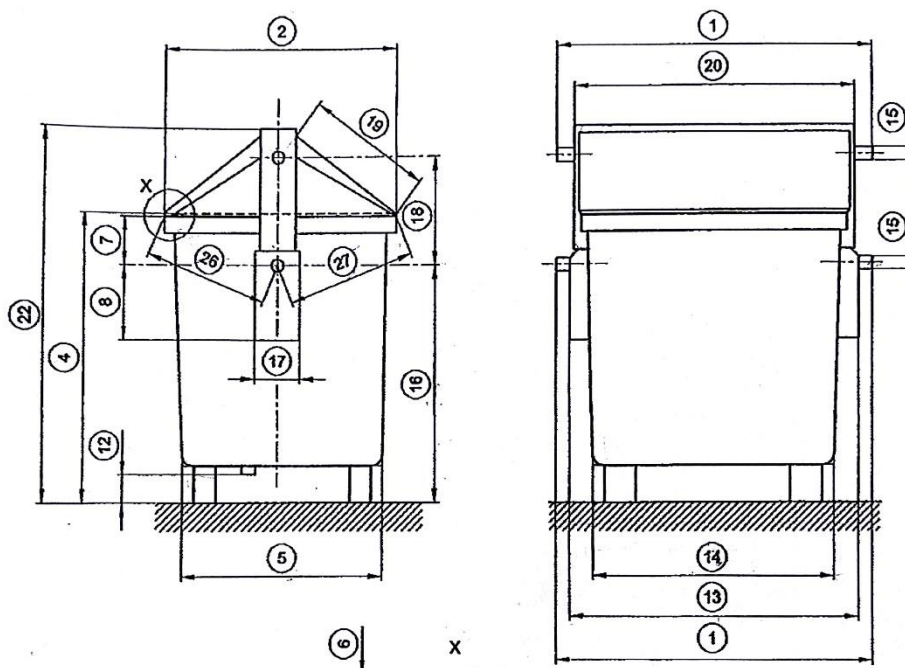


Figura 3.9. Dimensiones de los contenedores con tapa(s) abovedada(s) para dispositivos de elevación tipo doble soporte giratorio con dispositivos de apertura de la tapa [9].

3.6. Proceso de inyección

Dado que en el mecanismo que se quiere diseñar, se procurará incluir el mayor número posible de piezas de plástico, se incluye en la información de detalles acerca del proceso de fabricación de estas.

Existen un gran número de procesos de fabricación con materiales plásticos como extrusión, soplado, inyección, rotomoldeo o termoformado.

“La inyección de plástico es el proceso no continuo por el cual se introduce plástico fundido a presión dentro de un molde para, finalmente, extraer una pieza tras haberla dejado enfriar y solidificar” [11].

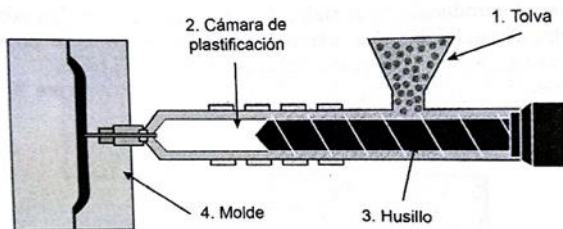


Figura 3.10. Esquema de proceso de inyección

3.6.1. Fases del ciclo de inyección

1. **Fase de dosificación.** Se prepara el material para realizar la inyectada. El objetivo principal es “plastificar” el material.

El parámetro principal de esta fase es la temperatura de inyección.

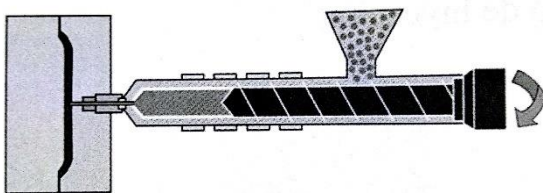


Figura 3.11. Fase de dosificación

2. **Fase de llenado.** En la fase de llenado volumétrico o inyección el material fundido se trasvasa desde el cilindro de plastificación al interior del molde.

En esta fase se programa la velocidad de llenado.

Para vencer la oposición del material a desplazarse dentro del molde se alcanzan presiones elevadas.

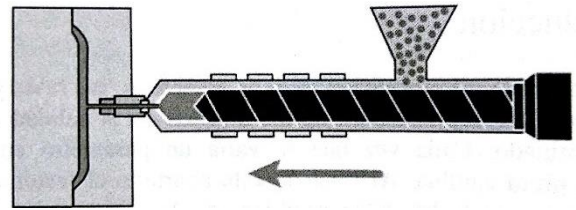


Figura 3.12. Fase de llenado

3. **Fase de compactación.** El material debe mantenerse a presión conforme va solidificando en el interior del molde para evitar que retroceda y para controlar la contracción de la pieza.

Los parámetros que caracterizan esta fase son la presión de compactación y el tiempo de compactación.

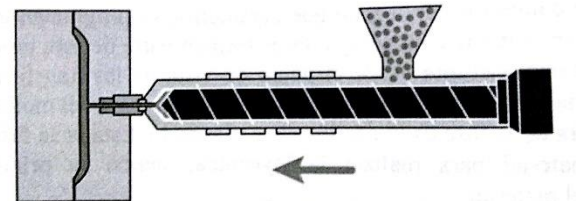


Figura 3.13. Fase de compactación

4. **Fase de enfriamiento y posterior expulsión.** La pieza se mantiene en el interior del molde hasta que se alcanza la temperatura adecuada para expulsarla. Fuera del molde, la pieza termina alcanzando la temperatura ambiente.

En la fase final, el tiempo de enfriamiento es el parámetro principal.

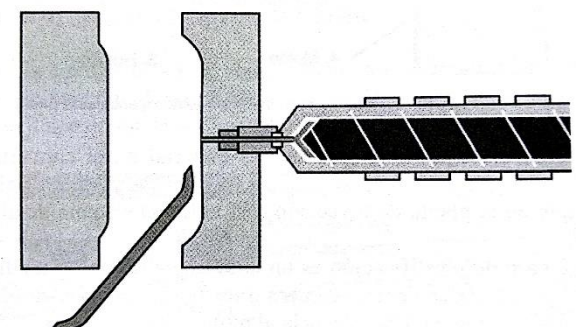


Figura 3.14. Fase de enfriamiento y posterior expulsión

3.6.3. Contracción de las piezas plásticas

Existen una serie de implicaciones que no aplican solo a la inyección, sino a todos los procesos de fabricación.

Para poder moldear un material concreto es necesario fundirlo, lo que provoca que se dilate. En el molde se produce el efecto inverso; se enfría para solidificar, luego se vuelve a contraer. Este proceso de enfriamiento continúa fuera del molde, con lo que las dimensiones de la pieza se pierden.

Para compensar esta contracción hay que aplicar una sobremedida al molde que se sitúa entre el 0,5 y el 2% para la mayoría de los materiales termoplásticos [12].

3.7. Análisis

Los análisis que se realizan a continuación permiten entender completamente la oferta actual y la situación de partida del nuevo contenedor.

Los análisis por realizar son los siguientes: análisis de usuario, análisis de entorno, análisis formal, análisis funcional, análisis de uso, análisis de muestra.

3.7.1. Análisis de usuario

Se pueden diferenciar dos grandes grupos de usuarios con relación a un contenedor de carga lateral. En primer lugar, los trabajadores de la fábrica en la que se ensambla el contenedor y los operarios que posteriormente lo instalan en el entorno urbano y se encargan de su mantenimiento.

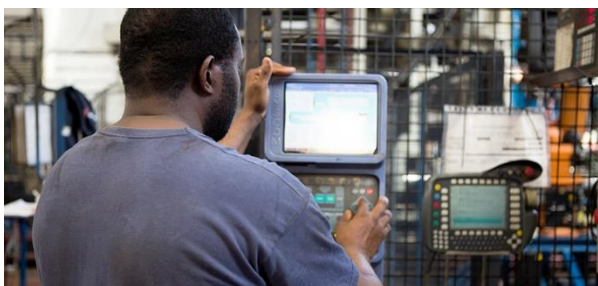


Figura 3.15. Trabajador en fábrica de Contenerur [10]

En el segundo grupo se sitúan las personas que hacen uso del contenedor para tirar los residuos y los operarios de la contrata de limpieza que se encargan de su recogida.

El proceso de fabricación de este tipo de productos es bastante manual. En la empresa que fabrica, se realizado un preensamblado de componentes por subconjuntos. Esto reduce tiempos de trabajo en el lugar de instalación y a su vez facilita el transporte de los contenedores.



Figura 3.16. Trabajadores en planta de Formato Verde [11]

Las personas que hacen uso del contenedor para arrojar residuos son muy diversas. Puede tratarse del propio generador de residuos o del encargado de una comunidad de vecinos que hacer una recogida colectiva. Hay dos factores que se pueden universalizar: la altura del usuario y la fuerza que es necesario ejercer para abrir la tapa de usuario.



Figura 3.17. Accesibilidad de un contenedor [12]

La altura de boca está definida por norma en 1200 mm desde el suelo hasta el borde de la tapa, pero esto puede no ser suficiente para personas con necesidades especiales que requieran mayor adaptación. La apertura de la tapa de usuario puede hacerse de forma manual o asistida con un pedal (o palanca lateral, más accesible).

Además del aspecto funcional del contenedor, hay que facilitar la correcta identificación de los residuos para incentivar el reciclaje.

Los métodos de recogida han avanzado mucho en los últimos años y requieren cada vez de menor intervención humana.

La labor de mantenimiento, igual que la instalación, la puede ofrecer la empresa fabricante o encargarse la contrata del ayuntamiento. El material y la forma del contenedor ayudan a facilitar la limpieza y mantenimiento regular del mismo.

3.7.2. Análisis de entorno

Los contenedores de carga lateral se instalan en espacios urbanos como calles y avenidas con la anchura suficiente como para permitir el acceso de los camiones de recogida de basura. Pueden contar con centradores que aseguren siempre una distancia adecuada entre dos contenedores.

Normalmente cuentan para su colocación con un espacio situado entre la acera y la calzada. Es importante que el acceso esté despejado tanto para la tapa de usuario como la tapa de descarga.



Figura 3.18. Contenedor de carga lateral en el entorno urbano [13]

3.7.3. Análisis formal y funcional

Las dimensiones de un contenedor de carga lateral están acotadas por la serie de normas UNE-EN 12574. La forma básica de los distintos contenedores es similar, y todas sus variaciones se pueden deber a razones estéticas o funcionales.

La forma del vaso es generalmente cúbica. La base es cuadrada y más pequeña que la cara superior.

La curvatura de las caras laterales atiende más a un aspecto estético. Se pueden observar diferentes formas para rigidizar esas caras y aumentar la resistencia del contenedor.

Gran parte del grafismo que incluye un contenedor de carga lateral se sitúa en el vaso: desde pictogramas y textos para identificar los residuos, hasta la personalización propia de cada ayuntamiento. También se colocan en el vaso las bandas reflectantes para mejorar la visibilidad y las bandas de posición que sirven de guía al camión de recogida a la hora de la descarga.

El vaso aloja en su cara frontal el pedal de apertura de la tapa de usuario (en caso de incluirlo). Este, que puede ser interior o exterior, consiste normalmente en una barra cilíndrica de metal (en el frente o amarrada al lateral) o un pisador plano en caso de los pedales interiores.

Los laterales de los contenedores de carga lateral albergan el sistema de cogida. Este elemento metálico puede encontrarse al aire libre o encontrarse cubierto por una pieza estética que además cumpla alguna otra función de alojamiento.



Figura 3.19. Vista fronto-lateral de un contenedor de carga lateral. Se observan las espadas y un usuario haciendo uso del pedal [14].

Las tapas de usuario y de descarga apoyan sobre las lunetas, que son las paredes laterales que parten del vaso del contenedor. Las tapas pueden contar con sistema de eje doble o eje único. Esta decisión condiciona la forma de apertura.

La forma abovedada de las tapas facilita el desalojo de agua para que no se acumule sobre el contenedor, refuerza la estructura y dificulta la acumulación de esfuerzos sobre ella.

La estructura de las tapas es común a todos los tipos de residuos para estandarizar la fabricación y abaratar costes.



Figura 3.20. Boca de papel [15]

Lo que se modifica en función de si se arrojan papel y cartón, envases o vidrios son las bocas de aportación, que se adaptan a las propiedades específicas de cada uno. Además, pueden incluir una sobretapa que las cubra para evitar la entrada de agua o regular el acceso al contenedor.



Figura 3.21. Boca de envases [16]

Otros aspectos secundarios formales y funcionales que pueden resultar diferenciales para la compra por parte de un cliente son: la integración en el entorno urbano, la insonorización de las tapas, formas suaves y sin huecos que protejan los mecanismos internos y faciliten la limpieza del contenedor, así como la integración de soluciones inteligentes para la gestión de los RSU.

3.7.4. Secuencia de uso

Se realiza una breve secuencia de uso de la fase final de interacción con un contenedor de carga lateral:

1. Identificación del contenedor por parte del usuario.



Figura 3.22. Colores identificativos de los residuos a separar. [17]

2. Apertura de la tapa de usuario. Se puede hacer de forma manual, mediante pedal o palanca. Si es una boca de aportación abierta, este paso no es necesario. Si cuenta con sistema de control de acceso, será necesario identificarse previamente.



Figura 3.23. Apertura manual de un contenedor de orgánica [18]

3. Deposito del residuo concreto en el contenedor. El tamaño de la boca de aportación y su altura sobre el suelo son determinantes para que ninguna persona tenga problema. Podrá existir una boca secundaria o a una altura inferior para personas con problemas de accesibilidad.



Figura 3.24. Boca accesible de un contenedor [19]

4. Cerrado de la tapa. El cierre se da cuando el usuario deja de accionar el sistema de apertura. Una correcta amortiguación del cierre puede evitar un pequeño accidente o ruidos molestos.



Figura 3.25. Mecanismo amortiguador en tapa de usuario [20]

5. Recogida de los residuos.
 - a. El camión de recogida de residuos urbanos se sitúa junto al contenedor. La inclusión de bandas guía en la cara del contenedor facilita esta tarea.
 - b. Amarre del brazo del sistema de recogida del contenedor y posterior volcado de residuos en el camión de recogida [Fig. 3.26].



Figura 3.26. Proceso de recogida de contenedor de carga lateral [21]

6. Devolución del contenedor a su emplazamiento habitual. Si se colocan centradores simplifican la tarea y ayudan a mantener la distancia correcta entre contenedores.

3.8. Estudio de mercado

A continuación, se analizan las principales empresas del sector de la gestión de residuos sólidos urbanos y sus productos equivalentes a la alternativa a desarrollar. El apartado de Estudio de mercado se encuentra ampliado en el Anexo II.

3.8.1. Empresas

Contenur es una empresa española que cuenta con más de 30 años de experiencia en el sector de los residuos sólidos urbanos.

Es líder en el mercado ibérico y número tres en Europa, además de contar con presencia en más de 40 países de todo el mundo.

Su catálogo de productos incluye contenedores, papeleras, soterrados, así como sistemas de contenerización [13].



Figura 3.27. Logo de Contenur [8]

Formato Verde es una empresa con sedes en España y Portugal que desempeña su actividad en el sector del equipamiento para la recogida de residuos urbanos desde el año 2001.

Comercializa contenedores urbanos e industriales, soterrados, sistemas de compactación y elementos decorativos para interiores o al aire libre [14].



Figura 3.28. Logo de Formato Verde [22]

Plastic Omnium Environment es la división de Medio Ambiente del grupo **Plastic Omnium**, líder mundial en sus dos sectores de trabajo: automóvil y medio ambiente. Presente en más de 30 países, lleva 65 años trabajando para las entidades públicas en España.

Es líder mundial en la gestión de los residuos urbanos mediante una gran variedad de contenedores, papeleras, contenedores enterrados y semienterrados, columnas de recogida selectiva, etc... [15].



Figuras 3.29 y 3.30. Logos de Plastic Omnium Group y Plastic Omnium Environment [23-24]

Ros Roca se dedica principalmente a la fabricación de equipos y al diseño y desarrollo de sistemas de ingeniería y procesos aplicados al entorno.

Con sede en Tàrrrega (provincia de Lérida) forma parte de Terberg RosRoca Group, la división medioambiental de Terberg Group mundial [16].



Figura 3.31. Logo de Ros Roca [25]

Sanimobel es una sociedad española que se dedica a la producción de contenedores soterrados, contenedores de superficie y mobiliario urbano.

Lleva más de 30 años en el sector y sus principales clientes son empresas de servicios y administraciones públicas [17].



Figura 3.32. Logo Sanimobel [26]

3.8.2. Tabla de productos

Se analizan los contenedores de carga lateral de capacidad igual o similar a 3200 litros de las empresas anteriormente citadas.

Modelo	Fabricante	Material y proceso de fabricación	Características
 C3200 F	Contenur	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero inoxidable.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 140 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Control de llenado, de temperatura y acceso. Integración en entorno urbano e insonorización [18].</p>
 C3200 D	Contenur	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero inoxidable.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 146 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Facilidad de mantenimiento, de limpieza de y vaciado. Numeración. Resistente [18].</p>
 C3200 D Accesible	Contenur	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero inoxidable.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 180 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Boca accesible, chapa Braille, pictograma de accesibilidad, palanca accesibilidad [19].</p>
 Clip.Bin	Formato Verde	Polietileno. Fabricado por rotomoldeo.	<p>Capacidad: 3000 l Peso: - kg Carga nominal: 1200 kg</p> <p>Capacidad útil optimizada. Bloqueo de tapas. Movimiento amortiguado de la tapa [20].</p>
 Big.Bin	Formato Verde	Polietileno. Fabricado por rotomoldeo.	<p>Capacidad: 3200 l Peso: - kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Cinturón DSB para mayor resistencia. Pedal multiplicador. Apertura asistida [20].</p>

 <p>Metal</p>	<p>Formato Verde</p>	<p>Cuba y estructura de las tapas de acero galvanizado en caliente.</p> <p>Cobertura de tapas de aluminio.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 210 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Resistente. Soporta los esfuerzos del camión sin descuadrarse. Durabilidad en el tiempo.</p>
 <p>CCL 3200L</p>	<p>Plastic Omnium</p>	<p>Cuba, tapas y cubiertas laterales fabricadas por inyección en polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero al carbono.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 150 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Amortiguación de la tapa. Sistema de centrado. Accesible a todas las personas [21].</p>
 <p>CCLI RosRoca</p>	<p>Ros Roca</p>	<p>Cuba, tapas y cubiertas laterales fabricadas por inyección en polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero al carbono.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 150 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Personalizable, baja contaminación acústica y mantenimiento mejorado [22].</p>
 <p>CCLMP RosRoca</p>	<p>Ros Roca</p>	<p>Rotomoldeo en polietileno con estructura en acero.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 210 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Durabilidad, fiabilidad y alta resistencia. Mantenimiento simple y económico [23].</p>
 <p>Sanimobel plástico</p>	<p>Sanimobel</p>	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: - kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Robustos y compactos. Larga duración. Optimizan los servicios de recogida [24].</p>
 <p>Sanimobel metal</p>	<p>Sanimobel</p>	<p>Fabricado en acero galvanizado, estructura tubular y chapa embutida.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: - kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Robustos y compactos. Larga duración. Optimizan los servicios de recogida [25].</p>

3.8.3. Conclusiones

Se han analizado 11 contenedores de carga lateral de cinco empresas diferentes que fabrican o comercializan sus productos en España.

Se podría decir que más del 80% se fabrican en plástico, aunque alojen elementos estructurales de metal.

En cuanto a los elementos externos hay 5 contenedores que cubren el sistema de cogida, mientras que los otros 6 la dejan a la vista. En el caso de los contenedores que cuentan con pedal para la apertura de la tapa de usuario, el uso de pedal exterior es mayoritario.

Como era de esperar, los contenedores fabricados en plástico obtienen un peso en vacío notablemente inferior a los metálicos. Esta diferencia se justifica en su resistencia y durabilidad en el tiempo.

El contenedor tipo de carga lateral de 3200 litros de capacidad está fabricado por inyección de polietileno de alta densidad. Los elementos metálicos son de acero inoxidable. El peso en vacío de este se sitúa entre 140 y 150 kg.

Llegados a este punto, se entiende que las conclusiones que se han podido extraer de este estudio de mercado, aportan escasa información de utilidad para el proyecto. Por esta razón, se decide realizar un estudio de campo que aporte verdadero valor añadido estudiando todos aquellos detalles que no se ha podido estudiar por no facilitarlos las empresas que se han analizado.

3.9. Estudio de campo

El contenedor en que se incluye el sistema de apertura a desarrollar está basado en el modelo previo C3200 F de la empresa Contenur. Por esta razón se decide analizar una muestra física de ese contenedor de carga lateral. En Zaragoza se puede encontrar en unas pocas localizaciones de los barrios Arcosur y Parque Venecia.



Figura 3.33. Vista frontal del contenedor

El contenedor analizado se encontraba en la calle Bosque de la Trapa del barrio Arcosur de Zaragoza. La isla incluía un contenedor C3200 F de residuos mezclados, uno de envases y plásticos y uno de papel y cartón. El contenedor para vidrio correspondía al modelo C3200 D.



Figura 3.34. Pedal contenedor

El modelo C3200 F cuenta con pedal interior. El pisador es de plástico y cuenta con una textura rugosa para evitar que resbale el pie al accionarlo.

El pedal está unido a un eje transversal situado en el fondo del contenedor que comunica la fuerza de pisado a las dos varillas laterales.



Figura 3.35. Detalle varillas

Las varillas metálicas que se unen al eje de la base se encuentran en el interior de las espadas. Transmiten el movimiento del pedal al eje de la tapa para completar su apertura.

El final de la varilla metálica está anclado a un empujador plástico que acompaña la tapa de usuario en la apertura.



Figura 3.36. Empujador de plástico

Para frenar la caída de la tapa en seco, se incorpora un amortiguador en el eje transversal superior. Este puede evitar tanto pequeños accidentes como ruidos molestos provocados por un cerrado brusco.



Figura 3.37. Detalle amortiguador

En el caso de los contenedores adaptados para personas con movilidad reducida, se puede incluir una palanca en la cara lateral, cuyo movimiento es solidario a la varilla metálica que acciona el pedal.

De igual manera, se ha realizado un análisis de los modelos de contenedor de carga lateral de una generación anterior: el modelo D de Contenur. Se han analizado tanto los contenedores de 3200 l en Zaragoza, como los de 2400 l en Bilbao.

En el caso de estos contenedores, el pedal es exterior tal y como se ve en la imagen 3.38.

Los extremos del pedal se alojan en una caja de plástico que forma parte del sistema de cogida (figura 3.39).



Figura 3.38. Pedal exterior en contenedores de 2400 l y 3200 l



Figura 3.39. Pedal exterior alojado en el sistema de cogida

En estos modelos la comunicación pedal-empujador se hace a través de sirga y no de varilla rígida. La sirga es exterior al vaso y también a las lunetas, pero discurre por el interior del sistema de cogida, que en este caso va desde el pedal hasta el eje de las tapas. De esta forma, la sirga no es visible.

La imagen 3.40 muestra la llegada de la sirga hasta el empujador, que se une a él a través de una horquilla. Los empujadores están llevados en este caso por los laterales de la tapa para que la sirga pueda llegar a ellos sin tropezar con ningún elemento.



Figura 3.40. Sujeción de la sirga al empujador

3.10. Especificaciones de Diseño de Producto (EDPs)

Las especificaciones de diseño de producto parten del planteamiento de una necesidad detectada o generada en un mercado. La redacción de unas EDPs ayuda a definir la idea de un producto y concretar sus características.

Las EDPs pueden ser críticas (si son características que no pueden faltar en el producto) o deseables (factores de diferenciación que no definen el producto en sí) [26].

Críticas

- **Funcionalidad.** El accionamiento del pedal debe permitir una apertura de la tapa de al menos 500 mm con un recorrido de pedal máximo de 300 mm.
- **Fuerza de pisado máxima.** El mecanismo debe lograr la máxima apertura de la tapa con un máximo de 9 kilogramos de fuerza necesarios ejercidos por el usuario.
- **Normas y especificaciones.** Debe cumplir con la serie de normas UNE-EN 12574 sobre *Contenedores fijos para residuos con capacidades hasta 10000 l con tapa(s) plana(s) o curva(s) para dispositivos de elevación tipo soporte giratorio, doble soporte giratorio o tipo manguitos* en todos los puntos que afecten a este mecanismo/accesorio.
- **Mecanismo.** Hay que tratar de simplificar y aligerar el mecanismo, reduciendo número de piezas y evitar que interfieran con los demás elementos del contenedor.
- **Entorno.** El pedal será instalado en un contenedor situado al aire libre, así que deberá resistir condiciones meteorológicas adversas y actos vandálicos. Se debe

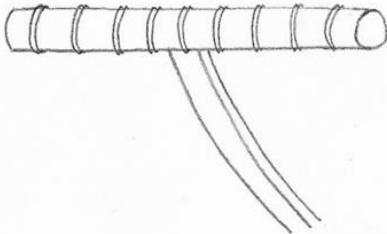
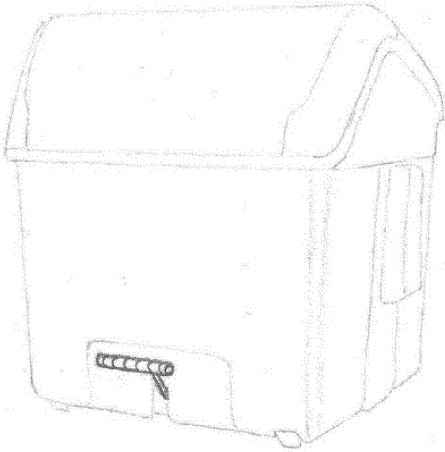
contemplar también la posibilidad de instalarlo tanto en la acera como la calzada.

- **Tamaño de pedal / ergonomía.** El pedal debe ser cómodo de usar pensando en el mayor número de usuarios posibles. Se tiene en cuenta también en este apartado que no puede resbalar.

Deseables

- **Materiales.** Se harán en plástico el mayor número de piezas posibles.
- **Procesos.** Las piezas fabricadas en plástico se harán por inyección.
- **Vida útil del producto.** Se trata de un subconjunto de un producto, así que debería ajustar su durabilidad a la del conjunto completo.
- **Mantenimiento y montaje.** La forma y el montaje del pedal deben facilitar una posible reparación y las tareas de limpieza rutinarias. El ensamblaje final del sistema de apertura puede realizarse por operarios ajenos al proceso de fabricación, luego este tiene que resultar sencillo.
- **Coste del producto.** La adquisición del contenedor por parte del cliente va a estar sujeta al coste del mismo, así que las piezas deben ajustar su valor al máximo.
- **Estética.** El pisador es una pieza exterior y además de funcional es deseable que sea estéticamente agradable.

FASE 2



CONCEPTOS PEDAL

GENERACIÓN DE IDEAS PEDAL INTERIOR

GENERACIÓN DE IDEAS PEDAL EXTERIOR

GENERACION DE CONCEPTOS

MODELADO 3D

4. GENERACIÓN DE IDEAS Y CONCEPTOS PEDAL

La segunda fase del proyecto parte de la información obtenida en la Fase 1. Se va a realizar en primer lugar una generación de ideas para la estética del pedal. Todo el capítulo 4 de Generación de conceptos se encuentra ampliado en el Anexo III.

El pedal puede ser interior o exterior. El pedal interior cuenta con un pisador central y la transmisión de la fuerza a los laterales del contenedor se hace por el interior del vaso. En el caso del pedal exterior, se cuenta normalmente con una barra metálica en el frontal del vaso que transmite la fuerza de pisado hacia el lateral del contenedor.

El contenedor de partida cuenta con pedal interior. Teniendo en cuenta que el molde anterior del vaso se quiere conservar, en caso de apostar por un pedal exterior sería necesario realizar una modificación en el molde para eliminar el rehundido frontal necesario para el pedal. Otra opción sería hacer una cuna sujeción pedal a modo de tapa que tape el rehundido y que haga de embellecedor.

4.1. Generación de ideas pedal interior

El diseño original del contenedor cuenta con pedal interior para la apertura de la tapa de usuario. El pedal interior del contenedor de partida consiste en un pisador rectangular hecho en plástico y un herraje metálico en forma de T. Este herraje une el pisador en su extremo más corto con los laterales del contenedor en sus extremos más largos, con el fin de llevar los mecanismos de apertura de tapa a los laterales del cubo. En este apartado se va a tratar la estética del pisador, que puede ser metálico o de algún material plástico.

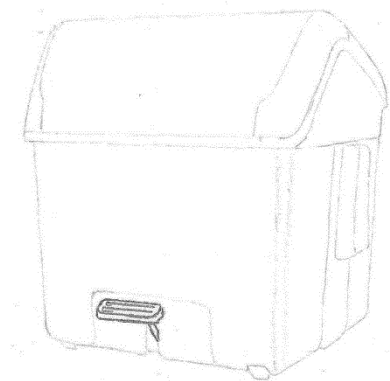


Figura 4.1. Pisador rectangular

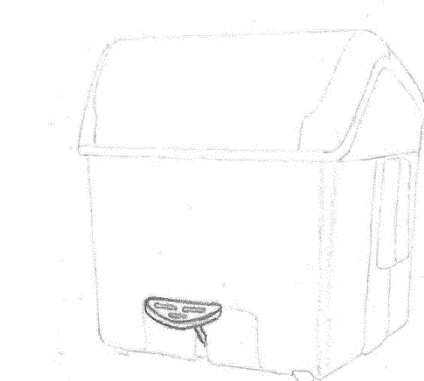


Figura 4.2. Pisador triangular

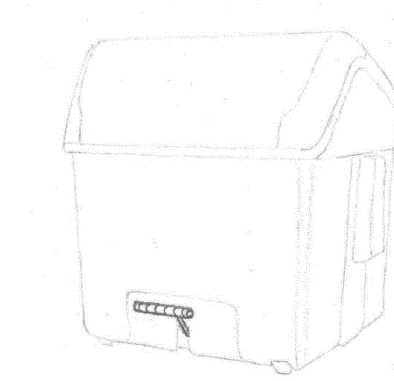


Figura 4.3. Pisador cilíndrico

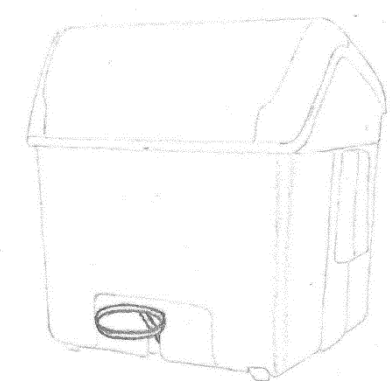


Figura 4.4. Pisador anular

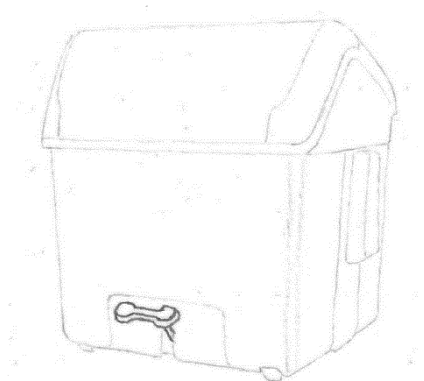


Figura 4.5. Pisador hueso

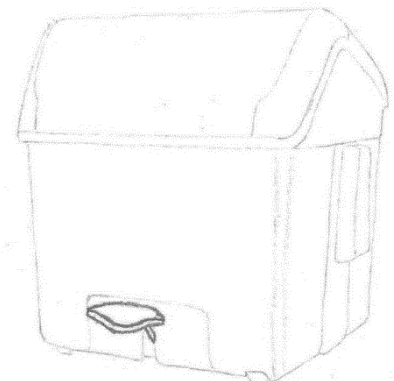


Figura 4.6. Pisador hoja

La inspiración estética es tanto de formas geométricas sencillas como de elementos más orgánicos, teniendo en mente en alguno de los conceptos la reducción de material.

El pedal interior permite una estética más discreta, principalmente por la ausencia de tubo metálico en el exterior, puesto que el mecanismo pasa casi íntegramente por el interior del vaso. Cuenta con el inconveniente de que, si se pisa esquinado, el herraje del pedal trabaja a torsión, algo no deseable.

4.2. Generación de ideas pedal exterior

Aunque el molde original del vaso y la concepción del contenedor del modelo anterior esté pensado para albergar un pedal interior, éste se podría modificar para adaptarlo al uso de pedal exterior. En el caso de ir por esta vía, se trabajaría coordinadamente con otro componente del equipo que se encarga del sistema de cocción. En este proyecto, y en caso de ser necesario, se diseñarían unas cunas de sujeción del pedal necesarias para completar el mecanismo de un pedal exterior.

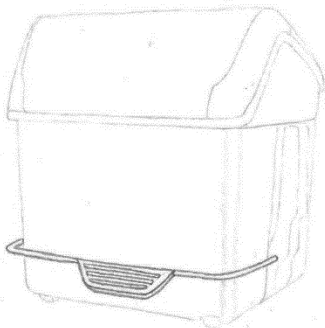


Figura 4.7. Pisador trapezoidal

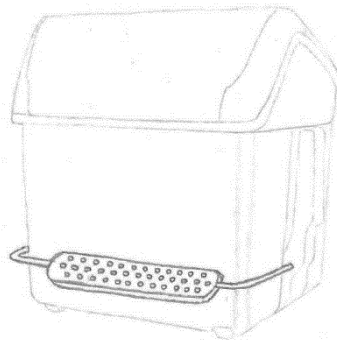


Figura 4.8. Pisador alargado

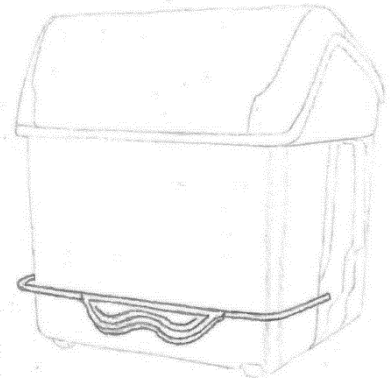


Figura 4.9. Pisador rocoso

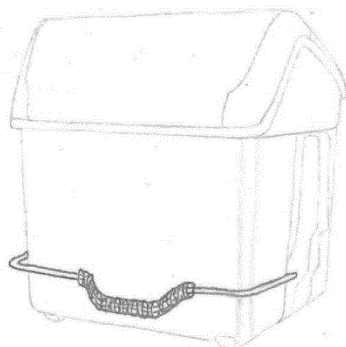


Figura 4.10. Pisador discos

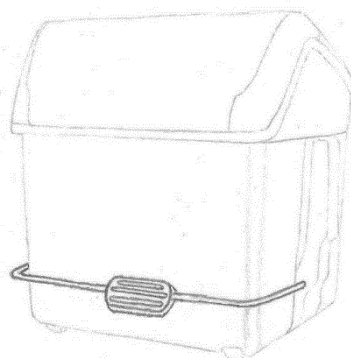


Figura 4.11. Pisador estriado

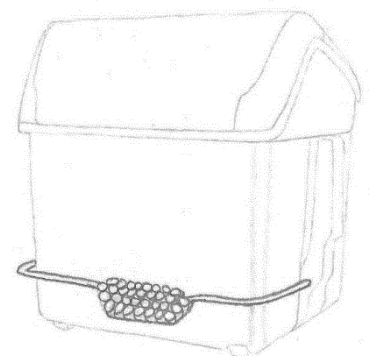


Figura 4.12. Pisador panel

El diseño con pedal exterior cuenta con mayor superficie de pisado, pero riesgo de pisar demasiado al extremo y no hacer funcionar el mecanismo de manera equilibrada. En este caso, toda la parte vista del pedal es una combinación de metal y plástico. Esto es porque no es viable económicamente realizar el tubo exterior en plástico.

4.3. Generación de conceptos

Después de una primera etapa de ideación se continúa con la generación de conceptos para el pedal. Se bocetan cinco pisadores para pedal interior y otros cinco para pedal exterior.

En la conceptualización de pisador para pedal interior se diferencian dos tipos de formas diferentes: geométricas y orgánicas.

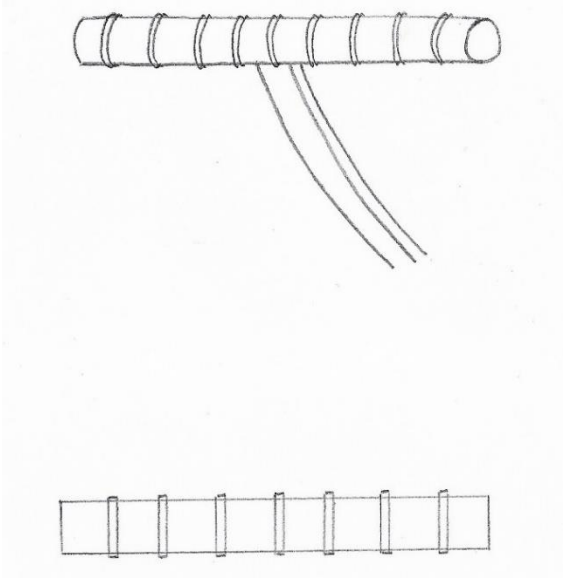


Figura 4.13. Pisador tubular

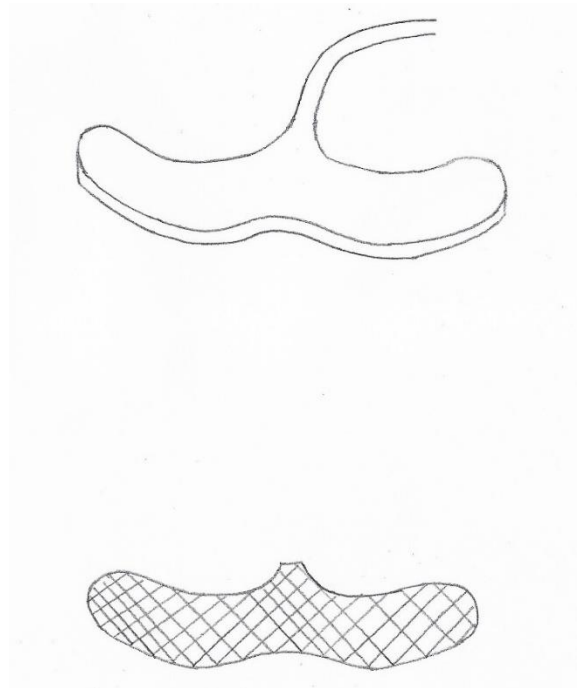


Figura 4.14. Pisador curvo

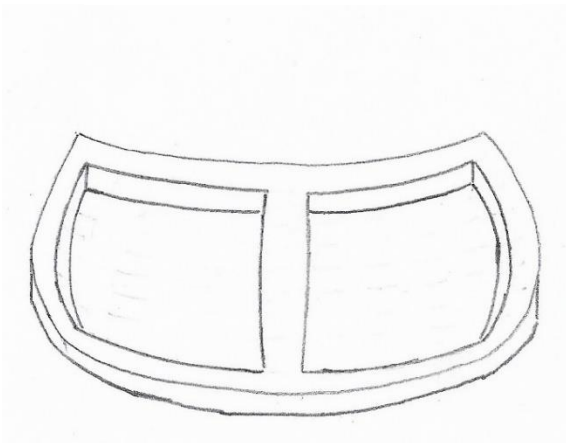


Figura 4.15. Pisador ligero

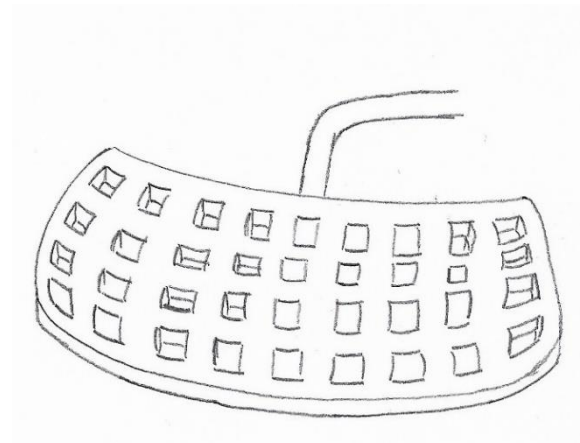


Figura 4.16. Pisador rejilla

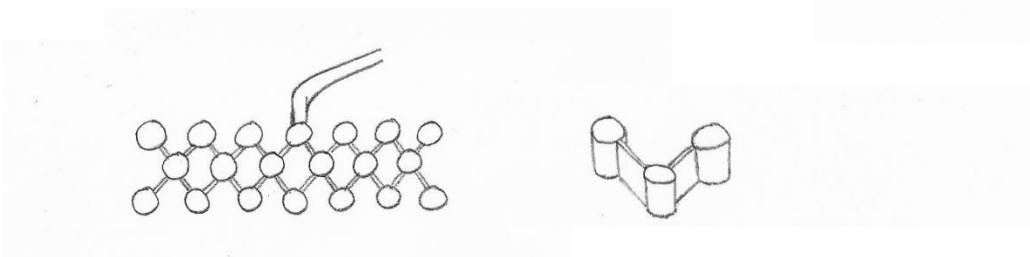


Figura 4.17. Pisador conectado

En el caso de los pisadores conceptualizados para pedal exterior, el criterio de diseño que se ha seguido ha sido, por un lado, adaptar el pisador a la actual forma de la barra de acero y, por otro lado, una nueva forma libre.

