



Trabajo Fin de Grado

Rediseño optimización y desarrollo de un pivote DIN inyectado en PEHD para la cogida de contenedores de carga trasera de 700 litros.

Autor/es

Javier Hernández Garín

Director/es

Aranzazu Martínez Pérez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura – Universidad de Zaragoza
2015-2016

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).

D./Dª. JAVIER HERNÁNDEZ GARÍN,

con nº de DNI 73020573 N 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) GRADO, (Título del Trabajo)

REDISEÑO, OPTIMIZACIÓN Y DESARROLLO DE UN PIVOTE DIN INYECTADO EN PEHD PARA LA COGIDA DE CONTENEDORES DE CARGA TRASERA DE 700 LITROS.

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

Zaragoza, 12/09/16



Fdo: JAVIER HERNÁNDEZ GARÍN

Resumen del proyecto

En el siguiente proyecto, con título "Rediseño, optimización y desarrollo de un pivote DIN inyectado en PEHD para la cogida de contenedores de carga trasera de 700 litros", se ha realizado un rediseño, tras obtener unas serie de conclusiones después de realizar un estudio de mercado, y analizado posteriormente, tanto su resistencia, calculando los esfuerzos que debe de realizar a lo largo de su vida útil, como el ciclo de inyección, intentando optimizar y reducir sus costes.

Se ha realizado con la colaboración del TIIP ("Taller de Inyección de la Industria de Plásticos") y el principal objetivo es el reducir el peso y por tanto la cantidad de material utilizada para este pivote manteniendo su resistencia.

Finalmente se ha obtenido una pieza de un espesor menor y una reducción de peso de casi el 50% y se ha mantenido su resistencia y se ha conseguido un ciclo de inyección optimizado en cada una de sus fases.

Índice

Fase 0: Introducción

0.1 Definiciones: contenedor	8
0.2 Tipo de contenedor	8
0.3 Contenedor de carga trasera	
0.3.1 Capacidades carga trasera	8
0.3.2 Elementos carga trasera	9
0.3.3 Sistema de recogida carga trasera	10
0.4 Definiciones: pivote DIN	10
0.5 Normativa vigente	11
0.6 Proceso de inyección	12
0.6.1 Moldeo por inyección	
0.6.2 Fases del proceso de inyección	12

Fase 1: Estudio de mercado

1.1 Estudio de mercado	14
1.2 Tabla ponderada	15
1.3 Conclusiones estudio de mercado	16

Índice

Fase 2: Análisis del pivote muestra

2.1 Análisis de la muestra	17
2.1.1 Diseño actual	18
2.1.2 Análisis formal	18
2.1.3 Análisis funcional	18
2.1.4 Análisis interacción usuario-producto	
2.2 Aspectos de diseño de la muestra a mejorar	19
2.3 Ciclo de vida del producto	19
2.4 Especificaciones de diseño	
2.4.1 Planteamiento EDPs	20
2.4.2 EDPs críticas	20
2.4.3 EDPs deseables	20

Fase 3: Conceptos

3.1 Creación de conceptos	21
3.2 Concepto 1	21
3.3 Concepto 2	21
3.4 Concepto 3	22
3.5 Concepto 4	22
3.6 Concepto 5	23

Índice

3.7 Elección de conceptos	23
3.7.1 Propuesta elección	24
3.7.2 Encuesta	24
3.7.3 Elección según EDPs	25
3.7.4 Elección final	
Fase 4: Desarrollo concepto elegido	
4.1 Desarrollo del diseño	26
4.2 Cumplimiento de la normativa	29
Fase 5: Análisis mecánico del pivote	
5.1 Planteamiento análisis	30
5.1 Desarrollo del análisis: caso 1	33
5.3 Desarrollo del análisis: caso 6	34
5.4 Desarrollo del análisis: caso 10	36
5.5 Conclusiones del análisis	37

Índice

Fase 6: Análisis de inyección	
6.1 Planteamiento análisis	38
6.2 Desarrollo: simulación previa de llenado	38
6.3 Desarrollo: simulación fase de llenado	39
6.4 Desarrollo: selección de molde y máquina	39
6.5 Desarrollo: elección del tipo de entrada a pieza	41
6.6 Desarrollo: optimización del llenado	42
6.7 Desarrollo: fase de compactación	45
6.8 Desarrollo: fase de enfriamiento	47
6.9 Conclusiones análisis	49

Índice

<u>Fase 7:</u> Costes	50
<u>Fase 8:</u> Plano de la pieza	52
<u>Fase 9:</u> Renders	
9.1 Plano del pivote DIN	53
9.2 Plano del pivote montado sobre el contenedor	54
<u>Fase 10:</u> Conclusiones	55
<u>Bibliografía</u>	58

Fase 0: Introducción

0.1 ¿Qué es un contenedor?

Según la R.A.E. la palabra "contenedor" se define como [1]:

- 1.- "Que contiene".
- 2.- "Embalaje metálico grande y recuperable, de tipos y dimensiones normalizados internacionalmente y con dispositivos para facilitar su manejo".
- 3.- "Recipiente amplio para depositar residuos diversos".

Este apartado se encuentra ampliado en el apartado "0.1 ¿Qué es un contenedor?" del ANEXO

0.2 Tipos de contenedores

Se va a realizar una primera diferenciación dependiendo de la manera en la que el camión descarga los contenedores [2].

Carga trasera

Este tipo de contenedores se recoge desde la parte trasera del camión.

Es el tipo más polivalente, existen con muy variadas capacidades, diferentes colores y, en especial, destacan por su gran facilidad de uso.

Carga vertical

Estos contenedores se elevan mediante una grúa de manera vertical, a continuación se abren unas compuertas, en el fondo del mismo contenedor, que dejan caer la basura sobre la caja del camión. Tienen un coste más elevado que los anteriores aunque también ofrecen capacidades mayores que los de carga trasera.

Carga lateral

Este tipo de contenedores son recogidos por el

camión por su parte lateral. En este tipo de contenedores se tiene más en cuenta que en los de carga trasera el diseño exterior del producto, en ellos se busca una integración completa con el entorno en el que se ubican

Para más información y detalles, consultar el apartado "0.2 Tipos de contenedores" del ANEXO

0.3 Carga trasera

0.3.1 Capacidades de carga trasera

En este apartado se van a describir en detalle los contenedores de carga trasera, ya que son los contenedores en los que se suele montar el pivote, pieza objeto de análisis y rediseño en este trabajo. Se realiza una primera división según las capacidades de estos contenedores:



Capacidad: 80-360 litros
Peso: 7,2-15,7 kg
2 ruedas en su parte posterior

Fig. 1 Contenedor de carga trasera [2]



Capacidad: 660-770 litros
Peso: 38-39,5 Kkg
4 ruedas en las esquinas inferiores

Fig. 2 Contenedor de carga trasera [2]



Capacidad: 1000-1100 litros
Peso: 48-63 kg
4 ruedas en las esquinas inferiores.

Fig. 3 Contenedor de carga trasera [2]

Más información en el apartado "0.3.1. Capacidades de carga trasera" del ANEXO.

Fase 0: Introducción



Fig. 4 Contenedor de basura [3]

0.3.2 Elementos de carga trasera

Los elementos que componen un contenedor de carga trasera de mediana capacidad son los siguientes:

Cuerpo

Esta es la parte principal de todo contenedor, ya sea de carga trasera o no. Por lo general tiene forma cúbica y en su interior se almacenan los residuos que los usuarios del contenedor depositan en él.

Tapa

Evita que la lluvia entre en el interior del cubo y que los residuos se encuentren al aire libre de continuo y puedan salir los olores de su interior.

Pivote DIN

La función principal de esta parte es que a la hora

de que el camión recoja los residuos del interior se apoye en estos pivotes para girar el contenedor y que este expulse su contenido al interior del camión.

Agarres laterales

Este accesorio ayuda a los empleados de la recogida de residuos a sujetar y guiar el contenedor más fácilmente

Ruedas

Para poder trasladar los contenedores de un lado a otro, en especial a la hora de la descarga.

Frenos

Para poder situar en su posición el contenedor y que no se mueva de ella.

Más información en el anexo 0.3.2.

Fase 0: Introducción

0.3.3 Sistema de recogida de carga trasera [4]

0.4 ¿Qué es un pivote DIN?

1. En el camión de la basura habrá dos o tres personas, un conductor y uno o dos operarios. El conductor se acercará lo máximo posible al lateral del contenedor, mientras el/los operarios se bajarán del camión y acercarán manualmente el contenedor hasta la parte trasera del camión. Previamente los operarios tienen que desactivar el freno de las ruedas del contenedor.

2. Una vez se encuentran en su posición el contenedor el peine del camión eleva el cubo sujetándolo por el borde. Al mismo tiempo los brazos del camión sujetan los pivotes laterales del contenedor, y esto hace que el camión lo voltee y lo vacíe en su interior.

3. Una vez se ha vaciado se vuelve a rotar el contenedor a través de sus pivotes laterales hasta alcanzar la posición inicial. Todo este proceso se realiza mientras el contenedor es sujetado por el borde a través del peine.

4. El contenedor se deposita en el suelo y el/los operarios vuelven a recoger el contenedor en su posición inicial y se vuelve a activar el freno de las ruedas para que el contenedor no se mueva hasta la siguiente recogida.



Fig. 5 y 6 Sistema de recogida carga trasera [4]

La pieza que se va a desarrollar en este proyecto consiste en el sistema de agarre adicional en los contenedores de carga trasera de mayor capacidad, para que el camión sea capaz de elevarlos y voltearlos sin que el contenedor falle.

Este elemento no es una pieza en la que destaque su estética, sino que destaca por su funcionalidad y la importancia que tiene a la hora de cumplir las normativas vigentes.

Las cotas y tolerancias varían ligeramente dependiendo de las capacidades de los contenedores para que todos ellos se sitúen a la misma altura para que puedan ser cogidos por el camión de la misma manera.

En este proyecto se estudiarán las cotas de localización propias del contenedor con capacidad de 770 litros.

Información más detallada acerca de lo que es esta pieza objeto de desarrollo en el apartado "0.4 ¿Qué es un pivote?" del ANEXO

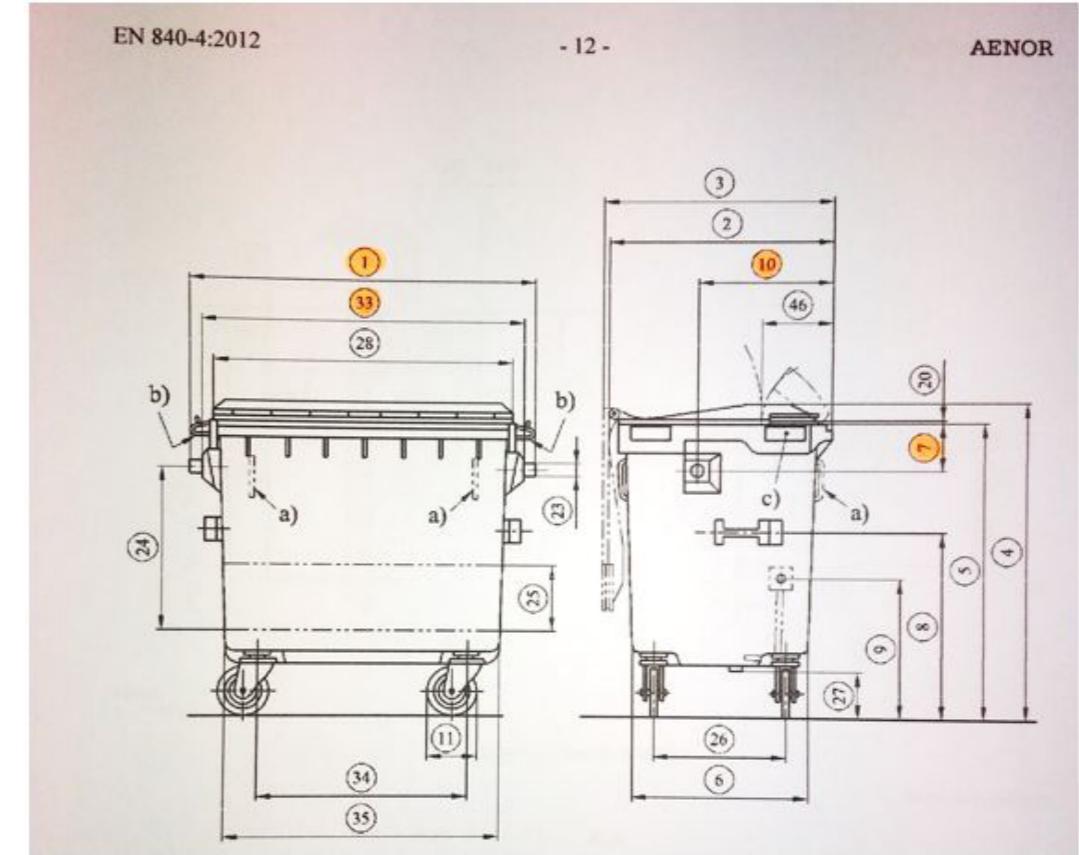


Fig. 7 Pivote DIN de un carga trasera [5]

Fase 0: Introducción

0.5 Normativa vigente

A continuación se muestra la normativa vigente que rige el posicionamiento del pivote respecto del cubo para que el camión pueda apoyarse en él correctamente [6].



EN 840-4:2012 - 10 - AENOR								
Tabla I – Dimensiones								
Dimensión N°	Clase I - Pequeño tamaño ≤ 1 050 l		Clase II - Gran tamaño > 1 050 l					Observaciones
	750 l	1 000 l	1 300 l	1 400 l	1 500 l	1 600 l	1 700 l	
1 ^a	1 770 ± 10	1 770 ± 10	1 770 ± 10	1 770 ± 10	1 770 ± 10	1 770 ± 10	1 770 ± 10	Para muñones
7 ^a	135 min.; 280 máx.	Para muñones y mínimo 850 del suelo						
10 ^a	460 ⁺⁶⁵ ₋₄₅	500 ⁺¹⁵ ₋₄₀	Para muñones					
33 ^a	1 660 ⁺²⁰ ₋₁₀	Alrededor del muñón debe existir un espacio libre de 150 mm. No debe haber ninguna parte saliente que sobrepase el muñón						

Fase 0: Introducción

0.5 Proceso de inyección

0.5.1 Moldeo por inyección

El proceso de fabricación que se utiliza para la fabricación tanto del contenedor como del pivote es el moldeo por inyección [7], [8], [9], [10].

Este proceso es uno de los más adecuados para la fabricación de piezas de gran consumo. Se pueden obtener piezas de variado peso y con geometrías muy variadas. Para que la utilización de este proceso pueda resultar rentable es muy importante el número de piezas por unidad de tiempo.

El moldeo por inyección se basa en injectar un polímero fundido en un molde cerrado y frío, donde se solidifica para dar lugar a la pieza final. La pieza moldeada se recupera al abrir el molde.

