



ANEXO

ÍNDICE

	Página
FASE 1: INFORMACIÓN	
0. Introducción	57
1. Información previa	58-516
1.1 ¿Qué es un cubo de dos ruedas?	58
1.2 Cadena de reciclaje	510
1.3 Nuevas tendencias	512
1.4 Inyección de plástico	514
2. Estudio de mercado	517
2.1 Cubos actuales	518
2.2 Análisis funcional	522
2.3 Análisis formal	524
2.4 Análisis de usuario	528
2.5 Análisis de la Normativa	530
2.6 Conclusiones	531
FASE 2: GENERACIÓN DE CONCEPTOS	
3. Diseño estético: cuerpo	535-577
3.1 Concepto con rehundidos	538
3.2 Concepto con columnas	550
3.3 Concepto liso	562
3.4 Elección de concepto	574
4. Diseño estético: tapa	579-5105
4.1 Tapa con realce	586
4.2 Tapa con agarre frontal	592
4.3 Tapa con rehundido	598
4.4 Comparativa de tapas	5104

Página

FASE 3: CÁLCULOS

5.	Análisis reológico del cuerpo	5109-5159
5.1	Modelización del cuerpo	5110
5.2	Uso del software	5116
5.3	Búsqueda punto de inyección: Balanceado del molde	5119
5.4	Búsqueda del espesor adecuado del cubo: Fase de llenado	5125
5.4.1	PEHD KS 10100	5126
5.4.2	PEHD Eraclene	5135
5.5	Programación de la compactación	5145
5.5.1	PEHD KS 10100	5146
5.5.2	PEHD Eraclene	5152
5.6	Resultados deformaciones	5158
6.	Análisis mecánico	5161-5187
6.1	Cogida del cubo	5162
6.1.1	PEHD Eraclene: Cubo 3,7 mm	5163
6.1.2	PEHD KS10100: Cubo 3,2 mm	5174
6.1.3	Resultados análisis cogida	5178
6.2	Apilado del cubo	5180
6.2.1	PEHD Eraclene: Cubo 3,7 mm	5181
6.2.2	PEHD KS10100: Cubo 3,2 mm	5184
6.2.3	Comparativa de cubos en el apilado	5187

FASE 4: DESARROLLO

7.	Desarrollo final	5191
8.	Resultado final	5195

FASE 1

INFORMACIÓN

O. INTRODUCCIÓN

El presente documento muestra el trabajo realizado para llevar a cabo el proyecto fin de grado que da nombre al mismo, es decir, "Diseño y desarrollo de un cubo para residuo urbano, de dos ruedas, capacidad de 240 L e inyectado en polietileno".

Este proyecto se ha desarrollado dentro del TIIP (Taller de Inyección de la Industria del Plástico) del departamento de Ingeniería Mecánica de la EINA (Escuela de Ingeniería y Arquitectura) en la Universidad de Zaragoza.

El objetivo del proyecto es diseñar y calcular mediante simulación de inyección y cálculo mecánico FEM el cuerpo de un cubo de basura de capacidad 240 l.

En el diseño de este cuerpo se incluirán los elementos necesarios como el asa y la zona de inserción de tapa y ruedas.

Dado que en el pliego de condiciones no se especifica el grado concreto del material a inyectar, sino que solo se indica que deberá usarse PEHD, se ha realizado el estudio con dos PE diferentes, uno más viscoso que el otro pero de propiedades mecánicas similares. Este aspecto condicionará el espesor del cuerpo del cubo.

Adicionalmente, se trabajará la estética de la tapa a montar sobre el cuerpo diseñado anteriormente, ofreciendo diferentes opciones del conjunto final.

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.1 ¿Qué es un cubo de dos ruedas?

"Un cubo o contenedor de basura es un recipiente usado para almacenar basuras que puede estar hecho de metal o plástico." [1]

Tal y como el título del proyecto indica, el cubo a diseñar, por su especificación de poseer dos ruedas, está dentro de la tipología de carga trasera para contenedores de residuos sólidos urbanos (RSU) y selectivos.

Las diferencias entre los tipos de contenedores residen en la forma de realizar la descarga de su contenedor al camión contenedor. Existen los siguientes tipos:

- > Carga trasera
- > Carga vertical
- > Carga lateral
- > Carga subterránea

En el caso de contenedores de carga trasera, la descarga se realiza por la parte trasera del camión. Es necesario el trabajo de un operario para manipular el contenedor y colocarlo en el mecanismo del camión para su posterior descarga. En la descarga se utilizan un sistema de elevación tipo peine que hace volcar el cubo dentro del camión para vaciarlo.



Figura 1.1.1 Camión-contenedor carga trasera [2]

Para la tipología de carga trasera se pueden encontrar dos tipos: con dos o cuatro ruedas.



Figura 1.1.2 Contenedor dos ruedas [3]



Figura 1.1.3 Contenedor cuatro ruedas [3]

Son los cubos de capacidades más pequeñas los que usan solo dos ruedas. Estos son los de 80, 120, 240 y 360 L.

A partir de los 360 litros de capacidad los contenedores usan cuatro ruedas para facilitar su traslado desde su posición de reposo hasta el camión a la hora de la descarga. El proyecto que nos ocupa, se centra en el desarrollo de una única capacidad: 240 l

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.1 ¿Qué es un cubo de dos ruedas?

Todos los contenedores de carga trasera de dos ruedas comparten una serie de piezas y funciones que se detallan en el esquema mostrado a continuación:



Figura 1.1.4 Contenedor 240 L [3]

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.2 Cadena de reciclaje

El reciclaje es un proceso por el cual se transforma un producto para obtener un nuevo producto o materia prima. El reciclaje se produce ante el agotamiento de recursos naturales además de que es una forma eficaz de eliminar desechos.

Con el reciclaje conseguimos una reducción de volumen de residuos, y por lo tanto, de la contaminación que éstos producirían.

¿Por qué reciclar? [1,4]

Se recicla para frenar el crecimiento de las basuras, reducir la cantidad de residuos que van a los vertederos, aprovechar las materias primas y rentabilizar la energía generada y acabar con la contaminación.