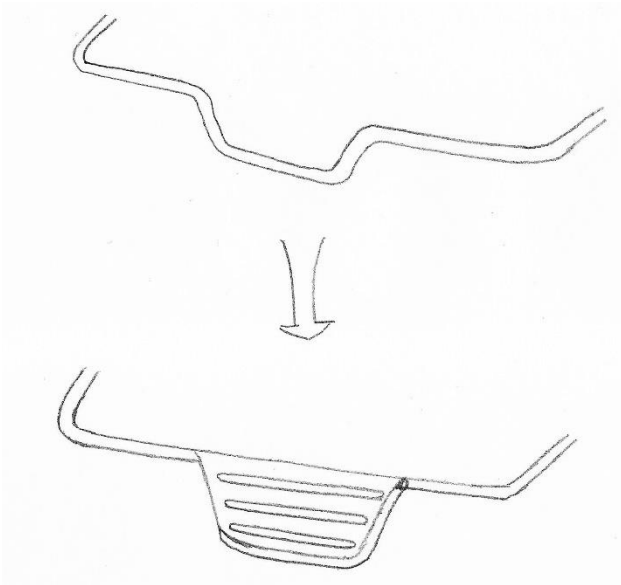


Figura 4.18. Pisador básico

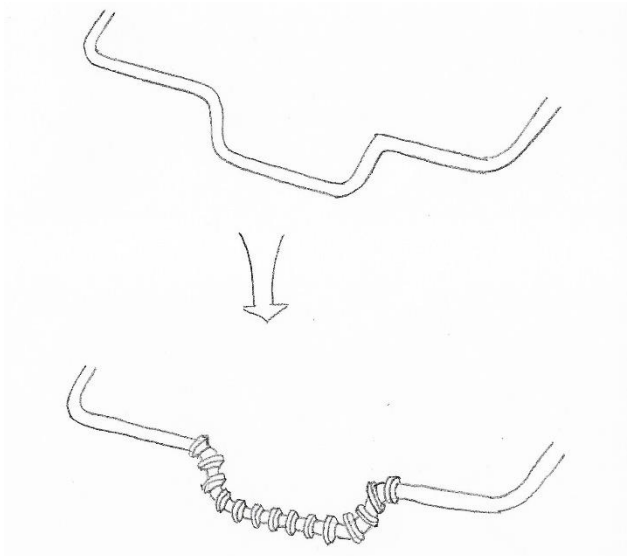


Figura 4.19. Pisador anular

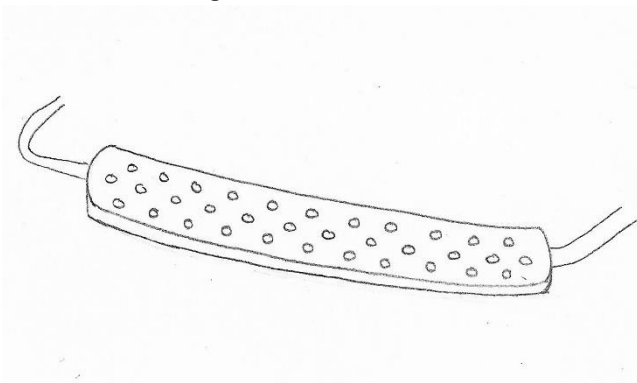


Figura 4.20. Pisador alargado

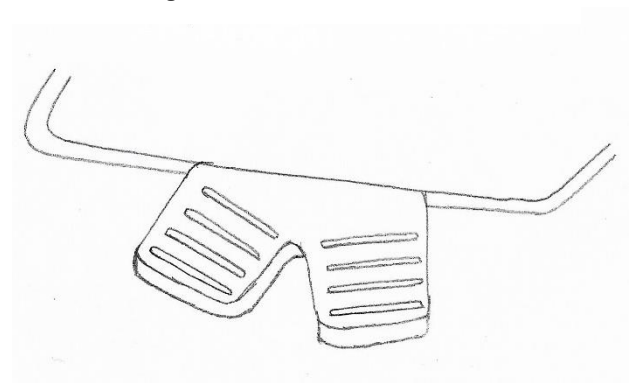


Figura 4.21. Pisador doble

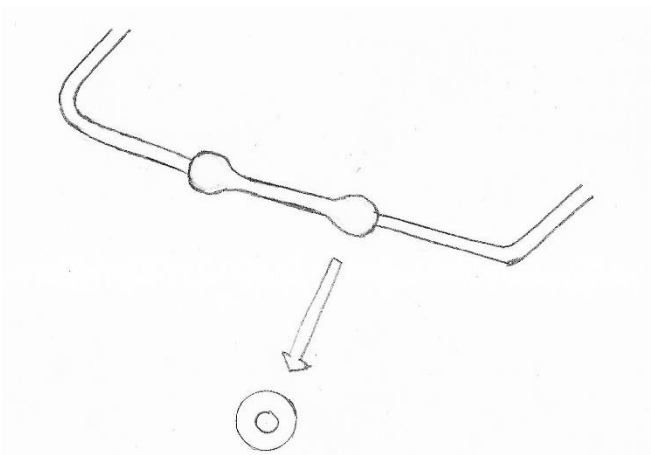


Figura 4.22. Pisador esférico

Llegados a este punto de la segunda fase, la empresa que fabrica el contenedor toma la decisión de que el pedal del nuevo contenedor de carga lateral va a ser exterior. A partir de aquí se continúa trabajando teniendo en cuenta esa decisión de diseño.

4.4. Modelado 3D

En este apartado se muestra el modelado 3D de los conceptos mostrados anteriormente. Tomando como referencia la decisión de que el contenedor contará con pedal exterior, se van a modelar con el ordenador los cinco conceptos correspondientes a pisadores para este tipo de pedal. El programa de CAD empleado para modelado 3D es SolidWorks.

Concepto 1



Figura 4.13. Pisador trapezoidal

El primer concepto toma como referencia la geometría de la barra del pedal del modelo anterior de la empresa. Se cubre con una pieza de forma trapezoidal.

Concepto 2



Figura 4.24. Pisador anular

El segundo concepto pretende reducir al mínimo el material empleado en el pisador. Por eso consiste en 3 estructuras anulares que cubren el saliente de la barra de acero del pedal.

Concepto 3



Figura 4.25. Pisador alargado

El tercer concepto es un pisador clásico en forma de ranura anclado en una barra recta con una gran superficie de pisado. La nota negativa de este concepto es el volumen de material requerido.

Concepto 4



Figura 4.26. Pisador cruzado

Este cuarto concepto surge de observar como el usuario acciona en muchas ocasiones el pisador para abrir la tapa de usuario. La pisada puede ser cruzada, y no en perpendicular al pisador, por esta razón adapta la forma al uso.

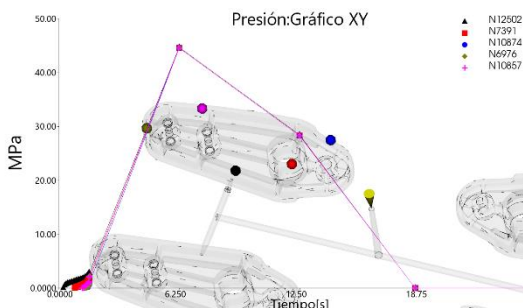
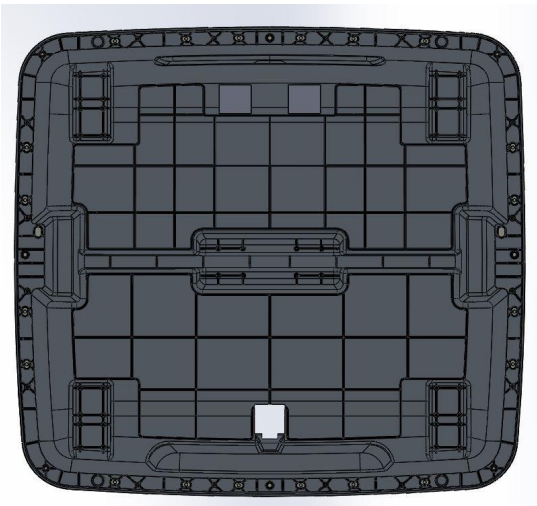
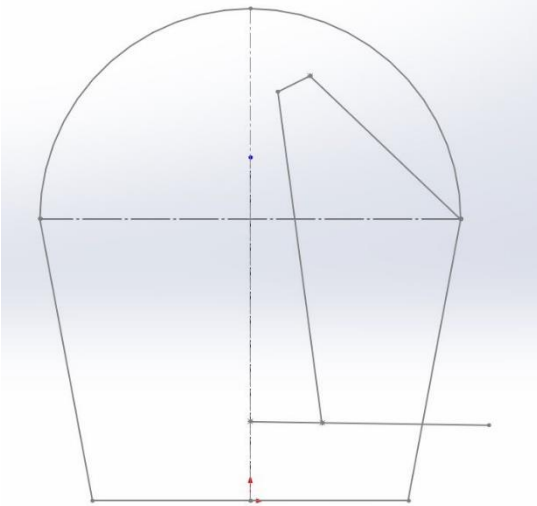
Concepto 5



Figura 4.27. Pisador esférico

El último concepto es el más minimalista. Cuenta con una superficie central rugosa para evitar que deslice el pie del usuario y dos toques esféricos para central la pisada y que esta no se haga cruzada.

FASE 3



CÁLCULOS Y SIMULACIÓN

BLOQUES EN SOLIDWORKS

MOTION EN SOLIDWORKS

CÁLCULOS TEÓRICOS

ESTUDIO DE MONTAJE PEDAL

DESARROLLO DE PIEZAS

SELECCIÓN DE MATERIALES

ESTUDIOS RESISTENTES

ESTUDIOS DE INYECCIÓN

COSTES

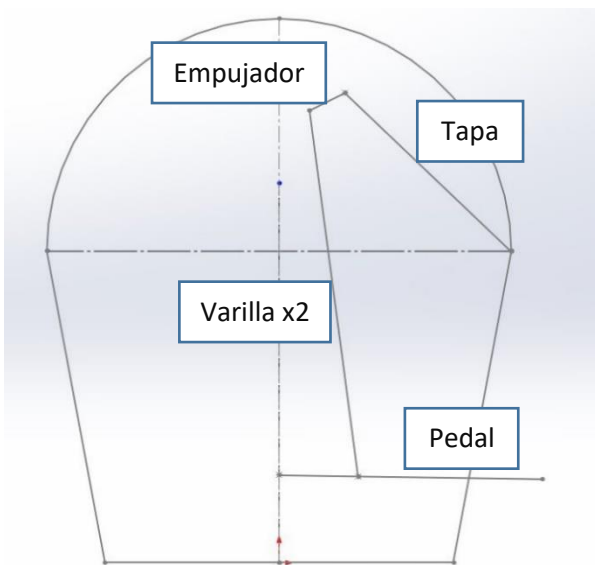
5. CÁLCULOS Y SIMULACIÓN

En paralelo al diseño estético del pisador, se empieza a diseñar el sistema de apertura de la tapa de usuario; utilizando para ello diferentes herramientas del programa SolidWorks. Posteriormente, se realizarán unos cálculos teóricos.

5.1. Bloques en SolidWorks

Primero, se dibuja el sistema tapa-varilla-pedal en 2D, con el único objetivo de obtener las dimensiones que nos permitan la mayor apertura posible de la tapa de usuario con el menor recorrido posible del pedal. El objetivo es lograr una apertura de la tapa de usuario superior a 500 mm (medido desde el borde del contenedor hasta el borde de la tapa) con un recorrido de pedal inferior a 300 mm (medido en vertical).

Hay una serie de dimensiones que están predefinidas, ya que el proyecto trata de implementar el sistema de apertura en un modelo de contenedor existente en fase de restyling. Estas dimensiones son las dimensiones generales del contenedor, la longitud de la tapa, el punto de anclaje del pedal y el punto de giro de la tapa. Se juega con las medidas del empujador, las varillas, el punto de unión de éstas con el pedal, así como diferentes ángulos.



5.1. Bloques

Tras realizar varias combinaciones en las que se varía la distancia de anclaje de la varilla en el pedal, el tamaño del empujador, el ángulo del pedal con el suelo, y el diseño de la propia varilla en forma de "L", se llega a la solución que se muestra en la imagen 5.2.

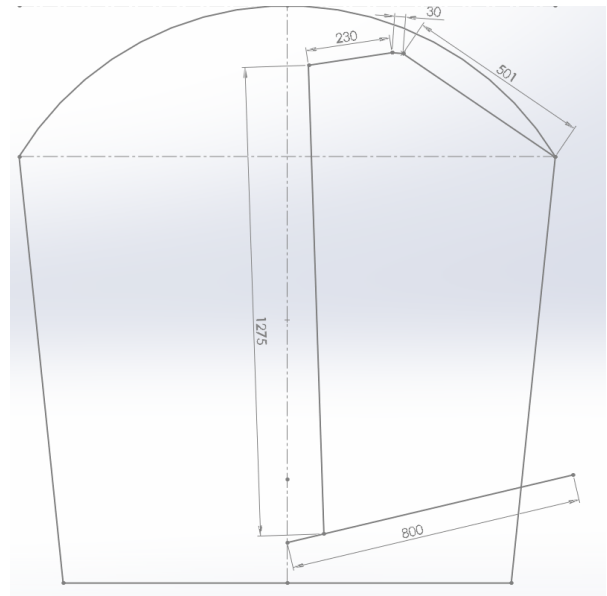
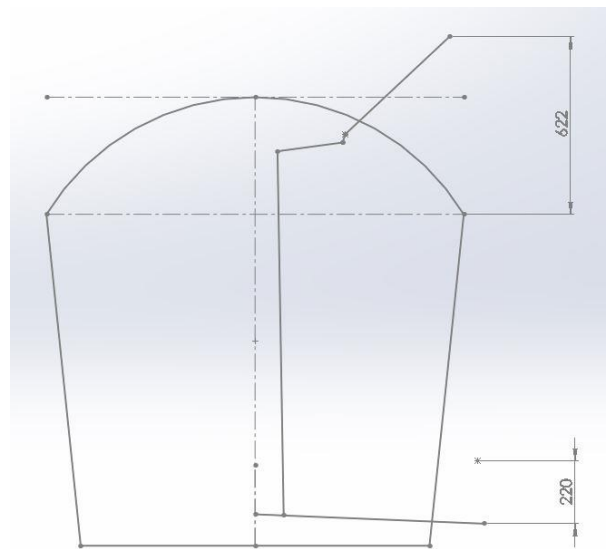


Figura 5.2. Dimensiones bloques

Esta combinación cumple con los requisitos de apertura mencionados anteriormente.



5.3. Apertura de tapa y recorrido del pedal

Los cálculos realizados para el diseño del mecanismo se encuentran ampliados en el Anexo IV.

5.2. Motion en SolidWorks

Una vez cumplidos los requisitos dimensionales, es necesario comprobar que estos permiten también cumplir los de fuerza. Para ello, se toma como referencia el modelo de bloques 2D para modelar el sistema de apertura en tres dimensiones.

El primer modelado que se hace es meramente dimensional y para comprobar que el movimiento es correcto. Se puede ver en el anexo IV junto al resto de capturas de este apartado.



Figura 5.4. Motion V1

La segunda iteración del modelado tiene en cuenta la forma real de los distintos componentes del sistema de apertura.

Además, se adopta la tapa real que monta el conjunto. Este ensamblaje, no se ha orientado en el espacio 3D correctamente. Sumado a una identificación de las propiedades de los materiales errónea por parte del programa, arroja unos resultados que no se pueden considerar válidos.

La última versión modelado en 3D para esta fase corrige los problemas de orientación y materiales anteriores. Además, sustituye las piezas sobre las que pivotaban los ejes por dos paredes que hacen la función de carcasa del contenedor. Esto facilita la correcta situación de los diferentes elementos

del conjunto, y proporciona mejores conclusiones en cuanto a las reacciones en los apoyos.

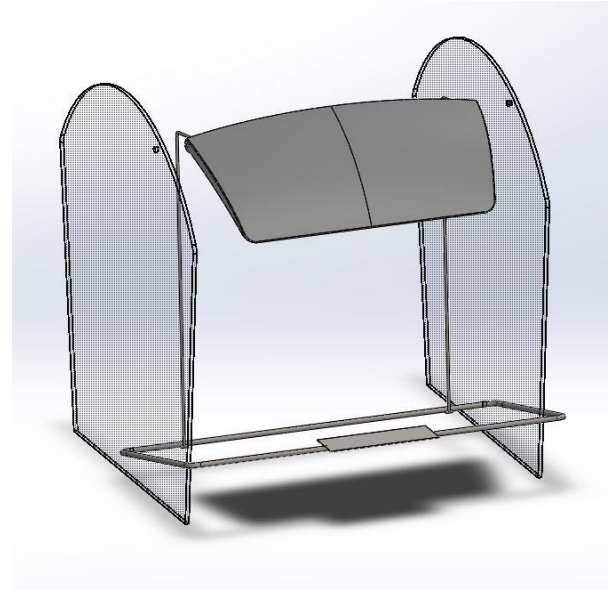


Figura 5.5. Motion V2

Para realizar el análisis del movimiento del conjunto, se añade en primer lugar la fuerza de la gravedad. A continuación, se quiere averiguar la fuerza de pisada que debe ejercer el usuario para alcanzar la apertura máxima de tapa.

Se coloca un motor lineal en la superficie del pisador que simula el pisado de un usuario y se configura para que actúe durante 5 segundos. Debe funcionar hasta descender 220 mm, que es el recorrido de apertura del pedal del contenedor, obtenido en el estudio de bloques anterior.

Para obtener el resultado buscado, se pide al programa que facilite la fuerza que ha ejercido el motor durante todo su recorrido. El trazado graficado por el programa muestra que el usuario debe ejercer una fuerza de pisada inicial de 4 N para que se accione el mecanismo y que, en el punto máximo de apertura, la fuerza ejercida alcanza los 71 N, es decir, algo menos de 7.5 Kg de fuerza.

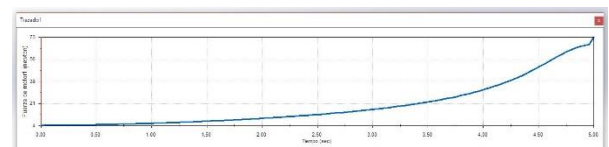


Figura 5.6. Resultados de simulación en SolidWorks

5.3. Cálculos teóricos

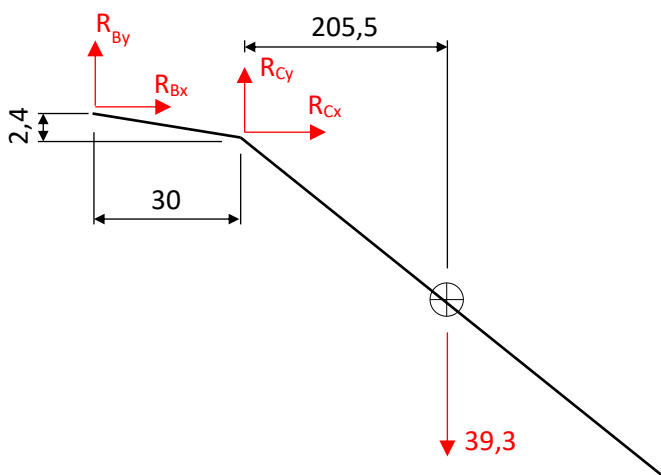
Finalmente, después de fijar todas las dimensiones del sistema de apertura y simular el modelo CAD con el módulo de simulación de SolidWorks, se comprueba de manera analítica si los resultados obtenidos de la simulación son del mismo orden que los teóricos. Para poder comparar los resultados fácilmente, se incluye el resultado simulado en SolidWorks, entre paréntesis, junto al resultado calculado.

Para ello se van a calcular las reacciones en los apoyos y la fuerza de pisado que realiza el usuario en tres situaciones diferentes: tapa de usuario cerrada, tapa de usuario semiabierta (a los 2,5 segundos del recorrido) y tapa de usuario abierta.

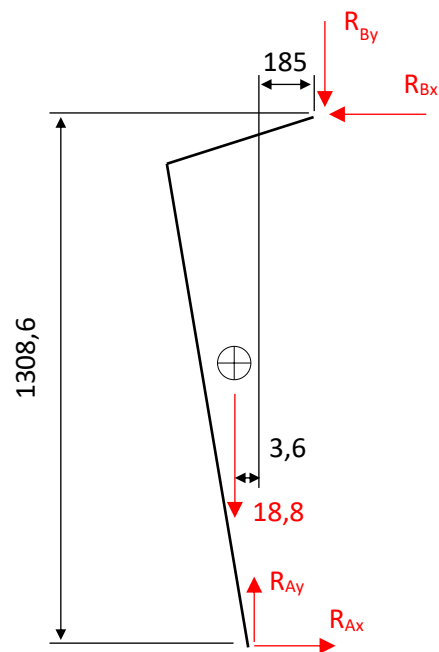
Todo el desarrollo de los cálculos se puede comprobar en el anexo IV.

Tapa cerrada

Tapa



Varilla



$$R_{B_x} = -37,7 \text{ N } (-38 \text{ N})$$

$$R_{C_x} = 37,7 \text{ N } (38 \text{ N})$$

$$R_{A_x} = -37,7 \text{ N } (-38 \text{ N})$$

$$R_{B_y} = -266,3 \text{ N } (-266 \text{ N})$$

$$R_{C_y} = 305,6 \text{ N } (307 \text{ N})$$

$$R_{A_y} = -247,5 \text{ N } (-248 \text{ N})$$

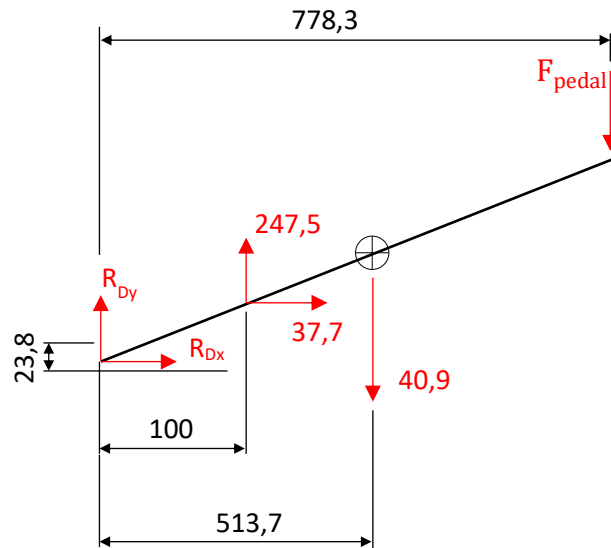
Pedal

$$R_{D_x} = -37,7 \text{ N}$$

(-38 N en SW)

$$R_{D_y} = -202,9 \text{ N}$$

(-201 N en SW)

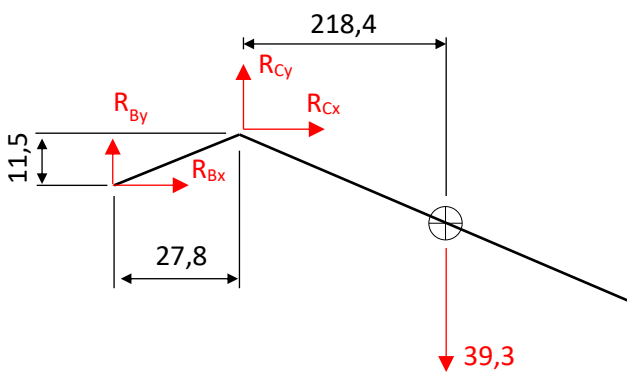


3,7 N (aproximadamente 0,4 Kg de fuerza de pisado)

En la simulación de SolidWorks, se obtuvieron 2 N de fuerza en el inicio.

Tapa semiabierta

Tapa



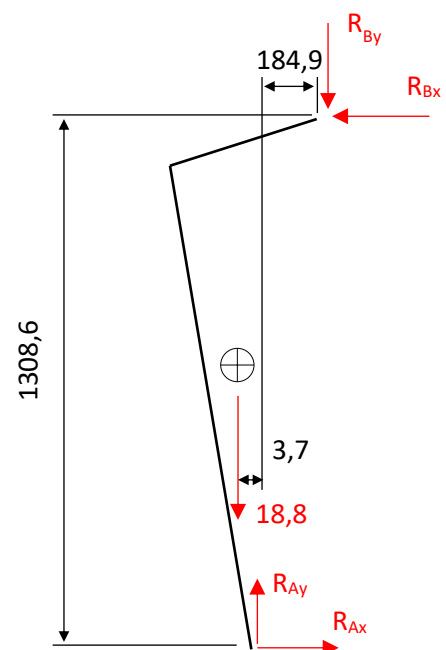
$$R_{B_x} = -46,4 \text{ N} (-46 \text{ N})$$

$$R_{B_y} = -328 \text{ N} (-330 \text{ N})$$

$$R_{C_x} = 46,4 \text{ N} (47 \text{ N})$$

$$R_{C_y} = 367,3 \text{ N} (369 \text{ N})$$

Varilla



$$R_{A_x} = -46,4 \text{ N} (-46 \text{ N})$$

$$R_{A_y} = -309,2 \text{ N} (-310 \text{ N})$$

Pedal

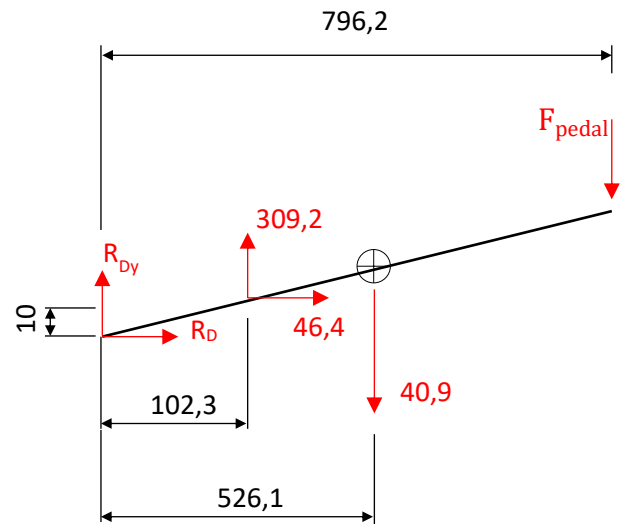
$$R_{D_x} = -46,4 \text{ N}$$

(-46 N en SW)

$$R_{D_y} = -256,2 \text{ N}$$

(-255 N en SW)

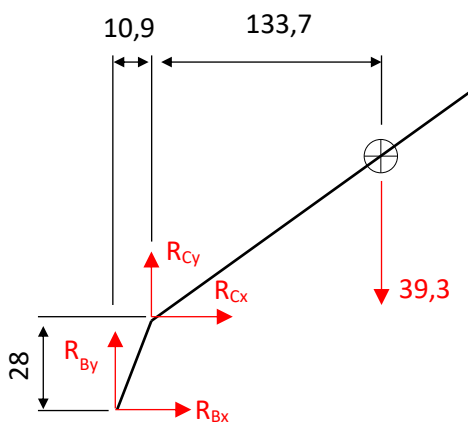
$$F_{pedal} = 12,1 \text{ N (aproximadamente 1,2 Kg de fuerza de pisado)}$$



En la simulación de SolidWorks, se obtuvieron 11 N de fuerza a los 2,5 segundos.

Tapa abierta

Tapa



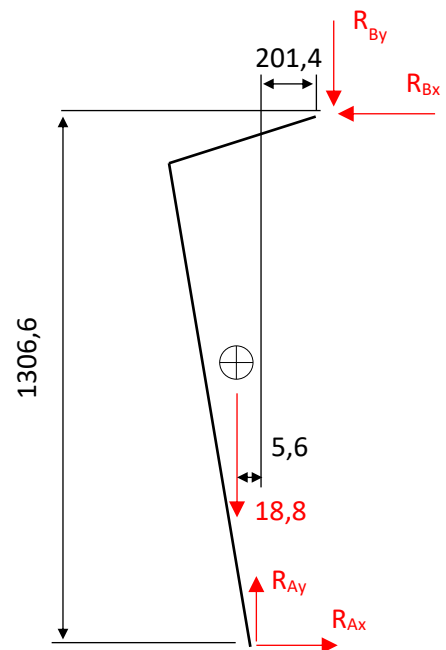
$$R_{B_x} = -122,9 \text{ N (-122 N)}$$

$$R_{B_y} = -797,8 \text{ N (-794 N)}$$

$$R_{C_x} = 122,9 \text{ N (123 N)}$$

$$R_{C_y} = 837,1 \text{ N (835 N)}$$

Varilla



$$R_{A_x} = -122,9 \text{ N (-122 N)}$$

$$R_{A_y} = -779 \text{ N (-776 N)}$$

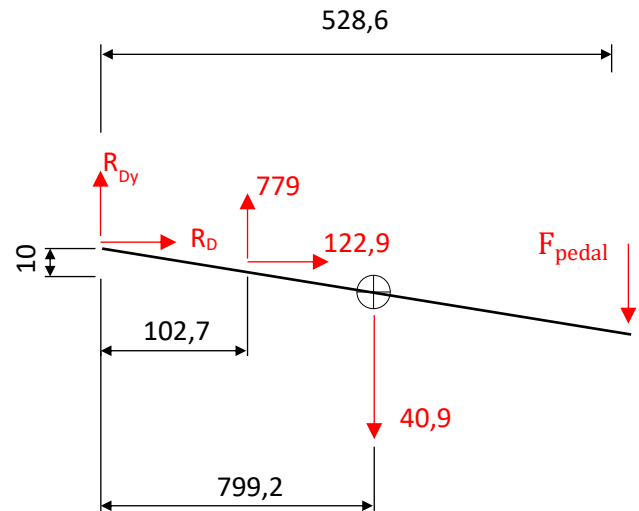
Pedal

$$R_{D_x} = -122,9 \text{ N}$$

(-123 N en SW)

$$R_{D_y} = -664,3 \text{ N}$$

(-661 N en SW)



$$F_{pedal} = 73,8 \text{ N (aproximadamente 7,5 Kg de fuerza de pisado)}$$

En la simulación de SolidWorks, se obtuvieron 71 N de fuerza a los 5 segundos.

Una vez obtenidos los resultados teóricos de las tres posiciones de la tapa de usuario analizadas, se puede concluir que el modelo 3D es robusto. Las pequeñas variaciones que se observan se pueden deber tanto al redondeo de decimales en los cálculos manuales, como a la distinta forma en que el programa realiza los cálculos. Los resultados que se han obtenido sobre la fuerza de pisado que ejerce el usuario para abrir la tapa del contenedor dan solidez a la estructura planteada en el modelo 3D y permiten avanzar con el diseño y desarrollo de las diferentes piezas que componen el sistema de apertura.

6. ESTUDIO DEL MONTAJE DEL PEDAL

6.1. Opción de tubo completo cerrado

La primera propuesta de pedal en este proyecto siguiendo la premisa de pedal exterior impuesto por la empresa es un tubo completo cerrado, es decir, una única pieza.

Su montaje se inicia con el contenedor volteado, de forma que la base de este quede apuntando hacia arriba. Los operarios encargados del montaje comienzan alojando el pedal en la hendidura del suelo del contenedor.

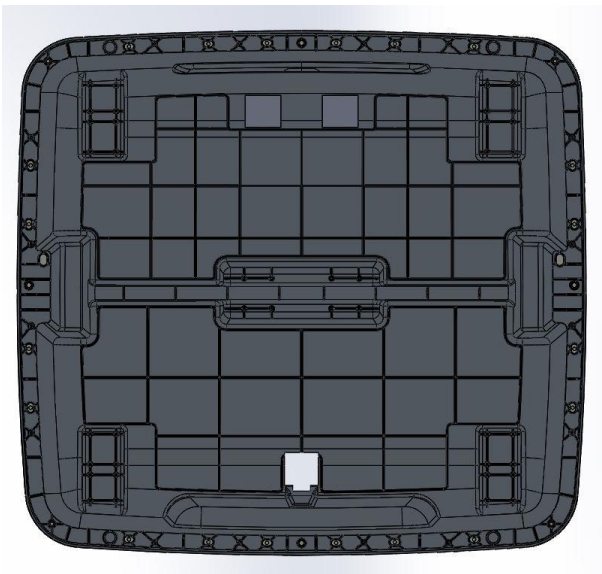
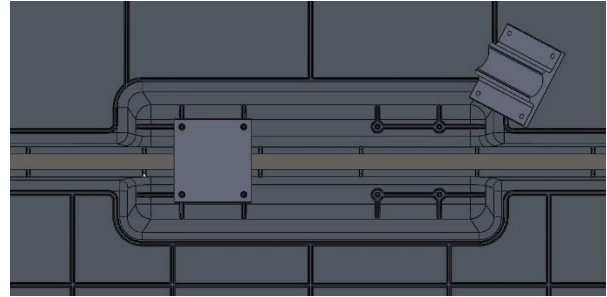


Figura 6.1. Hendidura en el suelo del contenedor

Para anclar el pedal en su alojamiento, se sitúan dos cunas de sujeción del pedal que sujetan la barra longitudinal de este. El suelo del contenedor dispone de dos grupos de cuatro torretas para atornillar las cunas de sujeción del pedal al fondo del contenedor.

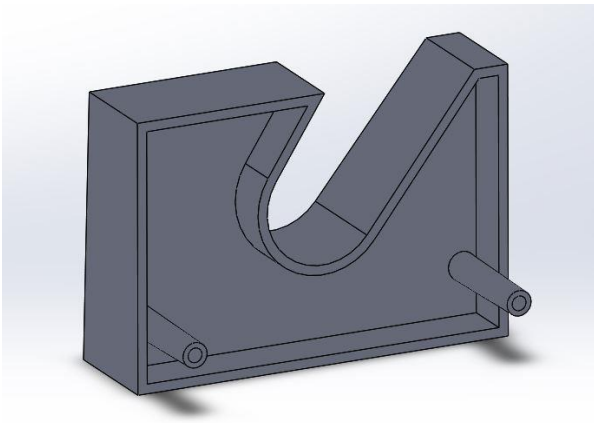


6.2. Detalle de las torretas y las cunas de sujeción del pedal

La empresa contaba en su anterior diseño con una columna inferior alojada en el hueco del sistema de cogida. Esta columna era relativamente grande porque estaba preparada para una serie de funciones secundarias que no se han contemplado en el nuevo diseño. Por esta razón, se diseña y desarrolla una nueva pieza desde cero que sirva de soporte para el pedal y que ocupará el sitio de la anterior columna inferior, pero reduciendo su tamaño.

La nueva pieza no puede contar con un orificio cerrado porque no habría forma de montarla, al ser el pedal un tubo completo cerrado. Además, se quiere que la pieza no solo sirva de soporte para el pedal, sino que bloquee sus movimientos en los ejes X e Y. Por esta última razón, tampoco sirve una forma de U, que dejaría libertad de movimiento en el sentido positivo del eje Y.

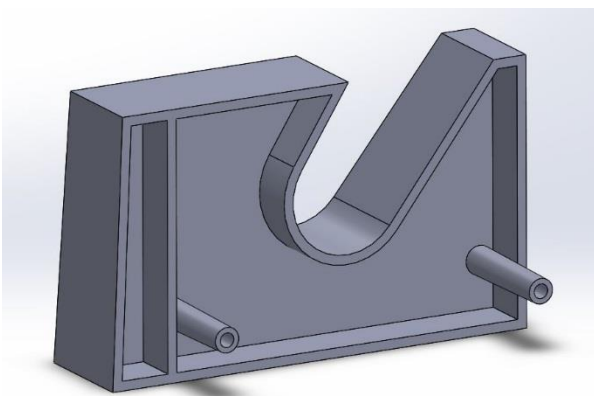
Para poder solventar las dos problemáticas planteadas, se llega a un primer diseño que se puede ver en la siguiente imagen.



6.3. Primer concepto de la pieza soporte

Para poder montar esta pieza, y con el contenedor todavía volteado, el operario la encara ligeramente girada para poder alojar el pedal en el hueco de la pieza. La pieza queda unida al contenedor atornillando a dos torretas desde el interior de este. Una vez atornillada, se gira el vaso y se apoya en el suelo

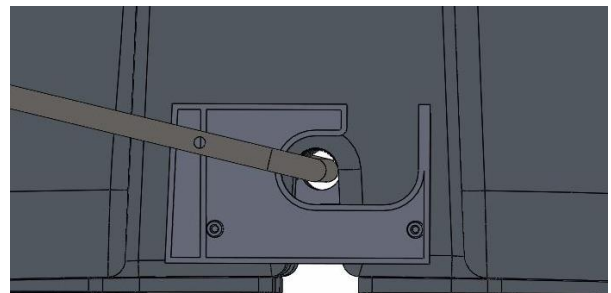
Llegados a este punto, han quedado solucionadas las dos cuestiones anteriores. No obstante, el montaje de la pieza puede ser complejo para el operario porque no cuenta con ninguna guía para el atornillado al contenedor, y además la pieza se puede montar al revés. Para que no se dé esta situación, se extiende un lateral de la pieza soporte para que se adapte al contorno de la cara del alojamiento del sistema de cogida, como se puede observar en la siguiente imagen.