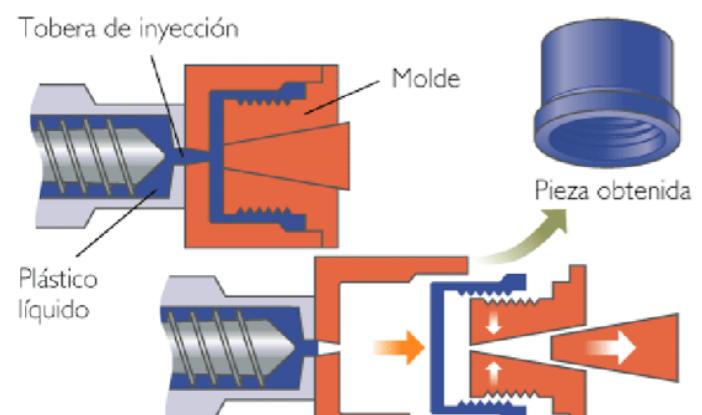


Fig. 8 Pivote DIN de un carga trasera [7]

0.5.1 Fases del proceso de inyección

Fase 0: Preparación del material.

Esta fase se da fuera de la máquina y generalmente consta de un secado del material previo a su introducción a la máquina.

Fase 1: Dosisificación.

Esta fase consiste en preparar el material y llevarlo hasta la puntera. El material se dosifica en pequeñas dosis.

Fase 2: Inyección/llenado.

Dura de 2 a 4 segundos. Se pasará a esta fase cuando la máquina alcance una cota prestablecida. En esta fase se inyecta el material en estado fluido en el molde. En el husillo después de la fase inyección siempre se ha de dejar un poco de material, esto se denomina "cojín".

Fase 3: Compactación.

Durante esta fase se rellenan los posibles huecos que hayan quedado en la fase de inyección. Cuanto más grosor tenga la pieza a moldear más tiempo durará esta fase. Por lo general esta fase no dura más de 12 segundos.

Fase 4: Enfriamiento.

Aproximadamente para piezas de entre 2 y 3mm esta fase durará alrededor de 20 segundos. Para el enfriamiento de la pieza se utiliza una red de canales que van por el interior del molde llenos de agua.

Este apartado se encuentra ampliado en el ANEXO: "0.5 Proceso de inyección"

Fase 1: Estudio de mercado

1.1 Estudio de mercado

En el mercado existe una grandísima variedad de diferentes empresas que se dedican a la fabricación de contenedores. Todas ellas fabrican contenedores con capacidades idénticas puesto que están reguladas por la normativa. El pivote que se analizará en este proyecto será el perteneciente al cubo de 770 litros de capacidad.

Se analizarán las siguientes empresas:

JCoPlastic [11], PlasticOmnium [12], Otto Plastics [13], Contenur [2], Ros Roca [14], Weber [15], Sanimobel [16], Schafer [17], Creamer [18],

	Material	Tamaño aproxi-mado	Simetría	Color	Estética general	Imágenes
Contenur	HDPE	Medio	No	Negro	Formas rectas. Superficies planas.	
JCoPlastic	HDPE	Pequeño	Sí	Negro	Formas redondeadas. Superficies redondeadas.	
Plastic Omnium	HDPE	Grande	No	Negro	Formas redondeadas. Superficies redondeadas.	

Fig. 9, 10, 11 Fotos de pivotes DIN de distintas empresas

En el apartado 1.3 de los anexos se puede encontrar la tabla completa en la que se muestran todos los resultados resumidos del estudio de mercado.

Fase 1: Estudio de mercado

1.2 Tabla ponderada

A continuación se va a realizar una tabla ponderada con los diferentes pivotes DIN analizados anteriormente para poderlos evaluar numéricamente. Se tendrá en cuenta las siguientes propiedades:

Fijación: se analizarán los diferentes métodos que tienen las empresas para la fijación de estas piezas. Importante a la hora del montaje y de la sustitución de la pieza.

Funcionalidad: se ha de tener en cuenta la coherencia de todas las funciones con respecto a la forma general. Que cumpla su misión principal.

Montaje: se tendrá en cuenta que el pivote contenga marcas o guías para los montadores, para que puedan montarlo en su posición correcta

Dimensionamiento: coherencia entre su tamaño con el del contenedor.

Estética: se tendrá en cuenta la combinación de superficies planas con curvas y que el acabado sea correcto.

	Fijación (x5)	Funcionalidad (x5)	Montaje (x4)	Dimensiones (x3)	Estética (x1)	Total
Contenur	8	6	7	5	5	118
JCoPlastic	5	7	7	8	6	118
Plastic Omnium	7	4	3	6	6	91
Otto	5	6	5	7	6	102
Ros Roca	5	6	7	8	6	113
Weber	5	7	5	7	5	106
Sanimobel	5	7	7	8	6	118
Schafer	5	5	5	4	3	85
Creamer	6	6	8	6	4	106
Dolav	7	7	5	7	6	117
Delitek	5	5	5	4	4	86

Tras puntuar los diferentes pivotes se observa que las máximas puntuaciones las han obtenido tanto el pivote de la empresa Contenur como el de Sanimobel y el de JCoPlastic (estos dos últimos son prácticamente el mismo pivote).

En el anexo 1.2 se puede encontrar esta tabla con cada uno de los parámetros más detallados.

Fase 1: Estudio de mercado

1.3 Conclusiones

Tras la realización del estudio de mercado de este sector se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Existe una gran variedad de diseños exteriores de los diferentes pivotes que montan los contenedores.
- Uno de los aspectos más importantes es la fijación al contenedor puesto que el pivote debe de soportar un gran peso, aunque sea ayudado por el peine, mientras el camión voltea al contenedor.
- Otro aspecto que resulta importante es la uniformidad de espesores. Se debe de tener muy en cuenta el intentar unificar todos los espesores del pivote, excluyendo los nervios que deben de ser aproximadamente la mitad de la superficie sobre la que apoyan éstos (para evitar rechupes). Esto permitirá que toda la pieza tenga un enfriamiento uniforme.
- Por último se ha de considerar la realización de pivotes simétricos, es decir, que no tengan mano. Lo que permitirá obtener piezas idénticas durante el proceso de fabricación con el consecuente ahorro económico, puesto que si se desea obtener un recambio habría que realizar dos piezas diferentes para obtenerlo mientras que si son iguales no sería necesario este derroche.

Estas conclusiones ayudarán, junto al análisis de la muestra posterior, a la obtención de las especificaciones de diseño que contribuirán a la creación y posteriormente al desarrollo de los diferentes conceptos que se planteen.



Fig. 12 Fotos de pivotes DIN de distintas empresas

Fase 2: Análisis muestra

2.1 Análisis de la muestra

2.1.1 Diseño actual del pivote

Se va realizar un estudio más exhaustivo del pivote lateral de los contenedores C700F y C800F (de 660 y 770 litros correspondientemente) de la empresa Contenur, puesto que se dispone de una muestra de este pivote, que ayudará en gran medida a su estudio.

Las principales características de este pivote son las siguientes:

- Pivote asimétrico: formas asimétricas tanto en el exterior como en el interior, lo que hace que sean necesarios dos pivotes diferentes para cada lado del contenedor.
- Muñón con forma cilíndrica: parte del pivote que ha de cumplir la normativa tanto de su posicionamiento como de su dimensionamiento puesto que es donde se apoya el camión al girar el cubo.
- Saliente superior: se introduce en el marco y ayuda a posicionar el pivote en su posición.
- Salientes inferiores: ayudan a apilar el cubo con el pivote montado en él.
- Espesores irregulares: puede resultar un problema al aumentar el tiempo de enfriamiento y por tanto del ciclo de inyección.
- Puntos de sujeción: se atornillará el pivote al contenedor a través de las torretas situadas en la parte interior del pivote.
- Nervios: refuerza la resistencia de la pieza y se sitúan en la parte interior del pivote.



Fig. 13 y 14 Fotos del pivote DIN de muestra

- Hendidura de posicionamiento: se coloca en su interior el nervio vertical de la pared del contenedor. Permite colocar al pivote en su posición exacta.

- Refuerzo metálico: en el caso de que el contenedor alcance su mayor peso se coloca este refuerzo en el interior del pivote.

- Material de fabricación: polietileno de alta densidad (PEHD).

- Proceso de fabricación: moldeo por inyección.

Fase 2: Análisis muestra

2.1.2 Análisis formal de la muestra

El pivote, formalmente, destaca principalmente por sus formas totalmente asimétricas. Las formas de esta pieza están claramente condicionadas por la función que debe de cumplir, es decir, se trata de un diseño totalmente funcional. A continuación se analizarán estas formas:

- Muñón: forma cilíndrica que queda restringida por la normativa.
- Caras inclinadas: la forma exterior está formada por caras inclinadas que están unidas entre sí por aristas suavizadas. Aportan la forma tan característica de este pivote.
- Saliente superior: su forma está condicionada por el marco del cubo que es donde ha de encajar esta pieza.
- Salientes inferiores: su forma se debe a que han de permitir salvar el nervio perimetral que tiene el contenedor en la boca.
- Color de la pieza: todos los pivotes, independientemente del color del contenedor son de color negro. Esto permite unificar el color y abaratar costes de producción.
- Acabado superficial: al no tratarse de una pieza que destaca por el diseño, cuenta con imperfecciones superficiales como rebabas, rechupes, aristas vivas...

2.1.3 Análisis funcional de la muestra

En el análisis funcional se va a definir la función principal global a desempeñar por el pivote.

Esta pieza tiene como función principal el generar un punto de apoyo en el contenedor para que el camión pueda voltearlo y recoger los residuos que se almacenan en su interior.

2.1.4 Análisis interacción pivote-usuario.

En este proyecto no se considera necesario la elaboración de un análisis de usuario puesto que el usuario principal es el camión de la basura. El camión es el que interactúa con el pivote y es para quien realiza su función principal.

El análisis de la muestra, se encuentra ampliado en el correspondiente apartado 2.1 del ANEXO en el que se detallan el diseño actual y los análisis formal, funcional y de interacción con el usuario.



Fig. 15 Render del pivote DIN de muestra

Fase 2: Análisis muestra

2.2 Aspectos de diseño a mejorar

Tras analizar el pivote cabe destacar la existencia de una serie de problemas en su diseño que podrían mejorarse posteriormente:

- Pieza asimétrica: puede resultar un problema puesto que aumenta los costes de reposición, esto se debe a que se utiliza un molde de dos cavidades para obtener la pareja de piezas y en caso de rotura de una de las dos sobraría stock de una de las piezas.

- Espesores irregulares: las zonas con mayor espesor tardan más en enfriarse y por lo tanto el tiempo total de enfriamiento de la pieza, con lo cual se aumenta el tiempo de ciclo. Por contra los nervios deberían de tener la mitad del espesor del resto de la pieza para evitar rechupes.

- Dificultad posicionamiento: resulta complicado a la hora de montar el pivote o situarlo correctamente. Podría ser de gran ayuda algún referente visual que ayudara a que a simple vista se viera donde se debe de colocar.

- Refuerzo metálico: se ha de intentar evitar su utilización reforzando el propio pivote.

- Torretas y nervios: en el pivote de muestra hay cinco torretas que en el diseño que se realice posteriormente se van a tener que mantener en la misma posición. Esto se debe a que no se puede cambiar el diseño del contenedor, sería necesario un cambio en la programación del robot que realiza los agujeros del cubo o un cambio en el molde que lo realiza.

En el apartado 2.2 anexos se encuentra más información acerca de los aspectos de diseño a mejorar.

2.3 Ciclo de vida del producto

En este apartado se va a analizar todo el ciclo de vida del producto. Podemos ver todos los aspectos a considerar a la hora de definir el producto. Todas las personas y agentes implicados con el producto van a marcar una serie de requisitos que ha de cumplir. Si no se tienen en cuenta todos estos aspectos el producto difícilmente podrá cumplir su cometido correctamente.

Las fases por las que va a pasar el producto a lo largo de su vida útil van a ser las siguientes:

1. Diseño.
2. Proceso de fabricación.
3. Montaje.
4. Comercialización.
5. Transporte.
6. Puesta en marcha/uso.
7. Reparaciones/mantenimiento.
8. Fin de vida del producto: Reuso y reciclaje.

Cada una de las fases está descrita en el apartado 2.3 "Ciclo de vida útil" de los anexos.

Fase 2: Análisis muestra

2.4 Especificaciones de diseño

2.4.1 Planteamiento EDPs

En este apartado se van a analizar las especificaciones de diseño. Esto ayudará a obtener una descripción del producto a través de las funciones que éste debe de realizar y tener una mayor información acerca del proyecto que se va a realizar, puesto que se obtienen una serie de objetivos a cumplir a lo largo de todo el proyecto. Se van a obtener tanto las EDPs críticas como deseables:

EDPs Crítica (restricciones)

Son las restricciones de diseño que se imponen en la descripción del proyecto. Es totalmente necesario que todas ellas se cumplan para que el producto pueda desarrollarse correctamente en las fases posteriores.

EDPs Deseable (oportunidades)

Son las oportunidades que surgen en el desarrollo del producto para introducir mejoras en él. De este modo se conseguirá vencer a la competencia o crear un nuevo nicho de mercado.

Antes de plantear las especificaciones de diseño se plantearon los factores de diseño que las condicionarán: funcionalidad (funciones principales y secundarias), procesos de fabricación, vida media (resistencia), mantenimiento, condiciones medio ambientales, normativa y legislación, montaje, estética, calidad, coste e higiene.

2.4.2 EDPs críticas

1. Debe cumplir la función principal de volteo del contenedor.
2. Debe cumplir la normativa europea EN 840-2:2012 en cuanto a dimensionamiento.
3. Debe ser resistente soportando la carga del contenedor en la situación más desfavorable (vidrio y contenedor lleno).
4. Debe fabricarse por inyección de PEHD.
5. Reducir peso y coste de la pieza.
6. Debe mantener las posiciones de atornillado.

2.4.3 EDPs deseables

1. Estética mejorada.
2. Pivot sin mano.
3. Simplificar el molde sin correderas y sin contrasalidas.
4. Elección de la máquina en función de los ensayos y de la fuerza de cierre obtenidas en los ensayos..

En el apartado 2.4 "Especificaciones de diseño" de los anexos se encuentran las especificaciones de diseño redactadas en función a los factores de diseño.

Fase 3: Conceptos

3.1 Creación de conceptos

En esta fase del proyecto se va a proceder a realizar la creación de conceptos para su posterior elección, según las especificaciones de diseño y los gustos de la sociedad, y su posterior desarrollo, prestando especial atención a la normativa que deben de cumplir.

3.2 Concepto 1

Este concepto surge de la idea de intentar simplificar la forma actual de la pieza a través de superficies curvas para generar una mayor sensación de dinamismo al pivot.

- Formas redondeadas: sensación de continuidad.

- Apoyo lateral (zona izquierda): apoya sobre un nervio del contenedor su parte lateral izquierda y un saliente superior que encajará en el interior del marco del contenedor.

- No simétrico: esto conlleva que tenga mano y por la tanto que los pivotes sean distintos.



Fig. 16 Render del concepto 1

3.3 Concepto 2

Este concepto surge de la necesidad de intentar crear el pivot actual pero simétrico para evitar que tenga mano.

- Caras planas: la superficie exterior está formada por cuatro caras planas que son simétricas, cuentan con numerosos redondeos de diferentes radios para sus uniones.