Las tres reglas del reciclaje son: REDUCIR, REUTILIZAR y RECICLAR. Estos valores se han convertido en una responsabilidad por parte de las empresas que fomentan cada vez más el reciclaje y la utilización de elementos de reciclaje como los contenedores.

¿Qué reciclar?

Se puede reciclar cualquier tipo de residuo o productos usados de manera que se pueda disminuir la contaminación además de tratar aquellos desechos o basura de la que se pueda obtener materia prima o un nuevo producto reciclado.

Los productos que se pueden reciclar son marcados con un símbolo global para informar al usuario.



Figura 1.2.1 Símbolo del reciclaje [4]

¿Cómo reciclar?

A nivel global, la cadena de reciclado consta de varias etapas:

- Recuperación (recolección y transporte de los residuos).
- Plantas de transferencia (se mezclan los residuos solo cuando es necesario).
- Plantas de clasificación (clasificación de los residuos).
- Reciclado final (se recicla, se almacena en vertederos o se usa para producir energía).

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.2 Cadena de reciclaje

A nivel particular, existen elementos de recogida que facilitan la tarea de reciclar residuos de origen doméstico. Es aquí, dónde toman gran relevancia las papeleras y contenedores.

Ante la gran cantidad de residuos, la diversidad de estos y el coste que supone separarlos en las plantas de clasificación, se diseñan papeleras para cada tipo de residuos. A veces la forma externa se adapta a cada residuo como el caso de las papeleras para pilas o aceites, otras veces, se utiliza un código de colores para papeleras standar y lo mismo pasa con los contenedores.



Figura 1.2.2 Papeleras con código de color [5]

Código de colores

No existe un único código, ya que cada comunidad, municipio, provincia y estado elige según a sus recursos y necesidades. Y también puede haber diferencias entre espacios públicos e industrias y hospitales, donde los residuos a reciclar son más específicos.

El código más generalizado es el siguiente:

- AMARILLO: Envases de plásticos y bricks
- AZUL: Papel y cartón
- GRIS: Metales y latas
- MARRÓN: Restos orgánicos
- NARANJA: Aceite
- ROJO: Residuos peligrosos
- VERDE CLARO o BLANCO: Vidrio
- VERDE OSCURO: Restos orgánicos
- NEGRO: Residuos peligrosos o residuos sin clasificar como electrónicos.



1. INFORMACIÓN PREVIA

1.3 Nuevas tendencias

Actualmente hay varias corrientes dónde se están adoptando medidas con el reciclado. Hay una mayor conciencia por reciclar, separar los residuos y gestionar su recogida.

Algunas de estas medidas son las siguientes:

> Contenedores inteligentes

Interactúan con el usuario gracias a un sistema adicional que puede funcionar electrónicamente. Estos contenedores permiten una interacción con el usuario, de forma que es capaz de dar y recibir información. Por ejemplo indicando si está lleno o no, para que materia es, puntos de recogida cercanos, etc.

Otros utilizan las últimas tecnologías que cuentan con sistemas que reconocen al usuario que recicla y, cómo no, el tipo de residuo que arroja al contenedor, que premian la intención de reciclar del usuario, avisan cuando están llenos y mandan una alerta a la empresa encargada de la gestión del contenedor, contenedores que compactan los residuos para que ocupen menos espacio, o los más modernos, con pantallas en las que ofrecen información.



Figura 1.3.1 Contenedor inteligente [6]

> Contenedores biodegradables

La contaminación por contenedores plásticos se ha convertido en uno de los mayores problemas ya que estos productos pueden tardar hasta 500 años en desintegrarse.

El desarrollo de contenedores biodegradables se convierte en una opción viable, ya que al final de su vida útil se eliminan como residuos orgánicos que al descomponerse en un corto periodo de tiempo, pueden servir como abono para las plantas.

Nace así y a través de la caña de azúcar, el polietileno verde, un plástico 100% Vegetal.



Figura 1.3.2 Contenedor biodegradable [7]

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.3 Nuevas tendencias

> Forma estética renovada

Acostumbrados a ver el contenedor verde de plástico o los contenedores metálicos, cada vez es más habitual ver contenedores de diferentes colores, los cuales están asociados al tipo de residuos que recogen.

Hay otras tendencias, donde los diseños de contenedores son más ovalados y redondeados, como los contenedores de carga vertical, diseños que son el resultado de campañas de publicidad.



Figura 1.3.3 Contenedor en forma de balón de fútbol [8]

> Adaptación a discapacitados

Hay una nueva generación de contenedores que mantienen el mismo mecanismo que los normales, pero además disponen de una boca especial mucho más baja de lo habitual para que puedan ser utilizados por personas que se desplacen en silla de ruedas o que tengan dificultades para pisar el pedal que abre la tapa superior.



Figura 1.3.4 Contenedor adaptado para discapacitados [9]

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.4 Inyección de plástico

La inyección de plástico es a día de hoy uno de los procesos más utilizados en la industria actual debido a los diversos beneficios que ofrece en comparación con otros procesos.

- Gran versatilidad de piezas
- El proceso es totalmente automatizable
- Reducción del tiempo de fabricación
- Se reduce la manipulación del producto
- Permite crear geometrías complejas
- La pieza se obtiene en una sola etapa
- Requieren poco o ningún trabajo final sobre la pieza obtenida
- Altos niveles de producción y bajos costos

A la hora de realizar una pieza por este proceso, hay que conocerlo bien y valorar sus limitaciones.

Para el caso de la inyección de plásticos, se han de tener en cuenta las siguientes restricciones [10,11]:

- Dimensiones de la pieza. Tendrán que ser reproducibles y de acuerdo a unos valores determinados, lo que implicará minimizar las contracciones de la misma.
- Propiedades mecánicas. La pieza deberá resistir las condiciones de uso a las que esté destinada durante un tiempo de vida largo, así como a la normativa específica que pueda regir cada tipo de pieza.
- Peso de la pieza. Es de gran importancia, sobre todo, porque está relacionada con las propiedades de ella.
- Tiempo de ciclo. Para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza.

- Consumo energético. Una disminución del consumo energético implicará un menor coste de producción. Esta última premisa está directamente relacionada, tanto con el tiempo de ciclo, como con el tamaño de máquina necesaria para fabricar una pieza por inyección.