6.4. Segunda iteración del diseño de la pieza soporte

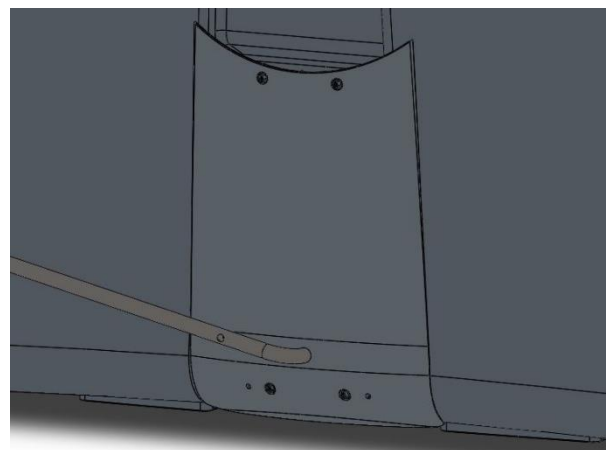
Este añadido, funciona como Poka-Yoke durante el montaje porque solo permite una posición. Además, bloquea el giro en sentido radial de la pieza, lo que facilita el atornillado de la misma.

Aunque ya se ha alcanzado un concepto de diseño que cumple con los requisitos planteados, se replantea la forma del alojamiento sobre el que va a apoyar el pedal para que el bloqueo de movimiento sea más efectivo. La imagen que se muestra a continuación es la iteración final de este diseño.



6.5. Concepto final pieza soporte

El último paso antes de dar por concluido el montaje del pedal, es atornillar la tapa que cubre la pieza soporte. Cuenta con un orificio cerrado que, igual que se ha explicado con la pieza soporte, impide su montaje al ser el pedal también un tubo completo cerrado.



6.6. Problema de montaje de la tapa

Como esta tapa no admite modificaciones por parte de la empresa, se opta por modificar el pedal de forma que el montaje resulte viable en todas las etapas descritas.

6.2. Opción de tubo partido en dos piezas

Como indica el título de esta segunda parte, la solución al problema de montaje de la tapa pasa por dividir el tubo del pedal en dos piezas.

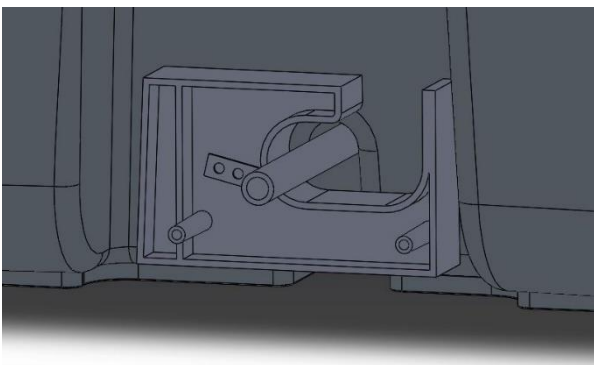


6.7. Pedal con tubo partido en dos piezas

El inicio del montaje del contenedor sería el mismo que en el primer caso: con el contenedor volteado. En este caso, lo que alojarían los operarios en la hendidura del suelo del contenedor, sería únicamente el eje recto del pedal.

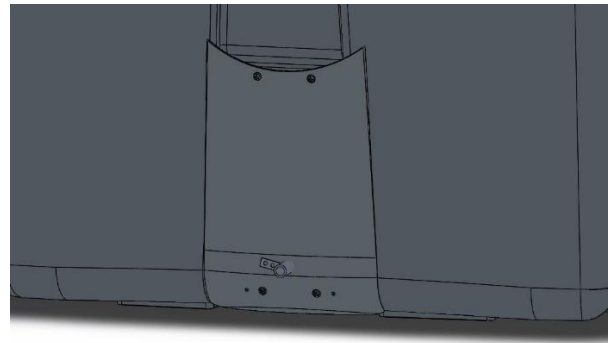
A continuación, también igual que en el primer caso, se emplearían las dos piezas que se atornillan a las torretas del suelo del contenedor para dejar el eje del pedal correctamente anclado.

Antes de volver a girar el contenedor para que la base apoye en el suelo, se colocaría la pieza soporte del pedal diseñada previamente. Una vez atornillada la pieza, el eje del pedal quedaría completamente sujeto y funcional.



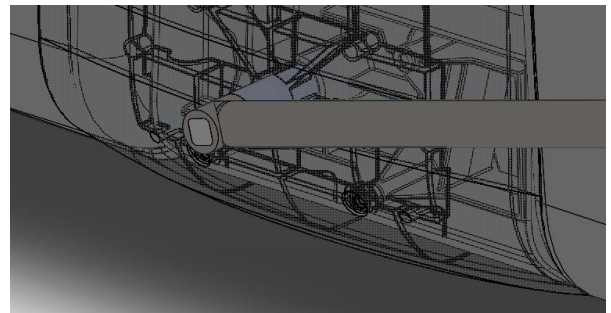
6.8. Eje del pedal y pieza soporte

Después de montar la pieza soporte del pedal, ya se puede atornillar la tapa que no era viable con el anterior diseño del pedal de tubo completo cerrado.



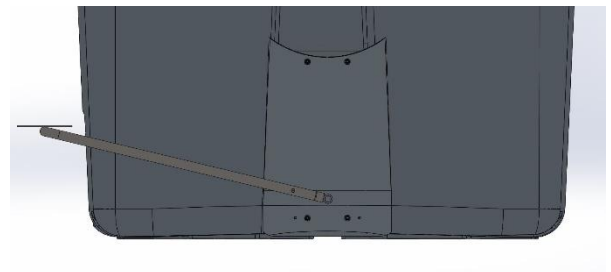
6.9. Tapa montada

Ahora sí, se puede terminar de ensamblar el pedal. Para ello, se une la U del pedal al eje ya montado previamente desde el exterior del contenedor mediante un pasador metálico que bloquea el giro entre ambas piezas y las hace solidarias.



6.10. Unión de las dos piezas del pedal mediante pasador

El resultado final del montaje del pedal con el tubo partido en dos piezas se puede observar en la siguiente imagen.



6.11. Pedal con opción de tubo partido en dos piezas montado

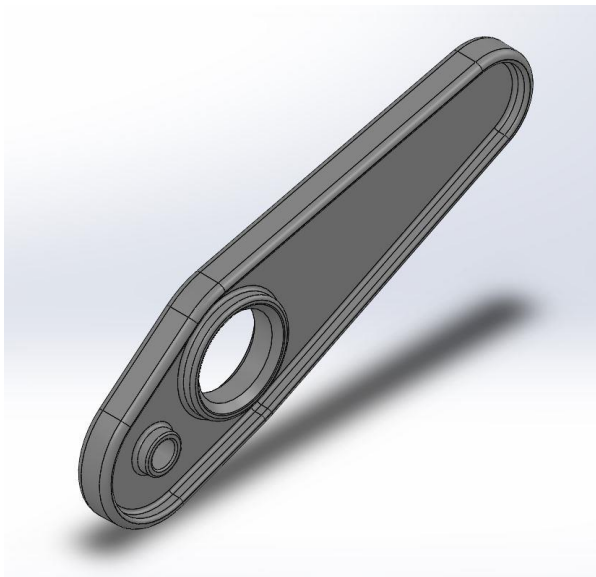
7. DESARROLLO DE PIEZAS

A continuación, se explicará cómo se ha desarrollado cada una de las cuatro piezas de plástico diseñadas para el sistema de apertura de la tapa de usuario del contenedor:

7.1. Empujador

El desarrollo del empujador ha consistido básicamente en tomar las dimensiones calculadas en el apartado de bloques y diseñar una pieza real que se adapte a la morfología del resto de componentes del contenedor con los que interactúa.

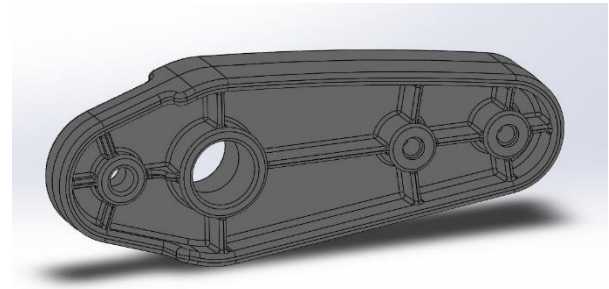
Se hizo un primer diseño de la pieza para entender cómo adaptar esas dimensiones. Un orificio central que permita alojar el empujador en el eje de la tapa de usuario y otro que sirva para acoplar las varillas solidarias al pedal. La distancia entre ambos puntos son los 30 mm convenidos en el estudio de bloques inicial. Otra de las consideraciones que se tuvieron en cuenta al diseñar esta pieza, fue que no tuviera mano. Esto quiere decir, que una misma pieza se pueda montar tanto en el lado izquierdo como derecho del contenedor.



7.1. Concepto inicial del empujador

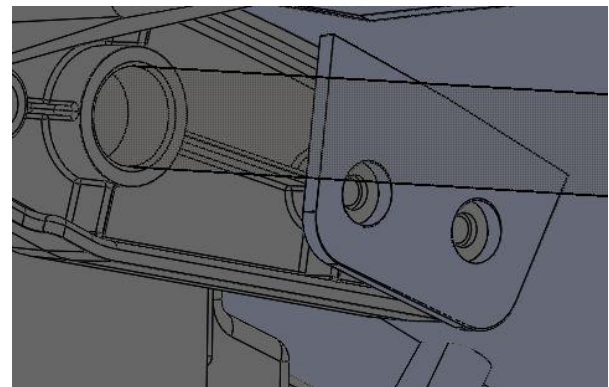
Una vez entendido como deben ser las líneas de diseño de nuestra pieza, se avanza hacia la siguiente iteración que incluye diversas consideraciones.

Además del hecho de que es necesario rigidizar la pieza para soportar la tensión a que va a ser sometida, también se tiene que solucionar la forma en que interactúa con la tapa de usuario y con la varilla del pedal.



7.2. Segunda iteración del desarrollo del empujador

Con respecto a la tapa se toman dos decisiones de diseño. En primer lugar, que la cara superior del empujador copie la silueta de la tapa de usuario para acompañar el movimiento durante todo el recorrido de apertura y cierre. Además, se incluyen dos torretas para atornillar la pieza a un cajeadado en la tapa que hará las dos piezas solidarias.



7.3. Cajeadado en tapa para atornillar empujador

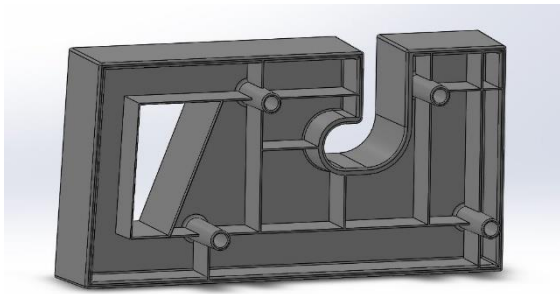
Con respecto a la varilla, se reduce la altura de los nervios en la zona de anclaje de la pieza, para evitar que el elemento metálico de unión entre varilla y empujador sea más ancho de lo debido.

7.2. Soporte pedal

El soporte del pedal se monta en la parte inferior del alojamiento de los sistemas de cogida. Sirve para sujetar el pedal y alojarlo en su eje de giro.

El diseño de esta pieza ya se anticipó en la explicación del apartado 6, aunque durante el desarrollo se han ajustado las dimensiones de la misma y se han solventado problemas que se han ido encontrando al estudiarla más a fondo.

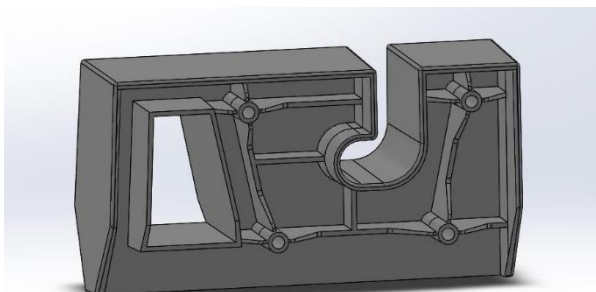
De igual forma que el empujador, la pieza de soporte del pedal también se ha desarrollado de forma que sea simétrica y pueda ser montada en ambos lados del contenedor para evitar diseñar una pieza y molde nuevos que aumentarían el coste de fabricación.



7.4. Pieza soporte pedal

Como se puede observar, respecto a lo visto anteriormente, se ha redimensionado el alojamiento del pedal que facilita su montaje, se han añadido los nervios y las torretas superiores que se atornillan al cuerpo del contenedor.

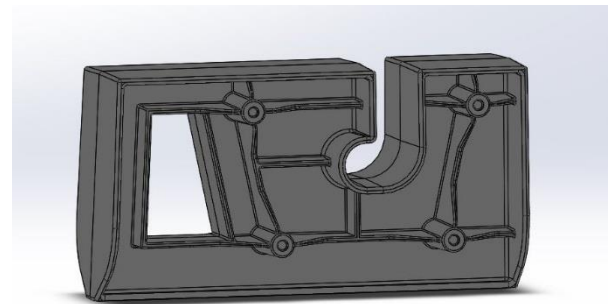
En este primer desarrollo se ve que las torretas en voladizo pueden estar soportando una carga excesiva. Se decide para la siguiente iteración que las cartelas deben apoyar también en la pared lateral del contenedor para compartir la carga que sufren las torretas.



7.5. Segunda iteración del soporte pedal

Una vez montada la pieza en el contenedor con la tapa exterior que la cubre a modo de embellecedor se encontraron dos problemas. El primero es que la posición de las torretas inferiores que atornillan a la tapa era incorrecta y se corrige.

Tras hacer crecer la altura de las cartelas, se ha detectado un segundo problema que no existía en un principio. Se observa que esta misma tapa, una vez se ha posicionado correctamente en las posiciones de atornillado, colisiona con la parte inferior de la pieza soporte. Para solventarlo, se hace un corte diagonal que evite este problema de montaje afectando lo mínimo a la pieza en desarrollo.

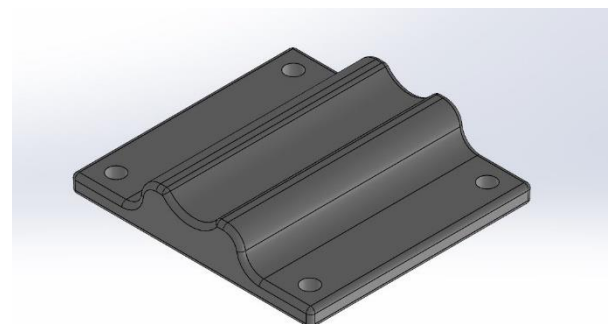


7.6. Iteración final de la pieza soporte pedal

Por último, se hace una revisión final de la pieza para optimizar las formas y suavizar el recorte que se había hecho en la iteración anterior. Se uniformiza el espesor de la pieza para facilitar su proceso y se modifican las torretas para hacerlas más resistentes y guiar el atornillado.

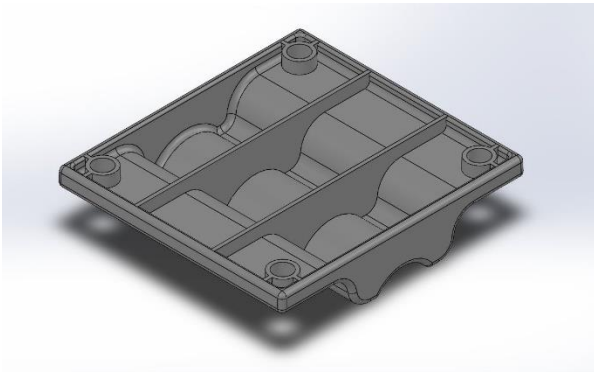
7.3. Cunas de sujeción del pedal

Las cunas de sujeción para el montaje del pedal en el contenedor también se explicaron en el capítulo anterior.



7.7. Cara superior de la cuna sujeción pedal

En este caso, se precisaban pocas modificaciones en el concepto de la pieza respecto a lo visto en el capítulo del estudio de montaje.



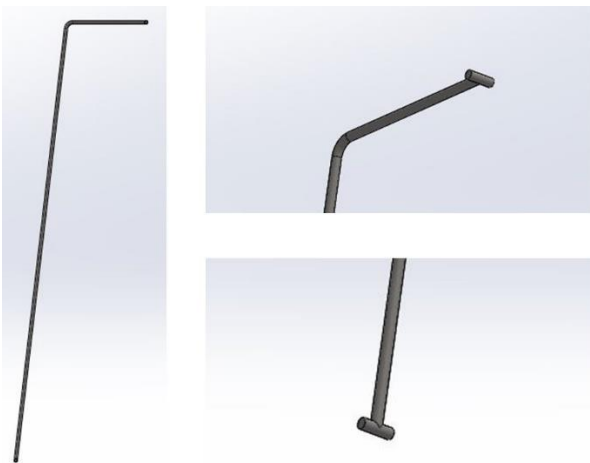
7.8. Cara inferior de la cuna sujeción pedal

Las dimensiones de la pieza no requerían ninguna revisión, y tampoco requería ninguna adaptación para ser correctamente procesada.

Todas las modificaciones necesarias iban dirigidas hacia hacer inyectable la pieza. Esto pasa por vaciar la pieza y rigidizarla con nervios para que porte el peso del pedal, especialmente durante el montaje de este, pues son el único seguro hasta que se montan las piezas soporte.

7.4. Varillas

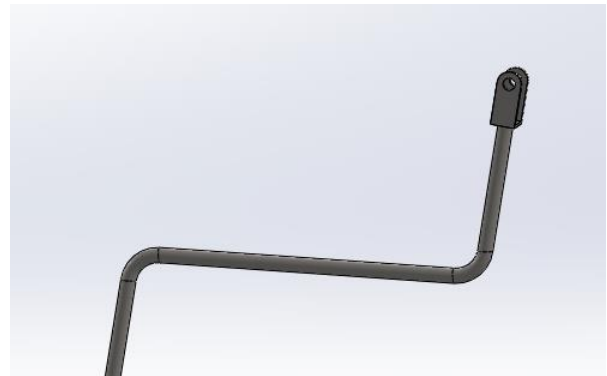
Las varillas son dos piezas metálicas de acero estructural que unen el eje del pedal con el empujador. En primer lugar, se modela una versión simplificada como la de las siguientes imágenes para comprobar dimensiones y montaje.



7.9. Varilla simplificada

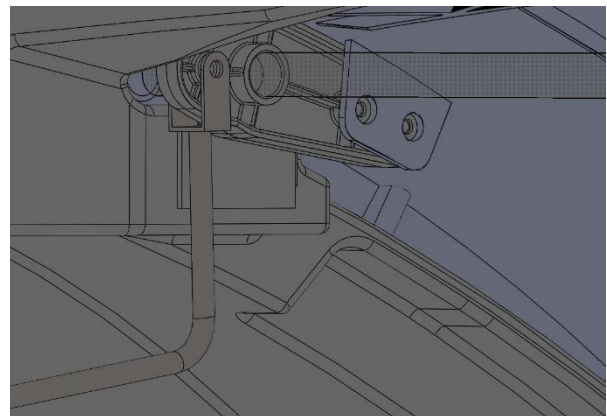
En una fase más avanzada del desarrollo de la pieza y, aunque se conserven las dimensiones y ángulos de las varillas, el quiebro se adapta para que una vez montado en el contenedor no entre en conflicto con ningún otro elemento. Por tanto, esta modificación de la pieza no afecta a los resultados extraídos del estudio de bloques en Solid-Works.

A esta varilla se añaden además horquillas en sus dos extremos para unirla a las dos piezas mencionadas anteriormente.



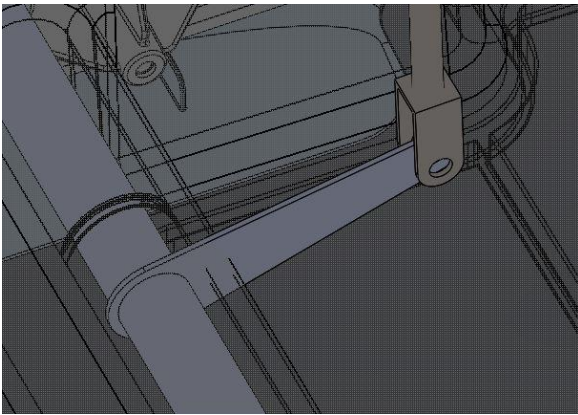
7.10 Varilla con quiebro modificado y horquillas

Para montar la horquilla del extremo superior, ya se ha visto en el desarrollo del pisador como se adapta la pieza para que encajen sin aumentar mucho el tamaño de la horquilla.



7.11. Varilla montada en empujador

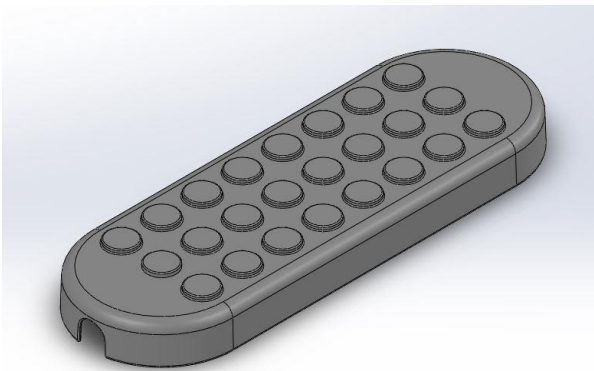
Respecto al montaje de la varilla al pedal, se necesita soldar dos pletinas al eje de este para que unamos las horquillas mediante un pasador. La longitud de estas pletinas, será la calculada en el estudio de bloques, es decir, la distancia entre el eje del pedal y el extremo inferior de la varilla.



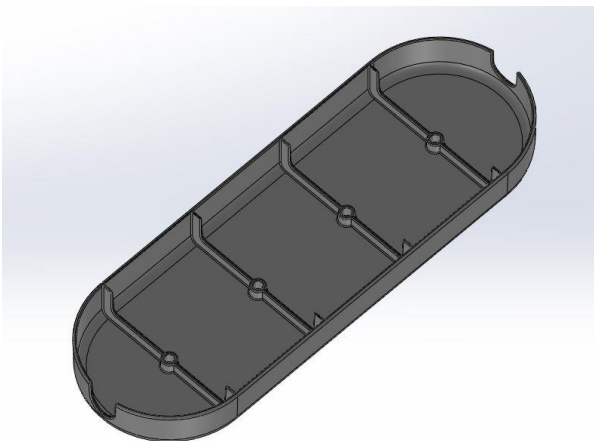
7.12. Varilla montada al eje del pedal

7.5. Pisador

El pisador del pedal del contenedor es una pieza que surge en la generación de conceptos de la fase 2 del proyecto. La empresa Contenur toma la decisión de no incluir pisador, pero, en cualquier caso, de los conceptos diseñados, el número 3 es el que más les gusta. Se parte así de este concepto 3 pero reduciendo su longitud.



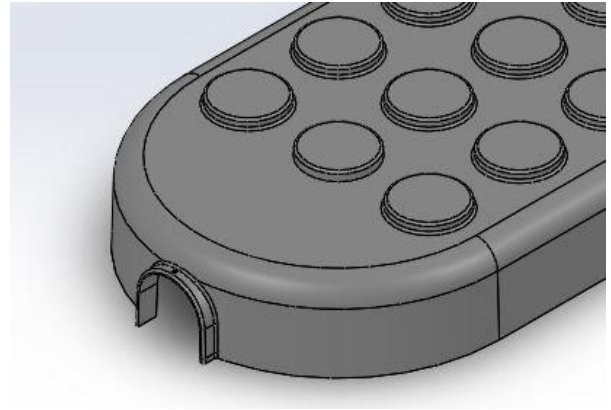
7.13. Cara superior del pisador



7.14. Cara inferior del pisador

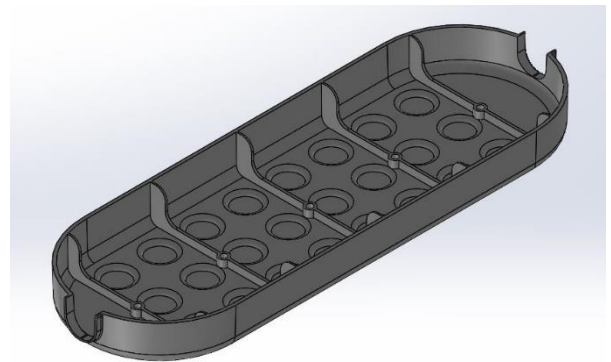
En la fase de conceptualización ya se había hecho un recorte para alojar el pisador en el tubo metálico del pedal, pero no se solucionaba su sujeción.

Se opta por cuatro torretas en la cara interior del pisador que se atornillarán al tubo del pedal de forma que se bloquee el giro del pisador cuando es accionado por el usuario.



7.15. Modificación del alojamiento del tubo

Se hace una revisión de la pieza para modificar diversos detalles. En primer lugar, se añade una terraza al alojamiento del tubo del pedal, para evitar que solo apoye la pared del pisador y que esta se pueda resquebrajar cuando el usuario hace la fuerza de pisado.



7.16. Modificaciones cara interior pisador

En la cara interior se hacen dos cambios. En primer lugar, se corrige el vaciado de los salientes de la cara exterior para que el espesor de la pieza sea uniforme. La razón de este vaciado queda explicada en el posterior análisis de inyección con Moldflow.

Por último, se añade un quinto conjunto de torreta y nervio, haciendo que los dos más exteriores, refuercen mejor los extremos del pisador.

8. SELECCIÓN DE MATERIALES

El siguiente apartado está dedicado a los materiales que se han seleccionado para la fabricación de las diferentes piezas que componen el sistema de apertura diseñado para un contenedor de carga lateral.

Se ha dividido en diferentes subapartados en función del tipo de pieza y sus necesidades, lo que permitirá usar un mismo material para estas.

En la selección de los materiales, se tiene en cuenta la tensión admisible o tensión de trabajo, que es aquella que asegura las no deformaciones permanentes en los materiales y que, por tanto, debe ser inferior a la tensión producida por las fuerzas exteriores [27].

8.1. Empujador y pisador

El material que se seleccione para cada una de las aplicaciones debe cumplir con las exigencias técnicas correspondientes ajustando el coste lo máximo posible y pudiendo conformarse con las técnicas expuestas en apartados anteriores.

El pisador es una pieza que no está sometida a grandes esfuerzos, pero que se encuentra expuesta a las inclemencias por instalarse en el exterior del contenedor. El empujador, sí que debe soportar cargas mayores.

Con estas condiciones, se inicia la búsqueda entre los polímeros de gran consumo o commodities. Son polímeros con una gama de propiedades y aplicaciones muy amplias que se caracterizan por su bajo coste. Algunos ejemplos son el polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno, policloruro de vinilo, poliestireno, resinas acetálicas, etc.

El polietileno es uno de los plásticos más comunes en la industria por su capacidad para ser transformado de diversas formas: inyección, soplado o extrusión. Sus dos formas más comunes son el LDPE (Low density polyethylene o Polietileno de baja densidad) y el HDPE (High density polyethylene o

Polietileno de alta densidad). Se emplean en la fabricación de envases para líquidos, bolsas de supermercado, cubos, tuberías o contenedores herméticos entre otros.

Ambos productos tienen propiedades similares, aunque el HDPE cuenta con mayor rigidez y mejor resistencia a la temperatura. Además, es muy ligero, e igual que los demás termoplásticos, es reciclable [11].

8.2. Cunas de sujeción del pedal y pieza soporte

Estas dos piezas no soportan mayores tensiones que el empujador o el pisador, sin embargo, van a estar sometidas a rozamiento debido a la fricción provocada por el eje del pedal. Se necesita por tanto un material con mejores propiedades mecánicas. Esto se busca en el siguiente escalón de la pirámide, los polímeros de ingeniería. Estos cuentan con mejores prestaciones que los polímeros de gran consumo a cambio de un coste superior. Se utilizan como alternativa al uso de metales en algunas aplicaciones.

En concreto, se presta atención a un polímero usado en automoción para engranajes o cojinetes, entre otros. Se trata del POM (Polióxido de metileno) o acetal. Cuenta con alta resistencia mecánica y al desgaste, además de tener capacidad de autolubricación [28]. Por estas razones, se ajusta perfectamente a las necesidades planteadas.

8.3. Herrajes

Cuando se habla de herrajes, en el caso del sistema de apertura de la tapa de usuario diseñada, se incluyen las varillas y el tubo del pedal. Estos elementos ya han contado con una selección de material por parte de la empresa, así que no se hará nuevamente en este apartado. El material elegido es acero estructural del proveedor Hiescosa.

9. ESTUDIOS RESISTENTES

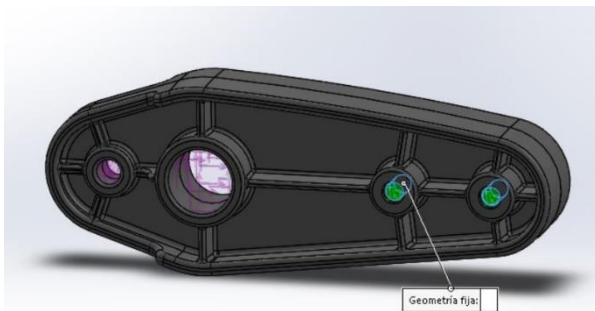
En los dos últimos apartados se ha dado por concluido el desarrollo de las piezas según las indicaciones para el correcto diseño de piezas de plástico, y se han seleccionado los materiales más adecuados de acuerdo con sus funciones.

A partir de esto, se van a realizar una serie de estudios resistentes del empujador, de la pieza soporte pedal y de las varillas con la herramienta Simulation del programa SolidWorks.

9.1. Empujador

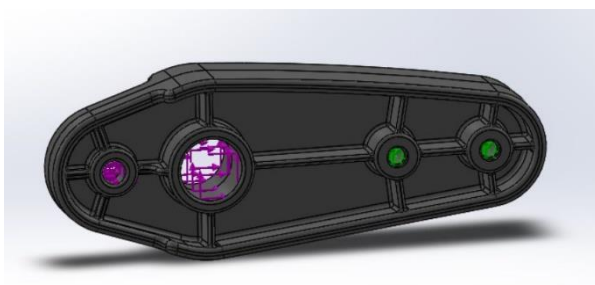
El estudio resistente del empujador se va a realizar a partir de los resultados de cálculos de reacciones que se han expuesto en apartados anteriores de la memoria.

Para poder realizar el estudio, antes de mallar se tienen que definir las sujeciones de la pieza y las cargas aplicadas.



9.1. Sujeciones empujador

En el empujador, se han sujetados las torretas atornillan al cajeadado de la tapa. Esto resulta más restrictivo que en funcionamiento real del contenedor, puesto que la tapa no queda fija, sino que se desplaza.

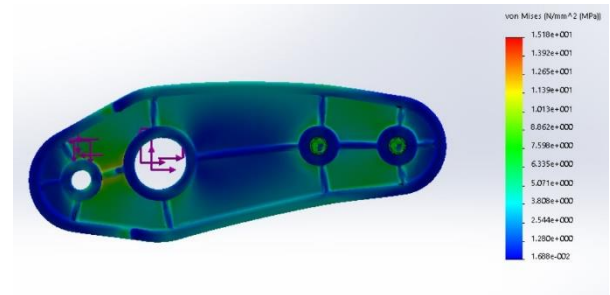


9.2. Cargas aplicadas al empujador

Se aplican cargas en dos puntos diferentes del empujador, que reflejen las reacciones transmitidas por las varillas y el eje del pedal respectivamente.

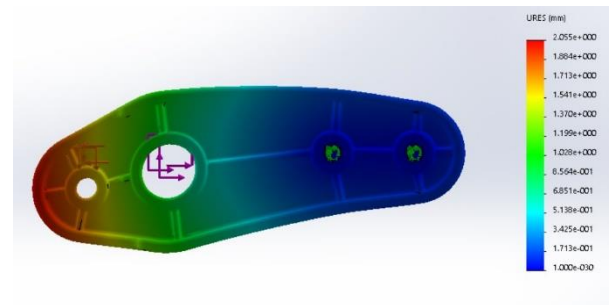
El orificio de la varilla tiene una carga aplicada de 62 N en el eje X y de 399 N en el eje Y.

En el alojamiento del pedal, se ha aplicado una reacción de 62 N en el eje X y de 419 N en el eje Y.



9.3. Tensiones en el empujador

Con las sujeciones definidas y las cargas aplicadas, obtenemos que la tensión máxima que soporta la pieza es de 15,2 MPa. Esta tensión se concentra en el nervio que une el alojamiento del pedal y el orificio que se une a la varilla, y en la base de este último. Como la tensión admisible del PEHD es de 25 MPa, resulta un coeficiente de seguridad de 1,6.



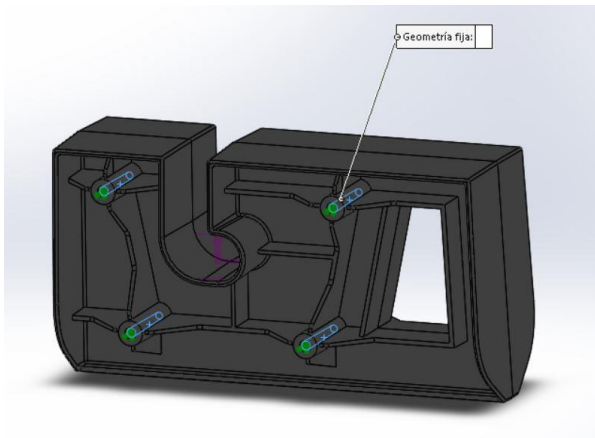
9.4. Desplazamientos en el empujador

Igual que las tensiones, el mayor desplazamiento se observa en el extremo en que se ancla la varilla al empujador. El dato obtenido son 2 mm. Se da la pieza por buena en cuanto a resistencia y rigidez se refiere.

9.2. Soporte pedal

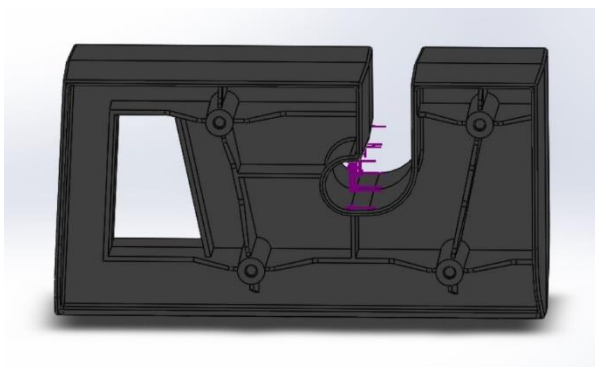
La pieza soporte del pedal, igual que la anterior, se estudia en función de los resultados de las reacciones calculadas previamente.

Para realizar el estudio, primero se han sujetado las cuatro torretas que atornillan a la pared del contenedor. No se ha considerado el hecho de que las cartelas de la pieza soporte apoyen también en el contenedor, lo que en cualquier caso favorecería a la pieza.



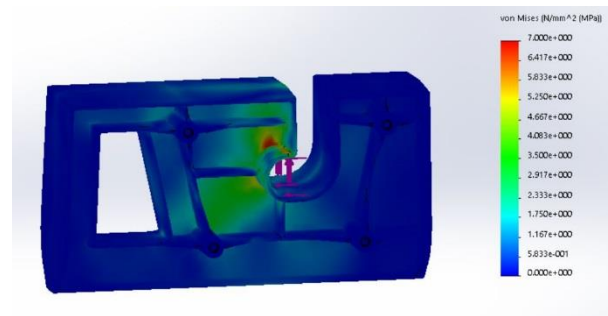
9.5. Sujeciones pieza soporte

En cuanto a las cargas, se aplican las reacciones que produce el pedal del contenedor en el alojamiento de la pieza. Por un lado, hay una reacción en el eje X de 62 N y por otro, una reacción en el eje Y de 332 N.

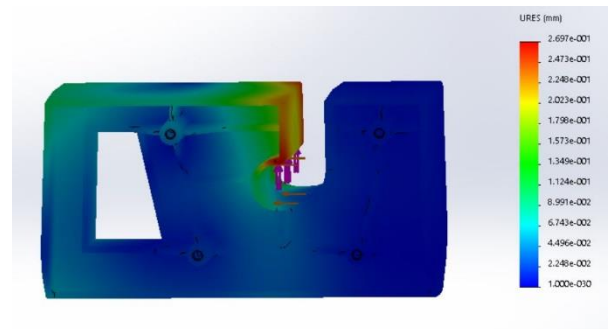


9.6. Cargas aplicadas a la pieza soporte

Una primera ejecución del estudio arroja un resultado de tensión máxima de 7 MPa para una tensión admisible del POM de 50 MPa. Esto puede indicar que la pieza se ha diseñado sobredimensionada y se podría optimizar.

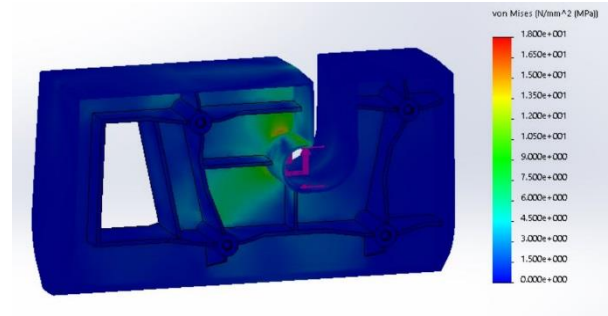


9.7. Resultados de tensiones



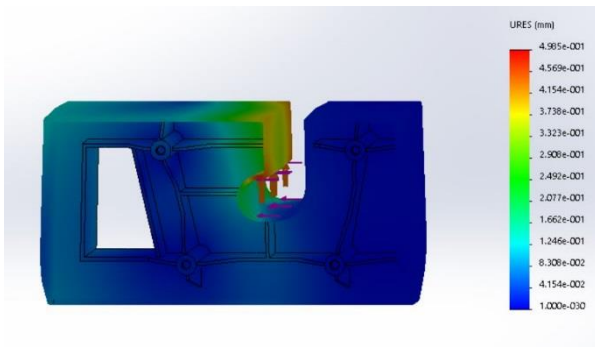
9.8. Desplazamientos en la pieza soporte

Los desplazamientos que se han obtenido en la pieza son despreciables, así que, a partir de estos resultados, se decide reducir el espesor de la pieza de 4 mm a 3 mm.



9.9. Tensiones con espesor reducido

La tensión máxima que resulta de ejecutar el análisis bajo un espesor de pieza de 3 mm, son 18 MPa en la zona del alojamiento del pedal. Esto da un coeficiente de seguridad de 2,7. No se reduce más el espesor de la pieza por cuestiones de rozamiento.