- Apoyo total: al igual que en el caso anterior el pivot queda ensamblado junto al nervio del lado izquierdo de la cara lateral del pivot.

- Simétrico: se ha conseguido gracias a la colocación de una nueva cara (respecto al pivot de muestra) pero también extendiendo las tres caras horizontales. El muñón queda situado en el medio de la cara superior.

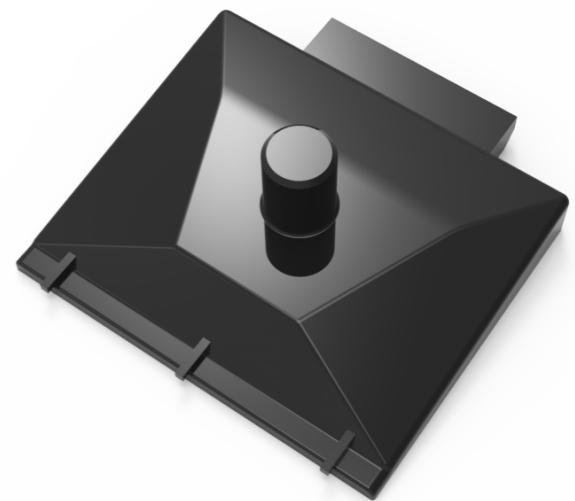


Fig. 17 Render del concepto 2

Fase 3: Conceptos

3.4 Concepto 3

Este concepto surge de la necesidad de simplificar el pivote actual, intentando mantener su estética. Se ha intentado mantener el mismo número de caras que el pivote actual pero haciendo que estas sean simétricas respecto del eje horizontal. Se observa como parece una pieza mucho más ordenada que la actual y con unas medidas mucho más proporcionadas.

- Caras planas: como el modelo actual se ha mantenido la estética dejando todas las caras del pivote planas, se han unido mediante redondeos, todos ellos con el mismo radio.

- Apoyo lateral (zona izquierda): queda apoyado en su cara izquierda en el nervio vertical del contenedor y el saliente superior encajado en el marco del contenedor.

- No es simétrica: esta pieza será distinta dependiendo de a que lado del contenedor se coloque. Aunque exteriormente es simétrica respecto al eje horizontal.

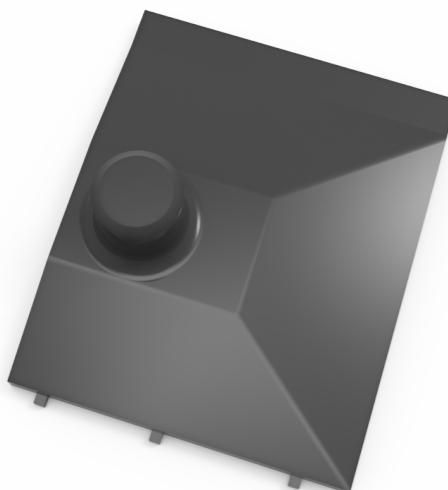


Fig. 18 Render del concepto 3

3.5 Concepto 4

Este concepto surge como evolución del anterior. Se planteó la opción de intentar realizar el mismo concepto pero además de ser simétrico respecto al eje horizontal que también lo fuera respecto del eje vertical.

- Caras planas: al igual que en el pivote actual y en el anterior concepto, todas las caras de este pivote son planas y se unen por redondeos.
- Apoyo lateral (zona derecha): este concepto permite su apoyo con el contenedor por su lateral derecho y en la parte superior.

- Simétrico: la diferencia con el concepto anterior es que se introduce una nueva cara plana a la izquierda que permite que el pivote sea simétrico, esto permitirá que el muñón quede centrado en el pivote.

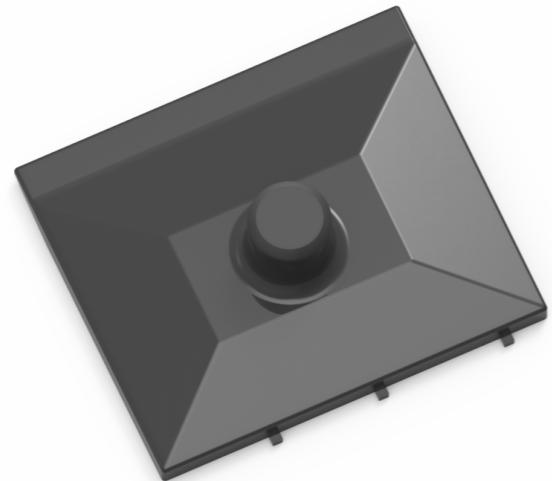


Fig. 19 Render del concepto 4

Fase 3: Conceptos

3.6 Concepto 5

Para crear este concepto se han intentado unir la utilización de las caras curvas con la simetría total, con ello se ha obtenido un pivote cuadrado (exceptuando el saliente superior), en el que destaca la cara curva que dispone en toda su superficie. La forma que tiene este pivote será una gran ventaja porque impedirá la acumulación de suciedad.

- Formas redondeadas: se utilizarán en todo el pivote puesto que solamente dispondrá de una cara y toda ella será redondeada.
- Apoyo lateral: este concepto quedará encajado entre el marco y el nervio derecho de la cara lateral del cubo.
- Simétrico: esto permite que el muñón se coloque justo en el medio del pivote por lo que resulta más sencillo conocer su situación para su posterior colocación siguiendo la normativa. Facilitará también la colocación de los nervios al tener una superficie simétrica donde apoyarse.

Cada uno de los conceptos se encuentran descritos con más detalle desde el anexo 3.2 hasta el 3.6. Se incluyen en estos apartados capturas de cada concepto en el contenedor



Fig. 20 Render del concepto 5

3.7 Elección del concepto

3.7.1 Propuestas de elección

En el siguiente apartado se va a realizar una selección de dos conceptos, a través de dos métodos diferentes:

- Estética aceptada por el conjunto de la sociedad: realización de una tabla analizando las diferentes especificaciones de diseño planteadas anteriormente y viendo si los diferentes conceptos las cumplen y escogiendo el que, finalmente, mejor se adapte a todas ellas.

- Cumplimiento de las EDPs: realización de una tabla analizando las diferentes especificaciones de diseño planteadas anteriormente y viendo si los diferentes conceptos las cumplen y escogiendo el que, finalmente, mejor se adapte a todas ellas.

Fase 3: Conceptos

3.7.2 Encuesta a la población

Se ha realizado una encuesta a la población [21] para conocer sus gustos acerca de los diferentes conceptos planteados. Solamente se harán preguntas basándose en la estética de los conceptos puesto que esta elección simplemente hará referencia al diseño exterior del concepto. Además de preguntar por el concepto favorito se han hecho una serie de preguntas con el fin de obtener información acerca de los pivotes existentes actualmente y de las características que más destacan sus usuarios.

A continuación se van a mostrar cinco imágenes que hacen referencia a 5 conceptos de estos pivotes. Por favor ordene de mayor a menor las 5 opciones en función a su gusto personal (de mayor a menor, en función del que más le guste al que menos).

	1	2	3	4	5
Concepto 1	○	○	○	○	○
Concepto 2	○	○	○	○	○
Concepto 3	○	○	○	○	○
Concepto 4	○	○	○	○	○
Concepto 5	○	○	○	○	○

Se puede observar la encuesta completa en el apartado 3.7.2 "Encuesta a la población" de los anexos.

Finalmente tras la realización de la encuesta se optó por elegir el concepto 5. Esto se debe a que además de vencer en la cuestión del concepto favorito, las razones por las que la gente lo escoge son totalmente coherentes.

Estas razones ayudarán en las fases posteriores de desarrollo del concepto para acentuarlos y que tengan una mayor aceptación entre el público.

3.7.3 Elección según EDPs

Para la segunda elección se realizará una pequeña tabla en la que se compararán los cinco conceptos y se observará si estos cumplen con las especificaciones de diseño planteadas anteriormente.

Una vez realizada esta tabla se observarán los resultados y se escogerá el concepto que mejor se adapte a todas las especificaciones de diseño planteadas.

La tabla es la siguiente:

Conceptos	Reducción peso (x2)	Estética (x1)	Simetría (x3)	Total
Concepto 1	3	4	2	16
Concepto 2	4	3	5	26
Concepto 3	2	2	2	14
Concepto 4	1	1	5	18
Concepto 5	2	5	5	24

Tras la realización de la tabla ponderada se ha elegido el concepto 2 debido a que ha obtenido la máxima puntuación.

Se ha conseguido realizar un pivote totalmente simétrico y sin mano, lo cual mejora claramente lo ya existente, además de contar con el cumplimiento de la normativa y el poder mantener las posiciones de atornillado de la muestra.

Fase 3: Conceptos

3.7.4 Elección final concepto

Finalmente tras la elección de ambos conceptos, tanto del elegido primero tras la encuesta como el elegido tras la realización de la tabla ponderada de las EDPs, se ha decidido escoger uno para desarrollarlo exhaustivamente en los puntos siguientes del proyecto.

Analizando ambos conceptos se observa como el que más ha gustado estéticamente según la encuesta cumple correctamente todas las EDPs (a pesar de haber obtenido una nota menor que el concepto 2).

Por otra parte se observa como el concepto 2, que es el que mejor nota ha obtenido en la tabla ponderada del cumplimiento de las EDPs no cumple correctamente con el apartado de la estética habiendo quedado en tercer lugar en la encuesta.

De este modo el concepto elegido finalmente será el concepto 5 puesto que cumple con las EDPs y además es el que más bonito es estéticamente según la encuesta.

El único problema que plantea este concepto es que, en los apartados de evolución y desarrollo, sus formas se verán alteradas para que cumplan la normativa vigente y para poder compartir las posiciones de las torretas actuales.



Fig. 21 Render del concepto 2



Fig. 22 Render del concepto 5

Fase 4: Desarrollo concepto

4.1 Desarrollo concepto

En el siguiente apartado se va mostrar el desarrollo del diseño 3D del concepto elegido en el anterior punto.

1. Lo primero que se realizó en el modelado fue la forma básica del pivote maciza. Está compuesta por un cuadrado de 200x200x20mm en la base. Un cilindro de 125mm de diámetro y 10mm de altura y encima otro cilindro de 55mm de diámetro y 55mm de altura.

2. A continuación se aplica un redondeo de R75mm a la arista situada entre el cuadrado de la base y el primer cilindro.

3. En el siguiente paso se aplicará un redondeo de R150mm a la arista situada en la cara superior del primer cilindro. Este redondeo al tener un gran radio permitirá suavizar en gran medida la forma general del pivote.

4. En este paso se realizará un redondeo de R15mm a la arista situada entre el cilindro superior y el inferior. Este redondeo evitará la concentración de tensiones la unión del muñón con su base. Además se realizará una inclinación en la cara exterior del cilindro superior (muñón). Esto permitirá que esta cara tenga un ángulo de desmoldeo para su correcta fabricación, en el anexo 4.1 se encontrará más información acerca de los ángulos de desmoldeo de la pieza.

5. A continuación se realiza un chaflán de 3mmx45° en la cara superior del muñón. También se realizará un redondeo de R30mm a lo largo de toda la arista de la cara superior.

6. En el siguiente paso se realiza un redondeo en las 4 esquinas del cuadrado de la base con R20mm. Este redondeo permitirá crear una forma muchísimo más fluida en el pivote, puesto que suprime las últimas aristas vivas que quedaban en el diseño. Al tener toda la superficie con redondeos no es necesario aplicarle ángulos de desmoldeo.

7. A continuación se realizará el vaciado del pivote utilizando como plano de vaciado la cara inferior. Se usará un espesor de 3,5mm que será del que se parta en los análisis.

8. En este apartado se realizará el saliente inferior del muñón. Para ello se ha realizado una extrusión de un cilindro de diámetro interior 38mm y de diámetro exterior 45mm. Además de aplicarle sus correspondientes ángulos de desmoldeo, tanto a la cara interior como a la exterior. Además se ha realizado un pequeño chaflán de 2mmx45° en la cara inferior del pivote (donde se encuentra el plano de desmoldeo).

9. A continuación se realizan las torretas, que son los puntos de atornillado del pivote al contenedor. Las posiciones de estas torretas vienen dadas por el pivote muestra puesto que una de las especificaciones de diseño obligatorias era mantener estas posiciones de atornillado. Además de extruir las torretas se les aplicará el correspondiente ángulo de desmoldeo tanto a las caras exteriores como a las interiores. Se tomará como referencia las medidas de las torretas del pivote de muestra.

Fase 4: Desarrollo concepto

10. En este paso se van a posicionar los nervios. Para este primer posicionamiento se van a tomar de referencia los nervios del pivote muestra. Posteriormente estos nervios cambiarán sus posiciones conforme se vayan realizando los análisis de tensiones. Además de posicionarlos se les han aplicado a ambas caras sus correspondientes ángulos de desmoldeo.

11. A continuación se ha realizado un saliente en la parte superior del pivote (150x25x15mm). Este saliente tiene la función de albergar y posicionar la hendidura en la que se situará el nervio de posicionamiento del contenedor. Además de albergar esta hendidura esta parte irá colocada en el interior del marco del contenedor por lo que no quedará visible. Esto permitirá que la parte que queda visible sea el cuadrado realizado en los pasos anteriores, una figura totalmente simétrica y mucho más estética.

12. En el siguiente paso se va a proceder a vaciar el saliente superior, dándole el mismo espesor que al resto de la pieza. También se les aplicarán los ángulos de desmoldeo correspondientes a todas las caras del saliente superior. Además se realizará un chaflán de 6mmx45° que permitirá introducir al pivote en el marco del contenedor de una manera mucho más sencilla.

13. Por último se realizará un nervio en el saliente superior en el que se albergará la hendidura para el nervio de posicionamiento del pivote. Se le añaden también sus ángulos de desmoldeo para que su fabricación sea posible. Esta hendidura ayudará a posicionar en el eje horizontal al pivote en función al contenedor.

Cada uno de los apartados anteriores en el punto 4.1 de los anexos se encuentra ilustrados con capturas del proceso de desarrollo.



Fig. 23 Render del concepto 5 al final de su desarrollo



Fig. 24 Render del concepto 5 al final de su desarrollo

Fase 4: Desarrollo concepto

4.2 Cumplimiento de la normativa

Para que el diseño del concepto realizado anteriormente sea válido se ha de realizar una serie de modificaciones para que su cumplimiento de la normativa vigente sea completo. Se analizarán tanto el posicionamiento como el dimensionamiento tanto de las torretas como del muñón del pivote.

Dimensionamiento de las torretas

En el desarrollo anterior se han utilizado las mismas torretas que en el modelo de muestra pero se han de colocar unas torretas basadas en un abaco [22] en el cual aparecen las dimensiones calculadas en función de la relación entre geometría-tipo de material-resistencia (esta tabla se encuentra en el anexo 4.2). Se eligen las torretas de diámetro exterior 12,6mm y de diámetro interior 5,25mm (para tornillo autorroscante de diámetro 7mm). Estas dimensiones son las que más se asemejan a las del modelo de muestra por ello se han escogido.

Posicionamiento de las torretas

Las únicas cotas que variarán respecto al pivote de muestra serán las alturas de las torretas puesto que en el modelo de muestra debido a que las formas exteriores de ambos pivotes son muy distintas y las dimensiones de las torretas se parecerán a las del pivote de muestra pero cumpliendo la normativa redactada en el anterior punto.