Años atrás se trabajaba en la inyección de plásticos basándose en la experiencia y en los errores cometidos en el pasado. Actualmente, con la ayuda de los avances informáticos, existen programas de simulación que permiten predecir el comportamiento del material y asegurarse de que el producto tenga viabilidad antes de la construcción del molde.

Los elementos principales que intervienen en la inyección son:

- Material plástico en forma de granza
- Molde de inyección
- Máquina de inyección



Figura 1.4.1 Granza de plástico, molde de inyección y máquina de inyección [12]

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.4 Inyección de plástico

PROCESO DE INYECCIÓN [10,11,12]

El proceso de inyección se fundamenta en fundir un material plástico y hacerlo fluir hacia un molde, a través de una boquilla en la máquina de inyección, en donde llena una cavidad que le da una forma determinada.

La inyección es un proceso secuencial que está conformado por un conjunto de etapas que se denomina ciclo de inyección. El parámetro más importante, desde el punto de vista económico, es la duración o el tiempo de ciclo, pues finalmente de este dependen la productividad y el costo del proceso.

Ciclo de inyección

1) Fase de dosificación

En esta fase, la granza (depositada en la tolva) eleva su temperatura por el trabajo mecánico del husillo en combinación con el aporte de calor de unas resistencias externas que lleva la máquina de inyección y funde quedando en disposición de ser inyectado dentro del molde. Los parámetros que hay que controlar en esta fase son:

- Dosis de material (viene determinada por el diámetro del husillo y el volumen de la cavidad del molde).
- Velocidad de giro del husillo.



Figura 1.4.2 Fase de dosificación [11]

2) Fase de llenado

Una vez cerrado el molde y aplicada la fuerza de cierre, se inicia la fase de llenado del molde. El husillo de la unidad de inyección inyecta el material fundido, dentro del molde. La duración de esta etapa puede ser de décimas de segundo hasta varios segundos, dependiendo de la cantidad de material a inyectar y de las características del proceso.

La finalidad de esta fase es llenar el molde con una cantidad suficiente de material. En esta fase es muy importante controlar los siguientes parámetros:

- Velocidad de inyección
- Temperatura del material.
- Presión de inyección (esta es consecuencia de la velocidad de inyección y la temperatura del material).

Tan pronto como el material que se moldea contacta con el molde en la operación de inyección, comienza a enfriarse y a solidificar. Por este motivo la inyección debe ocurrir rápidamente para que se llene la cavidad mientras el material se encuentra fundido.



Figura 1.4.3 Fase de llenado [11]

1. INFORMACIÓN PREVIA

1.4 Inyección de plástico

3) Fase de compactación

El material entra en contacto con el molde, que está mucho más frío que él y empieza a perder temperatura. La pieza empezará a contraerse debido al enfriamiento y requerirá de más material para llenar el molde. Por ello, durante esta fase, el husillo ejerce una presión (menor que la presión en la fase de llenado) para alcanzar el volumen de pieza deseado.

De este modo, en esta tercera fase hay que programar los siguientes parámetros:

- Presión de compactación
- Tiempo de compactación

Es importante definir bien estos parámetros ya que la compactación solo será efectiva mientras el material no haya solidificado, y pueda seguir entrando material dentro del molde.

Si la presión aplicada es demasiado baja o se aplica en un período muy corto, entonces se obtienen piezas defectuosas.

Esta fase condiciona ciertas características de la pieza final, tales como el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas.



Figura 1.4.4 Fase de compactación [11]

4) Fase de enfriamiento

El enfriamiento comienza en las paredes del molde y se desplaza hacia el interior de la pieza. Durante un cierto tiempo, el material permanece fluido en la región interna de la pieza moldeada.

Los parámetros a tener en cuenta en esta última fase son:

- Tiempo de enfriamiento (tiempo necesario para alcanzar la temperatura de expulsión de la pieza).
- Temperatura del molde

La temperatura del molde se controla mediante la temperatura del refrigerante utilizado y el caudal de este. Debería conseguirse una temperatura uniforme a lo largo de toda la pieza, para que el producto tenga propiedades y calidades uniformes.

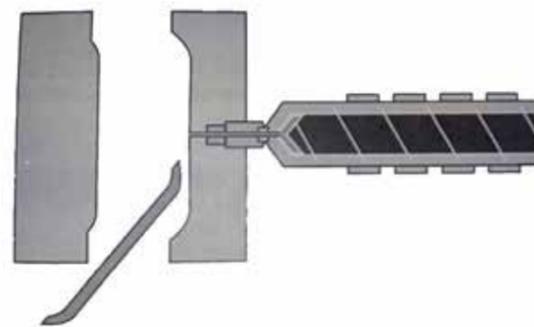


Figura 1.4.5 Fase de enfriamiento y expulsión [11]

5) Apertura del molde y expulsión de la pieza

Cuando se considera que el material de la pieza ha alcanzado la temperatura de expulsión, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección.

2. ESTUDIO DE MERCADO

Como se ha dicho anteriormente, el objeto del proyecto es el diseño y desarrollo de un cubo de dos ruedas para residuos urbanos.

Pero antes de poder diseñar, es muy importante tener una visión de la situación actual del mercado. Para ello es necesario realizar estudios específicos de algunos aspectos claves para su diseño.

Un aspecto importante es la **estética**, para la cual se realizará un estudio de mercado, y así ver qué tipo de formas se utilizan en los contenedores actuales, a qué nos enfrentamos a la hora de diseñar un nuevo producto y qué tiene este segmento del mercado. La meta está en encontrar un nicho de mercado donde poder mejorar dicho producto ya sea estéticamente o funcionalmente.

Por otro lado los contenedores no se tratan de productos meramente estéticos, interactúan con el **usuario y el entorno** al que van destinados. Se analizará como es esta interacción y en que afecta a la hora del diseño del cubo.

Por último, se hace un estudio centrado en aquellos elementos integrados en el cubo que le dan un valor añadido o diferentes funcionalidades, lo que lo convierte en un producto muy funcional.



2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Cubos actuales

Dentro de este grupo, se analizan por un lado los contenedores de 240 L. de capacidad, que serían la competencia directa y por otro lado, contenedores de diferentes capacidades, que corresponden a la competencia indirecta.