9.10. Desplazamientos con espesor reducido

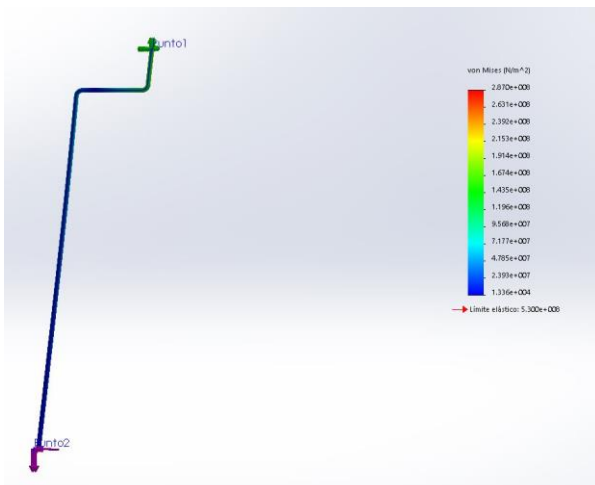
Los desplazamientos que se obtienen al ejecutar el análisis con el espesor de pieza reducido siguen siendo muy bajos, inferiores a 1 mm. Se dan los análisis por concluidos satisfactoriamente.

9.3. Varillas

El último ensayo resistente que se va a realizar afecta a las varillas metálicas que unen el pedal y el empujador.

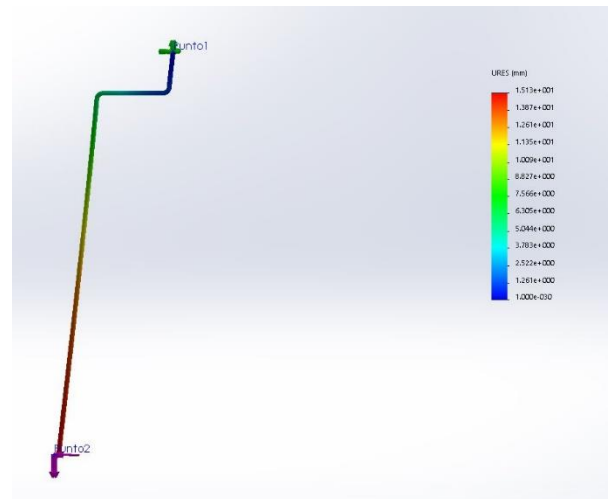
Para realizar el estudio resistente de la varilla, se ha optado por sujetar fijamente el extremo superior de la varilla y aplicar la carga en el extremo inferior.

Las cargas aplicadas corresponden a las calculadas en el apartado 5, y son 61 N en el eje X y 380 N en el eje Y.



9.11. Tensiones en la varilla

La máxima tensión que soporta la varilla es de 284 MPa, lo que arroja un coeficiente de seguridad de aproximadamente 1,8 respecto al acero inoxidable utilizado para su fabricación.



9.12. Desplazamientos en la varilla

El desplazamiento máximo del modelo entero es de 15 mm, que es aproximadamente un 1% de la longitud total de la varilla.

Los datos se han obtenido con un radio de varilla de 7,5 mm y eligiendo acero inoxidable como material de fabricación.

Los estudios resistentes se dan por concluidos tras haber analizado las tres piezas seleccionadas.

10. ESTUDIOS DE INYECCIÓN

Después de haber comprobado que el empujador y la pieza soporte pedal superan los estudios resistentes, se simula el proceso de inyección de todas las piezas desarrolladas en plástico.

Para este apartado, se va a utilizar el programa Moldflow de Autodesk, que nos permitirá simular la disposición de las piezas en el molde y controlar los distintos parámetros del proceso de moldeo por inyección.

En este apartado también se estimará el tamaño de los moldes y se seleccionará la maquina inyectora más adecuada para cada pieza.

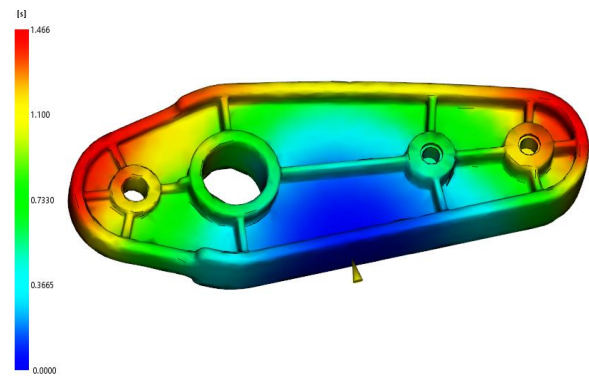
10.1. Empujador

En primer lugar, se van a realizar varios casos de llenado variando la ubicación del punto de inyección, y así buscar que la pieza llene balanceada, esto es, que no hay zonas que se sobre compacten.

La decisión tomada, por el tamaño que tiene la pieza, es entrar mediante canales fríos, llegando a pieza a la línea de partición. Se busca inyectar el empujador en molde de 4 cavidades para hacer la pieza más económica en cuanto a proceso.

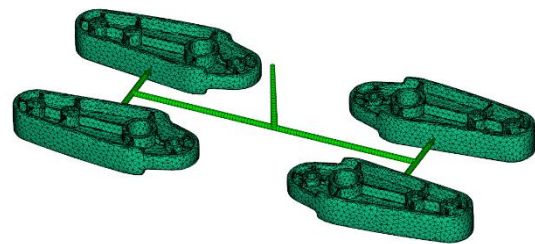
La imagen que se muestra a continuación muestra la ubicación correcta del punto de inyección para un llenado balanceado.

Con un HDPE seleccionado (KS 10100 de Dow Chemical) y los datos de llenado en 1.5 s, una temperatura de masa de 230°C y de molde de 30°C, la presión alcanzada al final del llenado es de 4,26 MPa, con una fuerza de cierre de 1,2 t. El resto de las capturas se puede consultar en el anexo V.



10.1. Ubicación del punto de inyección para un llenado balanceado

Una vez encontrado el punto de inyección, se van a implementar los canales fríos necesarios para inyectar un molde de 4 cavidades. Se utilizarán canales a pieza de diámetro 5 mm, con un ramal distribuidor de también 5 mm.



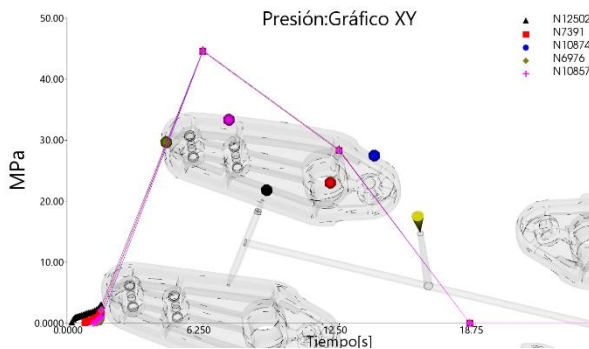
10.2. Canales modelados y mallados

En cuanto a la programación, se mantiene el llenado en 1,5 s y las mismas temperaturas de masa y molde, adecuadas para el PE que se está inyectando. En este caso se va a evaluar la presión máxima de llenado necesaria para inyectar incluyendo los canales y así, programar en el próximo caso una compactación acorde con la pieza.

Dado que la presión alcanzada es de 83,44 MPa, y el espesor general de pieza es de 4 mm, es decir, una pieza algo gruesa para el tamaño que tiene, se fijará la compactación en 70 MPa, programada en un tiempo largo de 60 s. Así mismo, se programará un tiempo de enfriamiento también largo. Con este caso se pretende ver en qué momento deja de ser efectiva la compactación y así, optimizar el tiempo de esta fase y encontrar el tiempo de ciclo

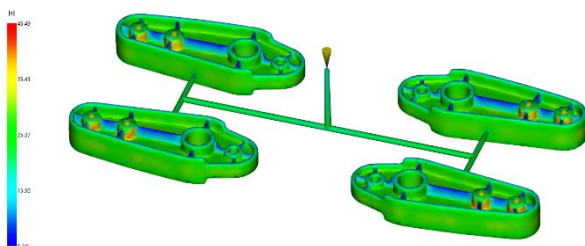
en el que la pieza alcanza los 100°C de temperatura de expulsión recomendada, intentando reducir el tiempo de enfriamiento al máximo.

En la siguiente figura se muestra una imagen en la que se eligen varios puntos de la pieza. La caída de presión no es brusca y los puntos elegidos dejan de recibir presión a los 19 s, por lo que la compactación deja de ser efectiva en ese instante. Esto implica que el tiempo de compactación se fijará en 17,5 s (tiempo en el que cae la presión descontando los 1,5 s del llenado).



10.3. Gráfico de la presión en puntos seleccionados

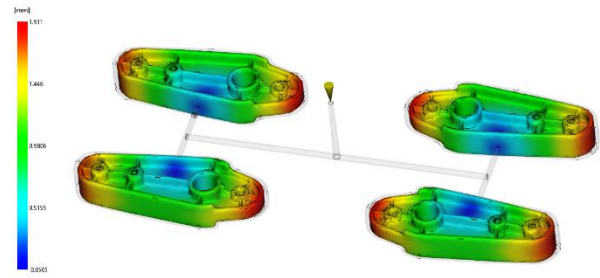
Para obtener el tiempo de ciclo y tal y como ya se ha explicado, es necesario encontrar cual es el punto de la pieza que más tarda en enfriar: este punto marcará el tiempo de ciclo. La imagen indica que la zona de la base de las torretas es la que más caliente sale de molde y que el ciclo va a durar 46 s. Esto implica que el tiempo de enfriamiento sea de 27 s (46 descontando 1,5 s de llenado y 17,5 s de compactación).



10.4. Tiempo de ciclo de la pieza empujador

Con este ciclo, se realiza la comprobación de alabeos y se toman diversos datos que aparecen en la tabla resumen al final del apartado.

La imagen siguiente muestra los desplazamientos en pieza, que no pierde planitud:



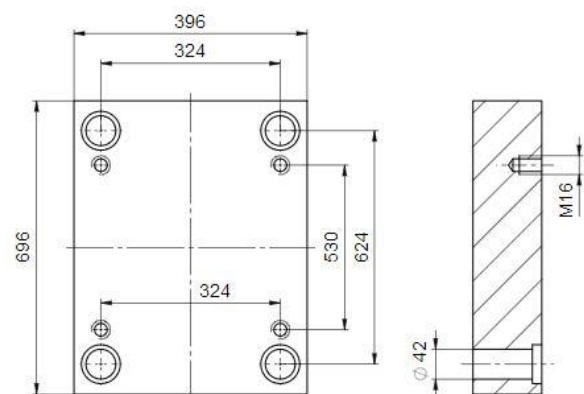
10.5. Desplazamientos en la pieza empujador

Parámetro	Dato
Volumen total a llenar	306,1 cm ³
Área proyectada	298,1 cm ²
Peso de cada pieza	54,6 gr
Peso piezas + canales	218,4 gr
Tiempo de llenado	1,5 s
Temperatura de masa	230°C
Presión de inyección	83,44 MPa
Presión de compactación	70 MPa
Tiempo de compactación	17,5 s
Tiempo de enfriamiento	27 s
Fuerza de cierre	139 t
Tiempo de ciclo	46 s

Tabla 10.1. Hoja de datos de inyección del empujador

En este punto se podría seleccionar la máquina en cuanto a tonelaje y, posteriormente, se comprobaría que el molde cabe en ella.

Para esta pieza en concreto se escoge una máquina de 150 t del catálogo de Mateu & Sole. Según la aplicación que Hasco ofrece en la web, las dimensiones del molde según tamaño de pieza y distribución de las cuatro cavidades sería como se muestra a continuación.



10.6. Dimensiones del molde

Dado que el paso entre columnas es de 324x624 mm y el tamaño de placas es de 396x696 mm se concluye que la máquina es válida para fabricar esta pieza.

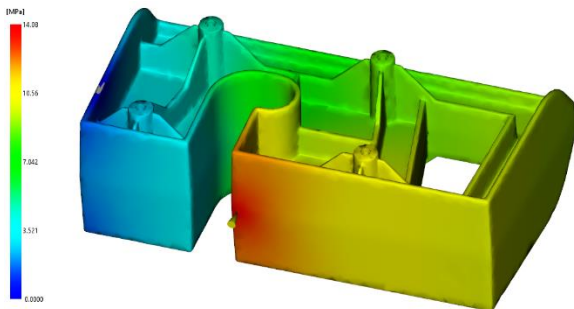
10.2. Soporte pedal

La configuración del molde para esta pieza también se plantea en cuatro cavidades.

En este caso, el material seleccionado para la inyección es un POM, tal y como se explicó en el apartado de materiales, en concreto Hostaform C 52021.

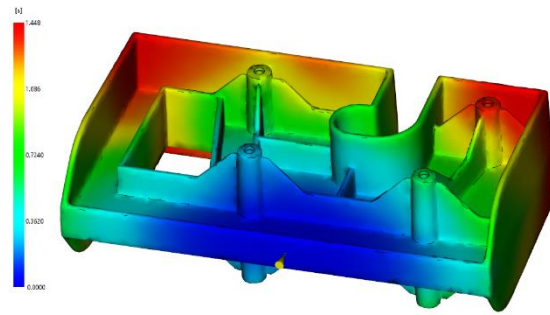
De la misma manera que para la pieza anterior, se procede a realizar un balanceo buscando la mejor ubicación del punto de inyección. Para ello se ha analizado el entrar por los laterales más largos de la pieza, teniendo en cuenta que uno de estos laterales tiene la discontinuidad que provoca el alojamiento del eje, y que por tanto se pueden presentar problemas de equilibrado en el llenado.

Así ocurre, ya que, llevando el punto de llenado al borde del alojamiento, se produce una sobrecompactación en la zona derecha de la pieza que termina de llenar antes (ver figura 10.7).



10.7. Punto de llenado en el borde del alojamiento

Es por ello por lo que finalmente se opta por un llenado en el lado opuesto, que hace viable el balanceo y que se muestra en la siguiente imagen:

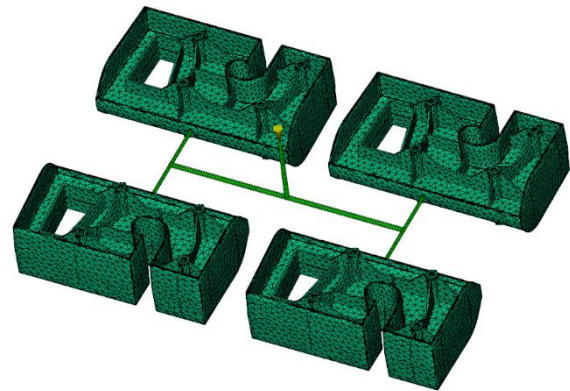


10.8. Llenado por cara opuesta

Las capturas de todos los casos de balanceo analizados se pueden consultar en el anexo V.

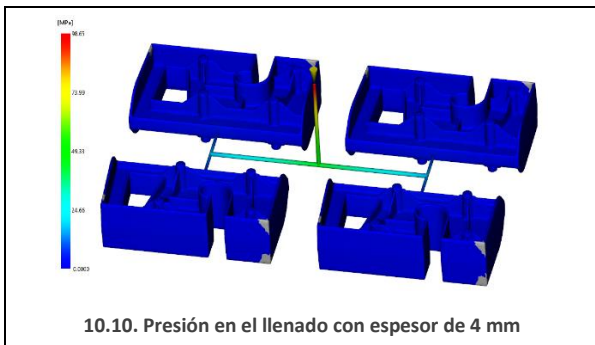
Una vez localizado el punto de inyección, se modeliza el molde completo con las cuatro cavidades. Los canales de alimentación que llegan a cada pieza tendrán un diámetro de 5 mm con un ramal que los conecta de 7 mm de diámetro.

Se realiza el análisis de llenado y compactación para espesores de pieza de 4 mm y de 3 mm. Hay que recordar que la pieza era inicialmente de 4 mm, pero los casos de resistencia llevan a reducir el espesor y así aligerar y abaratar costes.

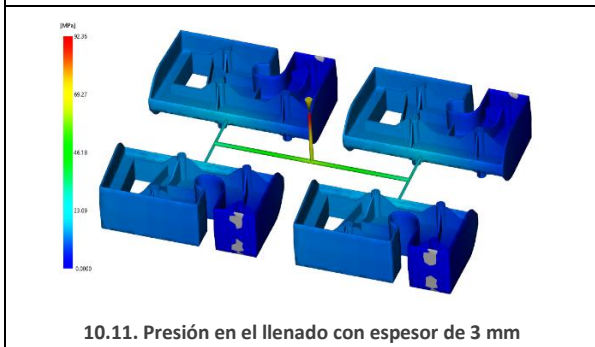


10.9. Modelizado y mallado de pieza y canales

Programando como parámetros de inyección 2 s de llenado, 210°C para la masa fundida y 90°C para la temperatura de molde, los valores de presión en el llenado para ambos casos se muestran a continuación:



4 mm: 98,6 MPa

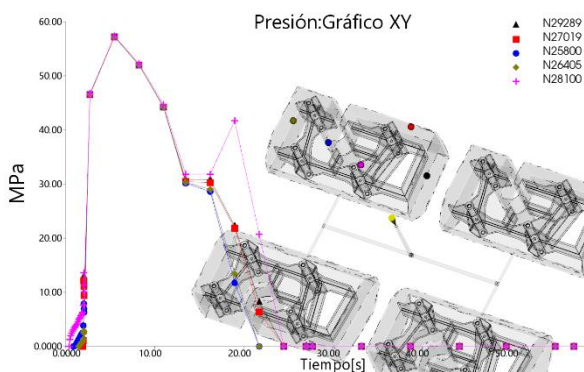


3 mm: 92,3 MPa

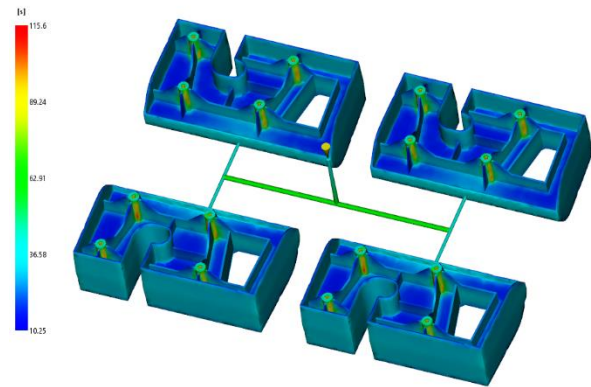
La presión apenas varía de una pieza a otra. Se sigue trabajando con la pieza de 3 mm.

A continuación, y como en el caso anterior, se programa una compactación adecuada al tamaño y espesor de la pieza. La presión de compactación se fija en 73 MPa (el 80% de la presión máxima obtenida en el llenado) aplicada durante 25 s, que se considera un tiempo largo para evaluar la caída de presión en distintos puntos de la pieza. También el tiempo de enfriamiento aplicado será largo, 30 s.

La figura muestra como la presión en diferentes puntos en la pieza cae a los 21,5 segundos, por lo que se puede fijar la compactación en 19,5 s descontando los 2 s de llenado.



Por otro lado, el tiempo hasta alcanzar la temperatura de expulsión asciende hasta los 115 s en zonas muy localizadas de las torretas, mientras que el tiempo de ciclo para la pieza en general es de 30 s. Es decir, casi toda la pieza está fría tan solo 10 s después de terminar la compactación. Dado que las torretas es una zona delicada de la pieza y debe mantener su espesor para asegurar la funcionalidad de la misma, se decide mantener así las torretas aún cuando el tiempo de ciclo se alarga.

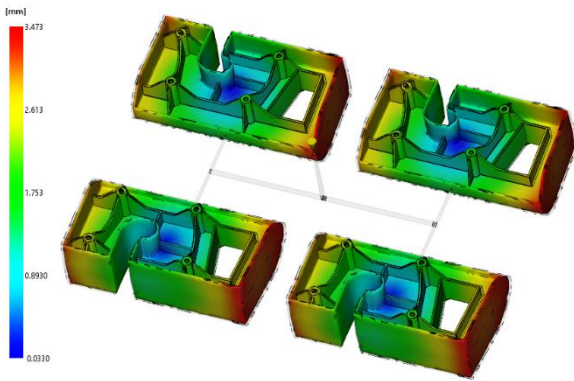


Por tanto, en la tabla resumen se muestran los datos resumen del ciclo:

Parámetro	Dato
Volumen total a llenar	1754 cm ³
Área proyectada	1374,9 cm ²
Peso de cada pieza	551,32 gr
Peso piezas + canales	2232,4 gr
Tiempo de llenado	2 s
Temperatura de masa	210°C
Presión de inyección	92,3 MPa
Presión de compactación	73 MPa
Tiempo de compactación	19,5
Tiempo de enfriamiento	93,5
Fuerza de cierre	805 t
Tiempo de ciclo	115 s

Tabla 10.2. Hoja de datos de inyección de la pieza soporte

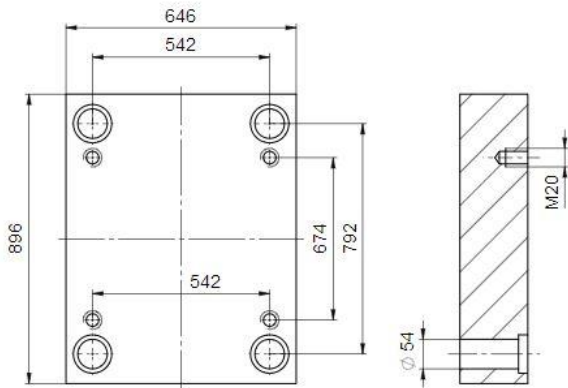
Los desplazamientos que se producen en esta pieza son los que se muestran a continuación.



10.14. Desplazamientos en la pieza soporte

En el anexo, se pueden consultar diversas capturas que completan la información sobre el análisis de esta pieza.

Teniendo en cuenta las dimensiones de la pieza y la distribución de las 4 cavidades en el molde, las placas de amarre tendrán las dimensiones que se muestran en la figura. Con el tamaño de molde y la fuerza de cierre necesaria, se escoge para inyectar la pieza una máquina de 825 t. Para esta selección se ha seguido el mismo proceso que para la pieza vista en el apartado anterior.



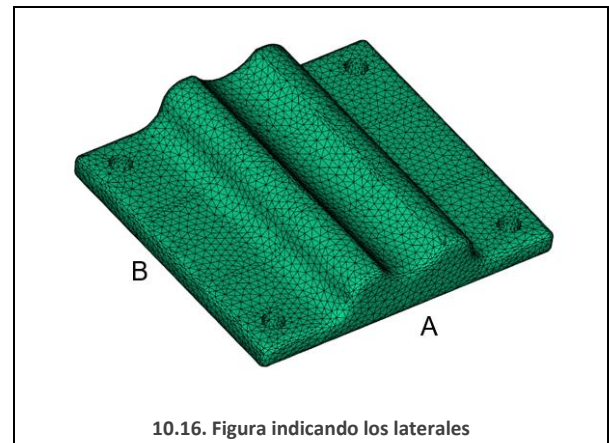
10.15. Tamaño de molde para soporte pedal

10.3. Cunas de sujeción del pedal

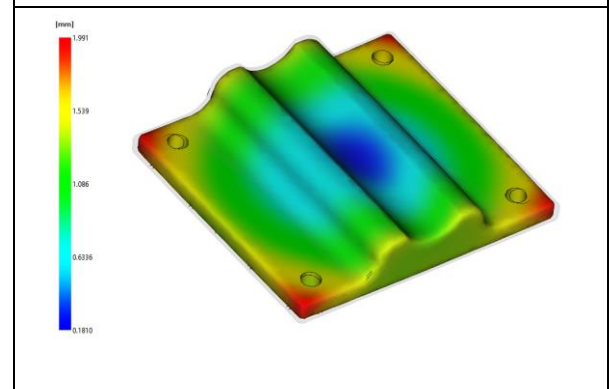
Debido al tamaño de la pieza, se opta por una configuración de cuatro cavidades. El punto de inyección de la pieza se situará en una lateral en caso de optar por canales fríos, o en el centro de la misma si es cámara caliente. Se selecciona la opción de inyectar con canales fríos.

Se selecciona el material a inyectar, en este caso de nuevo POM (Hostaform C 52021), se malla la pieza y se selecciona el punto de inyección entre las dos caras laterales de la pieza. Los parámetros de proceso para probar la inyección serán de un tiempo de inyección de 1,5 s, 210°C de temperatura de inyección y 90°C de temperatura de molde para el llenado, 30 s y al 80% de la presión máxima de llenado MPa para la compactación y 50 s para el enfriamiento. Los tiempos de compactación y enfriamiento largos para optimizar posteriormente.

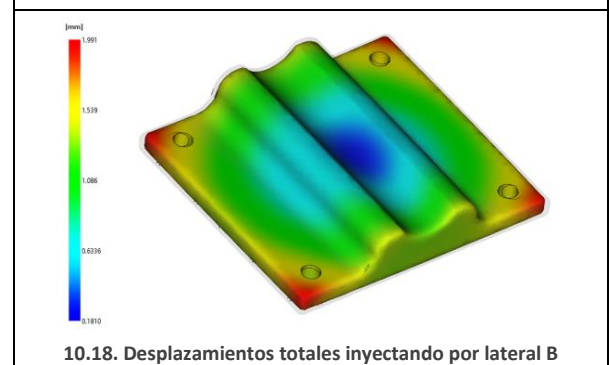
En las imágenes que se incluyen a continuación se muestra el alabeo que se tendría en la pieza inyectado por el lateral A o el lateral B:



10.16. Figura indicando los laterales



10.17. Desplazamientos totales inyectando por lateral A

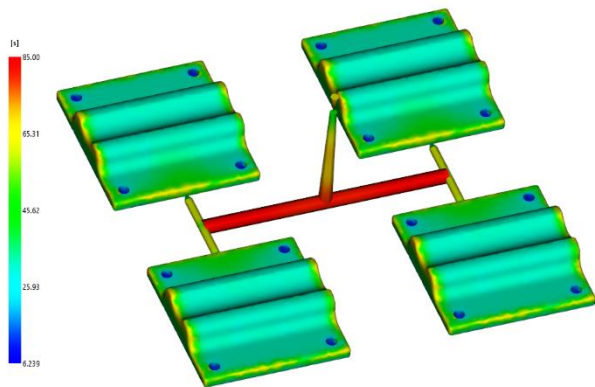


10.18. Desplazamientos totales inyectando por lateral B

El criterio de selección de punto de inyección se lleva a cabo en función de la deformación que sufre la pieza. Con las mismas condiciones de inyección enumeradas antes, se observa en cuál alabea más la pieza. No se ve diferencia notable entre ambos casos y se opta finalmente por la inyección por el lateral B.

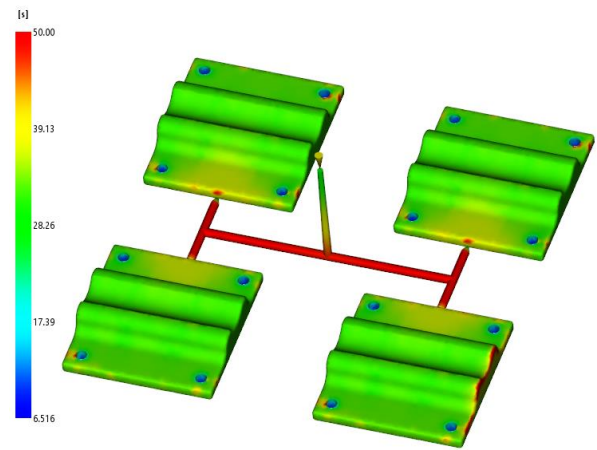
Una vez tomada esta decisión, se modelizan los canales de alimentación. A cada pieza llegan canales de 5 mm, y el ramal de distribución se fija en 7 mm de diámetro. Se ejecuta el caso para molde de 4 cavidades, obteniéndose una presión de inyección de 23,5 MPa, y una fuerza de cierre máxima en compactación de 83,3 t.

Tras este análisis, también se observa que el ramal de distribución marca el tiempo de enfriamiento. Como las presiones no son muy altas se reduce el diámetro de este canal para ahorrar material y que sea la pieza la que marque el tiempo de enfriamiento.



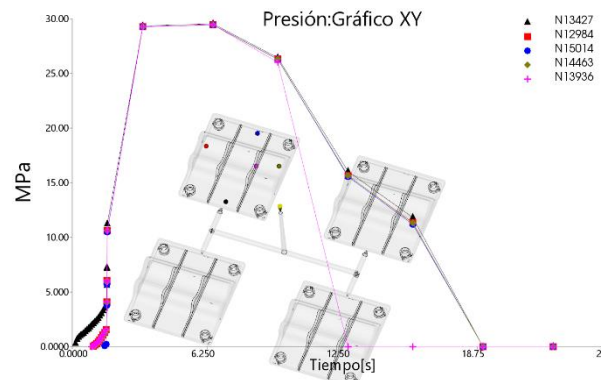
10.19. Tiempo de enfriamiento marcado por el ramal de distribución

Una vez hecha una segunda simulación de inyección, se observa como hay una serie de redondeos que por acumulación de material están prolongando el enfriamiento de la pieza. Al uniformizar espesores, se consigue reducir el tiempo de ciclo de 85 s a 50 s.



10.20. Tiempo de enfriamiento uniformizando espesores

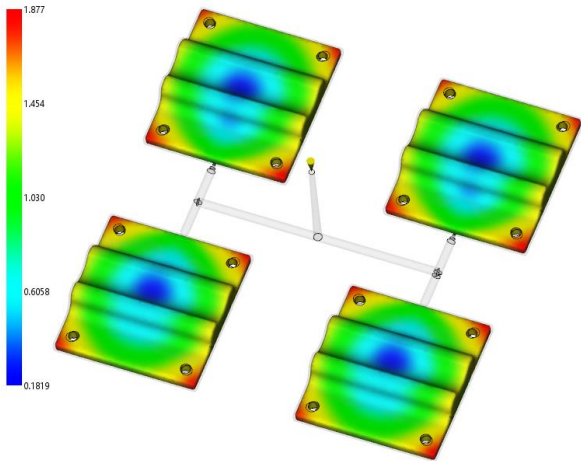
Para estimar el tiempo de compactación, se seguirá el mismo proceso que en anteriores piezas, que consiste en comprobar hasta que instante es efectiva la compactación en distintos puntos de la pieza. En este caso, la presión cae a los 19 s, lo que implica una programación de 17,5 s para la compactación y un tiempo de enfriamiento de 31 s hasta llegar a los 50 s de ciclo.



10.21. Comprobación de caída de presión

Finalmente, los resultados se resumen en la tabla, y los alabeos no superan los 2 mm lo que da por bueno el caso.

Se pueden ver el resto de capturas del caso en el anexo V.

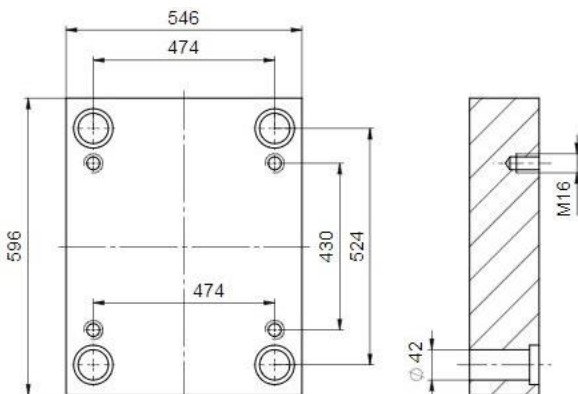


10.22. Alabeos en la pieza

Parámetro	Dato
Volumen de pieza	208,3 cm ³
Área proyectada	445,5 cm ²
Peso de cada pieza	65,3 gr
Peso piezas + canales	273,8 gr
Tiempo de llenado	1,5 s
Temperatura de masa	210°C
Presión de inyección	41,2 MPa
Presión de compactación	33 MPa
Tiempo de compactación	17,5 s
Tiempo de enfriamiento	31 s
Fuerza de cierre	133 t
Tiempo de ciclo	50 s

Tabla 10.2. Hoja de datos de inyección de las cunas de sujeción del pedal

Trabajando de la misma manera que con las otras dos piezas, se obtienen las dimensiones del molde con la aplicación web de Hasco. Las dimensiones para las placas de amarre en este caso son las que se muestran en la figura, y se selecciona una máquina de 150 t, suficiente para poder montar este molde en maquina e inyectar las piezas.



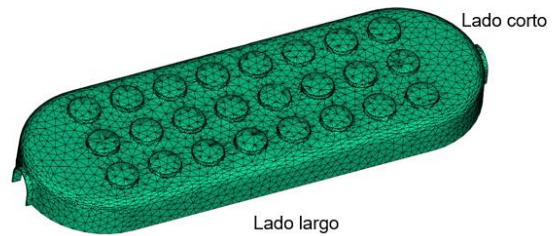
10.23. Tamaño de molde para cunas de sujeción del pedal

10.4. Pisador

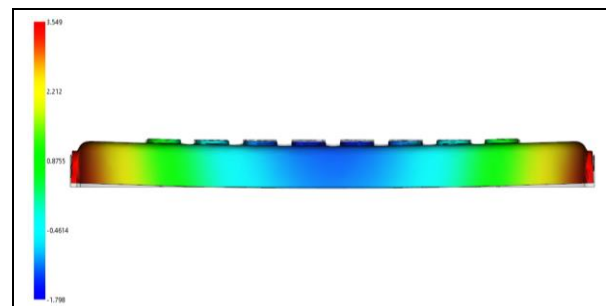
El pisador se va a inyectar en HDPE (KS 10100), por lo que se mantendrán las temperaturas de inyección y molde en 230°C y 30°C respectivamente.

Como en el resto de las piezas, en primer lugar, se seleccionan dos puntos diferentes de inyección para comprobar cómo se comporta la pieza en cuanto a planitud.

Fijando el tiempo de inyección en 2,5 s, y programando una compactación de 10 s y 18 MPa en ambos casos, se obtiene una pérdida de planitud similar, del orden de los 5 mm.

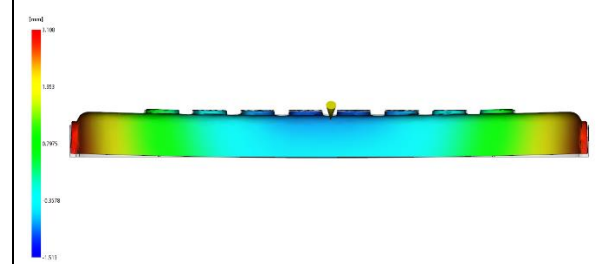


10.24. Localización de puntos según pruebas de inyección



10.25. Desplazamientos totales inyectando por lateral A

Pérdida de planitud → 5.4 mm

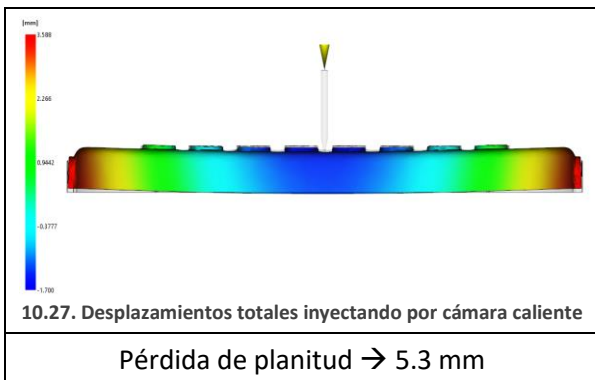


10.26. Desplazamientos totales inyectando por lateral B

Pérdida de planitud → 4.5 mm

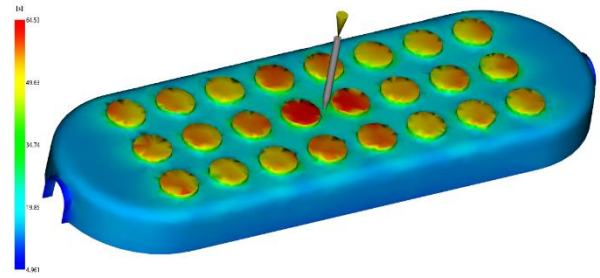
Sin embargo, en este caso también se prueba la inyección por el centro utilizando cámara caliente. Se opta por esta prueba dado que por el tamaño que tiene la pieza se plantea una sola cavidad en el molde. La entrada por los laterales de la pieza implicaría que el molde estuviera descentrado, por lo que tendería a abrirse por las zonas en las que la presión en cavidad aumenta y la máquina trabajaría mal. Se fija el mismo tiempo de inyección y una compactación de 35 MPa dado que en este caso se ha modelizado la cámara y en ella hay aproximadamente 17 MPa de caída de presión. Este cambio en la programación hace que este caso sea comparable en cuanto a desplazamientos con los dos anteriores que mantenían la entrada a pieza directa, sin corredores fríos.

Los resultados en cuanto a desplazamientos y planitud se siguen manteniendo respecto a los casos anteriores, por lo tanto, se decide llenar por el centro y con cámara caliente.



A partir de este punto se sigue trabajando con este diseño de molde para configurar el ciclo y obtener datos de la inyección de esta pieza.

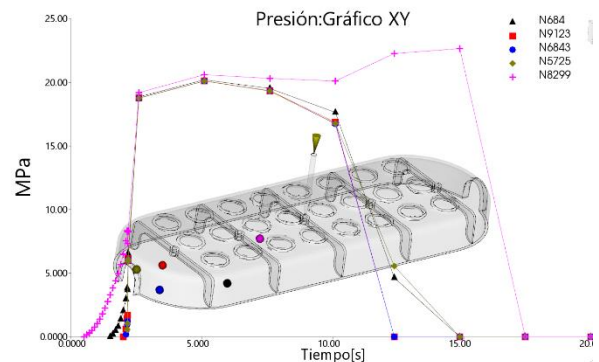
Lo primero que se analiza es el tiempo necesario para la expulsión de la pieza, ya que los resaltes del pisador son sobre espesores que pueden condicionar el tiempo de ciclo. Efectivamente, tal y como se ve en la figura, la pieza de espesor uniforme podría ser expulsada a los 25-27 s, sin embargo, los resaltes alargan el tiempo de ciclo hasta los 64 s. Se opta por realizar una modificación en la geometría que ya se anticipó en el apartado 7.5 de desarrollo del pisador y, se continua con el análisis.



10.28. Tiempo de expulsión condicionado por los resaltes

Con el modelo de espesor uniforme, se mantienen los parámetros de tiempo y temperatura de llenado, pero se reconfigura la compactación, aplicando una presión del 80% de la máxima de llenado, esto es 23 MPa y un tiempo largo para evaluar el tiempo de compactación efectiva. Por otro lado, se fija también un tiempo largo de enfriamiento.

Los resultados que se obtienen en cuanto a caída de presión de varios puntos de la pieza se incluyen en la imagen siguiente.



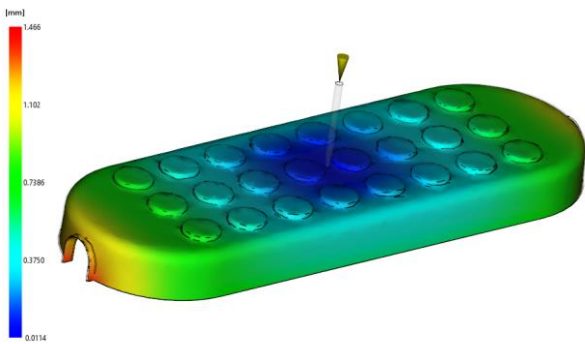
Como se ve, la presión cae en torno a los 15 s, lo que implica finalmente un tiempo de compactación de 13 s. Si finalmente el ciclo se fija en 27 s, el tiempo de enfriamiento deberá ser de 12 s.