Hay que realizar tanto la parte exterior como la parte interior completamente simétrica tal y como dicen las especificaciones de diseño. Esta simetría plantea un problema en la colocación de las torretas puesto que se han de mantener

sus posiciones y además implementar la simetría sin que haya colisiones con elementos del propio cubo.

Los pasos que se han seguido han sido los siguientes:

1. Colocación de las torretas simétricas según la colocación del pivote de muestra: surge el problema de que el nervio vertical que recorre la pared del contenedor choca con las torretas por lo que hay que cambiar su posición.
2. Intento de acercar las torretas: se observó que no se podían colocar esquivando el nervio a la vez que mantenían su posición simétrica.
3. Problemas al esquivar el nervio vertical: para conseguir esta posición se han de juntar mucho las torretas y por lo tanto modificar todo el aspecto del pivote reduciendo el tamaño del pivote considerablemente.
4. Colocación de las dos torretas centrales superpuestas: el nervio vertical del cubo queda a un lado de las torretas centrales y se consigue también reducir el número total de torretas.



Fig. 25 Posicionamiento de torretas previo a desarrollo

Fase 4: Desarrollo concepto

Dimensionamiento y posicionamiento del muñón

Por último, pero no menos importante, se ha de dimensionar y situar el muñón del pivote respecto del contenedor para que el camión pueda cogerlo correctamente.

Las dimensiones del pivote están obtenidas de acuerdo a la norma EN 840-2:2012. Las dimensiones aproximadas regidas por esta norma dicen que ha de sobresalir aproximadamente 57mm (esta cota variará en función del espesor del resto del pivote) y tener un diámetro exterior máximo de 50mm.

Una vez se ha dimensionado correctamente el pivote se ha de acotar respecto al contenedor para conseguir colocarlo en su posición correcta. Esta posición será la que controle la posición de todo el pivote puesto que el punto por donde el camión volteará el cubo es este muñón del pivote.

Según la norma EN 840-2:2012 [6] el eje central del cilindro que forma el muñón del pivote ha de situarse a una altura y a una profundidad restringida entre dos valores (se permite una pequeña tolerancia en su colocación, no tiene por qué colocarse exactamente a una medida concreta) lo cual facilita el trabajo de posicionamiento enormemente.

Una vez el eje central del muñón está colocado en su posición se observa como el conjunto del pivote queda en su posición definitiva.

En el apartado 4.2 "Cumplimiento de la normativa" de los anexos se muestran más detallados todas las evoluciones realizadas en el concepto.



Fig. 26 Render de las torretas tras su desarrollo



Fig. 27 Render del concepto elegido tras su desarrollo final

Fase 5: Análisis mecánico

5.1 Planteamiento análisis mecánico

En este apartado se va a realizar un análisis a la pieza desarrollada anteriormente aplicándole una fuerza que representa la que tiene que soportar durante su vida útil y aplicaéndole también la sujeción que tiene en el contenedor [23], [24].

Antes de realizar los análisis se le ha de aplicar los siguientes parámetros a la pieza:

Material

El material utilizado será el PEHD, polietileno de alta densidad (Poisson: 0,38 y Módulo de Young: 1000 MPa). Se elige este material debido a que es el utilizado en el pivote de muestra que se tiene. Para poderlo aplicar se creará un material personalizado con esos parámetros.

El límite de tensión que se toma para los cálculos y dimensionado del pivote se fija en 30 MPa, que es el dato que se viene utilizando en todos los proyectos de diseño de contenedores en el grupo con el que se ha realizado este TFG. Los plásticos no tienen límite elástico como tal, y por ello se utilizado este criterio.

Desplazamientos

Para simular los anclajes del pivote en el contenedor se empotrarán la cara plana de las torretas, esta simulación no permitirá ningún movimiento ni en el eje X ni Y ni Z en esa cara ni tampoco se permitirán los giros.

Se podrían haber fijado también las caras circulares del interior de las torretas para simular los tornillos pero de momento no se hará para recrear una situación más crítica, aunque se aleja más de la situación real.

La cara plana del pivote se podría pensar que también se debería de fijar, pero no se hará debido a que esa cara no apoya completamente con el contenedor debido a los ángulos de desmoldeo y las curvaturas de las caras del contenedor, además las propias paredes del cubo, debido a su flexibilidad, también tendrán movimiento.

Hay que tener en cuenta que solo se atornillan 5 torretas, las dos centrales y tres de un lado puesto que a cada lateral del contenedor se atornillan 5 posiciones. Las dos centrales se atornillarán a ambos lados, y las laterales dependiendo del lado del contenedor se atornillarán unas u otras.

Fuerzas

La fuerza se colocará sobre la cara cilíndrica del muñón y en sentido vertical, tomando como referencia el eje Y. Esta fuerza simulará la carga que lleva un cubo lleno cuando el contenedor es elevado. A continuación se describe el proceso de como se ha obtenido el valor de esta carga:

Se colocará una fuerza de 1660Newton que viene dada por:

- Densidad de los residuos: $0,4\text{dm}^3$
 - Capacidad del contenedor: 770dm^3
 - Peso del contenedor: $24\text{kg} = 240\text{Newton}$
 - Número de pivotes: 2 (1 a cada lado del contenedor)
- $$- 0,4\text{dm}^3 \times 770\text{dm}^3 = 308\text{kg} = 3080\text{Newton}$$
- $$- 3080\text{N(carga)} + 240\text{N(contenedor)} = 3320\text{N}$$
- $$- 3320\text{N} / 2\text{pivotes} = \underline{1660\text{Newton de carga}}$$

En el anexo 5.1 se muestra con más detalle cada uno de los parámetros de este análisis.

Fase 5: Análisis mecánico

A continuación se explicará detalladamente el proceso a través del cual se ha obtenido dicha fuerza:

Esta fuerza viene dada por el ensayo que suelen realizar las empresas en sus instalaciones, en las que montan el cubo con los dos pivotes sobre dos caballetes, y cargan el cubo hasta llegar a su carga máxima. De esta manera, los dos pivotes soportan toda la carga interior del cubo más el peso del mismo.

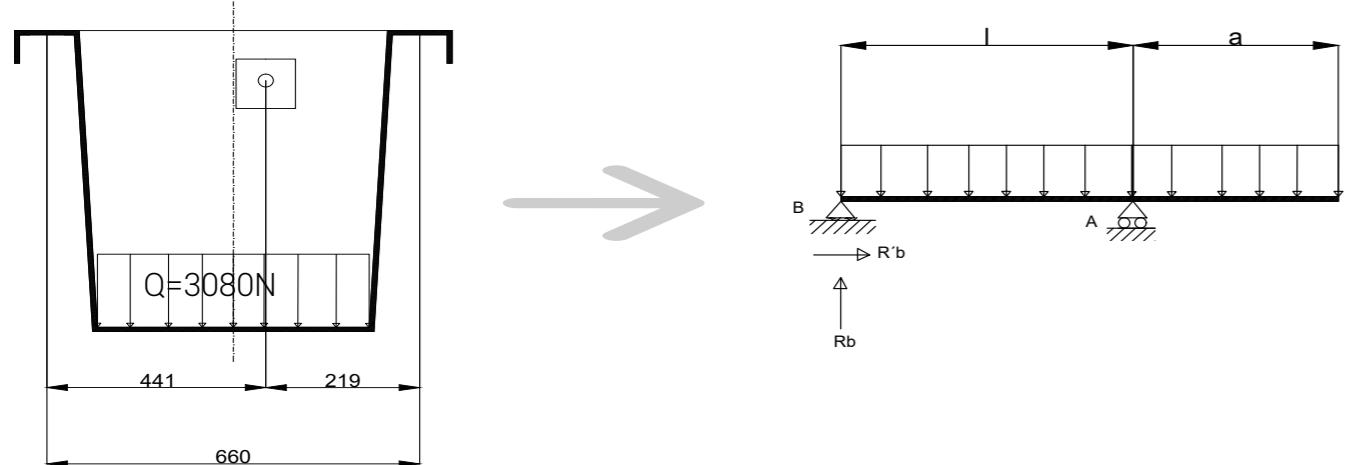
En la realidad, cuando el camión coge el cubo para la descarga, además de usar los pivotes, también utiliza todo el frontal, por lo que se da un reparto de la carga entre dicho frontal y los pivotes.

Se va a realizar un cálculo aproximado de como es este reparto de carga. De esta manera, y comparando la carga real con la carga del ensayo, se tendrá el coeficiente de seguridad con el que se ha realizado el diseño del pivote.

Para ello, se va a asemejar el fondo del cubo con su carga distribuida en toda la superficie a una viga que tendrá la carga distribuida linealmente. Uno de sus extremos estará empotrado para simular la cogida del frontal, y a una distancia 411mm del empotramiento se colocará un apoyo simulando el pivote.

Fase 5: Análisis mecánico

Cuando el camión coge el contenedor tiene un poco de juego puesto que el marco no encaja totalmente en el peine. Por ello se han decidido hacer dos casos en este problema teórico, uno apoyando el marco y otro empotrándolo.



$$\left\{ \begin{array}{l} EFx = R'b = 0 \\ EFy = Ra + Rb = 0 \\ EMz = 0 \Rightarrow Q * \left[\frac{(l+a)}{2} \right] - Ra * l = 0 \Rightarrow Ra = \frac{Q}{L} * \left(\frac{l+a}{2} \right) \end{array} \right\}$$

$$Rb \Rightarrow Q - Ra \Rightarrow Q * \left(\frac{Q}{l} * \frac{l+a}{2} \right) \Rightarrow \frac{2 * Q * l}{2 * l} - \left(\frac{Q * L}{2 * l} + \frac{Q * a}{2 * l} \right) = \frac{2 * Q * l}{2 * l} - \frac{Q * l}{2 * l} - \frac{Q * a}{2 * l} \Rightarrow \frac{Q}{l} * \left(\frac{l-a}{2} \right)$$

Por lo tanto:

$$\text{- Carga en el peine: } Rb = \frac{3080}{441} * \left(\frac{441-219}{2} \right) \Rightarrow Rb = 775,23N$$

$$\text{- Carga en el pivote: } Ra = \frac{3080}{441} * \left(\frac{441+219}{2} \right) \Rightarrow Ra = 2304,76N$$

$$\text{Cálculos hechos con } 3080N \Rightarrow Cs \frac{3080N}{2304N} \Rightarrow \text{Coeficiente de seguridad: } 1,33$$

Se ha planteado un segundo caso en el que el punto de apoyo B se ha convertido en un empotramiento y se ha realizado un cálculo teórico utilizando el método de superposición. En este caso el factor de seguridad es de 1,41. Este caso se puede consultar en el apartado 5.1 "Planteamiento del análisis mecánico" del anexo.

Fase 5: Análisis mecánico

En este apartado de la memoria se muestran los 10 casos estudiados de los cuales, y para comprenderse el método de trabajo se han detallado tres de ellos: el original, un caso intermedio y el resultado final.

5.2 Desarrollo análisis: caso 1

Este primer análisis se realiza con la pieza original que se creó tras el desarrollo de la misma en el apartado anterior. Cuenta con las torretas colocadas en sus posiciones adecuadas, para mantener la posición de atornillado y los nervios se sitúan entre ellas, basándose en el diseño del pivote de muestra. Tras realizar el análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

Desplazamientos

El máximo desplazamiento que sufre la pieza es de 4.75mm y se sitúa en la punta del muñón, algo que es normal, puesto que es la parte sobre la que se aplica la fuerza y además queda más alejada del punto de anclaje que son las torretas. Este muñón no puede cambiar su forma puesto que ha de cumplir la normativa, por lo que se intentará rebajar este desplazamiento máximo intentando retocar otras partes del pivote.

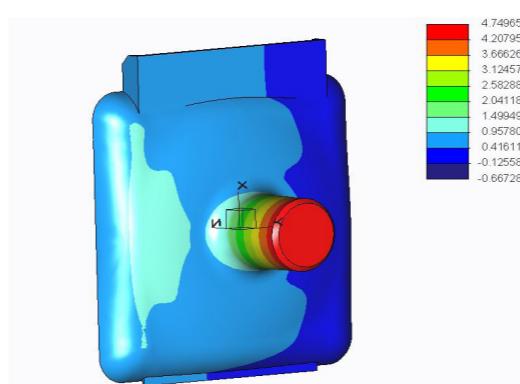


Fig. 28 Desplazamiento en caso 1

Tensiones

Se obtuvo que la pieza debe de soportar una tensión máxima de 77MPa. Se observa en las zonas rojas del pivote, en la base de la torreta superior y en la base del muñón, que estas zonas son las más críticas y por tanto habrá que intentar reforzar. El resto de la pieza no tiene concentraciones de tensiones tan altas pero aun así son demasiado elevadas puesto que rondan los 45MPa.

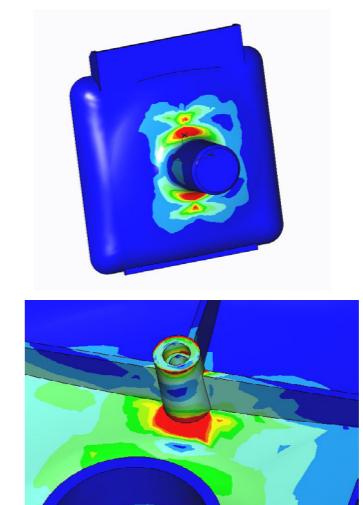


Fig. 29 y 30 Tensiones en caso 1

Resultados

Tras analizar el primer caso se observa claramente el hecho de que hay que intentar mejorar el refuerzo de las torretas, en especial, la torreta central superior puesto que es la que más sufre. Debido a la fuerza aplicada se observa como esta torreta intenta flectar pero al estar empotrada contra la cara del contenedor no puede, de ahí estos resultados tan altos en las tensiones. Por lo tanto hay que intentar reforzar esta torreta en especial intentado evitar que flecte en la medida de lo posible.

Fase 5: Análisis mecánico

A continuación se muestra una tabla en la que aparecen los resultados obtenidos y las modificaciones realizadas a lo largo del análisis mecánico. En el apartado 5.2 de los anexos se muestran todos los casos descritos y con capturas de cada uno de ellos.

Casos	Cambios realizados	Desplazamientos	Tensiones	Posición máximas tensiones
Caso 1	Pieza original	4,75mm	77MPa	Base torretas, nervio y base muñón
Caso 2	2 nervios verticales	2,46mm	61MPa	Nervio y torretas centrales
Caso 3	2 nervios verticales + redondondeos	2,3mm	55MPa	Base nervio y torreta
Caso 4	2 nervios verticales + redondeo+ 4 nervios en diagonal	2mm	45MPa	Base nervio y torreta
Caso 5	4 nervios verticales	1,7mm	47MPa	Parte alta torreta y nervio

A continuación se muestra el sexto caso para observar la evolución respecto al primer caso estudiado anteriormente.

5.3 Desarrollo análisis: caso 6

En este sexto caso se han intentado unificar las dos modificaciones que han mejorado los resultados obtenidos en el tercer análisis, la colocación de los cuatro nervios en diagonal y la colocación de los cuatro nervios verticales en paralelo.