Se ha realizado una clasificación atendiendo al fabricante, puntos fuertes, puntos débiles y dimensiones. Toda esta información se ha clasificado y ordenado mediante tablas como la que se muestran a continuación. [3,13-24]

Imagen	Fabricante	Puntos fuertes	Puntos débiles	Dimensiones
	Ros Roca	> Guía doble ángulo > Nervios que favorecen el apilado > Asa continua en la cubeta	> Dos tipos de tapa > Tapa pequeña rompe estética	Alto 1081 mm Ancho 582 mm Largo 729 mm Peso neto 14 Kg
	JCO Plastic	> Pequeñas curvas estéticas	> Mini asas en la tapa > Menos espacio para agarrar	Alto 1050 mm Ancho 580 mm Largo 705 mm Peso neto 11 Kg

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Cubos actuales

Imagen	Fabricante	Puntos fuertes	Puntos débiles	Dimensiones
	Plastic Omnium	> Silenciadores de goma > Cuerpo de una sola pieza > Ruedas en el exterior > Asa por toda la tapa	> Tapa pequeña rompe estética	Alto 1080 mm Ancho 580 mm Largo 730 mm Peso neto 13.5 Kg
	Alqui.ervas	> Estética simple	> Dos asas verticales en tapa > Demasiado grande	Alto 1100 mm Ancho 580 mm Largo 740 mm Peso neto 14.5 Kg
	Contenur	> Asa integrada en cuerpo con empuñadura > Alojamiento para clips > Boca de carga con dimensiones	> Cuerpo liso > Tapa plana	Alto 1056 mm Ancho 575 mm Largo 731 mm Peso 12 Kg
	EquiUrbe	> Dos anclajes a dos alturas para las ruedas > Asa integrada en tapa > Tapa abovedada	> Cuerpo liso	Alto 1060 mm Ancho 575 mm Largo 757 mm Peso neto 14 Kg

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Cubos actuales

Imagen	Fabricante	Puntos fuertes	Puntos débiles	Dimensiones
	Grupo torte	<ul style="list-style-type: none"> > Pedal mecánico > Cantos reforzados 	<ul style="list-style-type: none"> > Reducción de espacio > Esquinas con acumulación de desechos 	Alto 970 mm Ancho 595 mm Largo 745 mm
	Formato verde	<ul style="list-style-type: none"> > Dos anclajes a dos alturas para las ruedas > Tapa abovedada > Asa integrada en tapa > Medidas reducidas 	<ul style="list-style-type: none"> > Cuerpo liso 	Alto 940 mm Ancho 480 mm Largo 540 mm Peso neto 14 Kg
	Martín contenedores	<ul style="list-style-type: none"> > Tapa desnivelada 	<ul style="list-style-type: none"> > Asas verticales > Ocupa demasiado espacio 	Alto 1015 mm Ancho 600 mm Largo 740 mm
	Pesco	<ul style="list-style-type: none"> > Nervios en los laterales del cuerpo > Distinción en parte trasera 	<ul style="list-style-type: none"> > Similar a otras marcas como equi.envas y formato verde 	Alto 1060 mm Ancho 575 mm Largo 730 mm Peso neto 15 Kg

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Cubos actuales

Imagen	Fabricante	Puntos fuertes	Puntos débiles	Dimensiones
	Weber	<ul style="list-style-type: none"> > Nervios por todos los laterales > Corona dentada 	<ul style="list-style-type: none"> > Asas verticales ocupan espacios 	Alto 1062 mm Ancho 573 mm Largo 715 mm Peso neto 14.2 Kg
	Sulo	<ul style="list-style-type: none"> > Diferentes estilos de tapa y cuerpo > Primer MGB > Evolución en el tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> > Formas rectas y clásicas > No demandados por espacios públicos > Orientados solo a empresas y fabricas 	Alto 1075 mm Ancho 582 mm Largo 728 mm Peso neto 14 Kg

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.2 Análisis funcional

¿Un cubo qué necesidad cubre?

El cubo o contenedor surge a raíz de la acumulación de basura o la gran cantidad de residuos que se generan. Antiguamente estos desechos se recogían a las afueras de las ciudades, creando grandes vertederos que acumulaban todo tipo de residuos. Esto ocasionaba problemas como la contaminación, acumulación de malos olores, desaprovechamiento del terreno...

La solución a este problema fue la implantación de la cadena de reciclaje explicada en el apartado 1.2 de este mismo documento.

CUERPO

La parte del cubo que se encarga de realizar esta función se denomina cuerpo. El cuerpo se trata de una estructura que puede ser de metal o plástico y está abierto por la parte de arriba para que se pueda introducir la basura.



2.2.1 Cuerpo de un contenedor

¿Qué otras funciones puede desempeñar un cubo?

Todos los elementos de más que se le añadan al cuerpo, le dan un valor añadido y se consideran funciones secundarias. El conjunto de todas ellas es lo que entendemos como contenedor.

- Proteger contenido

El cubo no debe tener agujeros por donde se puedan perder los residuos, al igual que no debe dejar entrar aquellas sustancias o elementos que los puedan contaminar. Por ello se dice que los cubos protegen las bolsas de basura de los agentes atmosféricos o daños urbanos en la medida que es posible,

- Informar

Existe la posibilidad de colocar información sobre la superficie del cubo mediante termoimpresión, serigrafía o simplemente pegatinas. La información mostrada puede ser muy variada, desde la empresa de contenedores, el residuo que almacena o recomendaciones y consejos sobre el reciclado.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.2 Análisis funcional

TAPAS

La tapa es el segundo elemento más importante después del cuerpo. Tiene la función de proteger la basura y evitar que entre materia no deseada como la lluvia, suciedad o cuerpos extraños.

Se trata de una pieza que se coloca sobre el cuerpo de manera que el conjunto quede cerrado. Al igual que el cuerpo, puede ser de metal o plástico. Los elementos más característicos de la tapa son las bocas, asas y fijación al cuerpo.

Para realizar la función de evitar la concentración de mal olor en el interior del cubo se colocan rejillas en la tapa para airear y que no se concentre el mal olor dentro del cubo.