Con la programación de este ciclo, la presión de inyección asciende a 30 MPa aproximadamente, y la fuerza de cierre a 134 t. Como en el resto de las piezas, se presenta una tabla resumen de datos y parámetros, así como los desplazamientos generales de la pieza. Otras capturas relacionadas con este estudio se pueden consultar en el anexo.

Parámetro	Dato
Volumen de pieza	321 cm ³
Área proyectada	640,7 cm ²
Peso de cada pieza	294 gr
Peso piezas + canales	294 gr (la cámara caliente no aporta material)
Tiempo de llenado	2 s
Temperatura de masa	230°C
Presión de inyección	MPa
Presión de compactación	23 MPa
Tiempo de compactación	13 s
Tiempo de enfriamiento	12 s
Fuerza de cierre	134 t
Tiempo de ciclo	27 s

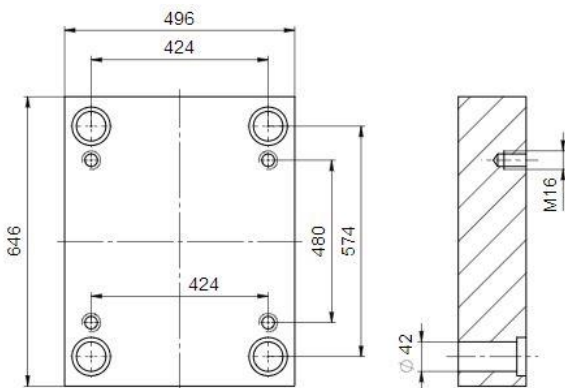
Dado que la fuerza de cierre necesaria para inyectar el pisador es de 134 t, y la anchura de molde es de 496 mm, se escoge una máquina de 205 t, que cumple en cuanto a fuerza de cierre y tiene paso entre columnas suficiente para este molde.

Tabla 10.3. Hoja de datos de inyección del pisador



10.30. Desplazamientos generales de la pieza

En cuanto al molde, en este caso será de una sola cavidad, con la pieza centrada. Con las cotas de gálibo de la pieza y la aplicación de HASCO, se obtiene un molde de las siguientes dimensiones:



10.31. Tamaño de molde para pisador

11. COSTES

El cálculo del coste de cada pieza se realiza en función de una serie de variables que se exponen a continuación:

- Con el tonelaje de la inyectora se obtiene el precio/h de la máquina elegida.
- A partir de los estudios de inyección se obtiene el tiempo de ciclo para cada pieza. El tiempo de ciclo por pieza es igual al tiempo de ciclo obtenido en Moldflow dividido entre el número de cavidades. Con esto se obtiene el número de piezas inyectadas por hora, lo que permite obtener el precio del proceso.
- También de los estudios de inyección con Moldflow se puede obtener el peso de la pieza. A X €/Kg se obtiene el precio de material.
- La amortización del molde se calcula de la siguiente manera: cuánto cuesta el molde, el número de años para amortizarlo (3 años según tiempo de renovación del catálogo de Contener) y el volumen anual de producción (150.000 unidades/año según estimaciones a partir de modelos anteriores). Para calcular el coste del molde, se obtiene el peso de acero necesario para fabricarlo y se multiplica a 2€/Kg. Este resultado, supone el 19% del coste total del molde.

Esta serie de pasos que se han expuesto, se van a realizar con cada una de las cuatro piezas estudiadas anteriormente.

11.1. Empujador

El empujador se inyecta en HDPE en un molde de cuatro cavidades. Se montan dos piezas por contenedor.

Variable	Dato
Precio/hora inyectora	0,97 €/h
Precio del proceso	0,01 €/pieza
Precio del HDPE	1,5 €/Kg
Precio del material	0,08 €/pieza
Precio del molde	6900 €
Amortización del molde	0,01 €/pieza
Coste total por pieza	0,10 €

Tabla 10.1. Coste empujador

11.2. Soporte pedal

El soporte pedal se inyecta en HDPE en un molde de cuatro cavidades. Se montan dos piezas por contenedor.

Variable	Dato
Precio/hora inyectora	7,61 €/h
Precio del proceso	0,02 €/pieza
Precio del POM	2,5 €/Kg
Precio del material	1,38 €/pieza
Precio del molde	17.400 €
Amortización del molde	0,02 €/pieza
Coste total por pieza	1,42 €

Tabla 11.2. Coste soporte pedal

11.3. Cunas de sujeción del pedal

Las cunas de sujeción del pedal se inyectan en POM en un molde de cuatro cavidades. Se montan dos piezas por contenedor.

Variable	Dato
Precio/hora inyectora	0,97 €/h
Precio del proceso	0,01 €/pieza
Precio del POM	2,5 €/Kg
Precio del material	0,16 €/pieza
Precio del molde	7.400 €
Amortización del molde	0,01 €/pieza
Coste total por pieza	0,18 €

Tabla 11.3. Coste cunas de sujeción del pedal

11.4. Pisador

El pisador se inyecta en HDPE en un molde de una única cavidad. Se monta una pieza por contenedor.

Variable	Dato
Precio/hora inyectora	1,60 €/h
Precio del proceso	0,01 €/pieza
Precio del HDPE	1,5 €/Kg
Precio del material	0,43 €/pieza
Precio del molde	8300 €
Amortización del molde	0,02 €/pieza
Coste total por pieza	0,46 €

Tabla 11.4. Coste pisador

11.5. Conjunto metálico: varillas y tubo partido pedal

Según datos facilitados por Contener, este conjunto costará en torno a 30€.

12. CONCLUSIONES

12.1. Conclusiones sobre el desarrollo

El conjunto de piezas diseñadas para el sistema de apertura mediante pedal de un contenedor de carga lateral cumple con las especificaciones de diseño redactadas al inicio del proyecto.

El accionamiento del pedal permite una apertura de tapa de 622 mm, con un recorrido de pedal de 220 mm y una fuerza de pisado máxima de 7,5 kg. Todos estos parámetros se encuentran dentro de los márgenes establecidos.

Se ha logrado fabricar en plástico todas las piezas diseñadas, a excepción de las varillas y el tubo del pedal que son metálicos. Además, las piezas plásticas se han procesado por inyección.

El desarrollo de las piezas de plástico no ha sido aislado, sino que se ha retroalimentado de todos los resultados obtenidos tanto en los ensayos resistentes como en los estudios de inyección, así como en el estudio del montaje.

La pieza soporte pedal fue la que sufrió una modificación geométrica más notoria. Una vez montada en el contenedor, se pudo comprobar que las tapas que se atornillan sobre esta pieza no se podían montar. Como las tapas no admitían ninguna modificación, fue necesario reducir el tamaño de la zona inferior de la pieza soporte para que no existiese ninguna interferencia.

En el pisador se añadieron dos terrazas en la holgura sobre la que apoya el pedal según decisión de diseño. Se entendió que era una zona susceptible de sufrir rotura con el uso, a pesar de que los ensayos resistentes se superasen correctamente.

12.2. Conclusiones sobre los ensayos resistentes

Se ha comprobado, mediante el cálculo teórico y la simulación por ordenador, las reacciones que

llegan a cada pieza para posterior ensayo resistente. Se ha evaluado la resistencia de las piezas diseñadas y desarrolladas según condiciones de trabajo normales. Las tres piezas analizadas han sido el empujador, el soporte del pedal y la varilla.

El empujador es una pieza de 4 mm de espesor fabricada en HDPE. A pesar de ensayarse de forma más restrictiva que en el funcionamiento real del contenedor, se obtuvo un coeficiente de seguridad de 1,6.

La pieza soporte pedal, se diseñó para ser fabricada en POM con un espesor de 4 mm. Con este espesor, y una buena rigidización por nervado, se obtiene un coeficiente de seguridad mayor de 7, es decir, se ha sobredimensionado la pieza. Reduciendo el espesor de la pieza a 3 mm, el coeficiente de seguridad obtenido es de 2,7. Aunque se trata de un valor conservador, no se reduce más el espesor de la pieza por cuestiones de rozamiento.

Queda pendiente el ensayo de fatiga del conjunto ensamblado en las instalaciones de la empresa Contener, teniendo en cuenta un ciclo de vida del producto de cinco años.

12.3. Conclusiones sobre los estudios de inyección

A partir de la simulación en Moldflow del proceso de inyección de las cuatro piezas de plástico desarrolladas, se han obtenido tanto el peso como el tiempo de ciclo de cada una de ellas.

Todas las piezas, pasaron por distintos casos de la simulación del ciclo de inyección. Los principales elementos y parámetros que se modificaron fueron el punto de llenado, el tiempo y la presión de compactación y el tiempo de enfriamiento.

La pieza soporte pedal, como se ha indicado en las conclusiones de ensayos resistentes, optimizó el espesor, pasando de 4 mm a 3 mm. Esta optimización de espesor supone una reducción del peso de

un 25% y una reducción de 33,5 segundos del tiempo de ciclo.

Las cunas de sujeción del pedal condicionaban su tiempo de enfriamiento al tamaño de los canales y a acumulaciones de material en diferentes puntos de la pieza. Tras reducir el diámetro del canal central y uniformizar los espesores de la pieza, se redujo en tiempo de ciclo en 35 segundos.

Algo similar ocurría con el pisador. Los resaltes de la cara superior estaban aumentando el tiempo del ciclo en más de un 50%, y después de uniformizar el espesor de toda la cara, se logró pasar de 64 a 27 segundos de ciclo de inyección.

13. LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

El mecanismo diseñado en este trabajo es específico para este contenedor de 3200 litros. A futuro, se va a versionar el contenedor para una capacidad de 200 litros, por lo que se deberían adaptar las dimensiones del tubo partido del eje del pedal al tamaño del contenedor pequeño. El resto de las piezas se mantendría.

Gracias a estos datos, se han seleccionado tanto los moldes como las máquinas inyectora más adecuadas para cada pieza. Con estos datos, se ha obtenido el coste unitario de cada pieza de plástico.

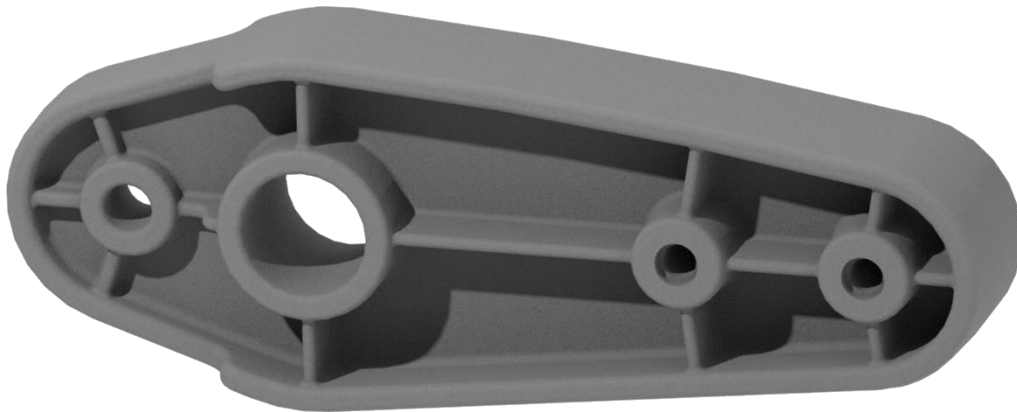
12.4. Conclusiones generales

Con los datos obtenidos en los diferentes ensayos y estudios realizados y la información facilitada por la empresa se ha calculado un precio del conjunto de aproximadamente 34 €.

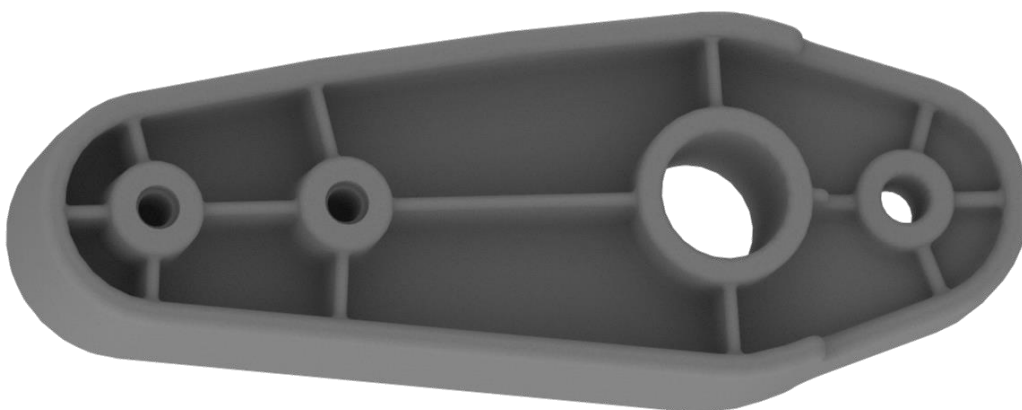
Un elemento adicional a incorporar al mecanismo sería una palanca accesible a discapacitados para que se pueda abrir la tapa de usuario con la mano.

14. RENDERS Y PLANOS

14.1. Empujador

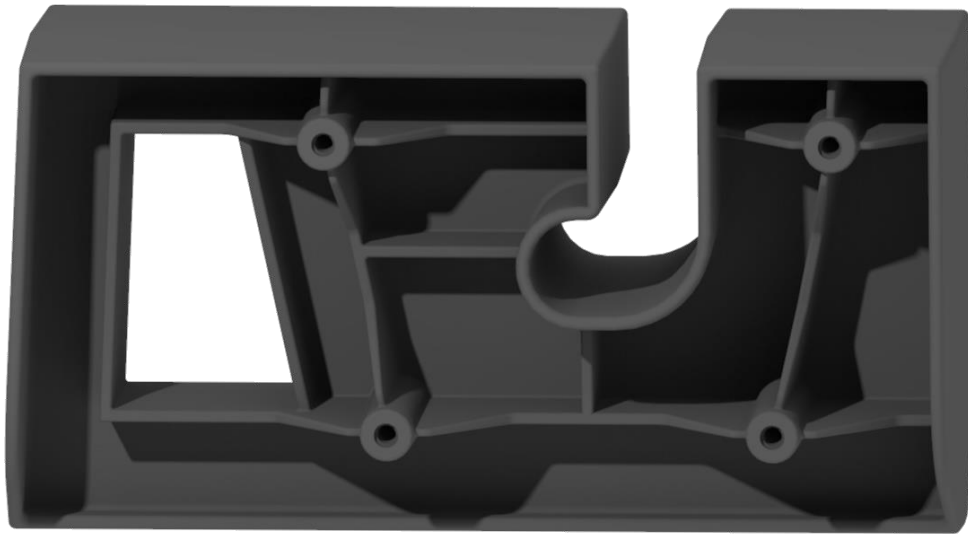


14.1. Render empujador

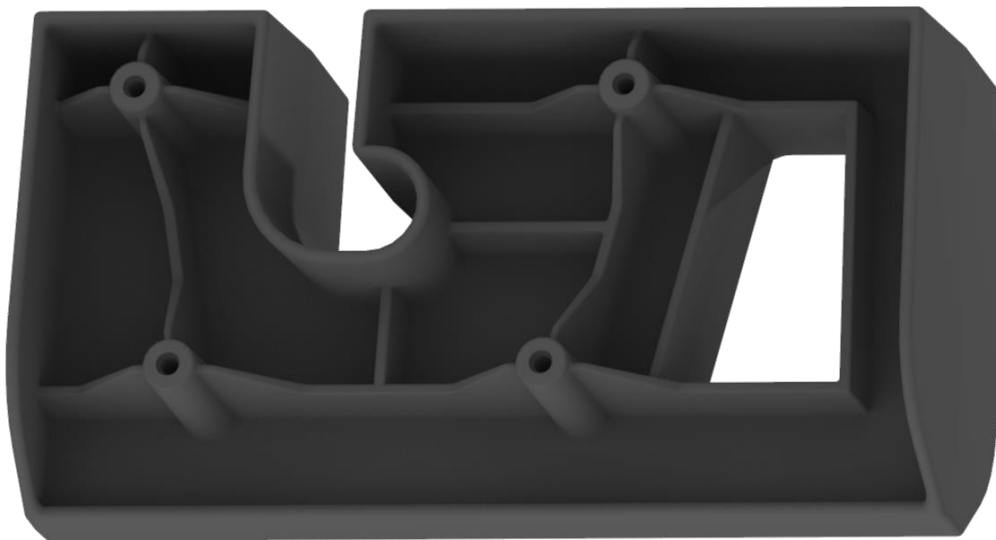


14.2. Render empujador

14.2. Soporte pedal



14.3. Render soporte pedal



14.4. Render soporte pedal

14.3. Cunas de sujeción del pedal

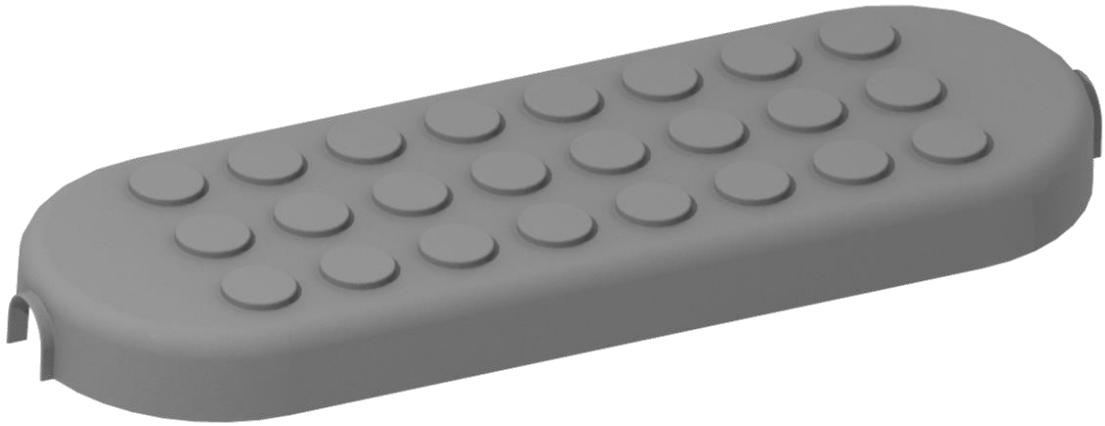


14.5. Render cuna de soporte del pedal



14.6. Render cuna de soporte del pedal

14.4. Pisador



14.7. Render pisador

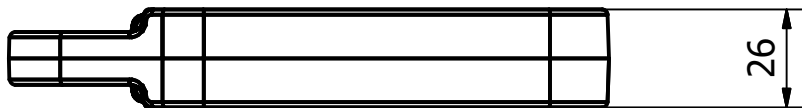
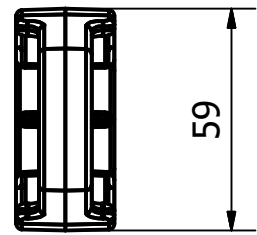
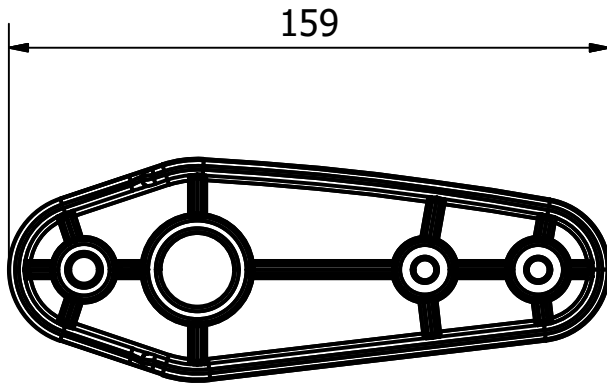


14.8. Render pisador

14.5. Conjunto

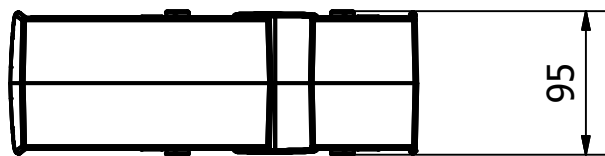
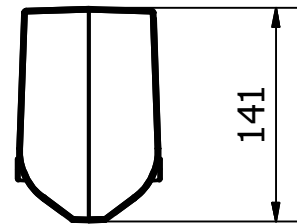
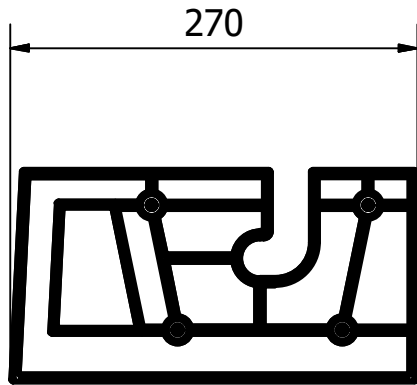


14.9. Render conjunto sistema de apertura pedal



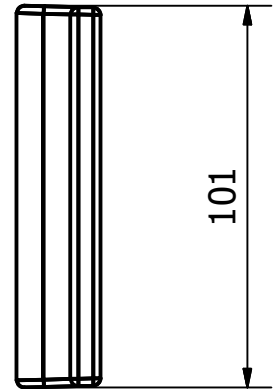
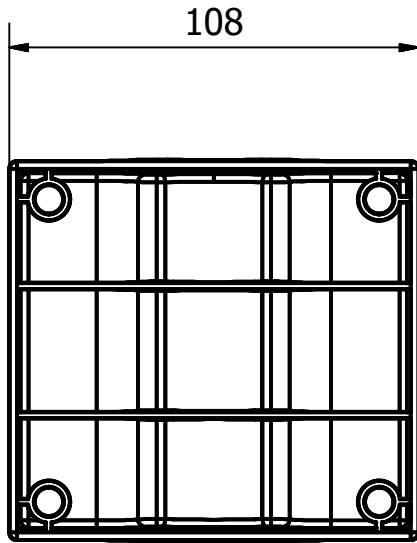
Espesor: 4 mm

	Fecha	Nombre y Apellidos	Material	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA	
Dibujado	18/11/2018	Ignacio Pérez García	HDPE		
Comprobado	18/11/2018	Arantza Martínez Pérez	Cant. 2		
Escala	Conjunto				
1:2	Sistema de apertura				
	Título			NIA:	702551
	Empujador			Plano nº:	1.01



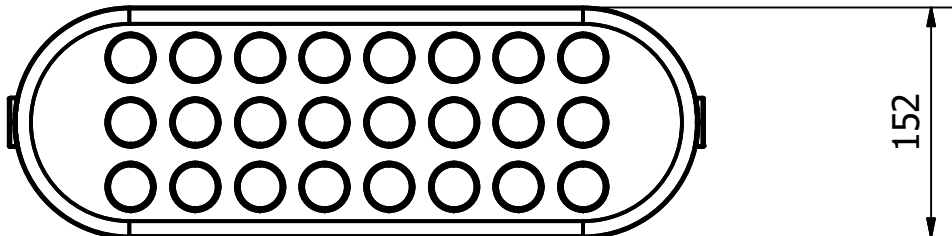
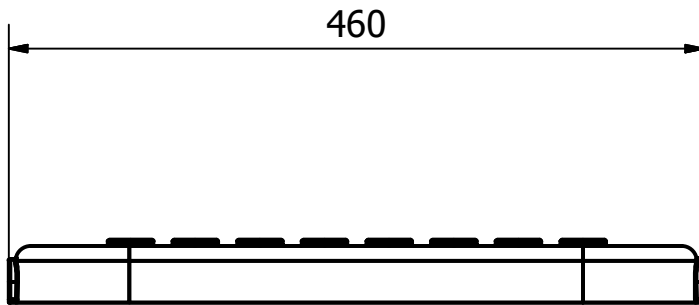
Espesor: 3 mm

	Fecha	Nombre y Apellidos	Material	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA	
Dibujado	18/11/2018	Ignacio Pérez García	POM		
Comprobado	18/11/2018	Arantza Martínez Pérez	Cant. 2		
Escala	Conjunto				
1:5	Sistema de apertura Soporte pedal				
	Título			NIA:	702551
				Plano nº:	1.02



Espesor: 3 mm

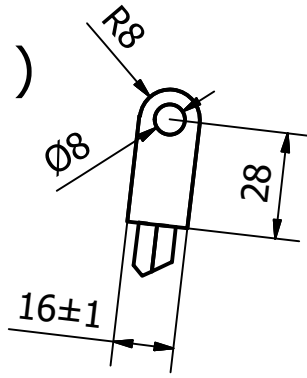
	Fecha	Nombre y Apellidos	Material	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA	
Dibujado	18/11/2018	Ignacio Pérez García	POM		
Comprobado	18/11/2018	Arantza Martínez Pérez	Cant. 2		
Escala	Conjunto	Sistema de apertura			
1:2	Título	Cuna de sujeción del pedal			
				NIA:	702551
				Plano nº:	1.03



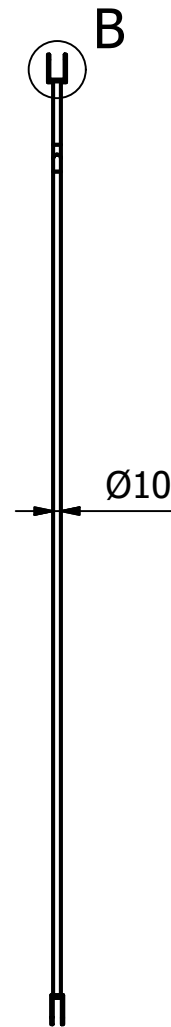
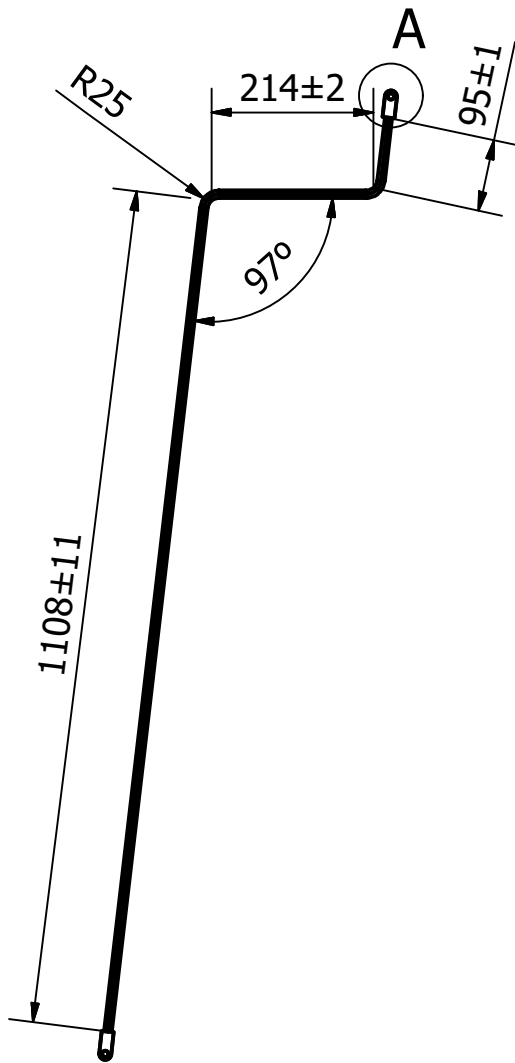
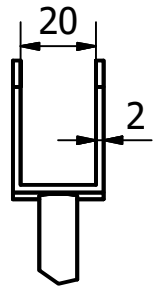
Espesor: 3 mm

	Fecha	Nombre y Apellidos	Material	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA	
Dibujado	18/11/2018	Ignacio Pérez García	HDPE		
Comprobado	18/11/2018	Arantza Martínez Pérez	Cant. 1		
Escala	Conjunto				
1:5	Sistema de apertura Título Pisador				
				Plano nº: 1.04	

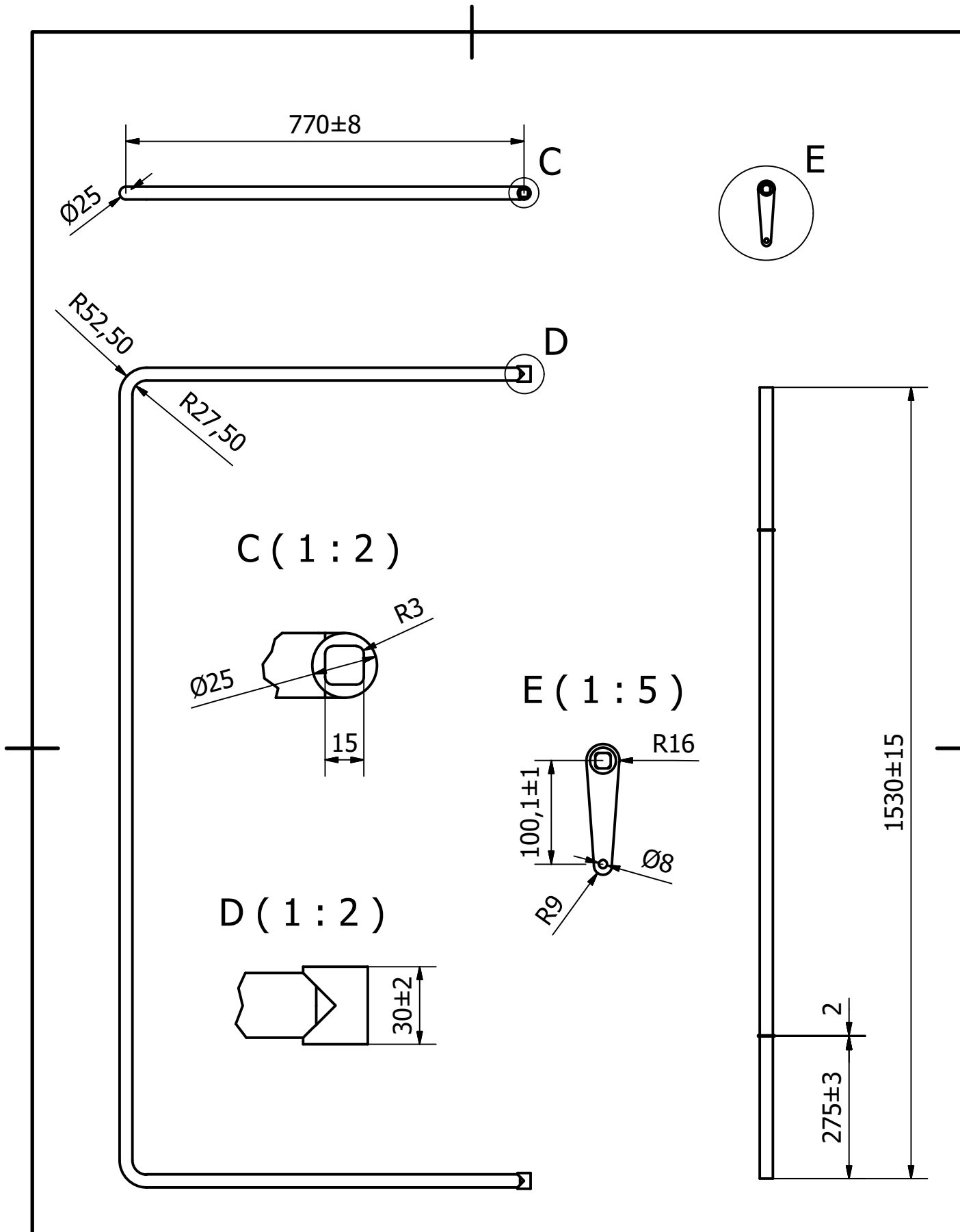
A (1:2)



B (1:2)



	Fecha	Nombre y Apellidos	Material	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA	
Dibujado	18/11/2018	Ignacio Pérez García	Acero		
Comprobado	18/11/2018	Arantza Martínez Pérez	Cant. 2		
Escala	Conjunto	Sistema de apertura			
1:10	Título	Varilla de sujeción pedal		NIA:	702551
				Plano nº:	1.05



	Fecha	Nombre y Apellidos	Material	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ZARAGOZA	
Dibujado	18/11/2018	Ignacio Pérez García	Acero		
Comprobado	18/11/2018	Arantza Martínez Pérez	Cant. 1		
Escala	Conjunto	Sistema de apertura			
1:10	Título	Tubo partido pedal			
				NIA:	702551
				Plano nº:	1.06

Bibliografía

1. Colaboradores de Wikipedia. *Residuos sólidos urbanos en España* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 26 de febrero del 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Residuos_s%C3%B3lidos_urbanos_en_Espa%C3%B1a&oldid=105954879>.
2. Residuos sólidos urbanos. [en línea]. [Consulta: 26 febrero 2018]. Disponible en: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/13Residu/110ReSolUrb.htm>.
3. Colaboradores de Wikipedia. *Cubo de basura* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2018 [fecha de consulta: 26 de febrero del 2018]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cubo_de_basura&oldid=105716955>.
4. Contenedores carga lateral Contenur 2200 / 2400 / 3200 litros de capacidad - Equipamiento urbano - Contenedores carga lateral. [en línea]. [Consulta: 1 marzo 2018]. Disponible en: http://www.intempresas.net/Equipamiento_Municipal/FeriaVirtual/Producto-Contenedores-soterrados-carga-lateral-Contenur-2200-2400-3200-litros-de-capacidad-146692.html.
5. Sistema de Recogida de Carga Lateral | Consorcio Almanzora-Levante [en línea]. [Consulta: 3 abril 2018]. Disponible en: <http://www.dipalme.org/Servicios/Informacion/informacion.nsf/lectura-css?ReadForm&id=G04290094&nv=Informacion&tipo=doc&r=CargaLateral>.
6. Formato Verde | Productos | Contenedores | Clip Bin. [en línea]. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.formatoverde.com/es-ES/contenedores/clip-bin.aspx>.
7. C3200 F. *Contenur* [en línea], 2015. [Consulta: 5 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-f/>.
8. *C3200 F Contenedor de carga latera* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.contenur.com/wp-content/uploads/2015/03/CONTENUR-Contenedores-CargaLateral-3200F-Esp2.pdf>.
9. UNE-EN 12574-1:2007. *Contenedores fijos para residuos. Parte 1: Contenedores con capacidades hasta 10000 l con tapa(s) plana(s) o curva(s) para dispositivos de elevación tipo soporte giratorio, doble soporte giratorio o tipo manguitos. Dimensiones y diseño.*
10. UNE-EN 12574-2:2007. *Contenedores fijos para residuos. Parte 2: Requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo.*
11. Castany Valeri, J., Martínez Pérez, A., & Aísa Arenaz, J. (2013). *Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (I): el material*. Zaragoza: Pressas Universitarias de Zaragoza, 2013.
12. Castany Valeri, J., Aísa Arenaz, J., Martínez, A., Serraller Sánchez, F., Mercado Barraqueta, D., & Fuentelsaz Gallego, J. (2014). *Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (II): la pieza*. Zaragoza: Pressas de la Universidad de Zaragoza, 2014.
13. La historia de CONTENUR. Más de 30 años de historia en el sector de los residuos sólidos urbanos. *Contenur* [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.contenur.com/contenur/historia/>.
14. Formato Verde | Empresa | Quiénes somos. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.formatoverde.com/es-ES/empresa/quienes-somos.aspx>.
15. Quiénes somos. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://plasticomnium.com/env/spain/es/quienes-somos/plastic-omnium-espana.html>.
16. Acerca de - Terberg. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.ros-roca.es/es/acerca-de/>.

17. Fabricantes de contenedores de basura soterrados y de superficie. *Fábrica de contenedores de basura y reciclaje* [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.mmm-sanimobel.com/empresa.html>.
18. C3200 D | Contenur. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>.
19. C3200 D Accesible | Contenur. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d-accesible/>.
20. Formato Verde | Productos | Contenedores | Big Bin. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.formatoverde.com/es-ES/contenedores/big-bin.aspx>.
21. 3200 L. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.plasticomnium.com/env/spain/es/productos/contenedores-de-carga-lateral/3200l.html>.
22. Contenedores carga lateral de inyección | Ros Roca. [en línea]. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://corporativa.rosroca.net/es/productos/recogida-de-residuos/carga-lateral/contenedores-carga-lateral-de-inyeccion.html>.
23. Contenedores metalo-plástico carga lateral | Ros Roca. [en línea]. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://corporativa.rosroca.net/es/productos/recogida-de-residuos/carga-lateral/contenedores-carga-lateral-metalo-plastico.html>.
24. Fabricación de contenedores de superficie de carga lateral. *Fábrica de contenedores de basura y reciclaje* [en línea]. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.mmm-sanimobel.com/producto/superficie/carga-lateral.php>.
25. Catalogo productos Sanimobel. [en línea]. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.mmm-sanimobel.com/e-catalogo/index.html#p=6>.
26. El proceso de diseño [en línea]. [Consulta: 21 marzo 2018]. Disponible en: https://moodle2.unizar.es/add/pluginfile.php/734451/mod_resource/content/1/TEMA%202%20-%20EL%20PROCESO%20DE%20DISE%C3%91O.pdf
27. Resistencia de materiales [en línea]. [Consulta: 13 noviembre 2018]. Disponible en: <https://ibiguiridp3.wordpress.com/res/tracc/>
28. Familias de polímeros y aplicaciones [en línea]. [Consulta: 14 octubre 2018]. Disponible en: https://moodle2.unizar.es/add/pluginfile.php/1113335/mod_resource/content/1/FamiliasyAplicaciones.pdf

Bibliografía de imágenes

1. Serie de imágenes de la portada de la Fase 1 recuperadas de <http://www.formatoverde.com/es-ES/contenedores/big-bin.aspx>
2. Contenur (2015). Contenedor en espacio urbano. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>
3. Formato verde (2013). Small Bin [Figura]. Recuperado de <http://www.formatoverde.com/es-ES/contenedores/small-bin.aspx>
4. Contenur (2015). Identificación de residuos [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>
5. Contenur (2015). Banda de posición [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>
6. Contenur (2015). C3200 F [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-f/>
7. Activa (Sin fecha). Activa Logo [Figura]. Recuperado de <http://www.activa1.com/wp-content/uploads/2013/02/activa-logo.png>
8. Contenur (Sin fecha). Contenur Logo [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/>
9. UNE-EN 12574-1 (2007). Contenedores para dispositivos de elevación tipo giratorio.
10. Contenur (2015). Trabajador en fábrica [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/contenur/equipo/>
11. Formato Verde (2013). Trabajadores en almacén [Figura]. Recuperado de <http://www.formatoverde.com/es-ES/empresa/quienes-somos.aspx>
12. Plastic Omnium (2017). Contenedor accesible Albacete [Figura]. Recuperado de <https://www.plasticomnium.com/env/spain/es/noticias/268-la-ciudad-de-albacete-apuesta-por-los-contenedores-de-carga-lateral-de-plastic-omnium.html>
13. Plastic Omnium (2017). Contenedor Citybac [Figura]. Recuperado de <https://www.plasticomnium.com/env/spain/es/productos/contenedores-de-carga-lateral.html>
14. Contenur (2015). Pedal del contenedor de carga lateral C3200D [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>
15. Contenur (2015). Boca papel [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>
16. Contenur (2015). Boca envases [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>
17. Formato Verde (2013). Big.Bin claro [Figura]. Recuperado de <http://www.formatoverde.com/es-ES/contenedores/big-bin.aspx>
18. Contenur (2018). Presentación orgánica [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/noticias/actualidad/3-000-nuevos-contenedores-de-organica-para-madrid/>
19. Contenur (2015). Boca accesible C3200 D [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d-accesible/>
20. Contenur (2015). Amortiguador [Figura]. Recuperado de <https://www.contenur.com/productos/contenedores/carga-lateral/c3200-d/>
21. Telemariñas (2017). Camión basura carga lateral Baiona [Figura]. Recuperado de <https://telemariñas.com/camion-de-basura-carga-lateral-ya-esta-baiona/>
22. Formato Verde (Sin fecha). Logotipo Formato Verde [Figura]. Recuperado de <http://www.formatoverde.com/es-ES/default.aspx>

23. Plastic Omnium Group (Sin fecha). Logotipo Plastic Omnium [Figura]. Recuperado de <https://www.plasticomnium.com/index.php>
24. Plastic Omnium España (Sin fecha). Logotipo Plastic Omnium Environment [Figura]. Recuperado de <https://plasticomnium.com/env/spain/index.php>
25. Ros Roca (Sin fecha). Logotipo Ros Roca [Figura]. Recuperado de <http://www.rosroca.es/es/>
26. Sanimobel (Sin fecha). Logotipo Sanimobel [Figura]. Recuperado de <http://www.mmm-sanimobel.com/index.html>

ANEXO I. INFORMACIÓN

Cuestiones previas: RSU y contenedores de basura

Los **residuos sólidos urbanos** son aquellos que se generan en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias [1].