Todos estos nervios introducidos en la pieza contarán con un chaflán al igual que los ya existentes.

Tras realizar el análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

Desplazamientos

Al igual que ocurre con las tensiones en este resultado se observa como se ha reducido el desplazamiento máximo hasta 1,7mm. Este resultado se empieza a considerar bastante adecuado puesto que ya son dimensiones bastante reducidas. Como en todos los casos anteriores esta valor se da en la cara plana del muñón del pivote.

Fase 5: Análisis mecánico

Tensiones

Se observa claramente como con la combinación de ambas mejoras el resultado es ligeramente mejor que el obtenido con las mejoras por separado. Se consigue una tensión máxima de 47MPa y la zona de la unión del nervio con la pieza ya no resulta un inconveniente. No se puede decir lo mismo de la zona de unión del nervio vertical principal con la torreta, puesto que en ese redondeo sigue habiendo una concentración de tensiones superior a los 30MPa.

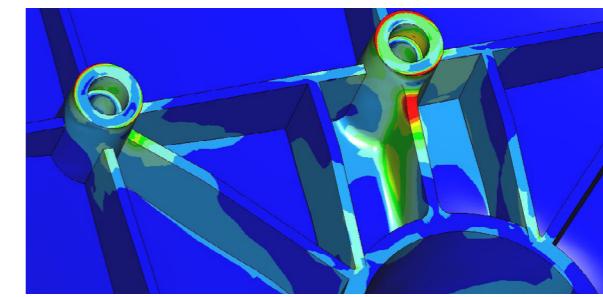
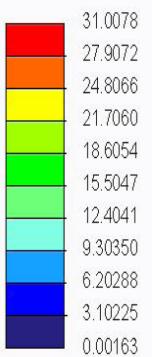


Fig. 31 y 32 Tensiones en caso 6

Resultados

Tras analizar los resultados obtenidos se ve como éstos son mejores que los obtenidos en el caso 4 y en el caso 5. Por lo que aparentemente puede parecer una opción adecuada pero se ve como estas mejoras son bastante pequeñas por lo que se va a intentar introducir algún elemento distinto que pueda resultar más eficaz.



Casos	Cambios realizados	Desplazamientos	Tensiones	Posición máximas tensiones
Caso 6	4 nervios verticales + 4 nervios en diagonal	1,7mm	43MPa	Parte alta torreta y nervio
Caso 7	2 nervios verticales altos	2mm	100MPa	Base y parte alta torreta
Caso 8	2 nervios verticales altos + 4 nervios en diagonal	1,7mm	26MPa (100MPa)	Solo parte alta torreta (punto pequeño)
Caso 9	2 nervios verticales altos + apoyo torretas	1,57mm	26MPa (100MPa)	Parte alta torreta (punto pequeño)
Caso 10	caso 9 + mayor torreta + redondeo	1,53mm	20MPa	OK

Fase 5: Análisis mecánico

A continuación se muestra el décimo caso para observar la evolución respecto al séptimo caso estudiado anteriormente.

5.4 Desarrollo análisis: caso 10

Para este nuevo caso se ha decidido aplicar un mayor redondeo en la zona crítica, la arista formada en la unión del nervio vertical con la torreta. Este redondeo tratará de extender la concentración de tensiones en una superficie más amplia lo que permitirá reducir el valor máximo que se produzca en esa zona.

Además de este redondeo se va a aumentar el grosor de las paredes de las dos torretas centrales. En este último caso de comprobación, y vistos los resultados anteriores, se decide sujetar las caras interiores de las torretas para simular la presencia de los tornillos como elemento rígido que es.

Tras realizar el análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

Desplazamientos

El valor máximo se ha conseguido disminuir ligeramente en comparación con el caso anterior hasta obtener un valor de 1,53mm, valor dentro de lo admisible.

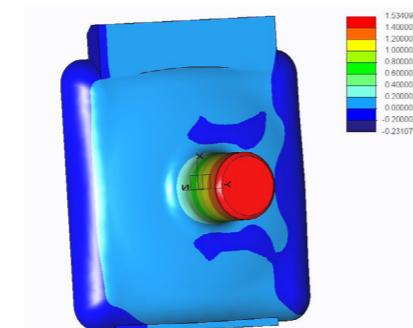


Fig. 33 Desplazamientos en caso 10

Tensiones

En este resultado se observa claramente la mejoría experimentada por la pieza. Se puede observar como el valor máximo obtenido se ve reducido hasta los 20MPa. Pero lo que es más importante, observando la zona más crítica de la pieza (unión del nervio vertical con la torreta) se observa como se ha reducido esta zona y como todos los valores obtenidos en esta unión son menores de 30MPa (la tensión límite impuesta al inicio del análisis).

También se observa como en la zona de unión del nervio con el resto de la pieza las tensiones obtenidas son claramente inferiores al límite.

De este modo se ha obtenido por primera vez unos valores dentro de los límites impuestos.

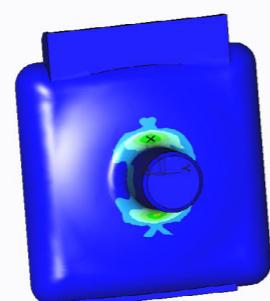
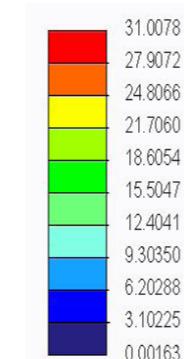


Fig. 34 Tensiones en caso 10



Fase 5: Análisis mecánico

5.5 Conclusiones análisis mecánico

En este análisis se ha podido observar una evolución en las formas de todos los refuerzos interiores que tiene la pieza. Se han introducido diferentes nervios, sujetaciones, redondeos... todo para intentar conseguir unos resultados dentro los límites impuestos al inicio de los análisis.

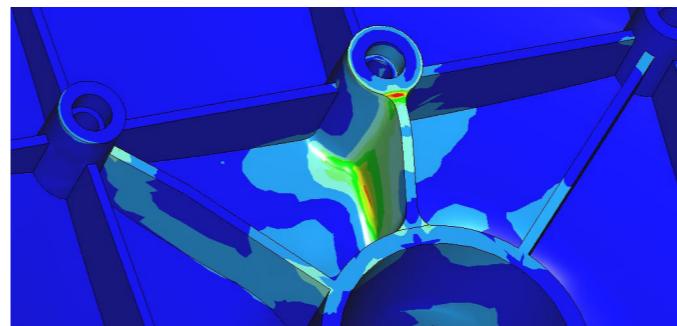


Fig. 35 Tensiones en caso 10

Deformaciones

Debido a que se han obtenido unos valores aceptables en los análisis de tensiones, se ha realizado un análisis de deformaciones antes de aceptar el diseño de esta pieza como válido.

El valor más alto obtenido es del 5,47% que también se considera admisible para este material.

Resultados

A tenor de los resultados obtenidos en los análisis realizados para este diseño del decimo caso, este diseño se da por válido ya que supera todos los análisis y los resultados obtenidos en cada uno de ellos entran dentro de los límites impuestos al comienzo del análisis.

Este diseño servirá de partida en los siguientes puntos del proyecto.

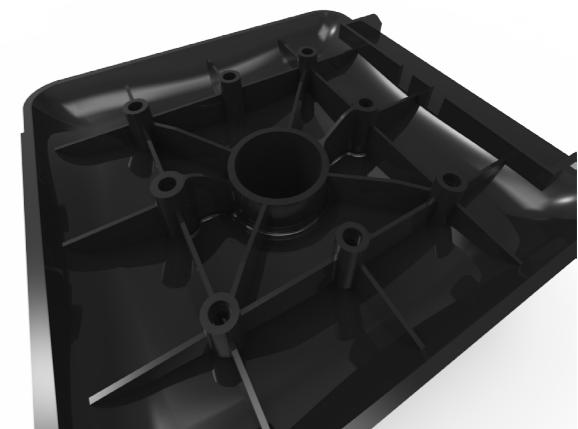


Fig. 36 Render del pivote con los cambios introducidos en el análisis mecánico

Fase 6: Análisis de inyección

6.1 Planteamiento análisis

En este apartado se va a realizar una simulación del proceso de inyección de la pieza desarrollada anteriormente. Para simular este proceso de inyección se van a tener en cuenta todos los pasos que se siguen a lo largo de cada ciclo, intentando optimizar cada uno de ellos [25], [26], [27].

1. Fase de simulación previa con entrada directa a la pieza, desde el muñón o desde el lateral.
2. Fase de simulación de llenado, tanto con cámara caliente como con entrada submarina.
3. Elección del punto de llenado.
4. Fase de simulación previa del proceso de compactación.
5. Optimización de la fase de llenado.
6. Fase de compactación.
7. Tiempo de enfriamiento de la pieza.
8. Resumen del ciclo completo de inyección.

Este apartado se encuentra más detallado en el punto 6.1 de los anexos.

6.2 Simulación previa de llenado

- Comprobar si es más favorable llenar el pivote por el centro del muñón en cuyo caso sería necesaria una cámara caliente, o por un lateral del mismo que implicaría poder inyectar directamente a pieza mediante canales fríos y entrada submarina. [28], [29], [30].

- Encontrar en base al tipo de molde elegido, el punto de inyección adecuado, así como los parámetros que van a optimizar el ciclo. Dentro de este apartado, se elegirá también el molde y máquina adecuados para inyectar un molde de 4 cavidades de este pivote.

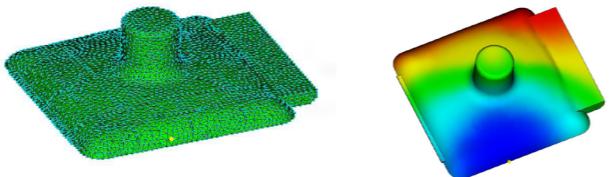
Se van a plantear unos parámetros estándar que se van a utilizar en todos los casos de simulación previa. Estos son los siguientes:

- Material: polietileno de alta densidad (PEHD).
- Tiempo de inyección: 2 segundos.
- Porcentaje de pieza llena para cambiar de llenado por velocidad a llenado por presión: 99%.
- Temperatura de inyección: 230°C.
- Temperatura de molde: 30°C.

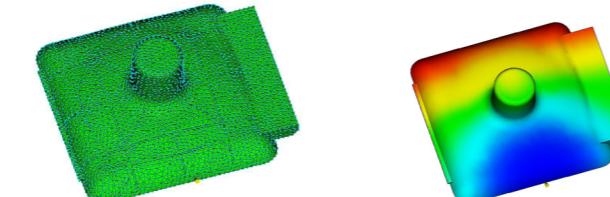
Inyección a través del lateral.

A continuación se muestran los tres puntos de inyección elegidos junto a sus llenados:

Llenado desde parte inferior:



Llenado desde parte intermedia:



Llenado desde parte superior:

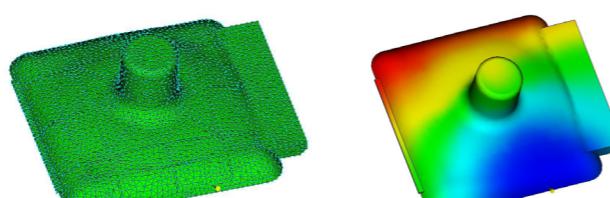


Fig. 37, 38, 39, 40, 41 y 42 Mallado y proceso de llenado con diferentes puntos de inyección

Fase 6: Análisis de inyección

6.3 Simulación fase de llenado

En este apartado se va a desarrollar la simulación de la fase de llenado del ciclo de inyección de la pieza. Para recrear este proceso se van a representar los túneles por los que el plástico fundido circula antes de llegar a la pieza.

Los resultados obtenidos tras realizar la simulación del llenado (con los mismos parámetros de llenado que en el apartado anterior) son los siguientes:

- Presión con submarina modelizada: 102MPa.
- Fuerza de cierre con submarina modelizada: 47T, teniendo en cuenta de que se trata de un molde de 4 cavidades serán necesarias: $47T \times 4 = 188$ toneladas.
- Tamaño aproximado del molde: se realizará una aproximación dibujando las cuatro piezas en y dejando una separación de 120mm entre ellas y entre el borde de la placa. Según esta aproximación el molde ha de ser de 760x820x176mm, con un espacio mínimo de 520mm en su interior para que quepan las cuatro piezas.

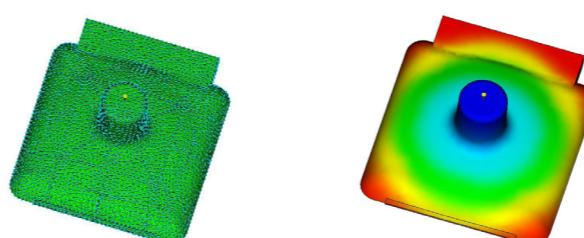


Fig. 43 y 44 Mallado y proceso de llenado con el punto de inyección en el muñón

Se observa como el llenado de la pieza es progresivo y las partes que más tardan en llenarse son las cuatro esquinas. La fuerza de cierre necesaria en este caso es de 38 toneladas.

En el apartado 6.2 de los anexos "Simulación previa de llenado" se encuentra más detallada esta fase de introducción del ciclo de inyección de la pieza.

En el apartado 6.3 de los anexos "Simulación fase de llenado" se muestra más detallada esta parte del ciclo de inyección.

6.4 Elección de molde y máquina Inyección a través de submarina

A continuación se busca en una web especializada [31] la placa del molde normalizada que más se asemeja a esta aproximación. Ésta es 746x796x176mm, con una distancia entre guías de 581mm, lo que supera a la calculada anteriormente.

Fase 6: Análisis de inyección

El siguiente paso es averiguar la máquina que podría contener estas placas. Se buscará la máquina más pequeña que tenga suficiente paso entre columnas para el molde en un catálogo de un fabricante. Se escoge la máquina de 500 toneladas que da un paso entre columnas de 830x830mm [32].

Por último se ha comprobado que la fuerza de cierre de la máquina sea suficiente como para ejercer las 168 toneladas necesarias para este molde, y como se observa en el catálogo es de 500 toneladas con lo cual ésta es la máquina adecuada.

Inyección a través de cámara caliente

En el caso del llenado con cámara caliente los resultados son:

- Presión con cámara caliente modelizada: 78MPa.
- Fuerza de cierre: 34T, teniendo en cuenta de que se trata de un molde de 4 cavidades serán necesarias: $34T \times 4 = 136$ toneladas.
- El tamaño aproximado del molde será idéntico al del caso de inyección por submarina.

Para más detalle acerca del proceso de selección del molde y de la máquina consultar el anexo 6.4 "Elección del molde y de la máquina".