2.2.2 Tapa con rejilla [25]

Existe un modelo de tapa estándar sin ranuras o agujeros como las que se muestran a continuación.



2.2.3 Tapas standar [26]

Sobre esta tapa estándar se adantarán diferentes tipos de boca para facilitar la separación de residuos. Estas están adaptadas para cada tipo de residuo al que van destinado.

La boca de papel suele ser horizontal y alargada para facilitar la entrada de papel o periódicos, las bocas centrales, cuadradas o circulares son para plástico o botellas. (Este tipo de tapas se detallan en el punto 2.3 de este mismo documento)

Otro elemento que suele aparecer en las tapas son las asas. Las opciones son ilimitadas; dos asas, un asa, asas verticales, asas horizontales, finas, gruesas, anchas, delgadas...

Por último, la fijación de la tapa con el cuerpo se hace mediante un tapón o un clip. Para eso debe existir una alineación entre un orificio de la tapa y el del cuerpo para poder unirlos. En algunos diseños se crea un eje que sirve de asa del cubo al mismo tiempo (no confundir con las asas de la tapa).



2.2.4 Unión tapa-cuerpo [20,27]

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.3 Análisis formal

Una vez se han analizado las características técnicas de los cubos existentes en el mercado (como se puede ver en el apartado 2.1 de este mismo documento), en este apartado se observan las características estéticas o formas externas del cubo (tanto del cuerpo como las tapas).

Dentro de los cubos se encuentran varias corrientes estéticas: cubos sin columnas, con columnas, rehundidos, semicolumnas o almenado.

Cuerpo sin columnas



2.3.1 Cubos [13-24]

Son cubos con las caras externas totalmente lisas. Este es el diseño más convencional y el más utilizado.

Cuerpo con columnas



2.3.2 Cubos [13-24]

Estos cubos se diferencian por tener las cuatros aristas/columnas con resalte hacia afuera.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.3 Análisis formal

Cuerpo con semicolumnas



2.3.3 Cubos [13-24]

Hay otros cubos que en su diseño tienen columnas sin usar toda la arista o utilizan una parte de la superficie y no toda. Juegan con entrantes y salientes.

Cuerpo con rehundidos



2.3.4 Cubos [13-24]

La peculiaridad de estos cubos reside en los rehundidos que pueden tener en cualquiera de las caras aportándoles valor estético e incluso resistencia.

A pesar de ver diferentes corrientes, se ven muchas similitudes entre los cubos. La mayoría de las empresas usan formas similares a salvo de pequeñas singularidades que pueden hacer que un cubo sea más vendido.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.3 Análisis formal

Tapas con asas o visera

Las imágenes superiores muestran el diseño tradicional del cubo de basura, con un asa a cada lado. En las imágenes inferiores se puede ver la evolución de la forma de las asas. Están se integran más con la tapa.



2.3.5 Cubos [13-24]

La visera en una extensión de la tapa, que puede funcionar de asa. Puede aparecer tanto en los laterales como en la parte frontal de la tapa. Se encuentran diseños que incluyen visera y asa como los que se muestran a continuación:



2.3.6 Cubos [13-24]

Tapas alternativas

Estos son algunos ejemplos de tapas que podemos encontrar en el mercado pero no de manera habitual. Tapas mucho más ovaladas, con nervios y salientes por toda la superficie, o viseras en la parte central. Su diseño es un poco diferente a lo que ya se ha visto.



2.3.7 Cubos [13-24]

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.3 Análisis formal

Tapas con boca para diferentes residuos

Como se ha comentado en el apartado 2.2 de este mismo documento, en algunas ocasiones, se adaptan las tapas de manera que tengan espacio suficiente para la colocación de bocas especiales. Para cada tipo de residuo se diseña una boca determinada con el fin de facilitar la separación de residuos. Estos son algunos ejemplos que se encuentran actualmente en el mercado:

Boca para envases

Agujero circular o cuadrado en la parte central de la tapa.



2.3.8 Cubos [13-24]

Boca para vidrio

Agujero circular más pequeño que el usado para envases.



2.3.8 Cubos [13-24]

Boca para papel

Parte central abovedada para una abertura vertical o inclinada.



2.3.8 Cubos [13-24]

Boca con protector plástico

Posee unas pestañas de plástico flexibles que solo dejan pasar los residuos haciendo un poco de presión.



2.3.8 Cubos [13-24]

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.4 Análisis de Usuario

SECUENCIA DE USO

> Generación de basura o residuos en el domicilio particular que son depositados en cubos de pequeño tamaño y/o bolsas de basura. Será decisión del usuario separar los residuos para su posterior reciclado.



Figura 2.4.1 Generación de residuos

> Deshacerse de los residuos, sacarlos del domicilio privado y llevarlos a los contenedores de la vía pública o puntos de recogida. El transporte de las bolsas de basura puede ser realizado por el mismo usuario o bien contratar un servicio de recogida de basuras que se encarga de ir recogiendo las bolsas.

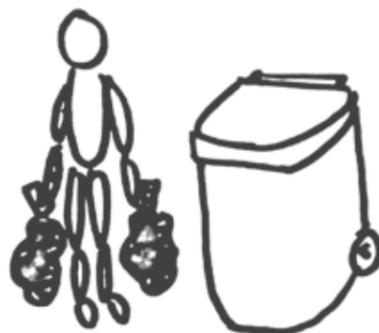


Figura 2.4.2 Deshacerse de los residuos

> Depositar los residuos en el contenedor correspondiente para facilitar así el reciclaje. De nada sirve que se tiren todos los residuos juntos.



Figura 2.4.3 Depositar residuos

> Desplazamiento de los contenedores para llevarlos a los camiones de descarga. Una vez que se ha vaciado el contenedor, es devuelto a su sitio en la vía pública. Esta tarea la realiza el operario de la contrata de recogida de residuos.