En España se distinguen principalmente tres tipos de residuos según su origen:

- **Residuo doméstico**, producido en los hogares particulares.
- **Residuo comercial**, producido en los comercios y negocios urbanos.
- **Residuo industrial**, producido en fábricas y empresas industriales.

Los residuos producidos en las zonas urbanas comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas, principalmente papel y cartón y materia orgánica [2].

Un contenedor de basura es un recipiente para depositar residuos diversos. Puede ser metálico o plástico y los tipos y dimensiones están normalizados.

Los contenedores diseñados para el reciclaje se clasifican en diferentes categorías (normalmente representadas por colores) que determinan qué puede depositarse en ellos para, posteriormente, ser procesados en una planta de reciclaje.

Los contenedores de basura utilizados en España están dirigidos a los residuos domésticos y comerciales. Son contenedores de plástico que están pintados en diferentes colores para su sencilla identificación.

De este modo encontramos:

1. Contenedor azul. Para residuos de papel y cartón
2. Contenedor amarillo. Para residuos de envases de plástico y metal
3. Contenedor verde. Para residuos de vidrio
4. Contenedor marrón. Para residuos orgánicos
5. Contenedor gris/verde oscuro. Para residuos mezclados.

Para los demás residuos, como escombros, residuos peligrosos, etc., las poblaciones grandes cuentan con uno o más puntos limpios donde se admiten estos residuos [3].

Contenedores de carga lateral

Los contenedores de carga lateral se denominan así porque su recogida se lleva a cabo por un vehículo recolector que accede a ellos, por un lado. Están pensados para integrarse en el paisaje urbano. El volumen de estos es variable (gran capacidad) para adaptarse a las necesidades del entorno.

Cuentan con una tapa de usuario que puede ser accionada manualmente o mediante pedal. Para su posterior vaciado, incorpora también una tapa de descarga.

Se adaptan perfectamente a los distintos tipos de recogida selectiva: papel y cartón, vidrio, plásticos y envases, etc., y cuentan con una gran variedad de accesorios y colores [4].



Figura 3.1. Contenedor de carga lateral de 3200 litros de capacidad fabricado con polietileno de alta densidad mediante el proceso de inyección de plástico [2].

La principal ventaja de este sistema de recogida es su alta eficacia, siendo necesario únicamente un operario que puede controlar el proceso de descarga sin bajar del camión.

Para garantizar que el sistema es efectivo, todos los residuos deben estar depositados dentro del contenedor y no puede haber obstáculos que dificulten la aproximación del camión [5].

Partes de un contenedor de carga lateral

Los contenedores de carga lateral pueden componerse de diferentes partes [Fig. 3.2]. Esto diferirá en función del método de recogida, de la modalidad de tapas instaladas o del sistema de apertura de tapas. En cualquier caso, casi todos los modelos del mercado comparten una serie de elementos comunes:

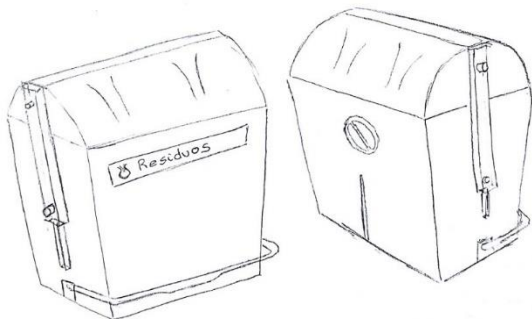


Figura 3.2. Partes de un contenedor de carga lateral

El componente más visible de un contenedor de carga lateral es la cuba. Este elemento, como en cualquier otro contenedor de recogida de RSU es el que aloja los residuos.

Las tapas son uno de los elementos variables. Se asume una tapa de usuario y una tapa de vaciado. En los contenedores más modernos, la tapa de usuario cuenta con un amortiguador que suaviza su caída para evitar daños al usuario cuando esta se cierra. La apertura de la tapa de usuario puede ser manual o mediante pedal. En el segundo caso los contenedores incorporan mecanismos muy diversos. La tapa de usuario puede incorporar un sistema de apertura electrónico o mediante llave para controlar la basura que genera cada usuario. En el caso de la tapa de vaciado, la apertura se produce por gravedad cuando el camión de recogida de residuos vuelca el contenedor para vaciarlo. Las tapas pueden estar unidas a una cúpula o unos laterales que salen integrados con el cuerpo del contenedor.

Si el sistema de apertura de la tapa de usuario es mediante pedal, este puede ser interior o exterior, contando cada modalidad con diferentes elementos para transmitir a la tapa la fuerza de pisado del usuario.

En los laterales del contenedor se encuentra el sistema de cogida. Este es un elemento estructural cuya función principal es servir de apoyo a los brazos del camión de basura en el proceso de vaciado [6-7].



Figura 3.3. Detalle de un espada del contenedor Small Bin de la empresa Formato Verde [3]

La base del contenedor cuenta con unos elementos conocidos como patines que son sobre los que apoya la cuba cuando el camión la deposita en el suelo. Pueden albergar además elementos rodantes para facilitar la movilidad del contenedor en caso de que fuese necesario.

Todos los contenedores de carga lateral, igual que otras versiones de contenedores de residuos sólidos urbanos, tiene diferentes elementos gráficos. La identificación de los contenedores sigue un código de colores que está estandarizado para facilitar su uso a trabajadores y usuarios: azul para papel y cartón, amarillo para envases, verde para vidrio, etc. Estos colores pueden ser más o menos visibles en función del concepto estético del contenedor. Esta identificación por colores puede ir acompañado de texto e iconografía [Fig. 3.4].

Además, en las paredes de los contenedores se hay elementos reflectantes que aumentan su visibilidad para los automóviles. También señalética para evitar que un coche, por ejemplo, aparque delante de un contenedor y dificulte al camión de recogida su trabajo [Fig. 3.5].



Figura 3.4. Elementos gráficos en contenedor de carga lateral de la empresa Contenur. Identificación de residuos [4]



Figura 3.5. Elementos gráficos en contenedor de carga lateral de la empresa Contenur. Bandas reflectantes y de posición [5]

Contenedor de partida

Este trabajo parte del contenedor de carga lateral modelo C3200 F de la empresa Contenur. Se trata de una empresa de referencia en el sector de los residuos sólidos urbanos, líder en el mercado ibérico y con presencia internacional.



Figura 3.6. Contenedor de carga lateral modelo C3200 F de la empresa Contenur [6]

El C3200 F está fabricado mediante el sistema de inyección con polietileno de alta densidad coloreado en masa y estabilizado frente a la acción combinada del agua y los rayos U.V. Los elementos metálicos están fabricados en acero inoxidable. En su producción se emplean materiales reciclables que no dañan el medio ambiente y los pigmentos utilizados no contienen materiales pesados.

Se trata de un contenedor de carga lateral de 3200 litros de capacidad con versiones para cada tipo de recogida: papel y cartón, vidrio, envases, orgánica... El cuerpo se puede personalizar mediante termo-impresión.

Existe además la posibilidad de equiparlo con diferentes accesorios para ofrecer soluciones concretas a cada necesidad: pedal de apertura de tapa, bandas reflectantes, amortiguador, sobre-tapa, sistema de control de acceso, sistema de control de llenado, sistema de control de temperatura, sistema de alineación, etc. [8].

A partir de este modelo del año 2015 que no tuvo demasiada aceptación en el mercado, se plantea un rediseño. La propuesta de diseño inicial se encarga al estudio Activa de diseño industrial y diseño gráfico, con sede en Zaragoza.



Figura 3.7. Logotipo del estudio Activa [7]

Contenur solicita a ACTIVA, un rediseño del conjunto, cumpliendo como requisito imprescindible el aprovechamiento del molde del cuerpo del contenedor. Este molde es el más caro de todos los que se utilizan en la fabricación del modelo caduco. Se permite que desaparezcan las lunetas, o laterales que nacen a partir del borde del contenedor. La propuesta de ACTIVA cuenta con una cúpula, que apoya sobre el cuerpo, y en la que descansa el conjunto de las tapas de usuario y descarga. No se hacen propuestas acerca de cómo debe ser el pedal.



Figura 3.8. Logotipo de la empresa Contenur [8]

En una segunda fase, este rediseño llega a la Universidad de Zaragoza donde se adapta el modelo CAD a los requerimientos de procesos de montaje, funcionales y de fabricación impuestos por Contenur.

Para ello se crea un grupo de trabajo en el que se diseñarán las nuevas tapas de usuario y descarga, el nuevo sistema de cogida, y el nuevo mecanismo de apertura asistida. Este proyecto, como ya se ha indicado anteriormente, muestra el desarrollo de la apertura de la tapa de usuario mediante pedal, incluyendo propuestas estéticas para dicho pedal.

Normativa

El contenedor de carga lateral de partida, modelo C3200 F de la empresa Contenur recibió el certificado de homologación de producto GS emitido por TÜV Product Service GmbH según normativa europea EN 12574.

La norma UNE-EN 12574-1:2007 es la versión oficial en español de la Norma Europea EN 12574-1:2006. Esta norma europea es una parte de la serie de Normas 12574 sobre *Contenedores fijos para residuos* que comprende las siguientes partes:

4. *Contenedores con capacidades hasta 10000 l con tapa(s) plana(s) o curva(s) para dispositivos de elevación tipo soporte giratorio, doble soporte giratorio o tipo manguitos. Dimensiones y diseño;*
5. *Requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo;*
6. *Requisitos de seguridad y salud.*

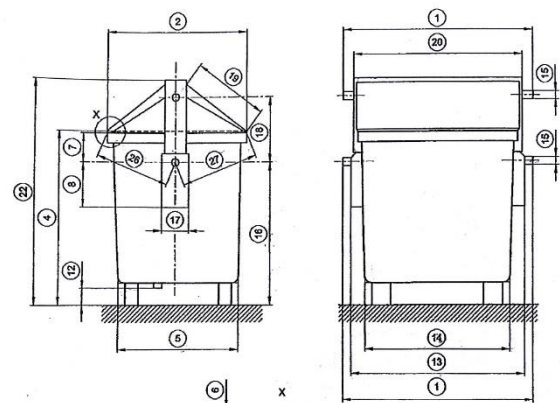


Figura 3.9. Dimensiones de los contenedores con tapa(s) abovedada(s) para dispositivos de elevación tipo doble soporte giratorio con dispositivos de apertura de la tapa [9].

La estética del contenedor viene dada, así como el desarrollo de tapas y espadas, que han de cumplir la norma. No hay ningún apartado de la serie de normas que haga mención específica al sistema de apertura mediante pedal de la tapa de usuario, pero hay que asegurarse de que el pedal no interfiere en la descarga. En las EDP's se fijarán unos valores requeridos de fuerza de pisada, recorrido del pedal, apertura de la tapa, etc...

En cualquier caso, sí que se tienen en cuenta aquellas medidas que puedan afectar al diseño de este.

Algunas de las dimensiones más relevantes que especifica la norma [Fig. 3.9] son las siguientes:

- (1) Anchura total incluyendo el soporte giratorio: 1880 ± 10 mm
- (12) Distancia mínima al suelo: 30 mm

La segunda parte de la norma especifica los controles a realizar antes y después de los ensayos, las condiciones de temperatura y tiempo que se deben cumplir, así como las cargas que se deben emplear en los ensayos. Se consideran ensayos de impacto, de estabilidad, de tracción, de inmovilización, de elevación, ensayos de corrosión o de resistencia a la intemperie [9-10].

Proceso de inyección

Dado que en el mecanismo que se quiere diseñar, se procurará incluir el mayor número posible de piezas de plástico, se incluye en la información de detalles acerca del proceso de fabricación de estas.

Existen un gran número de procesos de fabricación con materiales plásticos en función de diferentes variables como la geometría de la pieza o el material concreto a utilizar. Algunos de los más comunes son la extrusión, el soplado, la inyección, el rotomoldeo o el termoformado.

“La inyección de plástico es el proceso no continuo por el cual se introduce plástico fundido a presión dentro de un molde, para, finalmente, extraer una pieza tras haberla dejado enfriar y solidificar; mediante este proceso, las piezas que se obtienen son de diversas formas y tamaños” [11].

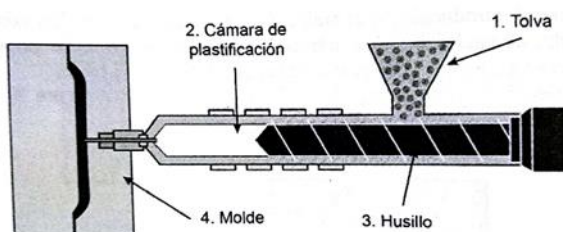


Figura 3.10. Esquema de proceso de inyección

Fases del ciclo de inyección

5. **Fase de dosificación.** Se prepara el material para realizar la inyectada. El objetivo principal es “plastificar” el material.

El parámetro principal de esta fase es la temperatura de inyección.

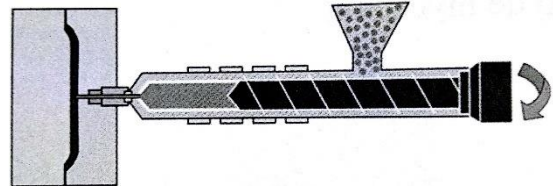


Figura 3.11. Fase de dosificación

6. **Fase de llenado.** En la fase de llenado volumétrico o inyección el material fundido se trasvasa desde el cilindro de plastificación al interior del molde.

En esta fase se programa la velocidad de llenado.

Para vencer la oposición del material a desplazarse dentro del molde se alcanzan presiones elevadas.

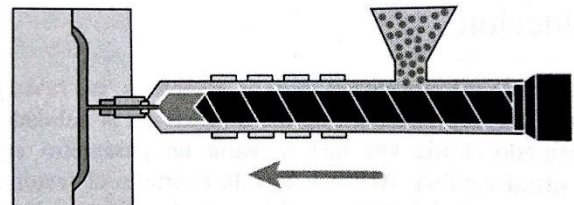


Figura 3.12. Fase de llenado

7. **Fase de compactación.** También se le conoce como segunda fase, fase de mantenimiento o segunda presión. El material debe mantenerse a presión conforme va solidificando en el interior del molde para evitar que retroceda y para controlar la contracción de la pieza.

Los parámetros que caracterizan esta fase son la presión de compactación y el tiempo de compactación.

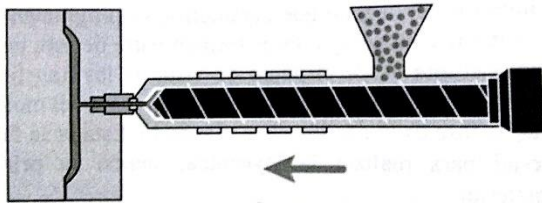


Figura 3.13. Fase de compactación

8. **Fase de enfriamiento y posterior expulsión.** Se le puede denominar también solidificación. La pieza se mantiene en el interior del molde hasta que se alcanza la temperatura adecuada para expulsarla. Fuera del molde, la pieza termina alcanzando la temperatura ambiente.

En la fase final, el tiempo de enfriamiento es el parámetro principal.

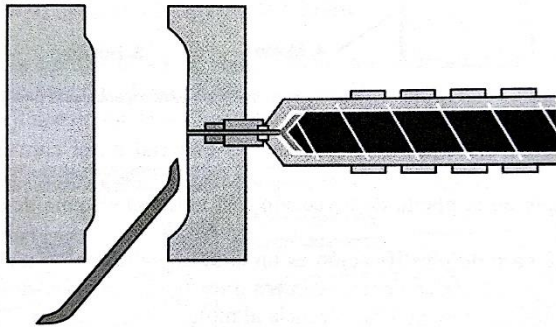


Figura 3.14. Fase de enfriamiento y posterior expulsión

Contracción de las piezas plásticas

Existen una serie de implicaciones que no aplican solo a la inyección, sino a todos los procesos de fabricación.

Para poder moldear un material concreto es necesario fundirlo, lo que provoca que se dilate. En el molde se produce el efecto inverso; se enfría para solidificar, luego se vuelve a contraer. Este proceso de enfriamiento continua fuera del molde, con lo que las dimensiones de la pieza se pierden.

Para compensar esta contracción hay que aplicar una sobremedida al molde que se sitúa entre el 0,5 y el 2% para la mayoría de los materiales termoplásticos. Depende de su condición de amorfo o cristalino [12].

Análisis

Los análisis que se realizan a continuación, unidos al estudio de mercado previo, permiten entender completamente la oferta actual y la situación de partida del nuevo contenedor.

Los análisis por realizar son los siguientes: análisis de usuario, análisis de entorno, análisis formal, análisis funcional, análisis de uso, análisis de muestra.

Análisis de usuario

Se pueden diferenciar dos grandes grupos de usuarios con relación a un contenedor de carga lateral. El primer grupo reúne a los trabajadores de la fábrica en la que se ensambla el contenedor y los operarios que posteriormente lo instalan en el entorno urbano y se encargan de su mantenimiento.

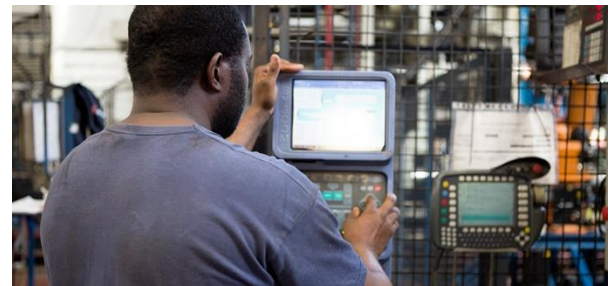


Figura 3.15. Trabajador en fábrica de Contenerur [10]

En el segundo grupo se sitúan las personas que hacen uso del contenedor para tirar los residuos y los operarios de la contrata de limpieza que se encargan de su recogida.

El proceso de fabricación de este tipo de productos es bastante manual. En la empresa que fabrica, se realizado un preensamblado de componentes por subconjuntos. Esto reduce tiempos de trabajo en el lugar de instalación y a su vez facilita el transporte de los contenedores. El ensamblaje final en el punto de uso lo puede realizar la propia empresa o la contrata que trabaja para el ayuntamiento de la ciudad.

Esta forma de trabajo en cadena implica que desde el momento que sale a producción el contenedor hasta que empieza a dar servicio se debe pensar en varios grupos de trabajadores.



Figura 3.16. Trabajadores en planta de Formato Verde [11]

Las personas que hacen uso del contenedor para arrojar residuos son muy diversas. Puede tratarse del propio generador de residuos o del encargado de una comunidad de vecinos que hacer una recogida colectiva. Hay dos factores que se pueden universalizar: la altura del usuario y la fuerza que es necesario ejercer para abrir la tapa de usuario.



Figura 3.17. Accesibilidad de un contenedor [12]

La altura de la boca está definida por norma en 1200 mm desde el suelo hasta el borde la tapa, pero esto puede no ser suficiente para personas con necesidades especiales que requieran una adaptación mayor. La apertura de la tapa de usuario puede hacerse de forma manual, aunque es común que se facilite con un pedal (o palanca lateral, más accesible). Esta apertura puede estar asistida por diferentes sistemas que instalen los fabricantes, pero no está regulada.

Además del aspecto funcional del contenedor, hay que facilitar la correcta identificación de los residuos que se pueden tirar, para incentivar el reciclaje.

La identificación por colores en España está universalizada en función de los diferentes tipos de residuos. También se pueden emplear pictogramas o textos breves aclaratorios.

Los métodos de recogida también han avanzado mucho en los últimos años y requieren cada vez de menor intervención humana. Las nuevas tecnologías que se pueden encargarse de, por ejemplo, el control del llenado, también facilitan su tarea.

La labor de mantenimiento, igual que la instalación, la puede ofrecer la empresa fabricante o encargarse la contrata del ayuntamiento. El material y la forma del contenedor ayudan a facilitar la limpieza y mantenimiento regular del mismo.

Análisis de entorno

Los contenedores de carga lateral se instalan en espacios urbanos como calles y avenidas con la anchura suficiente como para permitir el acceso de los camiones de recogida de basura. Pueden contar con centradores que aseguren siempre una distancia adecuada entre dos contenedores.

Normalmente cuentan para su colocación con un espacio situado entre la acera y la calzada. Es importante que el acceso esté despejado tanto para la tapa de usuario como la tapa de descarga.



Figura 3.18. Contenedor de carga lateral en el entorno urbano [13]

Análisis formal y funcional

Las dimensiones de un contenedor de carga lateral están acotadas por la serie de normas UNE-EN 12574. La forma básica de los distintos contenedores es similar, y todas sus variaciones se pueden deber a razones estéticas o funcionales.

La forma del vaso es generalmente cúbica, aunque se dan grandes variaciones en la inclinación de las paredes y en el redondeamiento de las mismas.

La base es cuadrada y más pequeña que la cara superior del vaso. La curvatura de las caras laterales atiende más a un aspecto estético. Además, se pueden observar diferentes formas para rigidizar esas caras y aumentar la resistencia del contenedor.

Gran parte del grafismo que incluye un contenedor de carga lateral se sitúa en el vaso: desde pictogramas y textos para identificar los residuos, hasta la personalización propia de cada ayuntamiento. Estas personalizaciones se pueden hacer por termoimpresión o por pegatina. También se colocan en el vaso las bandas reflectantes para mejorar la visibilidad y las bandas de posición que sirven de guía al camión de recogida a la hora de la descarga.

El vaso aloja en su cara frontal el pedal de apertura de la tapa de usuario (en caso de incluirlo). Este, que puede ser interior o exterior, consiste normalmente en una barra cilíndrica de metal (en el frente o amarrada al lateral) o un pisador plano en caso de los pedales interiores.

Los laterales de los contenedores de carga lateral albergan el sistema de cogida. Este elemento metálico puede encontrarse al aire libre o encontrarse cubierto por una pieza estética que además cumpla alguna otra función de alojamiento.



Figura 3.19. Vista fronto-lateral de un contenedor de carga lateral. Se observan las espaldas y un usuario haciendo uso del pedal [14].

Las tapas de usuario y de descarga apoyan sobre las lunetas, que son las dos paredes laterales que

parten del vaso del contenedor. Las tapas pueden contar con sistema de eje doble o eje único. Esta decisión condiciona la forma de apertura de las tapas.

La forma abovedada de las tapas facilita el desalojo de agua para que no se acumule sobre el contenedor, refuerza la estructura y dificulta la acumulación de esfuerzos sobre ella.

La estructura de las tapas es común a todos los tipos de residuos para estandarizar la fabricación y abaratar costes.



Figura 3.20. Boca de papel [15]

Lo que se modifica en función de si se arrojan papel y cartón, envases o vidrios son las bocas de aportación, que se adaptan a las propiedades específicas de cada uno. Además, pueden incluir una sobretapa que las cubra para evitar la entrada de agua o regular el acceso al contenedor.



Figura 3.21. Boca de envases [16]

Otros aspectos secundarios formales y funcionales que pueden resultar diferenciales para la compra por parte de un cliente son: la integración en el entorno urbano (especialmente en los centros históricos de algunas ciudades), la insonorización de las tapas (no se debe olvidar de que es un elemento

que convive en los núcleos urbanos de las ciudades), formas suaves y sin huecos que además de proteger los mecanismos internos faciliten la limpieza del contenedor, así como la integración de soluciones inteligentes para la gestión de los residuos sólidos urbanos.

Secuencia de uso

Se realiza una breve secuencia de uso de la fase final de interacción con un contenedor de carga lateral:

7. Identificación del contenedor por parte del usuario (por colores u otras referencias gráficas).



Figura 3.22. Colores identificativos de los residuos a separar. [17]

8. Apertura de la tapa de usuario. Se puede hacer de forma manual, mediante pedal o palanca. En caso de tratarse de una boca de aportación abierta, este paso no es necesario. Si cuenta con sistema de control de acceso, será necesario acercar una tarjeta de identificación a un lector previamente.



Figura 3.23. Apertura manual de un contenedor de orgánica [18]

9. Deposito del residuo concreto en el contenedor. El tamaño de la boca de aportación y la altura a la que se encuentra sobre el suelo son determinantes para que ninguna persona tenga problema.

Podrá existir una boca secundaria a una altura inferior para facilitar su uso a personas con problemas de accesibilidad.



Figura 3.24. Boca accesible de un contenedor [19]

10. Cerrado de la tapa. El cierre se da cuando el usuario deja de accionar el sistema de apertura. Una correcta amortiguación del cierre puede evitar un pequeño accidente o ruidos molestos.



Figura 3.25. Mecanismo amortiguador en tapa de usuario [20]

11. Recogida de los residuos. Este paso puede ir precedido de un aviso de llenado en caso de contenedores con sistemas inteligentes.

- a. El camión de recogida de residuos urbanos se sitúa junto al contenedor. La inclusión de bandas guía en la cara del contenedor facilita esta tarea.
- b. Amarre del brazo el sistema de cogida del contenedor y posterior volcado de residuos en el camión de recogida [Fig. 3.26].



Figura 3.26. Proceso de recogida de un contenedor de carga lateral. [21]

12. Devolución del contenedor a su emplazamiento habitual. Si se colocan centradores simplifican la tarea y ayudan a mantener la distancia correcta entre contenedores.

ANEXO II. ESTUDIO DE MERCADO

A continuación, se analizan las principales empresas del sector de la gestión de residuos sólidos urbanos y sus productos equivalentes a la alternativa a desarrollar.

Empresas

Se presentan brevemente las cinco empresas a analizar, con presencia nacional e internacional.

Contenur es una empresa española con sede en Getafe que cuenta con más de 30 años de experiencia en el sector de los residuos sólidos urbanos.

Es líder en el mercado ibérico y número tres en Europa, además de contar con presencia en más de 40 países de todo el mundo.

Su catálogo de productos incluye contenedores, papeleras, soterrados, así como sistemas de contenerización [13].



Figura 3.27. Logo de Contenur [8]

Formato Verde es una empresa con sedes en España y Portugal que desempeña su actividad en el sector del equipamiento para la recogida de residuos urbanos desde el año 2001.

Comercializa contenedores urbanos e industriales, soterrados, sistemas de compactación y elementos decorativos para uso en interiores o al aire libre [14].



Figura 3.28. Logo de Formato Verde [22]

Plastic Omnium Environment es la división de Medio Ambiente del grupo **Plastic Omnium**, líder mundial en sus dos sectores de trabajo: automóvil y medio ambiente. Está presente en más de 30 países y lleva 65 años trabajando para las entidades públicas en España.

Es líder mundial en la gestión de los residuos urbanos mediante una gran variedad de contenedores, papeleras, contenedores enterrados y semienterrados, columnas de recogida selectiva, etc... [15]



Figuras 3.29 y 3.30. Logos de Plastic Omnium Group y Plastic Omnium Environment [23-24]

Ros Roca se dedica principalmente a la fabricación de equipos y al diseño y desarrollo de sistemas de ingeniería y procesos aplicados al entorno. En 1956, empezaron a fabricar equipos para la recogida de residuos y en 1968 se inauguró lo que hoy es su sede central. Con sede en Tàrrega (provincia de Lérida) forma parte de Terberg RosRoca Group, la división medioambiental de Terberg Group mundial [16].



Figura 3.31. Logo de Ros Roca [25]

Sanimobel es una sociedad española que se dedica a la producción de contenedores soterrados, contenedores de superficie y mobiliario urbano.

Lleva más de 30 años en el sector y sus principales clientes son empresas de servicios y administraciones públicas [17].



Figura 3.32. Logo Sanimobel [26]

3.8.2. Tabla de productos

Se analizan los contenedores de carga lateral de capacidad igual o similar a 3200 litros de las empresas anteriormente citadas.

Modelo	Fabricante	Material y proceso de fabricación	Características
 C3200 F	Contenur	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero inoxidable.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 140 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Control de llenado, de temperatura y acceso. Integración en entorno urbano e insonorización [18].</p>
 C3200 D	Contenur	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero inoxidable.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 146 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Facilidad de mantenimiento, de limpieza de y vaciado. Numeración. Resistente [18].</p>
 C3200 D Accesible	Contenur	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero inoxidable.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 180 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Boca accesible, chapa Braille, pictograma de accesibilidad, palanca accesibilidad [19].</p>
 Clip.Bin	Formato Verde	Polietileno. Fabricado por rotomoldeo.	<p>Capacidad: 3000 l Peso: - kg Carga nominal: 1200 kg</p> <p>Capacidad útil optimizada. Bloqueo de tapas. Movimiento amortiguado de la tapa [20].</p>
 Big.Bin	Formato Verde	Polietileno. Fabricado por rotomoldeo.	<p>Capacidad: 3200 l Peso: - kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Cinturón DSB para mayor resistencia. Pedal multiplicador. Apertura asistida [20].</p>

 <p>Metal</p>	<p>Formato Verde</p>	<p>Cuba y estructura de las tapas de acero galvanizado en caliente.</p> <p>Cobertura de tapas de aluminio.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 210 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Resistente. Soporta los esfuerzos del camión sin descuadrarse. Durabilidad en el tiempo.</p>
 <p>CCL 3200L</p>	<p>Plastic Omnium</p>	<p>Cuba, tapas y cubiertas laterales fabricadas por inyección en polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero al carbono.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 150 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Amortiguación de la tapa. Sistema de centrado. Accesible a todas las personas [21].</p>
 <p>CCLI RosRoca</p>	<p>Ros Roca</p>	<p>Cuba, tapas y cubiertas laterales fabricadas por inyección en polietileno de alta densidad.</p> <p>Elementos metálicos fabricados en acero al carbono.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 150 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Personalizable, baja contaminación acústica y mantenimiento mejorado [22].</p>
 <p>CCLMP RosRoca</p>	<p>Ros Roca</p>	<p>Rotomoldeo en polietileno con estructura en acero.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: 210 kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Durabilidad, fiabilidad y alta resistencia. Mantenimiento simple y económico [23].</p>
 <p>Sanimobel plástico</p>	<p>Sanimobel</p>	<p>Inyección de polietileno de alta densidad.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: - kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Robustos y compactos. Larga duración. Optimizan los servicios de recogida [24].</p>
 <p>Sanimobel metal</p>	<p>Sanimobel</p>	<p>Fabricado en acero galvanizado, estructura tubular y chapa embutida.</p>	<p>Capacidad: 3200 l Peso: - kg Carga nominal: 1280 kg</p> <p>Robustos y compactos. Larga duración. Optimizan los servicios de recogida [25].</p>

ANEXO III. CONCEPTOS

La segunda fase del proyecto parte de la información obtenida en la Fase 1. Se va a realizar en primer lugar una generación de ideas para la estética del pedal. El pedal puede ser interior o exterior.

El pedal interior cuenta con un pisador central y la transmisión de la fuerza a los laterales del contenedor se hace por el interior del vaso. En el caso del pedal exterior, se cuenta normalmente con una barra metálica en el frontal del vaso que transmite la fuerza de pisado hacia el lateral del contenedor.

El contenedor de partida cuenta con pedal interior. Teniendo en cuenta que el molde anterior del vaso se quiere conservar, en caso de apostar por un pedal exterior sería necesario realizar una modificación en el molde para eliminar el rehundido frontal necesario para el pedal. Otra opción sería hacer una cuna sujeción pedal a modo de tapa que tape el rehundido y que haga de embellecedor.

Generación de ideas pedal interior

El diseño original del contenedor cuenta con pedal interior para la apertura de la tapa de usuario. El pedal interior del contenedor de partida consiste en un pisador rectangular hecho en plástico y un herraje metálico en forma de T. Este herraje une el pisador en su extremo más corto con los laterales del contenedor en sus extremos más largos, con el fin de llevar los mecanismos de apertura de tapa a los laterales del cubo. En este apartado se va a tratar la estética del pisador, que puede ser metálico o de algún material plástico.



Figura 4.1. Pisador rectangular

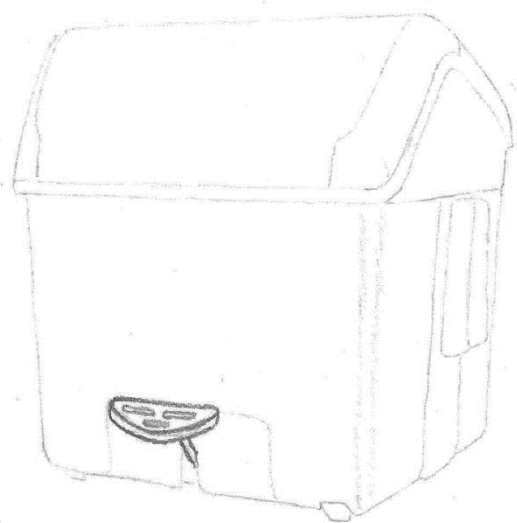


Figura 4.2. Pisador triangular

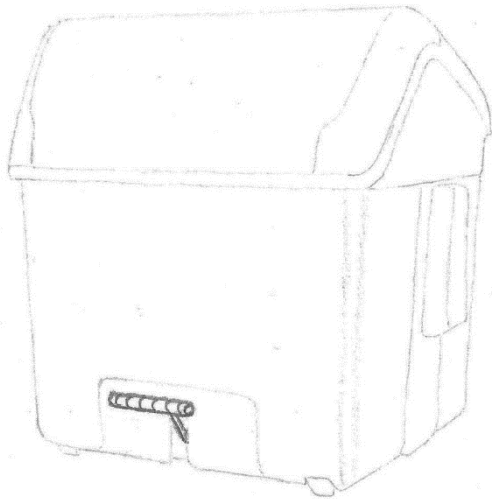


Figura 4.3. Pisador cilíndrico

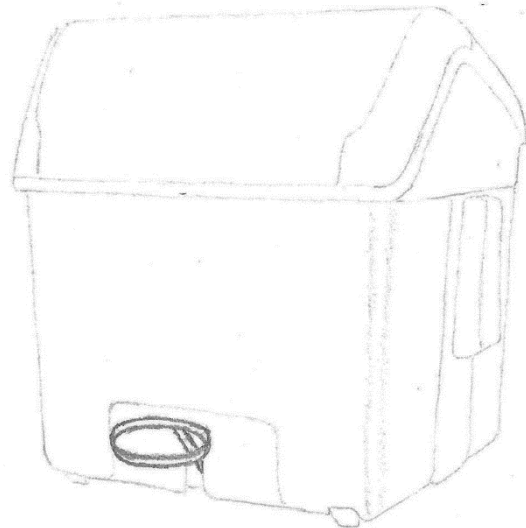


Figura 2.4. Pisador anular

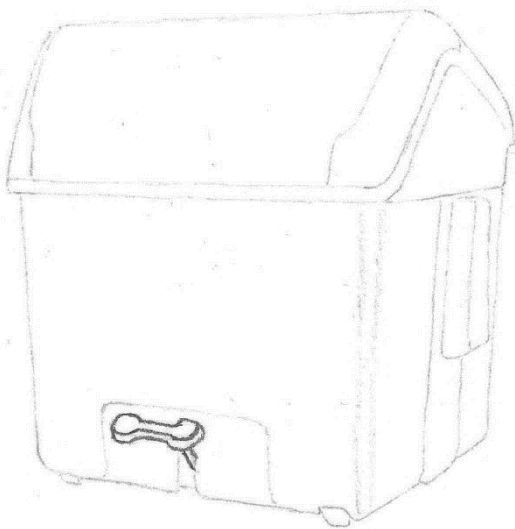


Figura 4.5. Pisador hueso

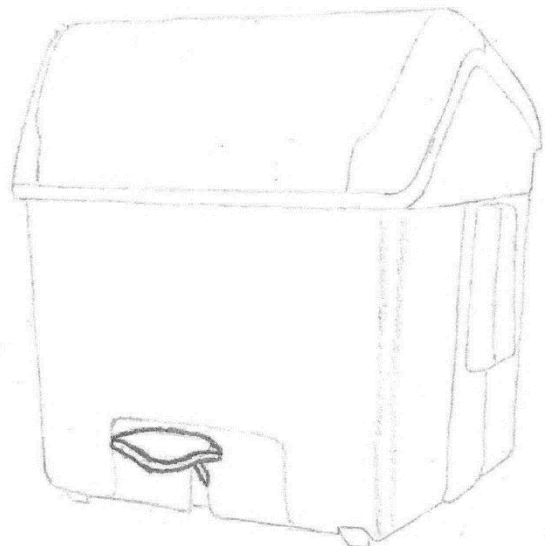


Figura 4.6. Pisador hoja

La inspiración estética es tanto de formas geométricas sencillas como de elementos más orgánicos, teniendo en mente en alguno de los conceptos la reducción de material.

El pedal interior permite una estética más discreta, principalmente por la ausencia de tubo metálico en el exterior, puesto que el mecanismo pasa casi íntegramente por el interior del vaso. Cuenta con el inconveniente de que, si se pisa esquinado, el herraje del pedal trabaja a torsión, algo no deseable.

Generación de ideas pedal exterior

Aunque el molde original del vaso y la concepción del contenedor del modelo anterior esté pensado para albergar un pedal interior, éste se podría modificar para adaptarlo al uso de pedal exterior. En el caso de ir por esta vía, se trabajaría coordinadamente con otro componente del equipo que se encarga del sistema de cogida. En este proyecto, y en caso de ser necesario, se diseñarían cunas de sujeción del pedal necesarias para completar el mecanismo de un pedal exterior.