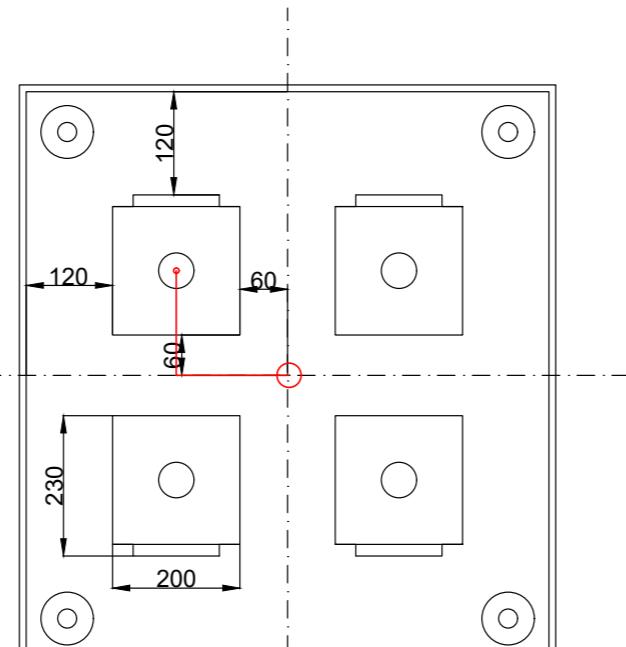


Fig. 45 Boceto molde cámara caliente

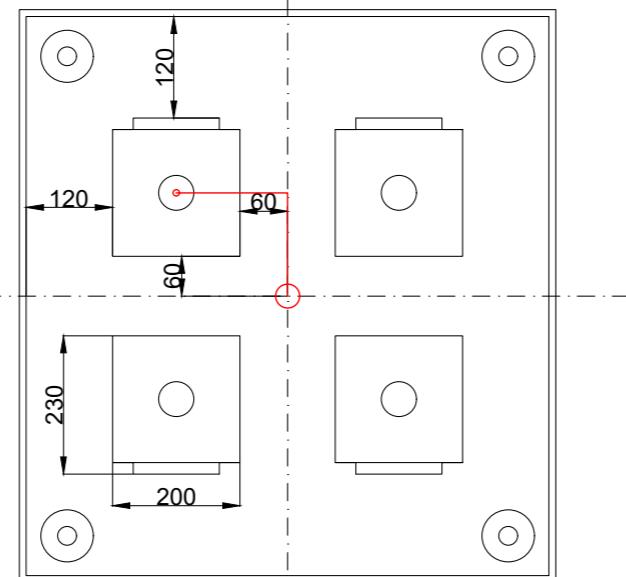


Fig. 46 Boceto molde entrada submarina

Fase 6: Análisis de inyección

6.5 Elección del tipo de entrada a pieza

Los resultados obtenidos tanto en presiones como en la fuerza de cierre son bastante similares, lo cual no es un factor determinante a la hora de escoger el tipo de entrada a la pieza.

Tanto la presión como la fuerza de cierre más elevadas se alcanzan en el caso de entrada por submarina.

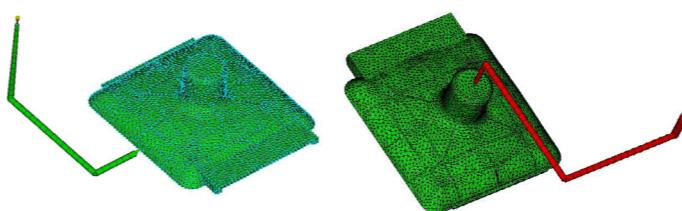


Fig. 47 y 48 Dibujo de los canales de inyección

Comparación de resultados

-Llenado por cámara caliente: a través del punto de inyección situado en el extremo del muñón del pivote se observa como se produce un llenado constante y sin que se produzca ningún tipo de atramiento de aire en ninguna parte de la pieza. Las líneas de soldadura de la pieza (puntos en los que chocan dos frentes de flujo de material durante el proceso de llenado) se dan solamente en las torretas de la pieza.

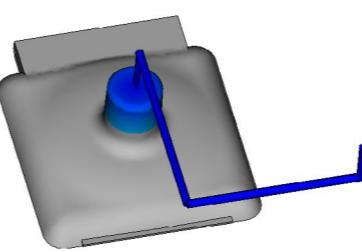


Fig. 49 Proceso de llenado mediante cámara caliente

-Llenado por submarina: se produce un gran atrapamiento en la parte superior del muñón a causa de la colocación del punto de inyección. Este atrapamiento es un problema ya que genera una zona débil en la pieza, que precisamente está en el muñón, que es una zona delicada de la pieza en cuanto a su funcionalidad. Existen también unas grandes líneas de soldadura recorriendo verticalmente el muñón, además de las que se dan en la mayoría de las torretas.

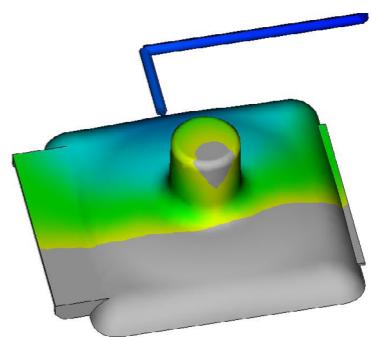


Fig. 50 Proceso de llenado mediante entrada submarina

Elección final

Finalmente tras analizar todas las ventajas e inconvenientes de ambos procesos de inyección se llega a la conclusión de que el factor determinante para la elección es el hecho de que se creen atrapamiento y una gran línea de soldadura en el llenado por submarina. De este modo se elegirá el llenado por cámara caliente debido a las siguientes características de este proceso:

- Llenado fluido
- Mejor acabado de las piezas.
- Pequeñas líneas de soldadura en torretas, inevitables por la geometría de la pieza.

En el apartado 6.5 de los anexos se muestra con mayor detalle la elección del proceso de llenado.

Fase 6: Análisis de inyección

6.6 Optimización del llenado

A continuación en este apartado se va a realizar la simulación del proceso de llenado (solamente con el proceso de cámara caliente) con diferentes parámetros en cada uno de ellos para observar cuales son las condiciones de llenado óptimas para la pieza.

Se van a realizar 15 simulaciones del proceso de llenado en las que se variará la temperatura y los tiempos de inyección del material. En estos análisis se estudiarán los siguientes resultados:

- Presión de inyección.
- Fuerza de cierre.
- Diferencia de temperatura en pieza.

A continuación se muestra la tabla con los 15 casos simulados del proceso de llenado de la pieza, cada uno con sus valores de los parámetros propios.

Temperatura (°C)	Tiempo (seg)	Presión inyección (MPa)	Fuerza de cierre (toneladas)	Diferencia de temperatura de la pieza
210	1	104,8	46,1	227-200= 27
210	1,5	92,6	41,3	223-188= 35
210	2	84,7	38,9	220-177= 43
210	2,5	78,8	36,8	218-166= 52
210	4	67,4	33,4	216-136= 80
230	1	41,5	41,5	246-217= 29
230	1,5	36,7	36,7	241-204= 37
230	2	34	34	239-191= 48
230	2,5	32,6	32,6	237-179= 58
230	4	29,4	29,4	235-147= 88
250	1	37,6	37,6	265-234= 31
250	1,5	33,1	33,1	261-220= 41
250	2	30,4	30,4	259-205= 54
250	2,5	29	29	257-191= 66
250	4	26	26	254-156= 98

Fase 6: Análisis de inyección

Presión de inyección

Se pueden observar como la presión disminuye conforme se aumenta el tiempo de inyección tal y como indica la teoría. Sin embargo, al tratarse de una pieza gruesa, de 3.5 mm, los llenados lentos dentro de lo viable para una producción (no más de 3-4 segundos para esta pieza), no dan tiempo a que el material se enfrie, se vuelva más viscoso y de nuevo suba la presión, es decir, para esta pieza en particular no es posible encontrar esos llenado intermedios que dan lugar a presiones bajas, por lo que se escogerán como buenos los tiempos a partir de los cuales la disminución de presión con el tiempo se hace menos acusada. Según se observa en las gráficas, este tiempo de inyección considerado como mejor, estará en torno a 1.5 segundos.

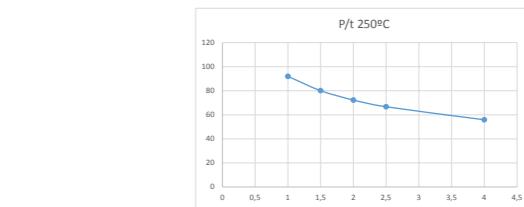
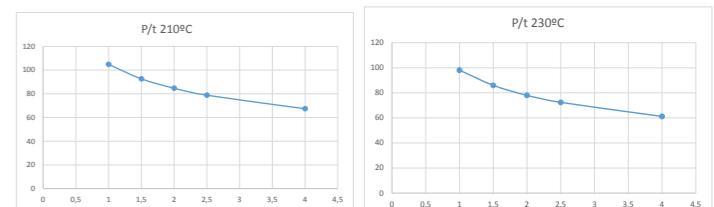
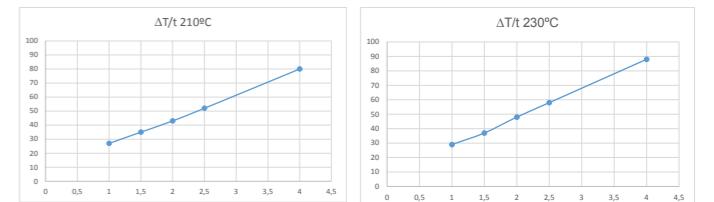


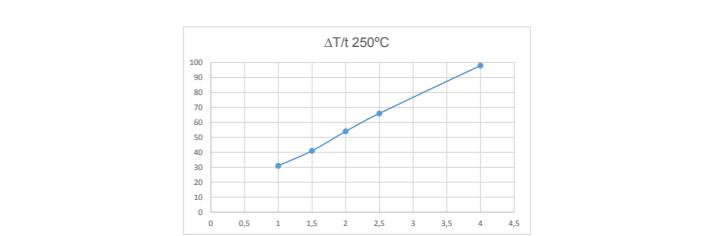
Fig. 51, 52 y 53 Tabla presión/temperatura (210, 230 y 250°C)

En conclusión para obtener una presión de inyección lo más baja posible es necesario inyectar a unas temperaturas altas y con unos tiempos de inyección en torno a 1,5 ó 2 segundos.



Fuerza de cierre de la máquina

La fuerza de cierre es una consecuencia de la presión de inyección necesaria para inyectar la pieza junto con la superficie proyectada de la misma. Los tiempos adecuados para inyectar estarán entre 1.5 y 2 segundos, a temperaturas altas.



Diferencia de temperatura en pieza

La diferencia de temperatura aumenta conforme el tiempo de inyección es mayor, lo que implica que en cuanto a este resultado es mejor inyectar en tiempos cortos, en torno a 1 ó 1,5 segundos.

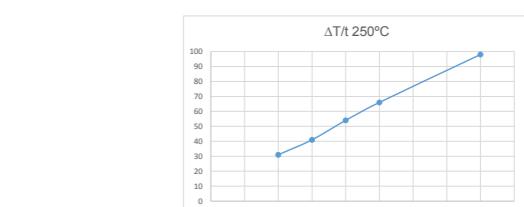


Fig. 54, 55 y 56 Tabla dif. temperatura/tiempo (210, 230 y 250°C)

Fase 6: Análisis de inyección

Resultados finales

Combinando los resultados de presión de inyección, temperatura en pieza y fuerza de cierre comentados anteriormente, se tiene:

- Presión de inyección y fuerza de cierre: para obtener la presión y la fuerza de cierre más baja posible es necesario inyectar el material a altas temperaturas y en tiempos en torno a 1,5 ó 2 segundos.

- Diferencia de temperatura de la pieza: para obtener la menor diferencia posible es necesario inyectar en tiempos en torno a 1 ó 1,5 segundos y a bajas temperaturas.

Caso optimo del proceso de llenado

Temperatura (°C)	Tiempo (seg)	Presión inyección (MPa)	Fuerza de cierre (toneladas)	Diferencia de temperatura de la pieza
210	1,5	92,6	41,3	223-188= 43

En el apartado 6.6 de los anexos "Optimización del proceso de llenado" se analiza más exhaustivamente este proceso de optimización.

Dado que las diferencias de presión de inyección entre casos en los que se varía la temperatura son muy pequeñas, y dado que si se tienen en cuenta que los tiempos de inyección adecuados van a estar entre 1 y 1,5 segundos según resultados de temperatura y entre 1,5 y 2 segundos según resultados de presión, finalmente se fijarán los siguientes parámetros de llenado

- Temperatura de inyección: 210°C
- Tiempo de inyección: 1,5seg.

En la tabla se muestran los resultados de presión y fuerza de cierre al final de llenado para los parámetros seleccionados para esta fase.

Fase 6: Análisis de inyección

6.7 Fase de compactación Planteamiento de la simulación

En primer lugar se programarán los parámetros de la fase de llenado que se han elegido en la fase anterior: 1,5seg y 210°C. A continuación se programarán varios casos de compactación y en cada uno de ellos se fijará la presión de compactación como porcentaje de la presión máxima de llenado:

- 40% Piny= P_c : 36,8MPa
- 60% Piny= P_c : 55,2MPa
- 80% Piny= P_c : 73,6MPa
- 90% Piny= P_c : 82,8MPa

Resultados a analizar

Tras definir los parámetros para realizar la simulación se han de plantear los resultados que se obtendrán en este análisis. Se creará un resultado personalizado en el programa que permitirá conocer la presión en función del tiempo. Ésto permitirá conocer en puntos exactos de la pieza la evolución de la presión a lo largo del tiempo que dura el llenado y la compactación:

- Punto de inyección
- Esquina de la pieza
- Nervios
- Parte media de la pieza
- Saliente superior de la pieza

Desarrollo de la simulación

Una vez definidos los parámetros y los resultados del análisis se simulan los cuatro casos y se obtienen los siguientes resultados:

Caso 1: resolución

Analizando la gráfica cabe destacar que se produce una caída de presiones relativamente rápida en todos los puntos de la pieza.

El punto situado en los nervios de la pieza indica que los nervios se quedan sin presión tras pasados 6 segundos, mientras que los puntos más alejados del punto de inyección muestran que a los 15 segundos se quedan sin presión aún cuando se está compactando durante 20 segundos. Por tanto esta presión se considera insuficiente.

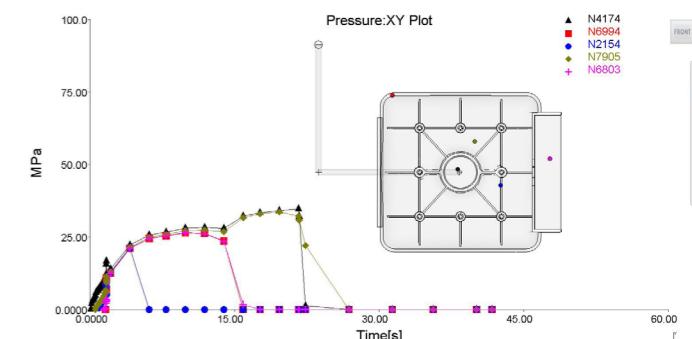


Fig. 57 Compactación a 36MPa

Fase 6: Análisis de inyección

Caso 2: resolución

Analizando la gráfica inferior se observa que en este caso se producen caídas de presión bastante verticales en los puntos más alejados de la pieza, y en los nervios más todavía. Sin embargo, todos los puntos en general, a excepción de los nervios, mantienen la presión hasta los 21-30 segundos.