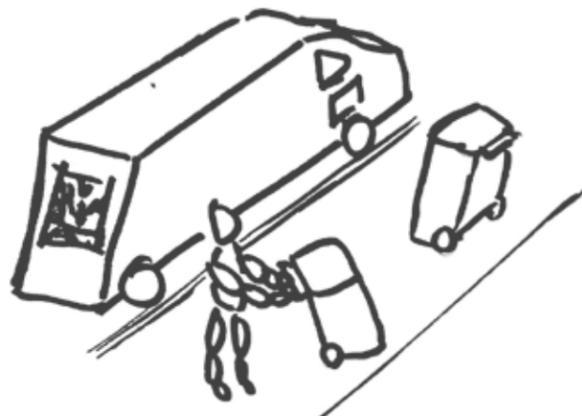


Figura 2.4.4 Desplazamientos de contenedores

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.4 Análisis de Usuario

PROBLEMAS QUE SURGEN

> Ir con las manos cargadas y no poder abrir la taptasa. El usuario necesita hacer varias maniobras e incluso si lleva más de una bolsa de basura, dejarla en el suelo, pudiendo manchar. A veces intenta abrir la tapa con el codo al tener las manos ocupadas con las pesadas bolsas, y puede mancharse o incluso no conseguirlo, según el diseño de la tapa.

> Hacerse daño en las manos. Según la disposición y forma de las asas, los usuarios colocan de forma inadecuada las muñecas, lo que les puede ocasionar daños. Cuando un usuario va a agarrar algo como en este caso, debe tener la muñeca neutral.

> Carga pesada. Estar más tiempo del debido aguantando las bolsas intentando abrir la tapa del contenedor o incluso intentar meterla por las bocas que existen en ciertas tapas puede provocar un exceso de esfuerzo por parte del usuario si no se consigue fácilmente. La tarea de meter al cubo la basura debe resultar lo más sencilla y cómoda posible.

> Dificultad para el semivolcado del cubo y hacerlo rodar sobre las ruedas. Un cubo que esté lleno, será pesado y el usuario necesita de un apoyo para semivolcar el cubo y que empiece a rodar por el suelo. Normalmente el punto de apoyo está en la parte inferior del cubo, entre las ruedas. Si esta zona es lisa, sin ninguna zona de apoyo o punto para hacer palanca será más difícil para el usuario maniobrar con el cubo.

> Malos olores, mala ventilación y acumulación de suciedad. Los usuarios que viven próximos a los contenedores se quejan de los olores que desprenden y la acumulación de suciedad dentro y fuera del contenedor. Según el diseño quedan esquinas o zonas donde se acumula la suciedad.

> Vandalismo. Los contenedores son productos que suelen colocarse en zonas públicas sin ningún tipo de sujeción fija, por lo que son los primeros en sufrir ciertos actos vandálicos o accidentes.

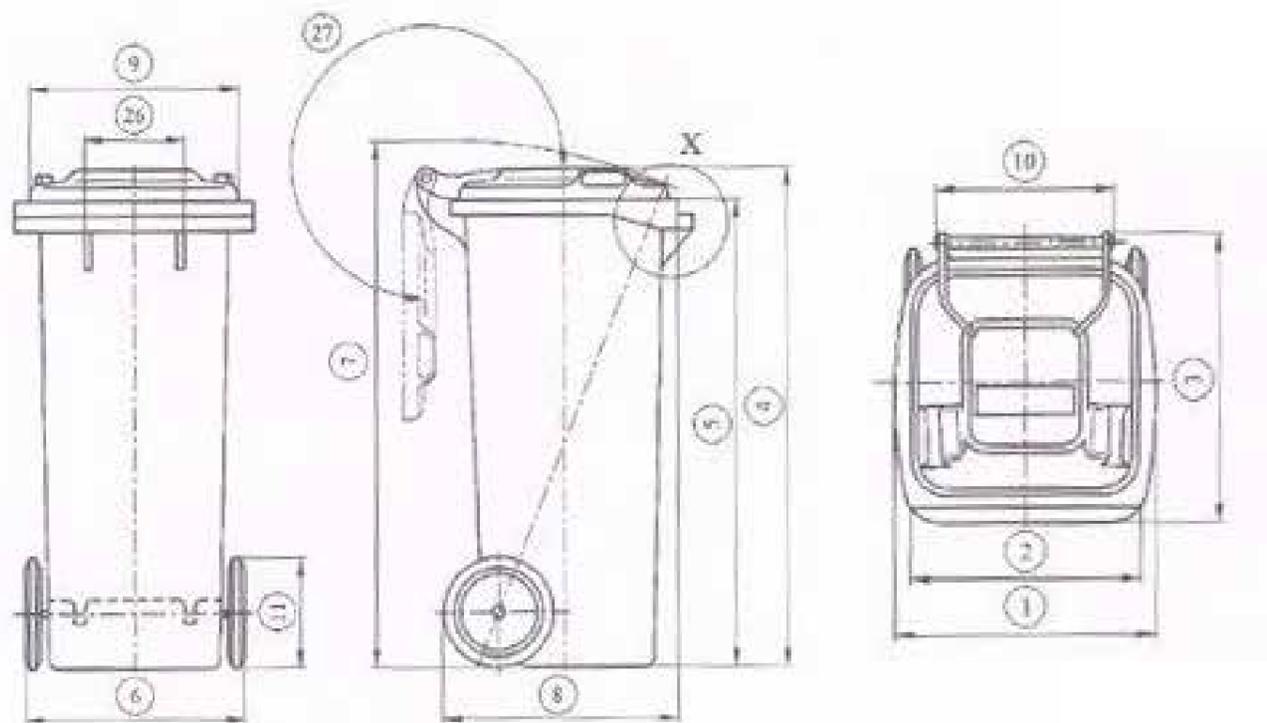
En muy frecuente ver en las noticias como los actos vandálicos o protestas violentas acaban en la agresión del mobiliario urbano, entre ellos el contenedor. Es uno de los elementos que más sufre daños, desde arañazos, patadas, vuelcos, quemaduras o robo.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.5 Análisis de la normativa

Existe una normativa que regula las dimensiones de ciertas piezas del contenedor. La norma UNE-EN 840-1 afecta a los contenedores móviles para residuos de dos ruedas.