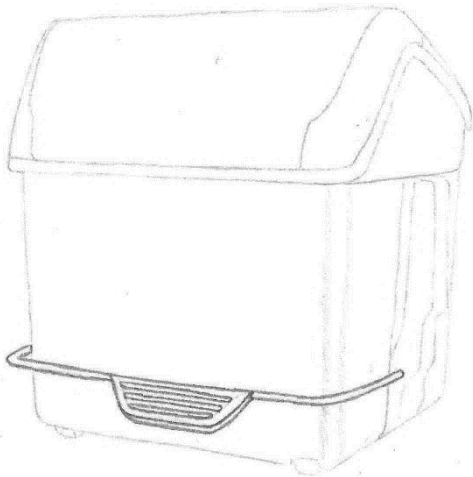


Figura 4.7. Pisador trapezoidal

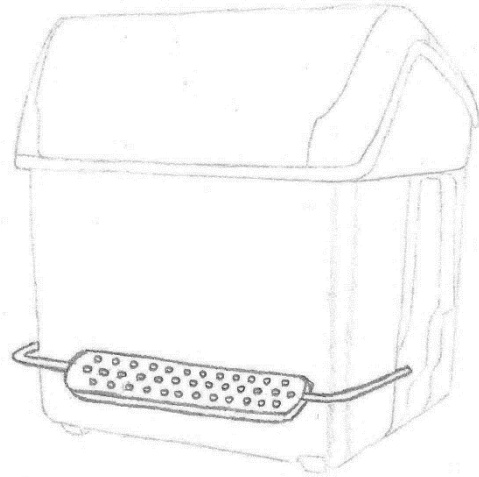


Figura 4.8. Pisador alargado

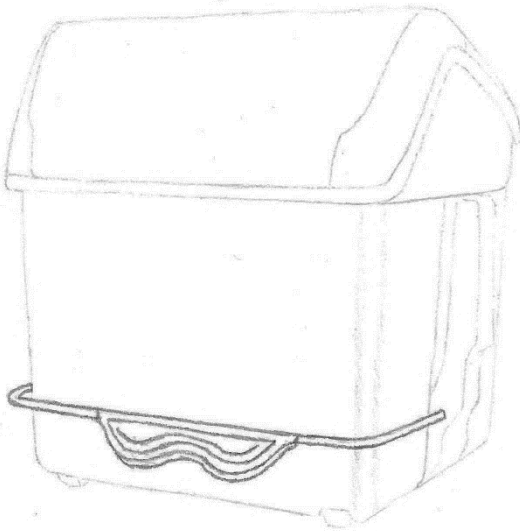


Figura 4.9. Pisador rocoso

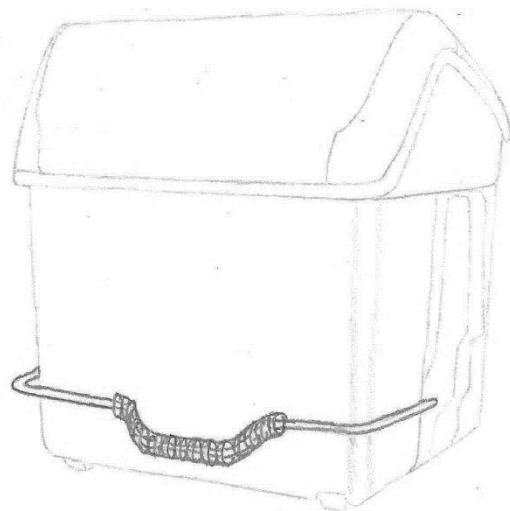


Figura 4.10. Pisador discos

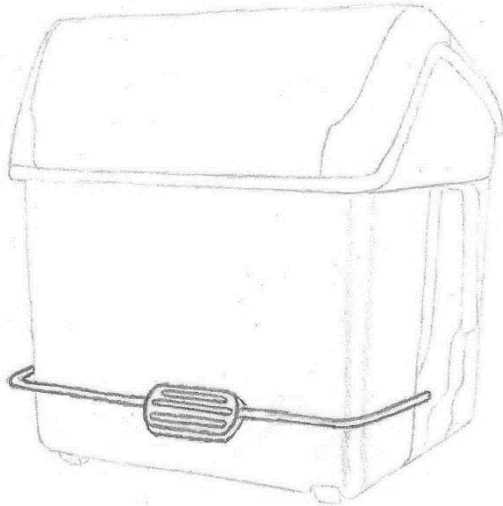


Figura 4.11. Pisador estriado

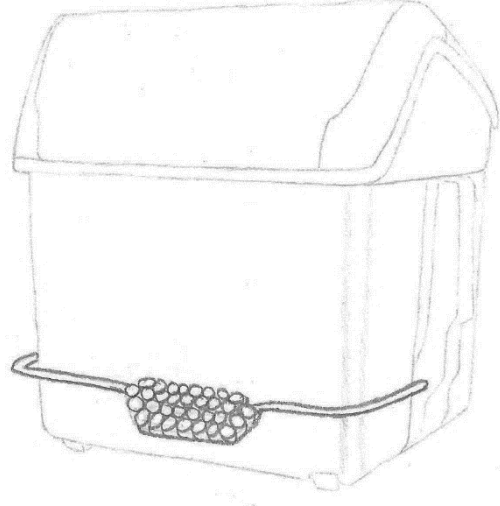


Figura 4.12. Pisador panel

El diseño con pedal exterior cuenta con mayor superficie de pisado, pero riesgo de pisar demasiado al extremo y no hacer funcionar el mecanismo de manera equilibrada. En este caso, toda la parte vista del pedal es una combinación de metal y plástico. Esto es porque no es viable económicamente realizar el tubo exterior en plástico.

Generación de conceptos

Después de una primera etapa de ideación se continúa con la generación de conceptos para el pedal. Se bocetan cinco pisadores para pedal interior y otros cinco para pedal exterior.

En la conceptualización de pisador para pedal interior se diferencian dos tipos de formas diferentes: geométricas y orgánicas.

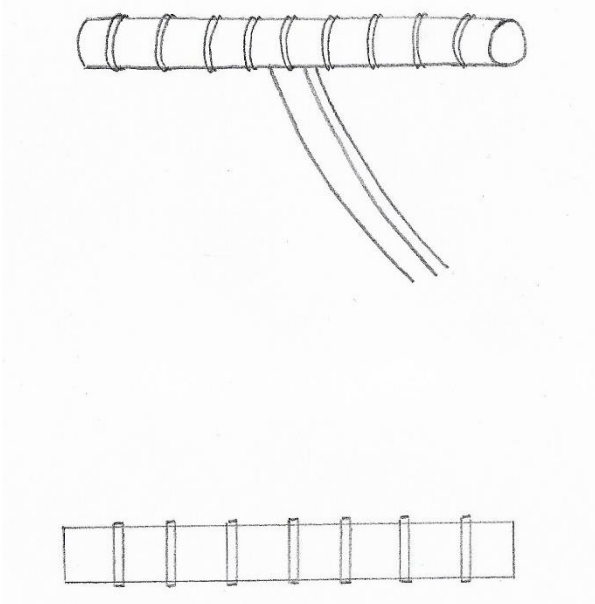


Figura 4.13. Pisador tubular

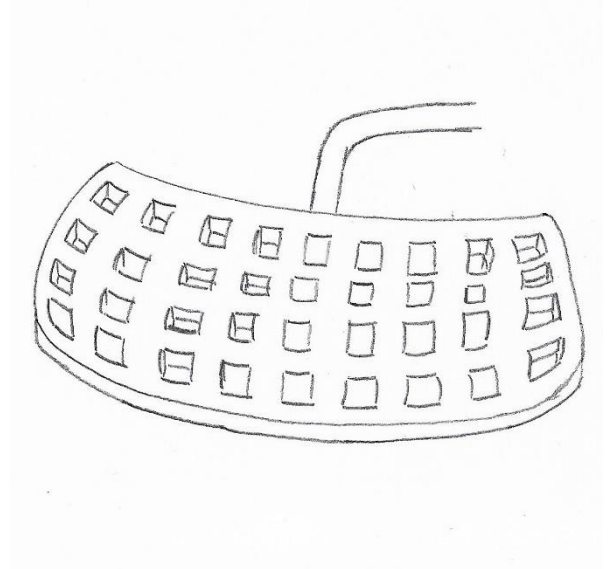


Figura 4.14. Pisador rejilla

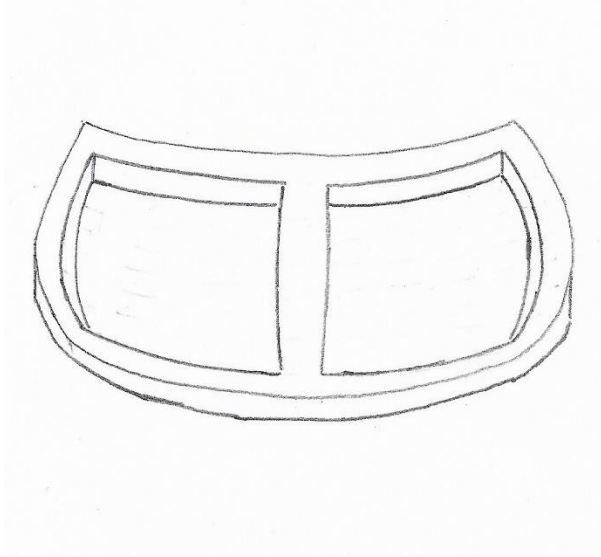


Figura 4.15. Pisador ligero

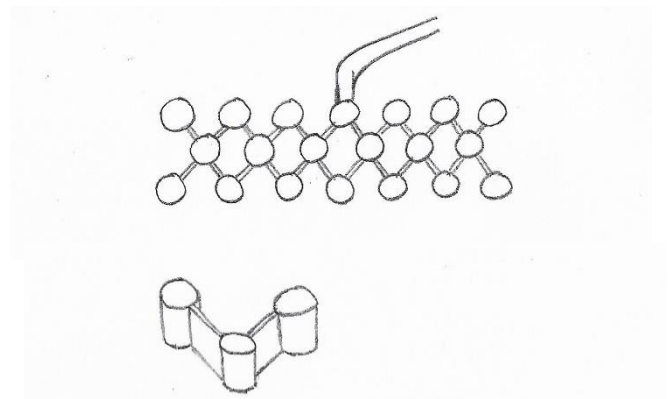


Figura 4.16. Pisador conectado

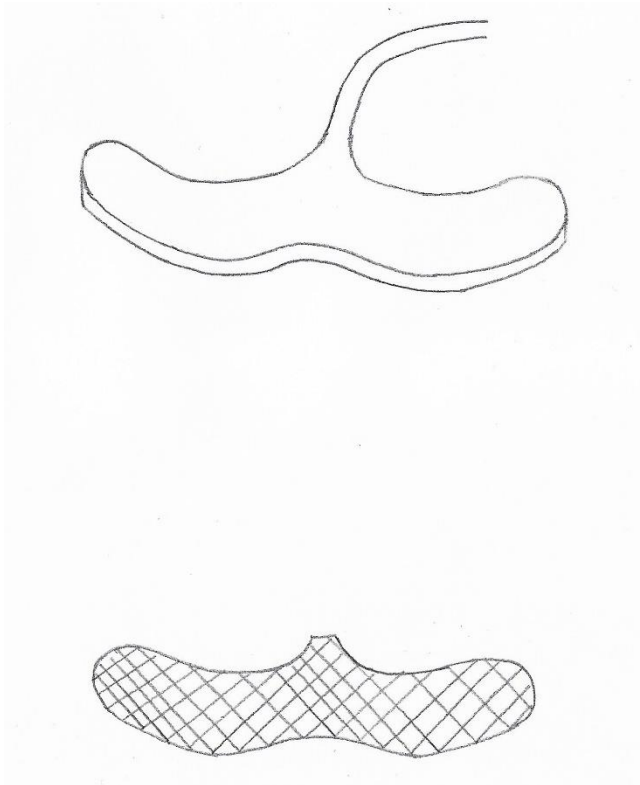


Figura 4.17. Pisador curvo

En el caso de los pisadores conceptualizados para pedal exterior, el criterio de diseño que se ha seguido ha sido, por un lado, adaptar el pisador a la actual forma de la barra de acero y, por otro lado, una nueva forma libre.

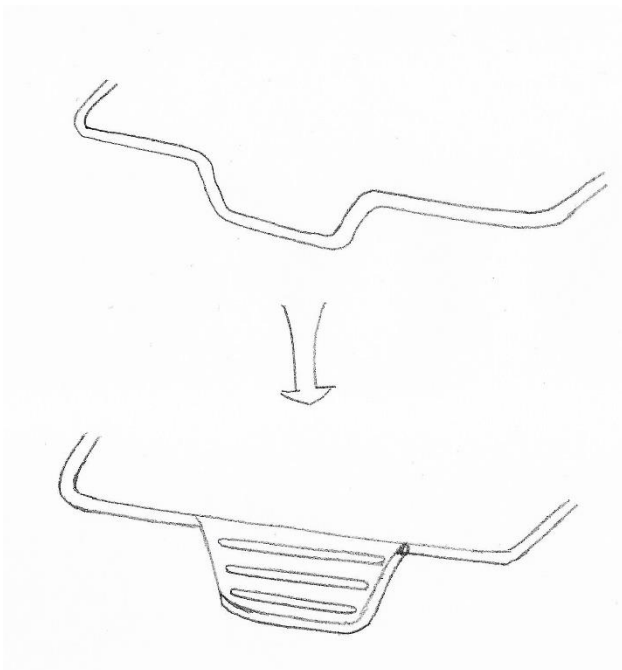


Figura 4.18. Pisador básico

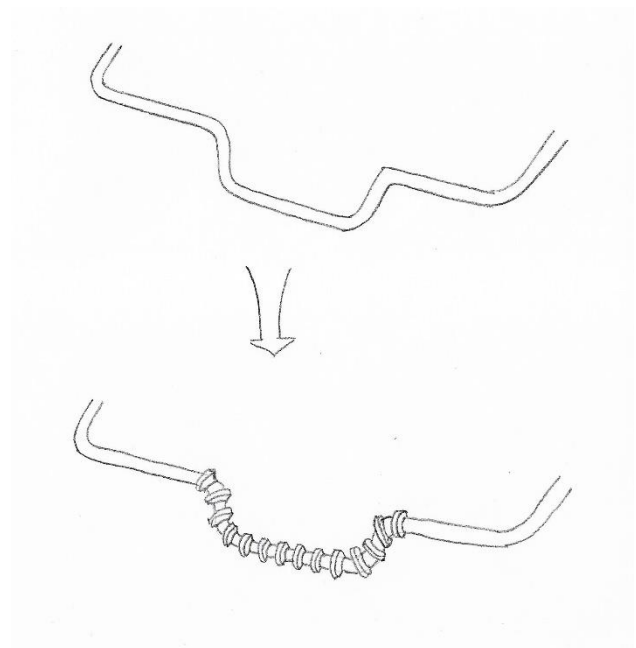


Figura 4.19. Pisador anular

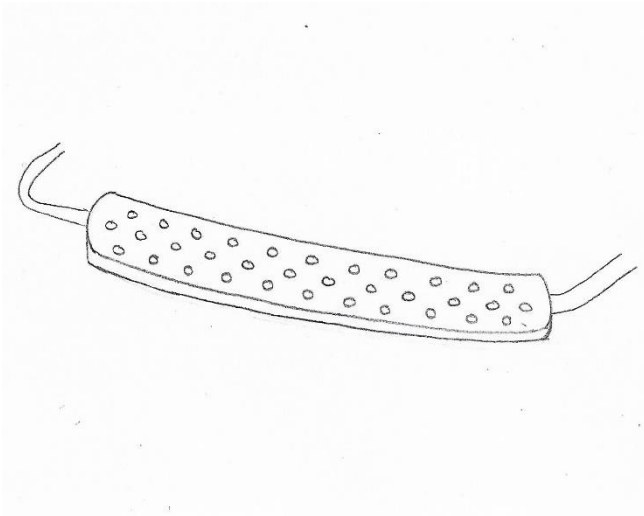


Figura 4.20. Pisador alargado

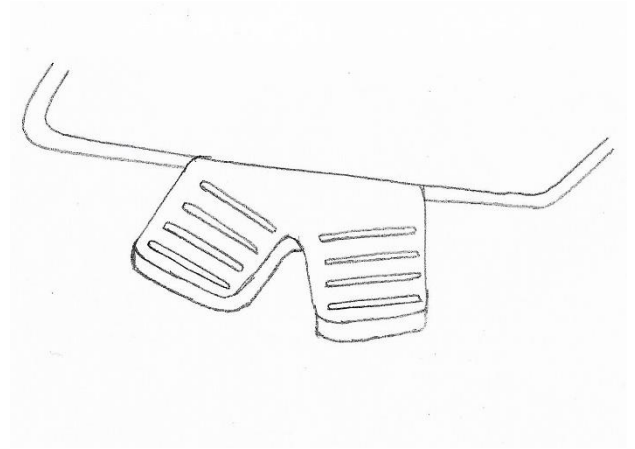


Figura 4.21. Pisador doble

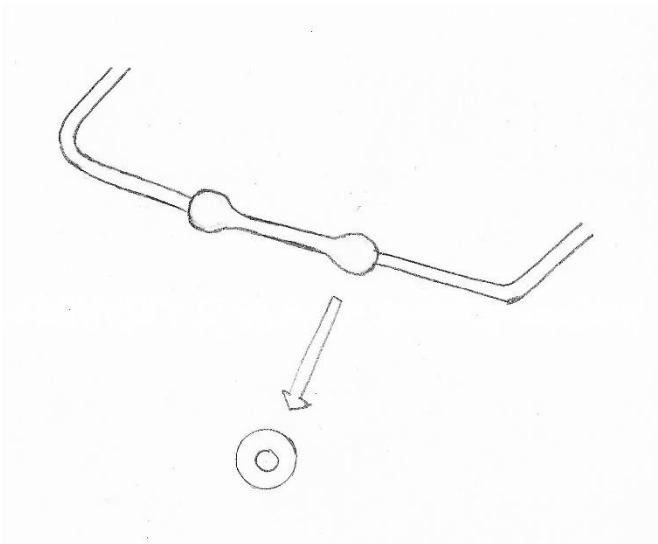


Figura 4.22. Pisador esférico

Llegados a este punto de la segunda fase, la empresa que fabrica el contenedor toma la decisión de que el pedal del nuevo contenedor de carga lateral va a ser exterior. A partir de aquí se continúa trabajando teniendo en cuenta esa decisión de diseño.

Modelado 3D

En este apartado se muestra el modelado 3D de los conceptos mostrados anteriormente. Tomando como referencia la decisión de que el contenedor contará con pedal exterior, se van a modelar con el ordenador los cinco conceptos correspondientes a pisadores para este tipo de pedal. El programa de CAD empleado para modelado 3D es SolidWorks.

Concepto 1

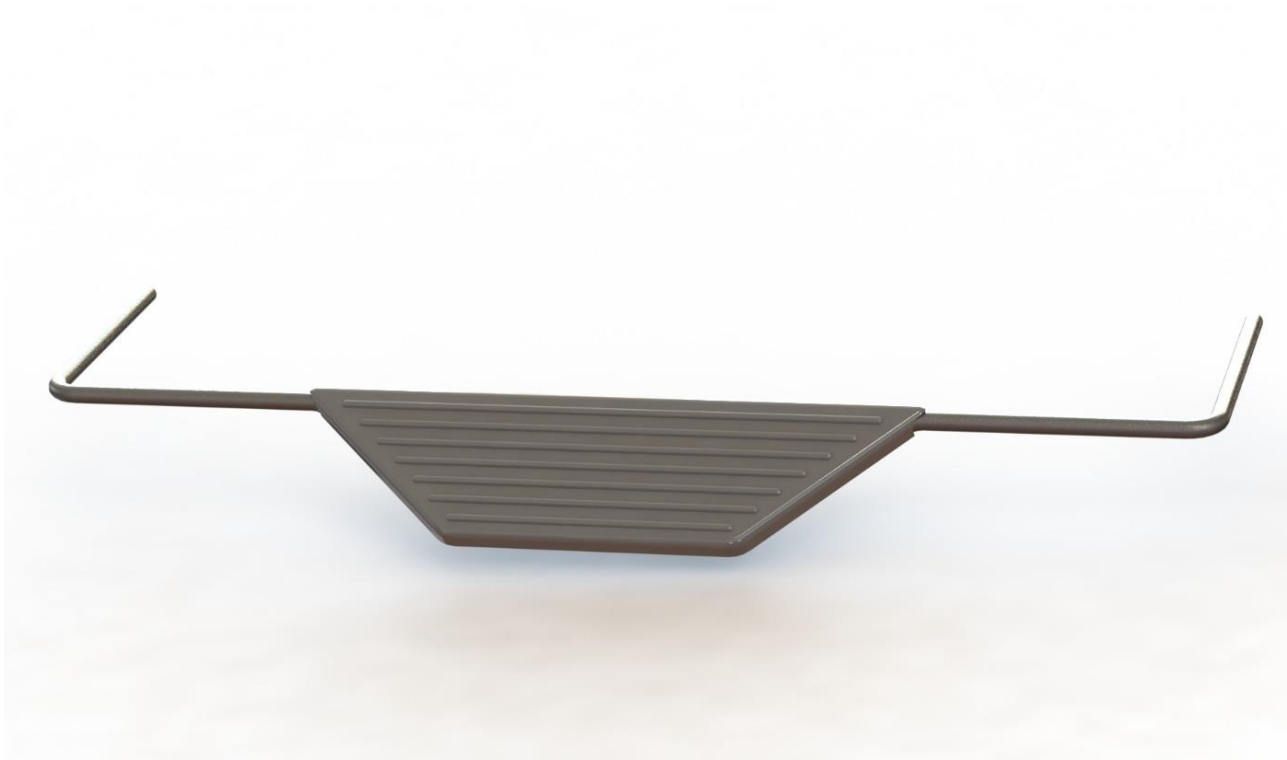


Figura 4.33. Pisador trapezoidal

El primer concepto toma como referencia la geometría de la barra del pedal del modelo anterior de la empresa. Se cubre con una pieza de forma trapezoidal.

Concepto 2



Figura 4.24. Pisador anular

El segundo concepto pretende reducir al mínimo el material empleado en el pisador. Por eso consiste en 3 estructuras anulares que cubren el saliente de la barra de acero del pedal.

Concepto 3



Figura 4.25. Pisador alargado

El tercer concepto es un pisador clásico en forma de ranura anclado en una barra recta con una gran superficie de pisado. La nota negativa de este concepto es el volumen de material requerido.

Concepto 4



Figura 4.26. Pisador cruzado

Este cuarto concepto surge de observar como el usuario acciona en muchas ocasiones el pisador para abrir la tapa de usuario. La pisada puede ser cruzada, y no en perpendicular al pisador, por esta razón adapta la forma al uso.

Concepto 5



Figura 4.27. Pisador esférico

El último concepto es el más minimalista. Cuenta con una superficie central rugosa para evitar que deslice el pie del usuario y dos toques esféricos para central la pisada y que esta no se haga cruzada.

ANEXO IV. CÁLCULOS Y SIMULACIÓN

5.2. Motion en SolidWorks

Una vez cumplidos los requisitos dimensionales, es necesario comprobar que estos permiten también cumplir los de fuerza. Para ello, se toma como referencia el modelo de bloques 2D para modelar el sistema de apertura en tres dimensiones de la manera simplificada que muestra la figura 5.3.

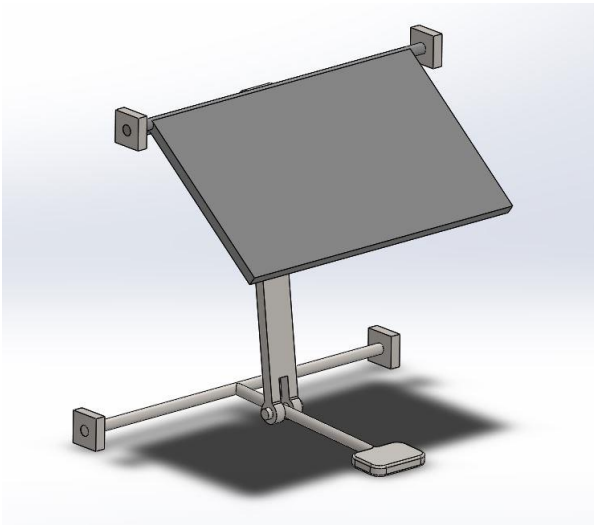


Figura 5.3. Motion V0

El primer modelado que se hace es meramente dimensional y para comprobar que el movimiento es correcto.



Figura 5.4. Motion V1

La segunda iteración del modelado tiene en cuenta la forma real de los distintos componentes del sistema de apertura.

Además, se adopta la tapa real que monta el conjunto. Este ensamblaje, no se ha orientado en el espacio 3D correctamente. Sumado a una identificación de las propiedades de los materiales errónea por parte del programa, arroja unos resultados que no se pueden considerar válidos.

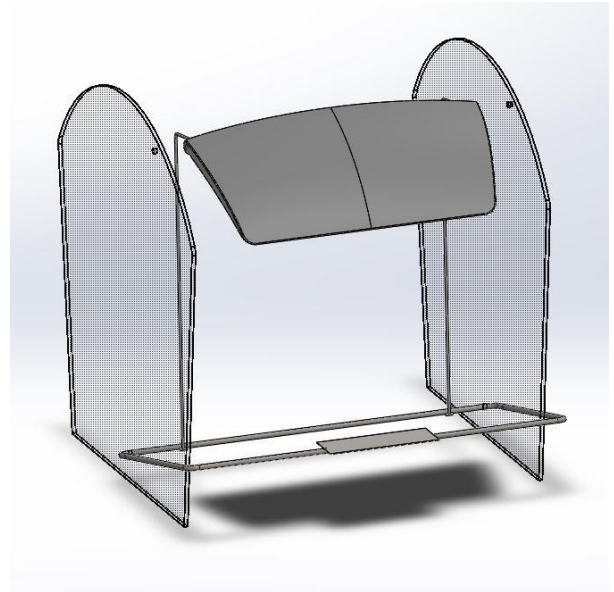


Figura 5.5. Motion V2

La última versión modelado en 3D para esta fase corrige los problemas de orientación y materiales anteriores.

Además, sustituye las piezas sobre las que pivotaban los ejes por dos paredes que hacen la función de carcasa del contenedor. Esto facilita la correcta situación de los diferentes elementos del conjunto, y proporciona mejores conclusiones en cuanto a las reacciones en los apoyos.

Para realizar el análisis del movimiento de nuestro conjunto, se añade en primer lugar la fuerza de la gravedad. A continuación, se quiere averiguar la fuerza de pisada que debe ejercer el usuario para alcanzar la apertura máxima de tapa.

Se coloca un motor lineal en la superficie del pisador que simula el pisado de un usuario y se configura para que actúe durante 5 segundos. Debe funcionar hasta descender 218.2 mm, que es el recorrido de apertura del pedal del contenedor, obtenido en el estudio de bloques anterior.

Para obtener el resultado buscado, se pide al programa que facilite la fuerza que ha ejercido el motor durante todo su recorrido. El trazado graficado por el programa, muestra que el usuario debe ejercer una fuerza de pisada inicial de 4 N para que se accione el mecanismo y que, en el punto máximo de apertura, la fuerza ejercida alcanza los 73 N, es decir, algo menos de 7.5 Kg de fuerza.

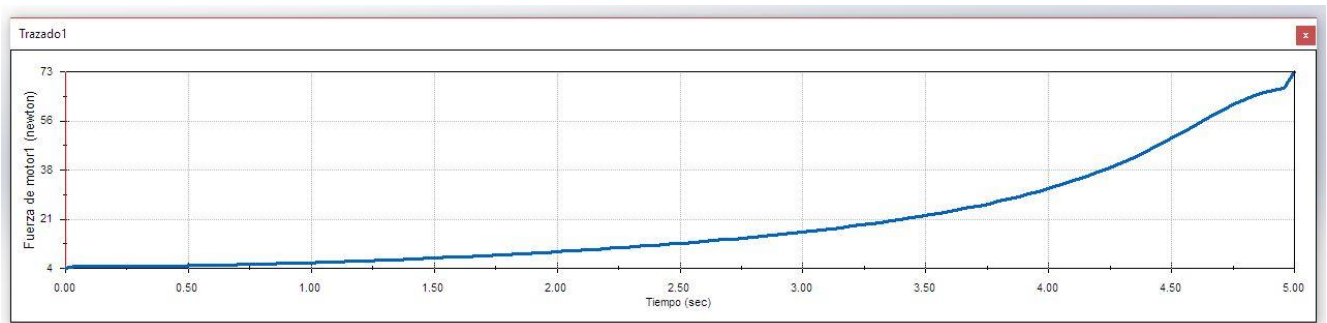


Figura 5.6. Resultados de simulación en SolidWorks

5.3. Cálculos teóricos

Finalmente, después de fijar todas las dimensiones del sistema de apertura y simular el modelo CAD con el módulo de simulación de SolidWorks, se comprueba de manera analítica si los resultados obtenidos de la simulación son del mismo orden que los teóricos. Para poder comparar los resultados fácilmente, se incluye el resultado simulado en SolidWorks, entre paréntesis, junto al resultado calculado.

Para ello se van a calcular las reacciones en los apoyos y la fuerza de pisado que realiza el usuario en tres situaciones diferentes: tapa de usuario cerrada, tapa de usuario semiabierta (a los 2,5 segundos del recorrido) y tapa de usuario abierta.

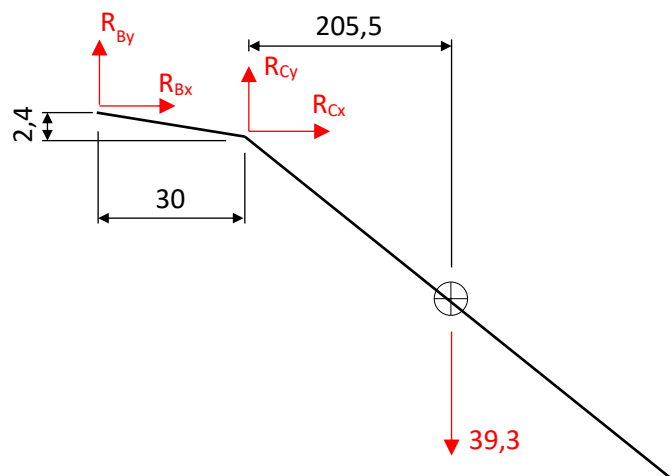
Tapa cerrada

Tapa

$$\Sigma F_x = 0; R_{B_x} + R_{C_x} = 0$$

$$\Sigma F_y = 0; R_{B_y} + R_{C_y} = 39,3$$

$$\Sigma M_c \int_z = 0; 2,4 R_{B_x} + 30 R_{B_y} + 8076,2 = 0$$



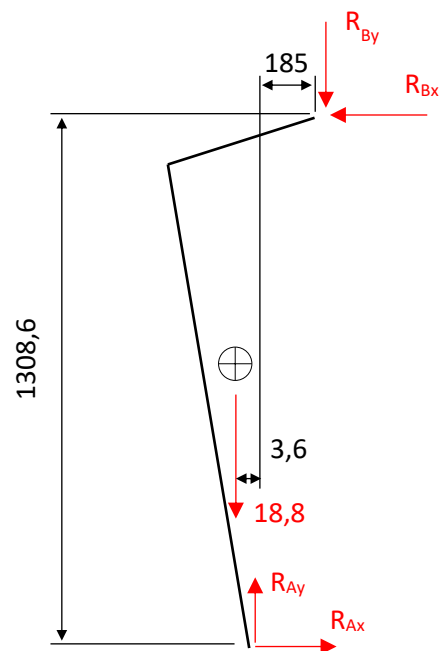
Varilla

$$\Sigma F_x = 0; R_{B_x} = R_{A_x}$$

$$\Sigma F_y = 0; R_{B_y} + 18,8 = R_{A_y}$$

$$\Sigma M_A \int_z = 0; 18,8 \times 3,6 + R_{B_x} \times 1308,6 - R_{B_y} \times 185 = 0$$

$$1308,6 R_{B_x} - 185 R_{B_y} + 67,7 = 0$$



$$\begin{cases} 67,7 + 1308,6 R_{B_x} - 185 R_{B_y} = 0 \\ 8076,2 + 2,4 R_{B_x} + 30 R_{B_y} = 0 \end{cases}$$

$$R_{B_y} = \frac{67,7 + 1308,6 R_{B_x}}{185}$$

$$8076,2 + 2,4 R_{B_x} + 30 \times \frac{67,7 + 1308,6 R_{B_x}}{185} = 0$$

$$8076,2 + 2,4 R_{B_x} + 11 + 212,2 R_{B_x} = 0$$

$$8087,2 + 214,6 R_{B_x} = 0$$

$$R_{B_x} = -37,7 \text{ N } (-38 \text{ N})$$

$$R_{C_x} = 37,7 \text{ N } (38 \text{ N})$$

$$R_{A_x} = -37,7 \text{ N } (-38 \text{ N})$$

$$R_{B_y} = -266,3 \text{ N } (-266 \text{ N})$$

$$R_{C_y} = 305,6 \text{ N } (307 \text{ N})$$

$$R_{A_y} = -247,5 \text{ N } (-248 \text{ N})$$

Pedal

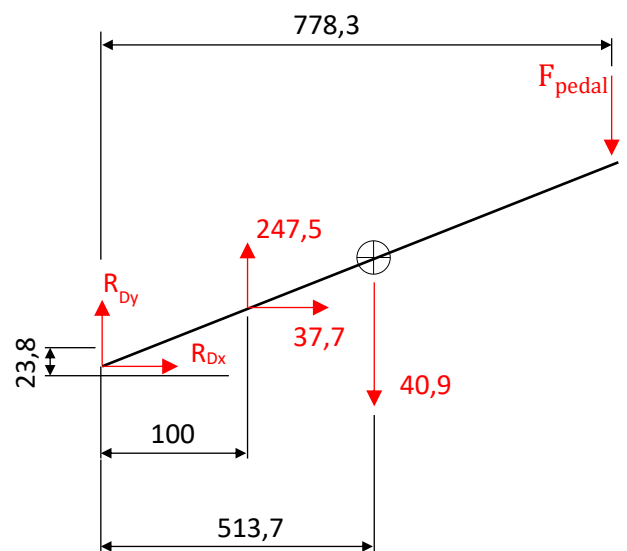
$$\Sigma F_x = 0; R_{D_x} = -37,7 \text{ N}$$

(-38 N en SW)

$$\Sigma F_y = 0; R_{D_y} = 40,9 + F_{pedal} - 247,5 = -202,9 \text{ N}$$

(-201 N en SW)

$$\Sigma M_c \int_z = 0;$$



$$247,5 \times 100 - 37,7 \times 23,8 - 40,9 \times 513,7 - 778,3 \times F_{pedal} = 0$$

$$24750 - 897,3 - 21010,3 - 778,3 \times F_{pedal} = 0$$

$$2842,4 - 778,3 \times F_{pedal} = 0$$

$$F_{pedal} = 3,7 \text{ N } (\text{aproximadamente } 0,4 \text{ Kg de fuerza de pisado})$$

En la simulación de SolidWorks, se obtuvieron 2 N de fuerza en el inicio.

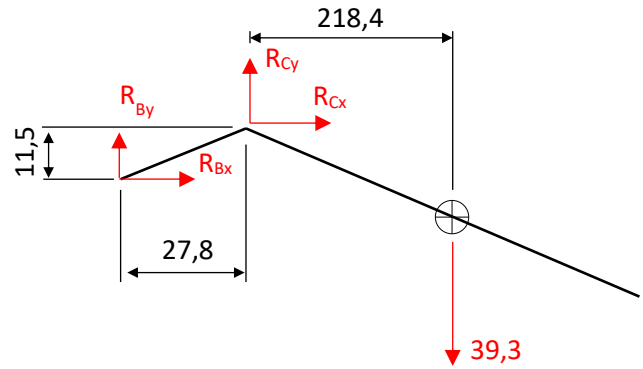
Tapa semiabierta

Tapa

$$\sum F_x = 0; R_{B_x} + R_{C_x} = 0$$

$$\sum F_y = 0; R_{B_y} + R_{C_y} = 39,3$$

$$\sum M_c \int_z = 0; 27,8 R_{B_y} - 11,5 R_{B_x} + 8583,1 = 0$$



Varilla

$$\sum F_x = 0; R_{B_x} = R_{A_x}$$

$$\sum F_y = 0; R_{B_y} + 18,8 = R_{A_y}$$

$$\sum M_A \int_z = 0; 18,8 \times 3,7 + R_{B_x} \times 1308,6 - R_{B_y} \times 184,9 = 0$$

$$1308,6 R_{B_x} - 184,9 R_{B_y} + 69,6 = 0$$

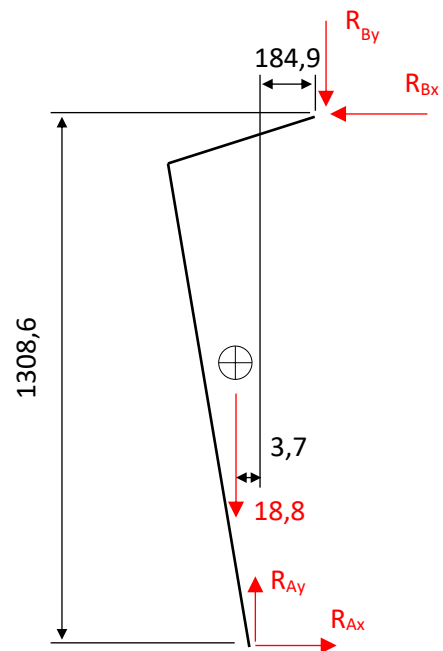
$$\begin{cases} 69,6 + 1308,6 R_{B_x} - 184,9 R_{B_y} = 0 \\ 8583,1 - 11,5 R_{B_x} + 27,8 R_{B_y} = 0 \end{cases}$$

$$R_{B_y} = \frac{69,6 + 1308,6 R_{B_x}}{184,9}$$

$$8583,1 - 11,5 R_{B_x} + 27,8 \times \frac{69,6 + 1308,6 R_{B_x}}{184,9} = 0$$

$$8583,1 - 11,5 R_{B_x} + 10,5 + 196,8 R_{B_x} = 0$$

$$8593,6 + 185,3 R_{B_x} = 0$$



$$R_{B_x} = -46,4 \text{ N } (-46 \text{ N})$$

$$R_{C_x} = 46,4 \text{ N } (47 \text{ N})$$

$$R_{A_x} = -46,4 \text{ N } (-46 \text{ N})$$

$$R_{B_y} = -328 \text{ N } (-330 \text{ N})$$

$$R_{C_y} = 367,3 \text{ N } (369 \text{ N})$$

$$R_{A_y} = -309,2 \text{ N } (-310 \text{ N})$$

Pedal

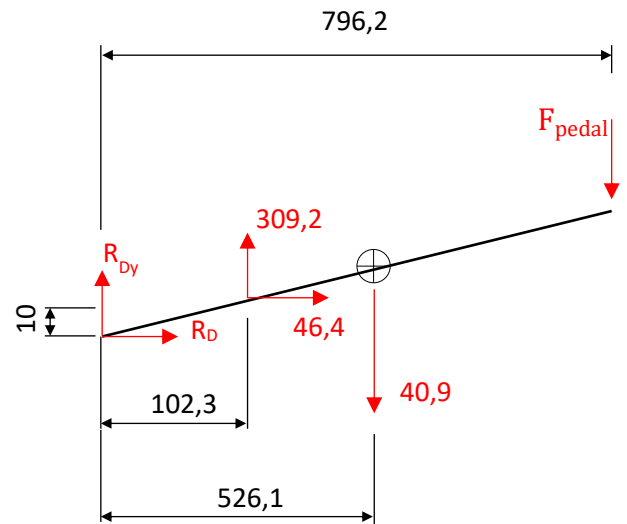
$$\Sigma F_x = 0; R_{D_x} = -46,4 \text{ N}$$

(-46 N en SW)

$$\Sigma F_y = 0; R_{D_y} = 40,9 + F_{pedal} - 309,2 = -256,2 \text{ N}$$

(-255 N en SW)

$$\Sigma M_c \int_z = 0;$$



$$309,2 \times 102,3 - 46,4 \times 10 - 40,9 \times 526,1 - 796,2 \times F_{pedal} = 0$$

$$31631,2 - 464 - 21517,5 - 796,2 \times F_{pedal} = 0$$

$$9649,7 - 796,2 \times F_{pedal} = 0$$

$$F_{pedal} = 12,1 \text{ N } (\text{aproximadamente } 1,2 \text{ Kg de fuerza de pisado})$$

En la simulación de SolidWorks, se obtuvieron 11 N de fuerza a los 2,5 segundos.