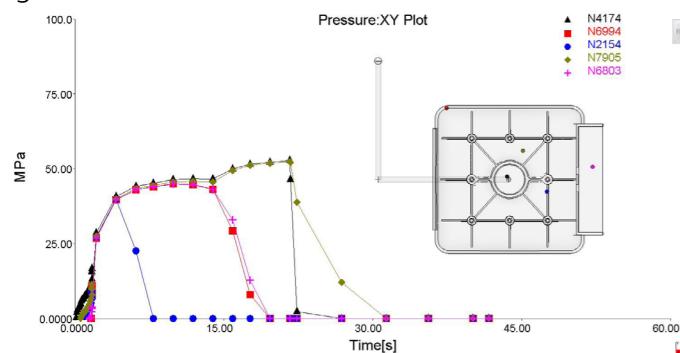


Fig. 58 Compactación a 55,2MPa

Caso 3: resolución

En la siguiente gráfica se muestra una presión elevada. En ella se sigue produciendo una caída brusca en los nervios, pero esto es inevitable puesto que los nervios tienen poco espesor y se enfrián mucho más rápido que el resto de la pieza.

El resto de la pieza a excepción del punto de inyección tiene una caída de presión progresiva, lo cual se busca para optimizar esta fase del ciclo. La pieza pierde presión entre los 25-30seg.

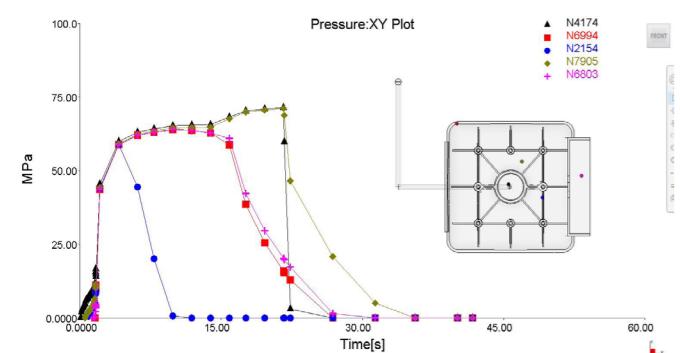


Fig. 59 Compactación a 73,6MPa

Caso 4: resolución

Esta gráfica es similar a la anterior, solo que en la anterior gráfica solo que con presiones más altas al haber subido la compactación por lo que los comentarios del caso anterior son válidos para éste.

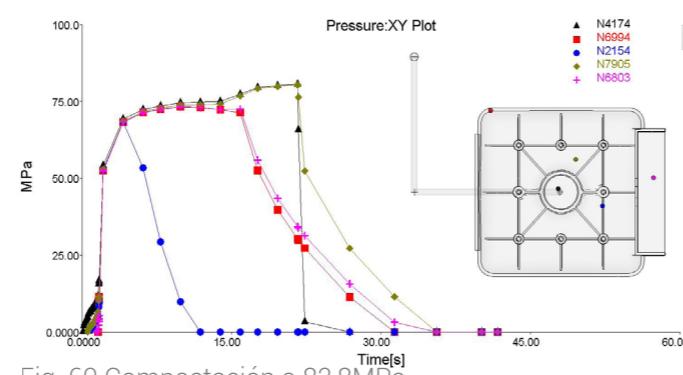


Fig. 60 Compactación a 82,8MPa

Conclusiones de la simulación

En cuanto a la presión de compactación, compactando con el 40% o el 60% de la presión máxima de llenado la presión en pieza cae muy rápidamente, por lo que se descartan estos casos. Analizando los casos de 80% y 90%, se observa que estos son similares entre sí, por lo que para no elevar la fuerza de cierre innecesariamente, se elegirá el caso del 80%, es decir, fijar la presión de compactación en torno a 75 MPa.

En cuanto al tiempo de compactación quedará fijado entre los 25 y 30 segundos mencionados anteriormente, en concreto 27 segundos, que es el instante a partir del cual la pieza no gana peso.

Los parámetros elegidos aseguran que se cumple lo estudiado en la bibliografía, en la que se explica que lo más recomendable es que la compactación acabe lo más cerca posible de la presión nula en la pieza.

Fase 6: Análisis de inyección

En el apartado 6.7 de los anexos "Fase de compactación" se analiza más detenidamente el proceso de compactación de la pieza.

6.8 Fase de enfriamiento

En este apartado se va a realizar el cálculo para poder hallar el tiempo de enfriamiento mínimo que necesita la pieza tras finalizar el proceso de llenado y compactación para poder ser expulsada del molde.

Lo primero es comprobar la temperatura de expulsión de la pieza, en este caso es de 126°C.

A continuación se han de observar los puntos de la pieza que más tardan en enfriarse.

Como se observa en la gráfica los puntos más críticos tardan en enfriarse alrededor de 35 segundos (desde el inicio del proceso de inyección). A estos 35 segundos hay que restarle los 1,5 segundos del proceso de llenado y los 27 segundos del proceso de compactación, de esta forma se obtiene un tiempo de enfriamiento de 6,5 segundos.

Caso 1: tiempo de enfriamiento: 6seg.

Se produce un máximo alabeo de 2,03mm en las cuatro esquinas del pivot.

Obsérvese que las líneas de color en los alabeos en cada una de las direcciones se mantienen paralelas, por lo que indican que la pieza simplemente está contrayendo, como es natural cuando una pieza caliente sale de molde y enfriá al aire. Esto se corrige con la cruz del molde para que la pieza tenga finalmente el tamaño deseado. Si estas líneas no se mantuvieran paralelas, se estarían dando deformaciones en pieza.

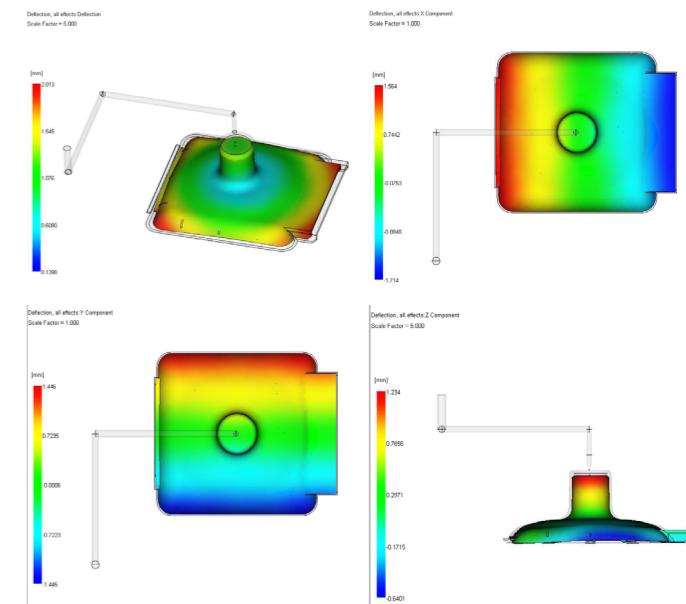


Fig. 62, 63, 64 y 65 Caso de enfriamiento 1

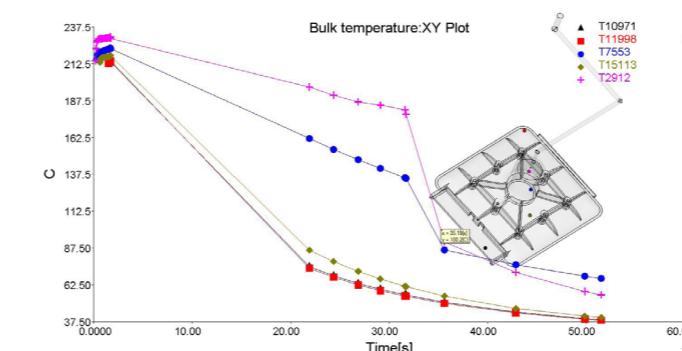


Fig. 61 Gráfica de la fase de enfriamiento

Adicionalmente, se van a analizar casos en los que se programan tiempos más largos, para ver si mejoran los desplazamientos en pieza, o si por el contrario, el ciclo está bien optimizado, y el tiempo de enfriamiento no influye en el resultado final de la misma.

Fase 6: Análisis de inyección

Caso 2: tiempo de enfriamiento: 10seg.

Se produce un máximo alabeo de 2mm en las cuatro esquinas del pivote.

Los resultados obtenidos apenas han variado con respecto a los anteriores a pesar de haber aumentado el tiempo de enfriamiento de la pieza en el interior del molde.

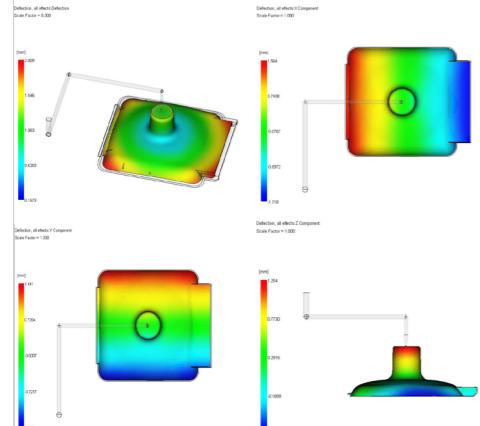


Fig. 66, 67, 68 y 69 Caso de enfriamiento 2

Caso 3: tiempo de enfriamiento: 20seg..

Se produce un máximo alabeo de 2.01mm en las cuatro esquinas del pivote.

Al igual que ocurre en el anterior caso apenas varían los resultados de alabeos.

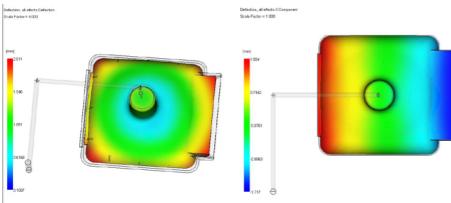


Fig. 70 y 71 Caso de enfriamiento 3

Conclusión del proceso de enfriamiento

Tras realizar los tres análisis y observar los resultados obtenidos se llega a la conclusión de que a pesar de añadir un mayor tiempo de enfriamiento la pieza sigue alabeando lo mismo. Esto se debe a que los alabeos que se producen en esta pieza son dependientes de las formas de la propia pieza y de la contracción del material utilizado para su fabricación y no del tiempo de enfriamiento que se le dé. De este modo el tiempo de enfriamiento escogido será el de 6,5 segundos.

Este tiempo de enfriamiento además de la propia temperatura de la pieza también está condicionado por la máquina puesto que es durante este periodo de tiempo cuando la máquina tiene que preparar el material de la siguiente inyectada. Si durante esos 6,5 segundos la máquina no tuviera tiempo de preparar la siguiente inyectada sería necesario aumentarlo.

En el apartado 6.8 de los anexos "Fase de enfriamiento" se muestra más detalladamente, aportando más imágenes sobre los alabeos de la pieza, el proceso de enfriamiento de la misma.

Fase 6: Análisis de inyección

6.9 Conclusiones ciclo de inyección

Para la realización del ciclo de inyección se ha escogido una máquina que tiene un paso entre columnas de 830x830mm y una fuerza de cierre máxima de 500 toneladas.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las fases, los parámetros de cada fase y los resultados obtenidos a lo largo del ciclo de inyección:

Fase del ciclo	Parámetros de la fase		Resultados de la fase	
Fase de inyección	Tiempo de inyección	1,5 segundos	Presión de inyección	92,6MPa
	Temperatura de inyección	210°C	Fuerza de cierre de la máquina (x4)	41,3t x4 = 165,2 toneladas
	Temperatura del molde	30°C	Diferencia de temperatura en pieza	223°C -188°C= 23°C
	Cambio de primera a segunda fase	99%		
Fase de compactación	Presión de compactación	En torno a 75MPa (80% de la presión de compactación)		
	Tiempo de compactación	27 segundos		
Fase de enfriamiento	Tiempo de enfriamiento	6,5 segundos		
	Tiempo TOTAL del ciclo de inyección	35 segundos (40seg si se cuenta la apertura y el cierre del molde)		

Fase 7: Costes

A continuación se van a estimar los costes de la producción de la pieza realizada en este proyecto.

Precio de material

Lo primero que se va a evaluar es el coste del material que se utilizará:

- Precio PEHD: 1,5euros/kg.
- Peso de cada pieza: 195gramos.
- Precio del material de cada pieza: 0,292euros/pieza.

Precio del proceso

A continuación se analizarán los costes del proceso.

El tiempo de ciclo calculado en el apartado anterior es de 35seg:

$$1,5\text{seg} \text{ (fase inyección)} + 27\text{seg} \text{ (fase compactación)} + 6,5\text{seg} \text{ (fase de enfriamiento)} = 35\text{seg.}$$

Se le sumarán 5 segundos que podría ser el tiempo aproximado que tarda el molde en abrirse y cerrarse en cada ciclo, por lo que el tiempo de ciclo asciende a 40segundos.

Hay que tener en cuenta que en cada ciclo se fabrican cuatro unidades, debido a que se utiliza un molde de cuatro cavidades, por lo que el tiempo que necesita cada pieza es de 10seg/ciclo.

A continuación se calculará el precio aproximado de la máquina de inyección. Al tratarse de una máquina de 500toneladas el coste aproximado asciende a 45euros/hora.

Teniendo el tiempo que cuesta realizar un ciclo completo se calculará el número de piezas que se fabricará cada hora:

$$- 1\text{hora}=3600\text{seg}; (3600\text{seg})/(10\text{seg/ciclo})=360\text{piezas/hora.}$$

Tras obtener el número de piezas a la hora y teniendo el coste de la máquina por cada hora de uso se calculará el coste de la fabricación de cada pieza:

$$45\text{euros}/360\text{piezas} = 0,125\text{euros/pieza.}$$

La suma del coste del material por pieza y del proceso de fabricación por pieza es de:

$$- 0,292\text{euros} + 0,125\text{euros} = 0,417\text{euros.}$$

Fase 7: Costes

Amortización del molde

Coste de acero (aproximado): 30000(en China) - 40000euros.

+20% cámara caliente: 36000(en China) - 48000euros.

En China resulta mucho más barato el coste debido a que la mano de obra es mucho más barata. El principal inconveniente es que se tienen dos meses de demora hasta que el molde llega a su destino debido a que el transporte es en barco.

La producción anual de estos cubos es de entre 30000 y 50000 unidades, lo que significa entre 60000 y 100000 pivotes (2 unidades por cubo).

Se han realizado los cálculos para amortizar el molde en dos años y se plantean cuatro casos considerando que se fabrica el mínimo y el máximo de piezas y que el molde cuesta lo mínimo y lo máximo posible.

- $36000\text{euros}/60000\text{piezas} = 0,6\text{euros/pieza}$
- $36000\text{euros}/10000\text{piezas} = 0,36\text{euros/pieza}$
- $48000\text{euros}/60000\text{piezas} = 0,8\text{euros/pieza}$
- $48000\text{euros}/100000\text{piezas} = 0,48\text{euros/pieza}$

Estas son los costes que hay que añadir a cada pieza para amortizar el molde en dos años.