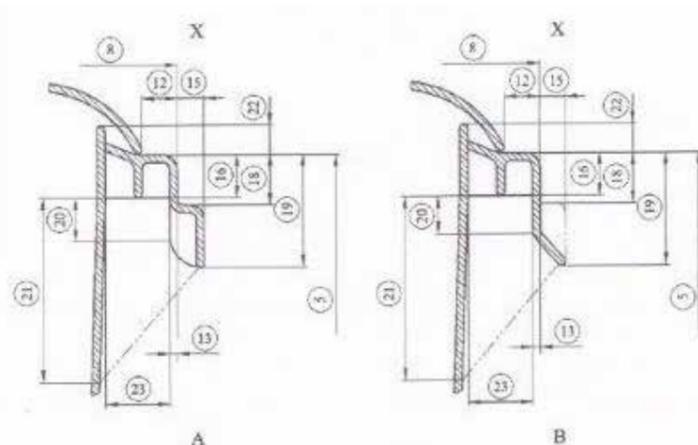
Para poder realizar un correcto desarrollo de producto, se muestra un esquema recogido en dicha norma detallando las medidas que afectan al diseño del cubo.



2.5.1 Normativa [28]

Además establece que los contenedores de dos ruedas con capacidad hasta 400 l son utilizados con dispositivos de elevación tipo peine.

Y en la norma se muestran algunos ejemplos de la toma frontal. Puede ser de tipo A o tipo B.



2.5.2 Normativa [28]

A32

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.6 Conclusiones

Con el estudio previo se observó que existen diferentes tipos de contenedores según el sistema de recogida. Los que interesan para este proyecto son los de recogida trasera. Estos contenedores utilizan un sistema de elevación llamado de tipo peine como hace referencia la norma UNE-EN 840-1. Según el pliego de condiciones el cuerpo de este cubo se diseñará con toma frontal tipo A.

La demanda de los contenedores actuales y de nueva generación surge ante la demanda social de un sistema de reciclaje. Hay una gran cantidad de residuos y basura que es necesaria procesar y eliminar, para ello la cadena de reciclaje se encarga de separar los diferentes tipos de residuos y procesarlos ya sea para producir material reciclado, compostaje o incineración. Para facilitar la recogida, existe un código de colores para diferenciar los contenedores según los residuos que almacenen.

El proceso más idóneo para fabricar los contenedores de plástico es la inyección, ya que permite diseños complejos y tiene costes bajos.

Una vez se analizaron a las grandes empresas fabricantes de contenedores y productos de reciclaje en general se ha podido apreciar lo siguiente:

> El cubo cumple diferentes funciones gracias a las diferentes partes que lo integran, como el cuerpo, las tapas, asas, respiraderos, etc.

> En apariencia externa, muchos contenedores son similares, utilizan las mismas formas y estructura pero variando mínimamente las dimensiones.

> Los elementos cuerpo y tapa del cubo suelen guardar relación entre ellos con un contorno similar (rectangular con las esquinas redondeadas)

> Los cubos tienen todas las superficies lisas y planas y además tienen cierta inclinación para poder facilitar la apilación de los cubos.

> Observando los pesos netos de los cubos se puede intuir que las empresas utilizan diferentes espesores.

> Las alturas de los cubos están entre 1000 y 1080 mm. Aunque cabe destacar que se encuentran cubos por debajo de esta altura.

> Algunos diseños se decantan por asas integradas en el diseño de la tapa. Los más tradicionales utilizan asas verticales, estos tienen peor usabilidad, sobre todo cuando el usuario va cargado con las bolsas, ya que le resulta más difícil abrir la tapa.

> Es aconsejable facilitar la apertura de la tapa con un buen diseño de asa.

> Las tapas están cogiendo más protagonismo a la hora de diseñar un cubo, ya que actúa como elemento diferenciador. Actualmente se encuentra en el mercado una amplia selección de tapas con diferentes bocas para los diferentes residuos. Sería aconsejable diseñar una tapa compatible para diferentes formatos de boca.

FASE 2

GENERACIÓN
DE CONCEPTOS

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

En esta segunda fase del documento se procede a la generación de conceptos útiles, innovadores, que cumplan los objetivos del proyecto y sobretodo partan de conclusiones, necesidades y especificaciones de lo analizado anteriormente en la fase 1 de este mismo documento.

En primer lugar se realiza una lluvia de ideas de distintos cubos, solo de la parte del cuerpo. Ya que la tapa se desarrolla en otro apartado. (Ver apartado 5. Diseño estético de tapa). En este punto es importante, ser creativo ya que toda idea es bien recibida.