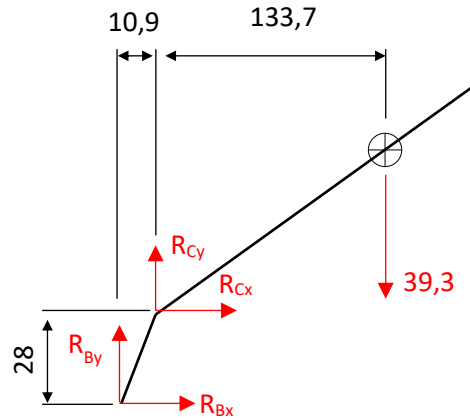
Tapabierta

Tapab

$$\sum F_x = 0; R_{B_x} + R_{C_x} = 0$$

$$\sum F_y = 0; R_{B_y} + R_{C_y} = 39,3$$

$$\sum M_c \int_z = 0; 10,9 R_{B_y} - 28 R_{B_x} + 5254,41 = 0$$



Varilla

$$\sum F_x = 0; R_{B_x} = R_{A_x}$$

$$\sum F_y = 0; R_{B_y} + 18,8 = R_{A_y}$$

$$\sum M_A \int_z = 0; 18,8 \times 5,6 + R_{B_x} \times 1306,6 - R_{B_y} \times 201,4 = 0$$

$$201,4 R_{B_y} - 1306,6 R_{B_x} + 105,28 = 0$$

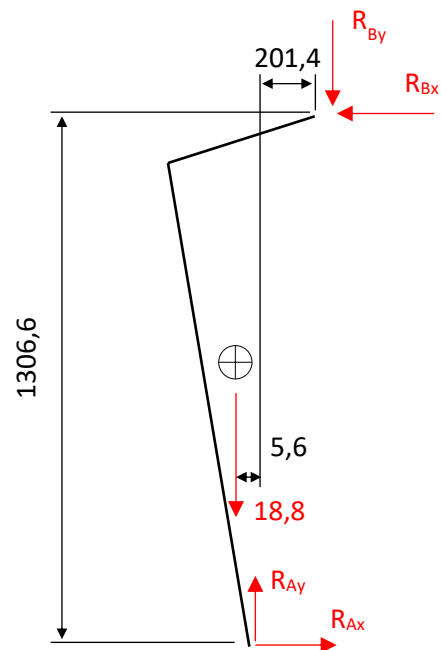
$$\begin{cases} 5254,4 + 10,9 R_{B_y} - 28 R_{B_x} = 0 \\ 105,3 - 1306,6 R_{B_x} + 201,4 R_{B_y} = 0 \end{cases}$$

$$R_{B_y} = \frac{28 R_{B_x} - 5254,4}{10,9}$$

$$105,3 - 1306,6 R_{B_x} + 201,4 \times \frac{28 R_{B_x} - 5254,4}{10,9} = 0$$

$$105,3 - 1306,6 R_{B_x} - 97085,9 + 517,4 R_{B_x} = 0$$

$$96980,6 + 789,2 R_{B_x} = 0$$



$$R_{B_x} = -122,9 \text{ N } (-122 \text{ N})$$

$$R_{C_x} = 122,9 \text{ N } (123 \text{ N})$$

$$R_{A_x} = -122,9 \text{ N } (-122 \text{ N})$$

$$R_{B_y} = -797,8 \text{ N } (-794 \text{ N})$$

$$R_{C_y} = 837,1 \text{ N } (835 \text{ N})$$

$$R_{A_y} = -779 \text{ N } (-776 \text{ N})$$

Pedal

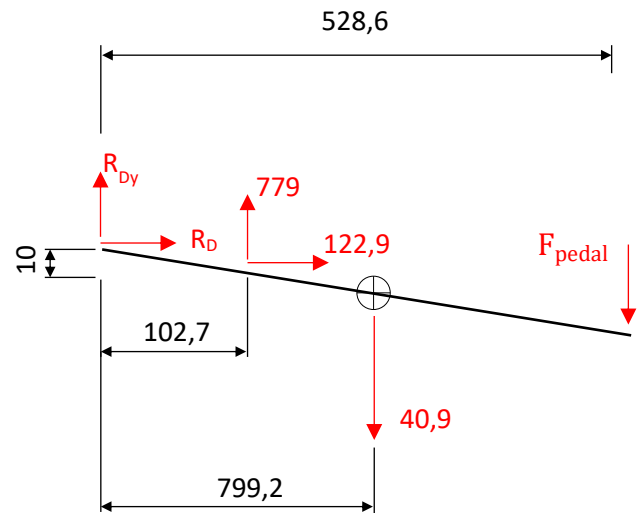
$$\Sigma F_x = 0; R_{D_x} = -122,9 \text{ N}$$

(-123 N en SW)

$$\Sigma F_y = 0; R_{D_y} = 40,9 + F_{pedal} - 779 = -664,3 \text{ N}$$

(-661 N en SW)

$$\Sigma M_c \int_z = 0;$$



$$799 \times 102,7 + 122,9 \times 4,7 - 40,9 \times 528,6 - 799,2 \times F_{pedal} = 0$$

$$80003,3 + 577,6 - 21619,7 - 799,2 \times F_{pedal} = 0$$

$$58961,2 - 799,2 \times F_{pedal} = 0$$

$$F_{pedal} = 73,8 \text{ N } (\text{aproximadamente } 7,5 \text{ Kg de fuerza de pisado})$$

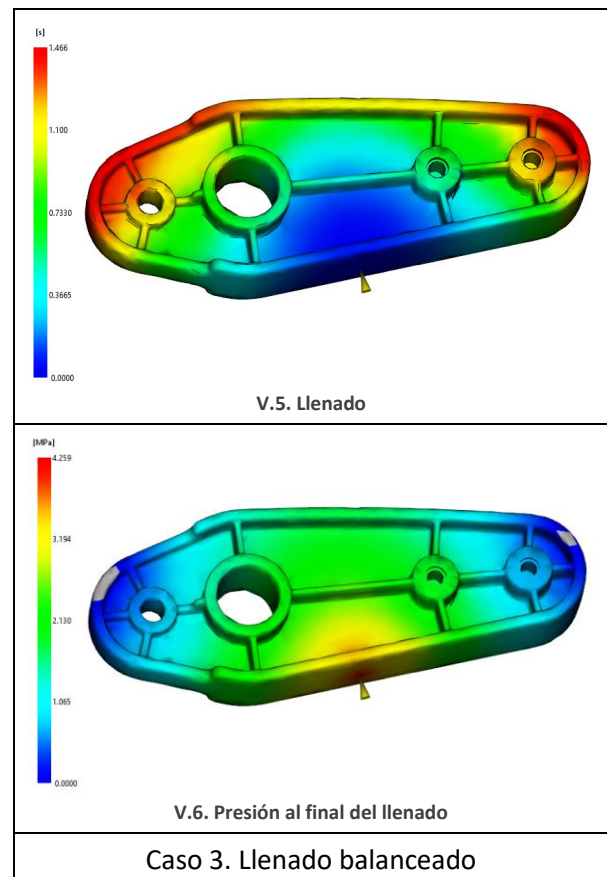
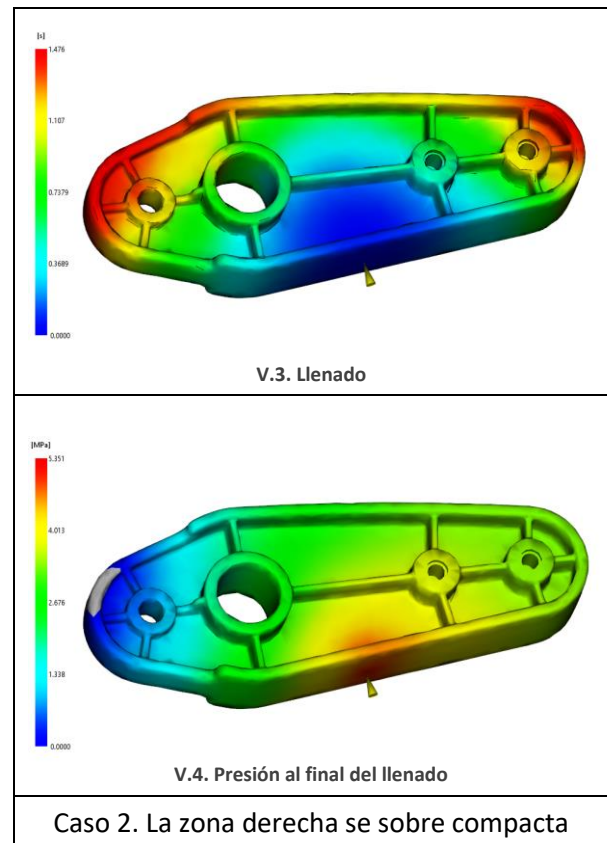
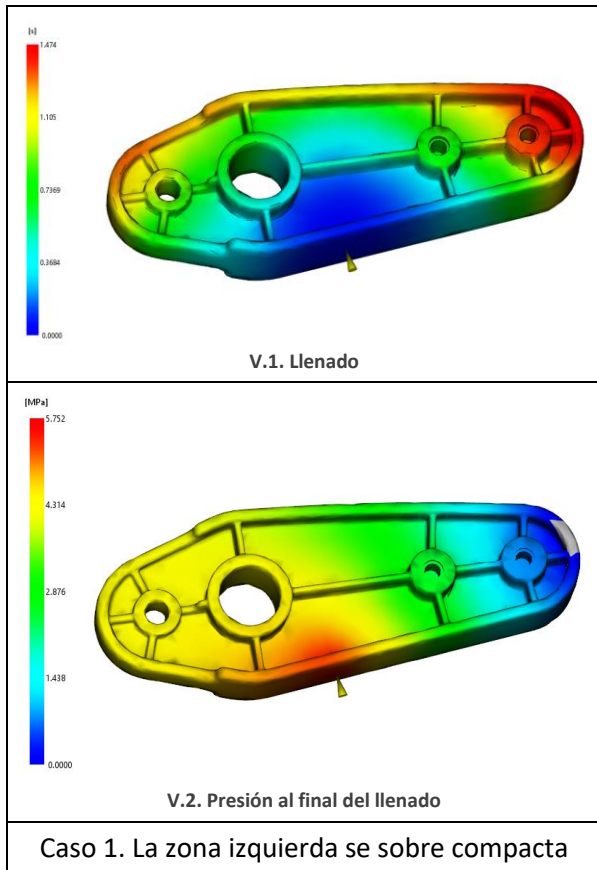
En la simulación de SolidWorks, se obtuvieron 71 N de fuerza a los 5 segundos.

Una vez obtenidos los resultados teóricos de las tres posiciones de la tapa de usuario analizadas, se puede concluir que el modelo 3D es robusto. Las pequeñas variaciones que se observan se pueden deber tanto al redondeo de decimales en los cálculos manuales, como a la distinta forma en que el programa realiza los cálculos. Los resultados que se han obtenido sobre la fuerza de pisado que ejerce el usuario para abrir la tapa del contenedor dan solidez a la estructura planteada en el modelo 3D y permiten avanzar con el diseño y desarrollo de las diferentes piezas que componen el sistema de apertura.

ANEXO V. MoldFlow

Análisis del Empujador

Capturas de llenado de los sucesivos casos analizados para el balanceo:



Capturas del registro del caso definitivo:

Fase de llenado: Estado: U = Control de velocidad
 P = Control de presión
 U/P= Conmutación de velocidad/presión

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel. flujo (cm ³ /s)	Estado
0.076	0.96	30.08	0.20	60.94	U
0.150	2.80	64.77	3.06	100.05	U
0.226	6.57	85.85	5.12	195.60	U
0.301	12.15	83.27	4.84	213.04	U
0.377	17.66	81.40	4.75	204.94	U
0.453	23.06	81.44	4.84	203.71	U
0.530	28.48	81.58	4.92	203.87	U
0.605	33.83	81.66	5.00	203.93	U
0.676	38.78	81.73	5.08	203.96	U
0.750	43.88	81.81	5.21	203.93	U
0.826	49.14	81.92	5.41	203.84	U
0.901	54.37	82.04	5.58	203.96	U
0.976	59.53	82.13	5.73	203.99	U
1.056	65.02	82.19	5.85	204.01	U
1.127	69.92	82.25	5.96	204.03	U
1.201	74.94	82.35	6.18	203.99	U
1.277	80.04	82.49	6.52	204.00	U
1.355	85.33	82.64	6.87	204.03	U
1.429	90.30	82.79	7.27	204.04	U
1.500	95.09	83.13	8.23	204.07	U
1.559	99.04	83.44	9.19	203.99	U/P
1.570	99.64	70.00	7.74	127.77	P
1.575	99.84	70.00	7.97	127.24	P
1.581	99.96	70.00	9.98	123.14	P
1.582	100.00	70.00	10.27	122.56	Llenado

Tiempo de ejecución en la fase de llenado = 235.45 s

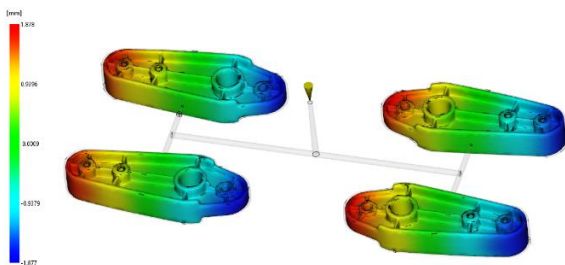
V.7. Captura del registro del caso definitivo. Llenado

Fase de compactación:

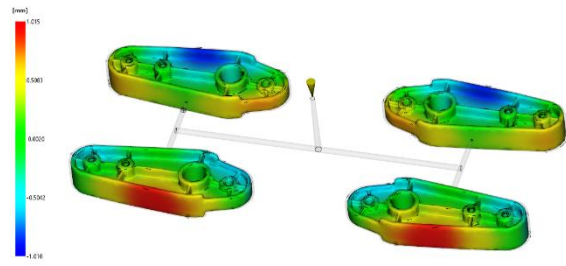
Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
1.991	0.97	70.00	91.70	P
3.991	5.46	70.00	137.89	P
5.741	9.40	70.00	136.62	P
7.741	13.89	70.00	139.00	P
9.741	18.39	70.00	126.90	P
11.491	22.32	70.00	103.45	P
13.491	26.81	70.00	67.56	P
15.241	30.75	70.00	22.81	P
17.241	35.24	70.00	0.04	P
19.059	39.33	70.00	0.02	P
19.059				Presión liberada
19.072	39.35	0.00	0.02	P
22.469	46.99	0.00	0.00	P
26.719	56.54	0.00	0.00	P
31.219	66.65	0.00	0.00	P
35.719	76.76	0.00	0.00	P
40.219	86.88	0.00	0.00	P
44.719	96.99	0.00	0.00	P
46.060	100.00	0.00	0.00	P

V.8. Captura del registro del caso definitivo. Compactación

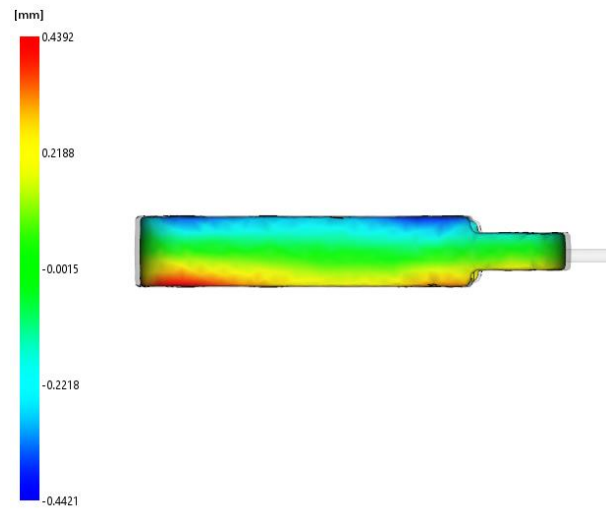
Capturas de los desplazamientos en las 3 direcciones del caso definitivo:



V.9. Desplazamientos en el eje X



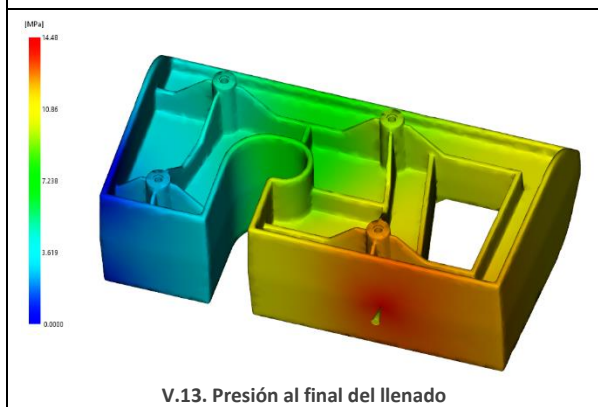
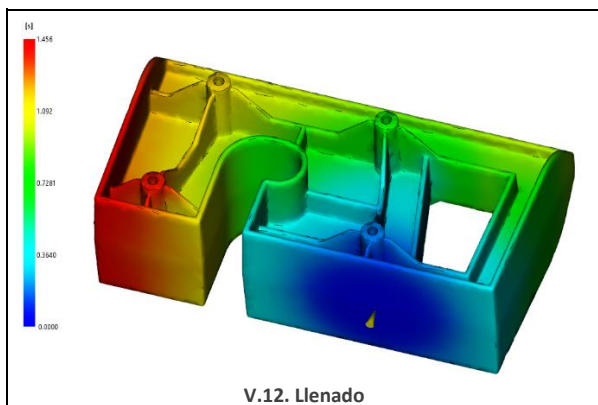
V.10. Desplazamientos en el eje Y



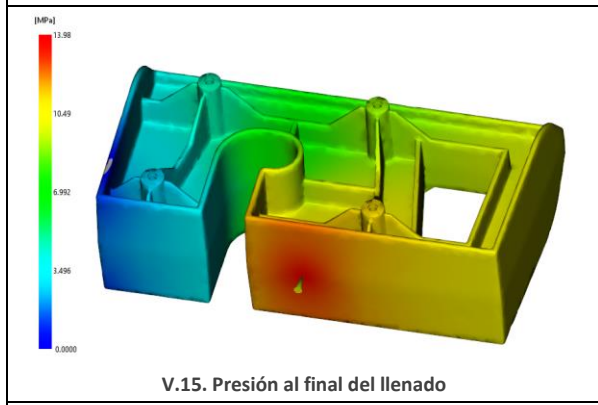
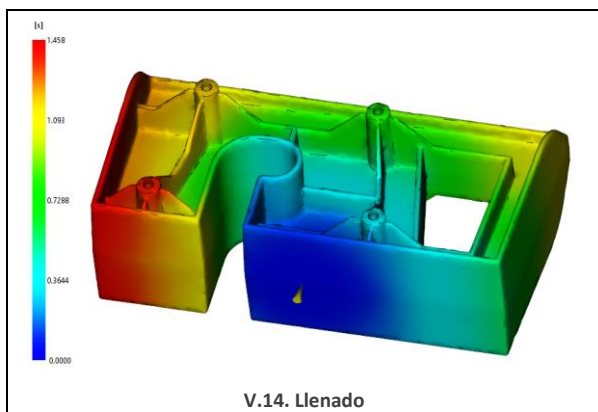
V.11. Desplazamientos en el eje Z

Análisis del soporte del pedal

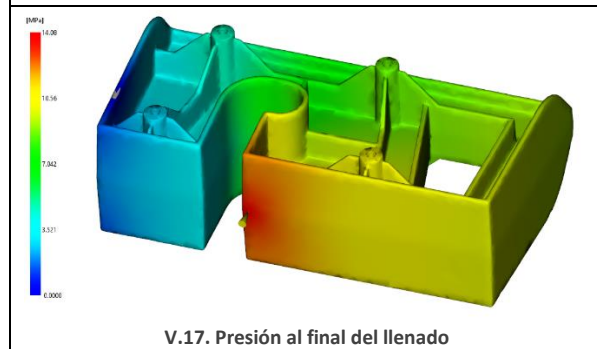
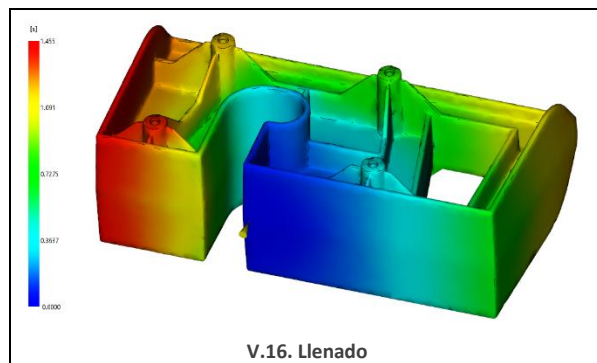
Capturas de llenado de los sucesivos casos analizados para el balanceo:



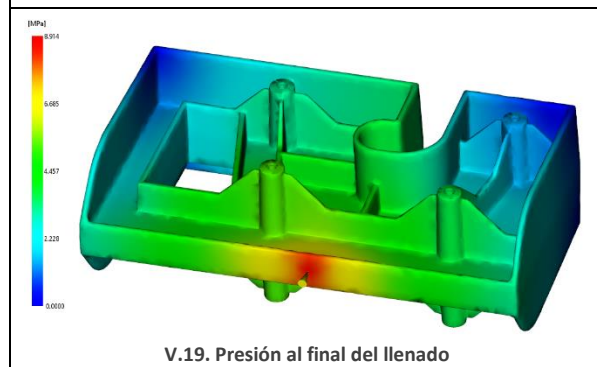
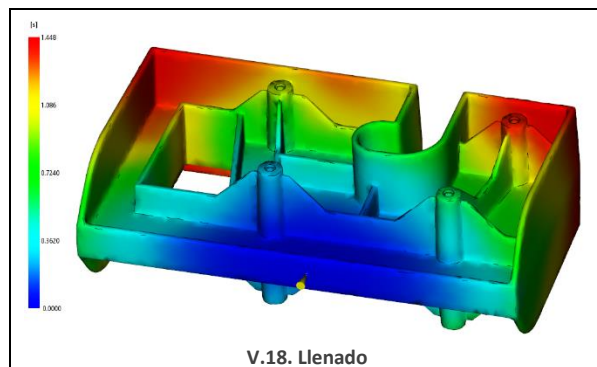
Caso 1. La zona derecha se sobre compacta



Caso 2. La zona derecha se sobre compacta



Caso 3. La zona izquierda se sobre compacta



Caso 4. Entrando por el lado puesto y centrandose consigue balanceo.

Capturas del registro definitivo:

Fase de llenado: Estado: U = Control de velocidad
 P = Control de presión
 U/P= Conmutación de velocidad/presión

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel flujo (cm ³ /s)	Estado
0.100	1.19	59.61	6.66	288.62	U
0.202	5.33	81.54	12.07	901.11	U
0.302	10.57	80.33	13.06	879.09	U
0.405	16.03	80.41	14.13	875.67	U
0.503	20.98	81.10	17.07	871.84	U
0.601	25.93	81.72	19.77	874.74	U
0.707	31.33	82.12	22.13	875.82	U
0.804	36.28	82.39	24.03	876.17	U
0.901	41.23	82.64	26.09	875.41	U
1.005	46.42	83.02	28.90	875.86	U
1.104	51.38	83.33	31.35	876.47	U
1.207	56.54	83.60	33.91	876.53	U
1.305	61.42	83.87	36.51	876.60	U
1.400	66.14	84.23	40.14	876.57	U
1.501	71.14	84.64	44.50	876.64	U
1.607	76.42	84.97	48.16	877.01	U
1.708	81.43	85.31	52.22	877.06	U
1.806	86.31	85.59	55.62	877.13	U
1.906	91.26	85.90	59.36	877.30	U
2.003	96.04	87.17	76.76	877.44	U
2.071	99.03	92.36	155.14	876.35	U/P
2.082	99.50	73.89	132.46	477.60	P
2.093	99.85	73.89	119.42	486.59	P
2.095	100.00	73.89	119.44	484.82	Llenado

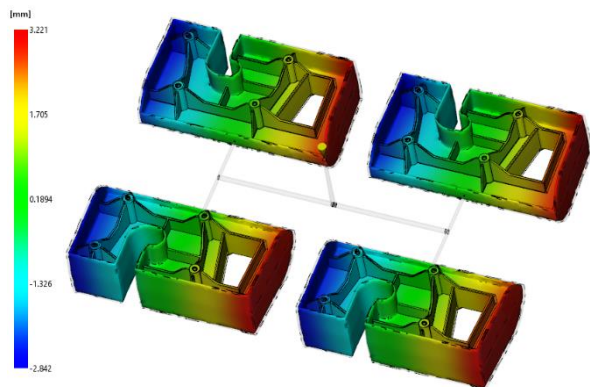
V.20. Captura del registro del caso definitivo. Llenado

Fase de compactación:

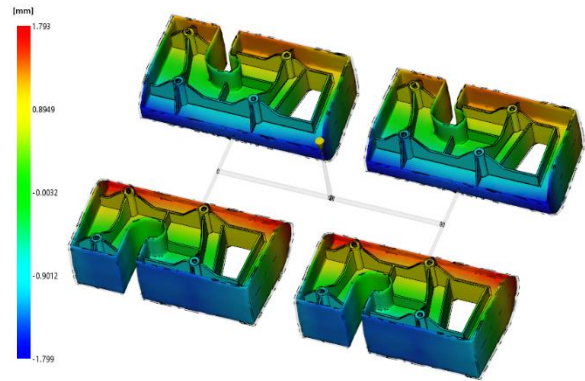
Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
2.755	1.24	73.89	657.28	P
5.505	6.24	73.89	805.07	P
8.255	11.24	73.89	733.22	P
11.005	16.24	73.89	616.78	P
13.505	20.79	73.89	415.93	P
16.255	25.79	73.89	331.00	P
19.005	30.79	73.89	250.27	P
21.755	35.79	73.89	163.92	P
24.505	40.79	73.89	99.29	P
27.005	45.33	73.89	57.66	P
27.071				Presión liberada
27.084	45.48	0.00	56.36	P
27.731	46.65	0.00	49.47	P
33.231	56.65	0.00	18.84	P
38.731	66.65	0.00	5.86	P
44.231	76.65	0.00	1.37	P
49.481	86.20	0.00	0.11	P
54.981	96.20	0.00	0.05	P
57.072	100.00	0.00	0.04	P

V.21. Captura del registro del caso definitivo. Compactación

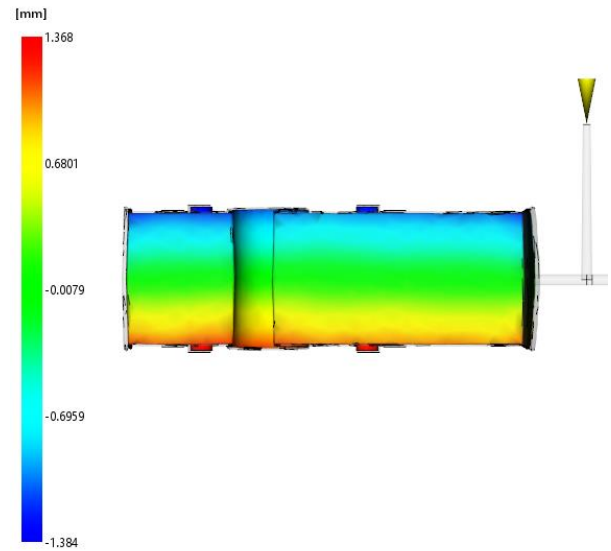
Capturas de los desplazamientos en las 3 direcciones del caso definitivo:



V.22. Desplazamientos en el eje X



V.23. Desplazamientos en el eje Y



V.24. Desplazamientos en el eje Z

Análisis de la cuna de sujeción del pedal

Capturas del registro del caso definitivo:

Fase de llenado: Estado: U = Control de velocidad
 P = Control de presión
 U/P= Conmutación de velocidad/presión

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel Flujo (cm ³ /s)	Estado
0.076	2.78	31.37	0.47	109.17	U
0.151	7.14	39.44	1.42	137.76	U
0.225	12.07	39.14	1.52	139.35	U
0.300	16.98	38.91	1.62	139.00	U
0.377	22.00	38.81	1.73	138.90	U
0.453	26.86	38.82	1.85	138.76	U
0.526	31.59	38.90	1.98	138.72	U
0.602	36.48	39.05	2.23	138.66	U
0.675	41.17	39.19	2.48	138.70	U
0.751	46.01	39.32	2.72	138.72	U
0.826	50.81	39.46	3.01	138.71	U
0.902	55.62	39.62	3.39	138.71	U
0.977	60.45	39.79	3.78	138.74	U
1.051	65.14	39.93	4.15	138.76	U
1.127	69.96	40.07	4.56	138.77	U
1.201	74.64	40.24	5.05	138.75	U
1.276	79.42	40.45	5.72	138.77	U
1.350	84.09	40.67	6.49	138.79	U
1.427	88.94	40.92	7.40	138.81	U
1.500	93.54	41.17	8.34	138.83	U
1.575	98.26	41.45	9.47	138.83	U
1.607	99.99	40.16	23.82	109.40	P
1.607	100.00	40.02	24.19	107.94	Llenado

Tiempo de ejecución en la fase de llenado = 6598.73 s

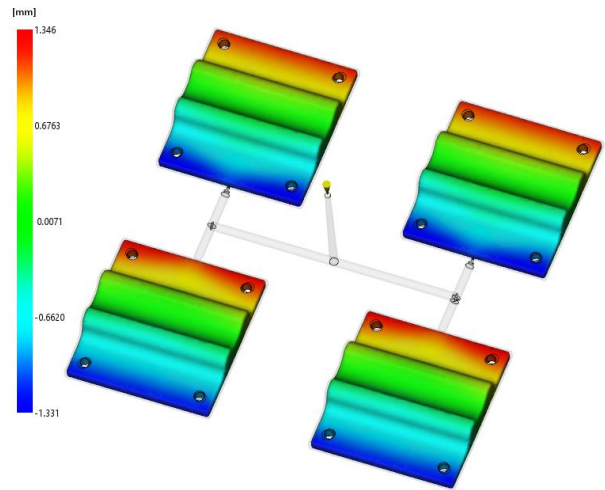
V.25. Captura del registro del caso definitivo. Llenado

Fase de compactación:

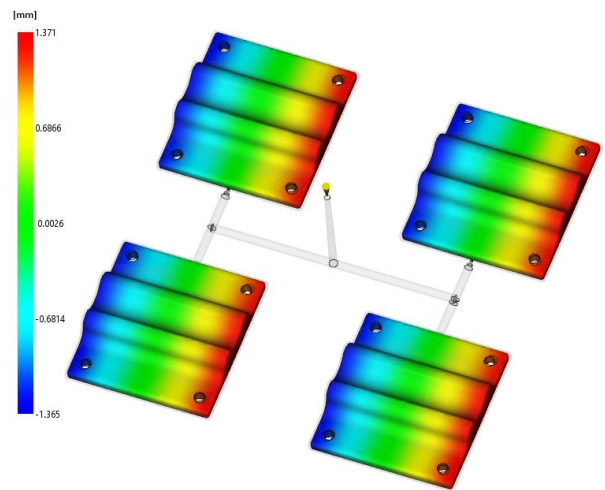
Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
1.619	0.02	33.99	47.30	P
3.266	2.08	33.99	133.19	P
6.516	6.14	33.99	133.52	P
9.516	9.89	33.99	117.11	P
12.766	13.95	33.99	70.16	P
15.766	17.70	33.99	50.60	P
19.016	21.77	33.99	0.00	P
22.266	25.83	33.99	0.00	P
25.266	29.58	33.99	0.00	P
28.516	33.64	33.99	0.00	P
31.516	37.39	33.99	0.00	P
31.604				[Presión liberada]
31.616	37.52	0.00	0.00	P
32.013	38.01	0.00	0.00	P
40.013	48.01	0.00	0.00	P
48.013	58.01	0.00	0.00	P
56.013	68.01	0.00	0.00	P
64.013	78.01	0.00	0.00	P
72.013	88.01	0.00	0.00	P
80.013	98.01	0.00	0.00	P
81.604	100.00	0.00	0.00	P

V.26. Captura del registro del caso definitivo. Compactación

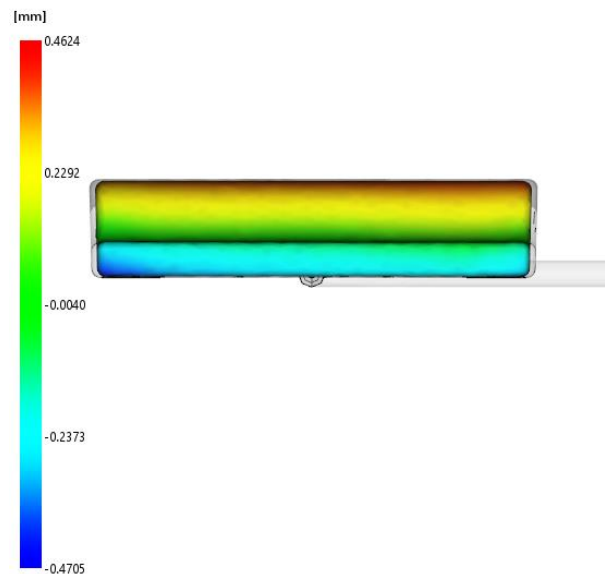
Capturas de los desplazamientos en las 3 direcciones del caso definitivo:



V.27. Desplazamientos en el eje X



V.28. Desplazamientos en el eje Y



V.29. Desplazamientos en el eje Z

Análisis del pisador

Capturas de los desplazamientos en las 3 direcciones del caso definitivo:

Capturas del registro del caso definitivo:

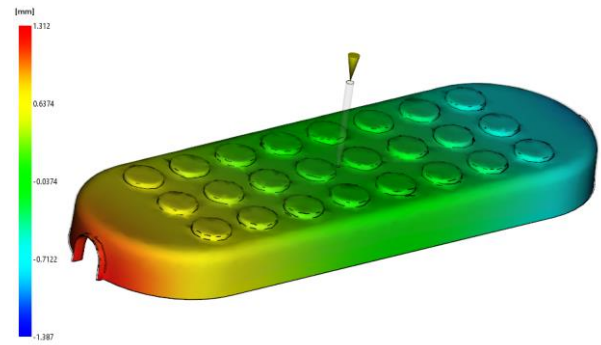
Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel Flujo (cm ³ /s)	Estado
0.100	2.68	17.79	0.11	151.68	U
0.200	7.47	18.88	0.43	158.62	U
0.303	12.47	19.43	0.86	159.19	U
0.403	17.28	19.84	1.33	159.43	U
0.501	22.00	20.17	1.80	159.68	U
0.603	26.90	20.50	2.38	159.81	U
0.703	31.64	20.78	2.91	159.98	U
0.802	36.39	21.06	3.53	160.00	U
0.905	41.23	21.50	4.64	159.75	U
1.002	45.80	21.93	5.76	159.88	U
1.103	50.56	22.35	7.03	159.84	U
1.205	55.37	22.84	8.63	159.79	U
1.300	59.84	23.37	10.48	159.84	U
1.403	64.64	23.95	12.60	160.04	U
1.501	69.22	24.50	14.82	160.09	U
1.600	73.84	25.07	17.24	160.17	U
1.705	78.66	25.67	19.93	160.34	U
1.804	83.27	26.22	22.63	160.33	U
1.902	87.75	26.96	26.48	160.44	U
2.000	92.25	27.77	30.93	160.59	U
2.101	96.86	28.82	37.14	160.59	U
2.151	99.06	29.54	42.12	159.97	U/P
2.161	99.49	23.63	37.47	95.66	P
2.185	100.00	23.63	44.66	92.49	P
2.185	100.00	23.63	45.35	91.74	Llenado

V.30. Captura del registro del caso definitivo. Llenado

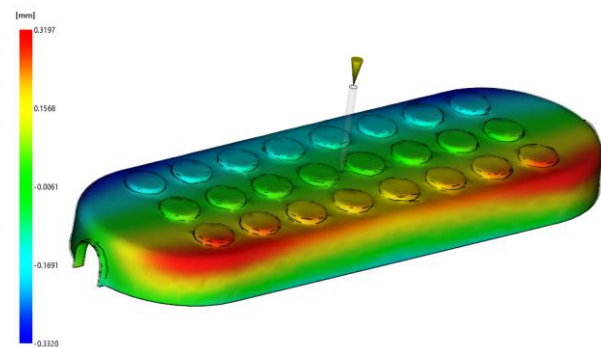
Fase de compactación:

Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
2.595	0.89	23.63	124.63	P
5.095	5.89	23.63	133.62	P
7.595	10.89	23.63	130.46	P
10.095	15.89	23.63	123.65	P
12.345	20.39	23.63	94.10	P
14.845	25.39	23.63	44.98	P
17.345	30.39	23.63	27.57	P
19.845	35.39	23.63	15.13	P
22.345	40.39	23.63	7.67	P
24.845	45.39	23.63	4.47	P
27.095	49.89	23.63	2.62	P
29.595	54.89	23.63	1.43	P
32.095	59.89	23.63	0.71	P
32.151				Presión liberada
32.163	60.03	0.00	0.29	P
35.810	67.32	0.00	0.00	P
43.060	81.82	0.00	0.00	P
50.060	95.82	0.00	0.00	P
52.151	100.00	0.00	0.00	P

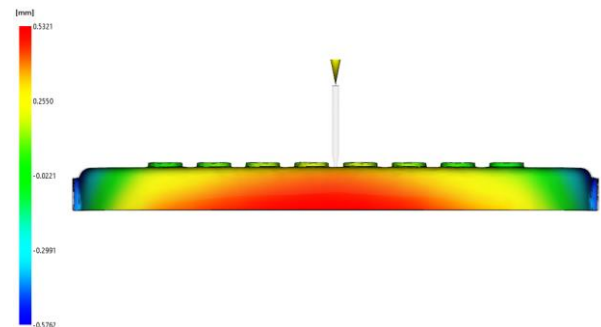
V.31. Captura del registro del caso definitivo. Compactación



V.27. Desplazamientos en el eje X



V.28. Desplazamientos en el eje Y



V.22. Desplazamientos en el eje Z