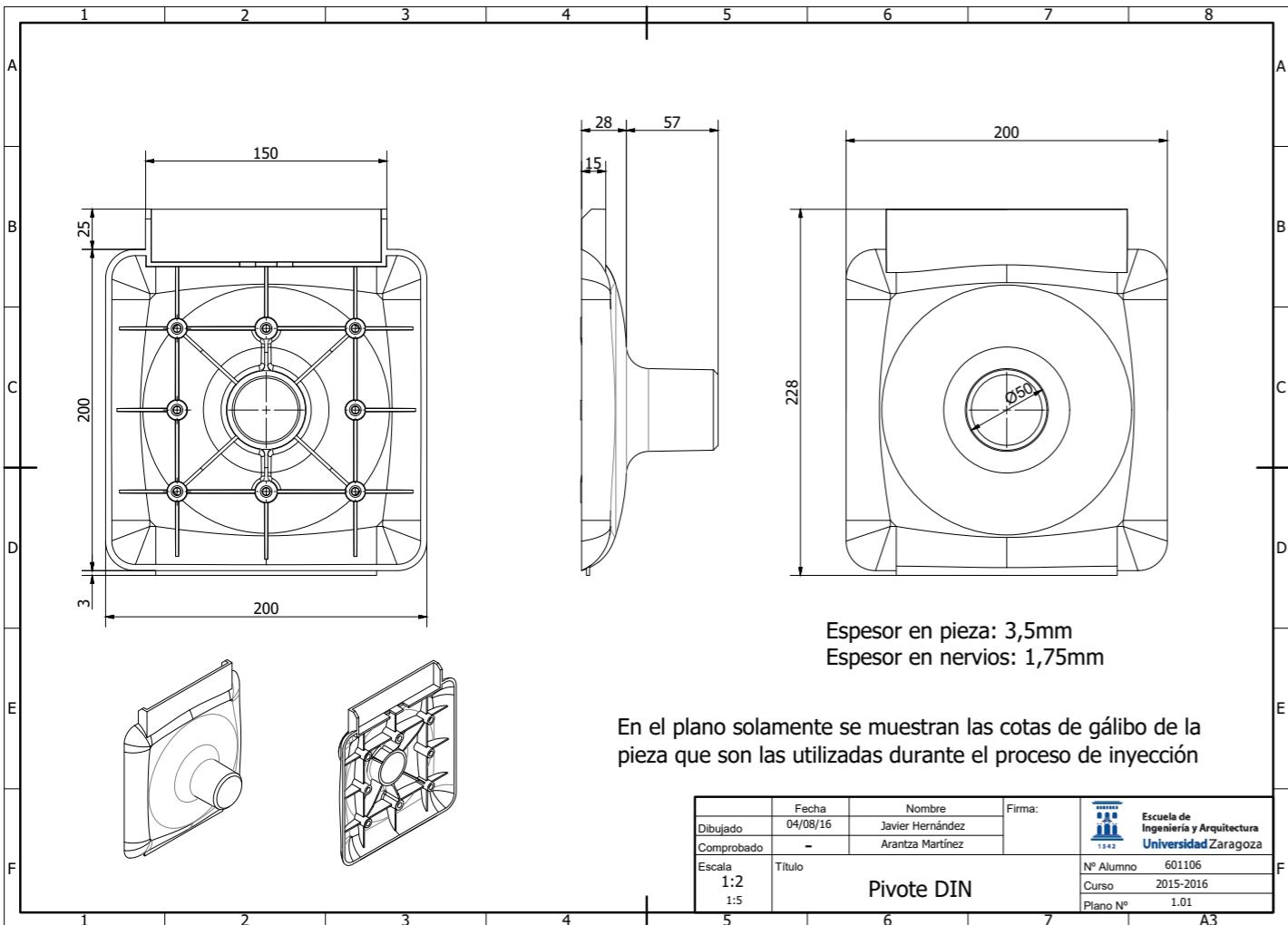
Precio total por pieza

Teniendo en cuenta todos los resultados de los costes calculados anteriormente el resultado final del coste de cada pieza producida será el siguiente:

Características pieza	Precio material (euros)	Precio procesos (euros)	Amortización molde (euros)	Coste total (euros)
Producción anual: 50000cubos, 100000pivotes. Molde: 36000euros (fabricación china).	0.292	0.125	0.36	0.777
Producción anual: 50000cubos, 100000pivotes. Molde: 48000euros (fabricación española).	0.292	0.125	0.48	0.897
Producción anual: 30000cubos, 60000pivotes. Molde: 36000euros (fabricación china).	0.292	0.125	0.6	1.017
Producción anual: 30000cubos, 60000pivotes. Molde: 48000euros (fabricación española).	0.292	0.125	0.8	1.217

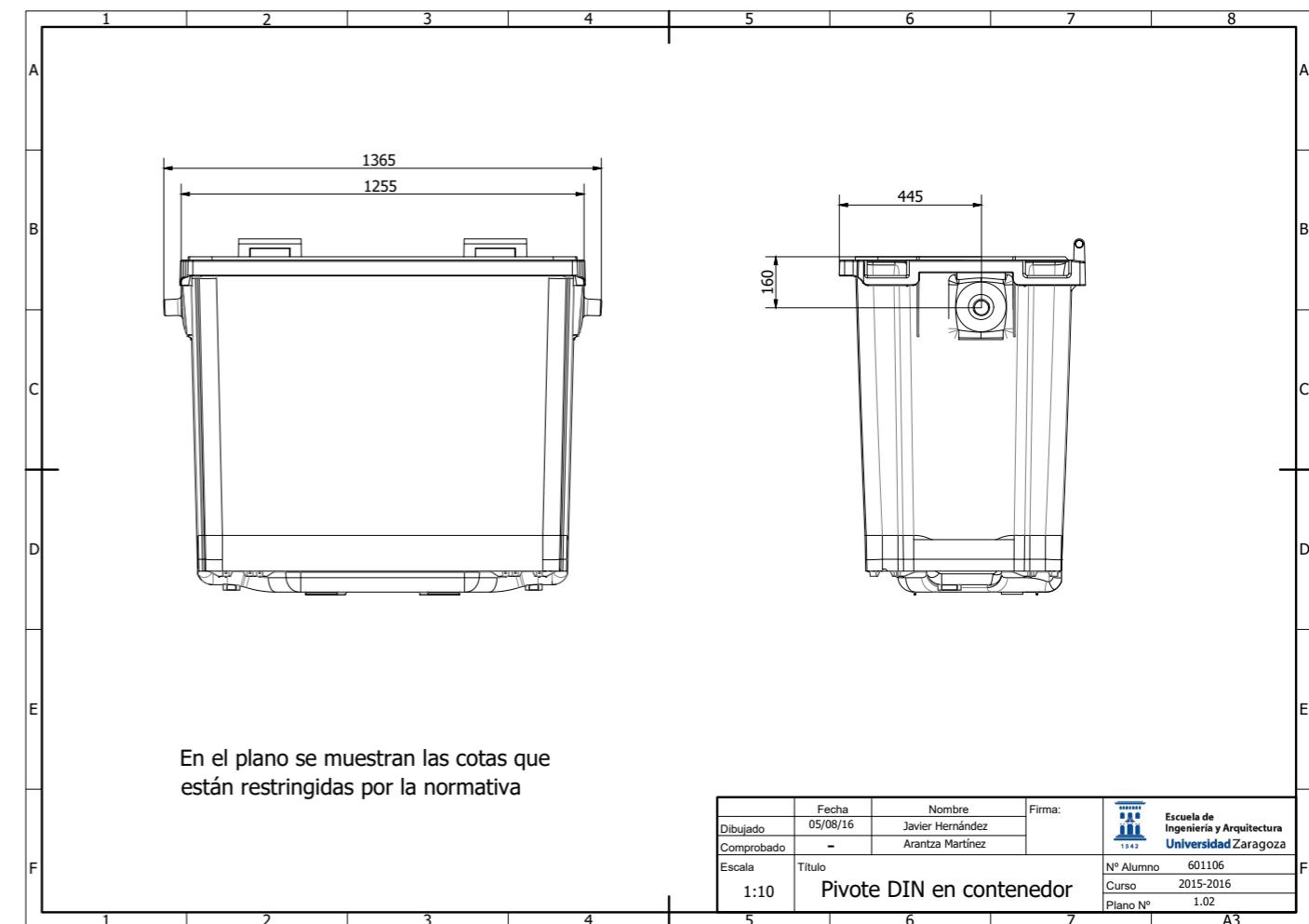
Fase 8: Planos

8.1 Plano pivot DIN



Fase 8: Planos

8.2 Plano pivot DIN montado en el contenedor de 770 litros



Fase 9: Renders



Fig. 74, 75 y 76 Renders del concepto final

Fase 9: Renders



Fig. 77, 78, 79 y 80 Renders del concepto final

Fase 10: Conclusiones

Conclusiones del diseño

- Tras realizar un exhaustivo estudio de mercado se observaron las formas y las dimensiones de todos los pivotes existentes para cubos de 700 litros de capacidad. Se observó que existía una gran variedad de pivotes, pero la mayoría eran de gran tamaño y con formas rectas, aunque existían excepciones.
- Se analizó una muestra de un pivote existente para conocer todos los fallos de diseño que tenía e intentar corregirlos en los conceptos. Se observó la importancia de intentar mantener un espesor constante en toda la pieza y se analizaron las posiciones de atornillado de esa muestra para plasmarlas posteriormente en los conceptos.
- Conocidos los diferentes pivotes del mercado y planteadas las especificaciones de diseño se crean cinco conceptos que son diferentes de los diseños actuales y que cumplen estas especificaciones.
- De los cinco conceptos generados, y en base al mejor cumplimiento de EDP's y a la estética preferida por la población, se elige uno de ellos.

Conclusiones del análisis mecánico

- Se partió del pivote vacío con cinco puntos de anclaje tomados del pivote de muestra. Se fue desarrollando para hacerlo totalmente simétrico.
 - A lo largo del análisis mecánico se ha ido rigidizando el pivote en función de los esfuerzos que deberá de soportar a lo largo de su vida útil. Tras ir modificándolo se obtuvieron los siguientes resultados:
 - Tensiones: 20MPa.
 - Desplazamientos: 1,5mm
 - Deformaciones: 5,4%
- Se ha trabajado con un coeficiente de seguridad entre 1,3 y 1,4 a lo largo de todo el análisis. Éste fue calculado previamente mediante una aproximación teórica.
- Se observa como durante este proceso se consigue mejorar la resistencia y rigidizar la pieza para que a pesar de haberla diseñado con un espesor menor, resista todos los esfuerzos a los que está sometida.

Fase 10: Conclusiones

Conclusiones del análisis de inyección

- Durante este análisis se han elaborado una serie de simulaciones para optimizar el ciclo de inyección de la pieza a lo largo de todas sus fases.
- Se ha obtenido como resultado un ciclo de inyección de una duración de 40 segundos (incluyendo la apertura y el cierre del molde). Este ciclo se realizará en un molde cuatro cavidades (dado en las especificaciones del proyecto) y se utilizará una máquina de 500 toneladas (calculada durante el análisis).

Conclusiones generales

- Precio: se observa como el coste de una pieza puede variar dependiendo de la producción anual y del coste del molde que se elaborará para inyectar la pieza (dependerá del lugar en donde haga este molde). El precio variará de 0,777 hasta 1,217 euros por cada pieza, teniendo en cuenta todos los gastos derivados del proceso de fabricación de la misma.
- Reducción de peso: el peso final de la pieza es de 195gramos mientras que el peso del pivote que se tomo como muestra era de 300gramos. Esto provoca una reducción de la cantidad de material que se utiliza para cada pieza con el consecuente ahorro en el coste de la misma. Esta reducción de peso se debe principalmente a la reducción del espesor de la misma. A pesar de esta reducción de peso y espesor sus características mecánicas no se han visto reducidas, en comparación con el pivote de muestra.

Líneas de trabajo futuras

- Las posibles líneas futuras de trabajo podrían ser:
- Diseño y fabricación del pivote con la misma línea estética para el cubo de capacidad de 1000-1100 litros. Esto permitirá crear una línea de diseño común en los pivotes DIN de los contenedores de carga trasera. Esta línea de trabajo se puede aplicar en un corto plazo de tiempo.
 - Acoplar el diseño de los propios contenedores a los del pivote. Intentar acoplar las formas redondeadas y fluidas del pivote en los contenedores. Esto permitirá además de unificar los pivotes, crear una línea de diseño global para todos los contenedores de carga trasera de la empresa fabricante. Para aplicar esta línea de trabajo sería necesario un largo plazo de tiempo debido a todos los cambios que habría que introducir en los contenedores.

Bibliografía

- [1] <http://www.rae.es/>
- [2] <http://www.contenur.com>
- [4] https://www.youtube.com/watch?v=ahFpZWdF_ag
- [5] http://www.todoparatuhotel.com/es/contenedores/contenedores_de_basura/
- [6] Normativa vigente EN 840-02:2012
- [7] <http://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/36007-Nuevos-avances-en-el-moldeo-de-aleaciones-de-magnesio.html>
- [8] <https://marina95v.wordpress.com/>
- [9] Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectados (I): el proceso, Franciso Javier Castany, Arantza Martínez, Francisco Serraller Sánchez, Jorge Aísa Arenaz, Daniel Mercado Barraqueta, Jesús Fuentelsaz Gallego, Prensas de la Universidad de Zaragoza
- [10] P. Kennedy, Flow analysis of injection molds, Hanser Publisher, Munich, 1995
- [11] <http://www.jcplastic.com/index.pl?pos=01.01.02.01&lang=es&menu=01>
- [12] <https://www.plasticommium.com/env/spain/es/productos/contenedores-de-carga-trasera.html>
- [13] <http://www.otto-usa.com/commercial-refuse-recycling-containers.html>
- [14] <http://www.rosroca.com/es/productos/index.html>
- [15] <http://www.w-weber.com/span/produkte.html>
- [16] <http://www.mmm-sanimobel.com/producto/mobiliario/polietileno.php>
- [17] <http://www.ssi-schaefer.es/gestion-de-residuos/nuestros-productos/contenedores-de-4-ruedas.html>
- [18] <http://en.e-catalog.craemer.com/wheele-bins/du-containers/du-container-660-l-11-m3>
- [19] <http://www.dolav.com/data/products/environmental-products/waste-containers/>

Bibliografía

- [20] <http://www.delitek.no/System-Solutions/Offshore/Source-segregation-Storage>
- [21] https://docs.google.com/forms/d/15zXHXqfL4sGF_t--JPESiX3Pg6LT94cBrj4w2mPQubk/edit
- [22] Ábaco escaneado del dimensionamiento de las torretas.
- [23] Resistencia de materiales, S. Timoshenko
- [24] Sibley, Mechanical Engineering Design, McGraw Hill
- [25] David O. Kazme, Injection mold design engineering, Hanser Publisher, Munich, 2007
- [26] P. Kennedy, Flow analysis of injection molds, Hanser Publisher, Munich, 1995
- [27] Diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectadas (II): la pieza, Franciso Javier Castany, Arantza Martínez, Francisco Serraller Sánchez, Jorge Aísa Arenaz, Daniel Mercado Barraqueta, Jesús Fuentelsaz Gallego, Prensas de la Universidad de Zaragoza
- [28] <http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>
- [29] <http://formacion.eurecat.org/cursos/inyeccion-tecnica-en-moldes-con-camara-caliente/>
- [30] http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/1/1d/Ficha_entrada_submarina.pdf
- [31] <https://www.hasco.com/hasco/es/>
- [32] Catálogo físico escaneado de la empresa "Mateu & Rosé"