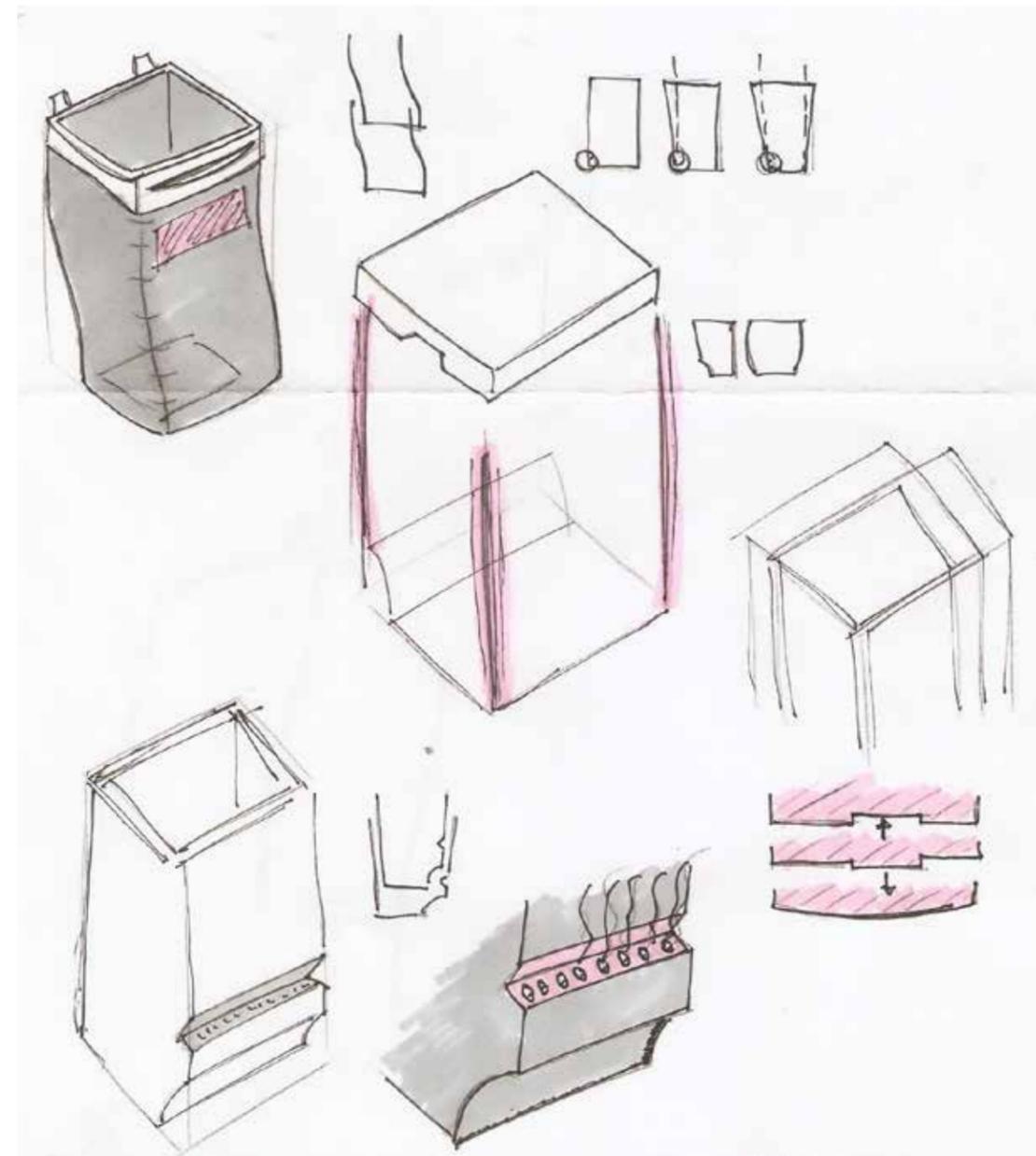


Figura 3.1 Bocetos de cubos

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

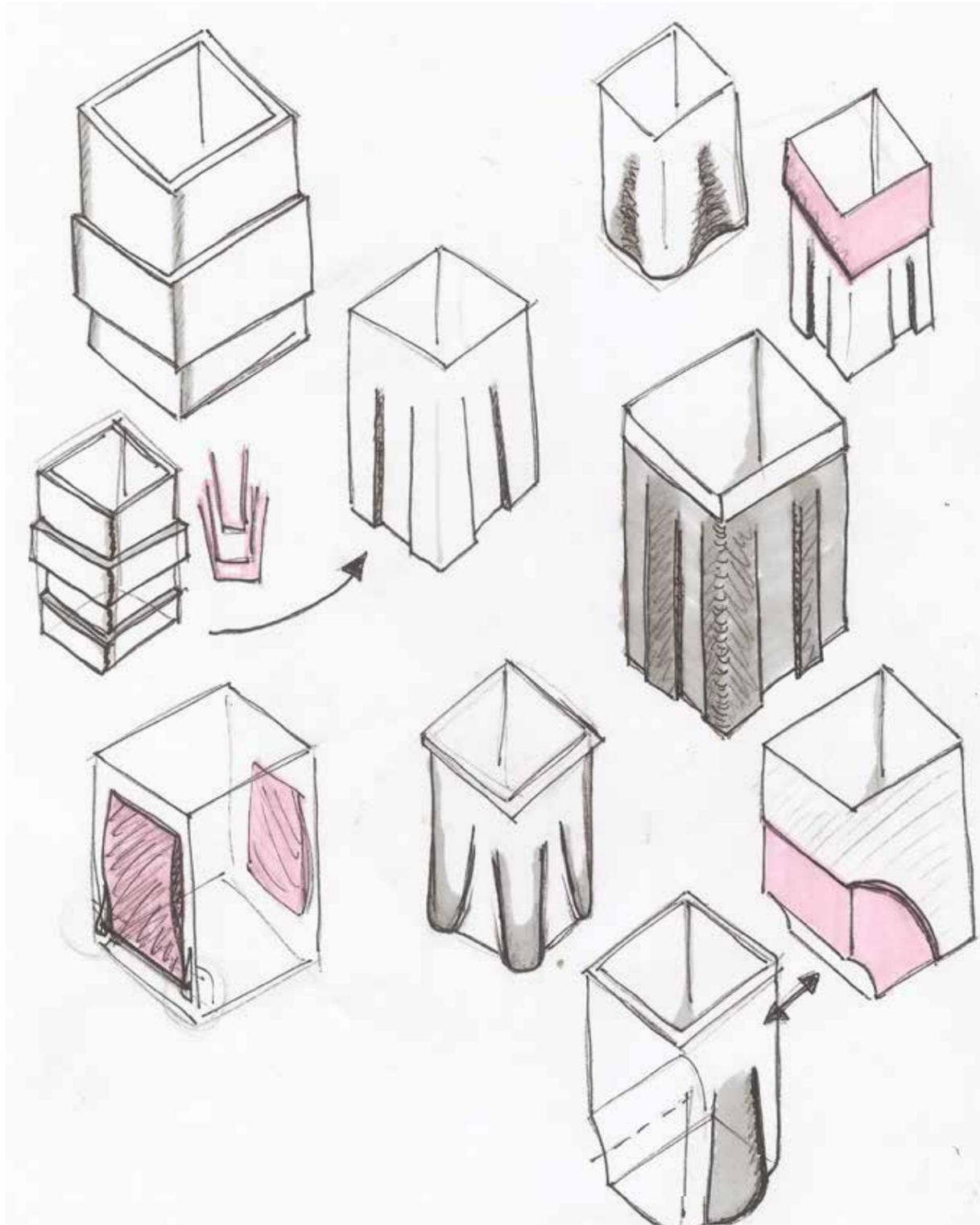


Figura 3.2 Bocetos de cubos

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

A raíz de la lluvia de ideas, se observa que hay una tendencia a querer innovar alejándose de las formas lisas (cubos lisos) que actualmente son predominantes en el mercado. La idea principal es crear cubos con rehundidos, columnas o una mezcla de ambas.

Por ello, se ha decidido elegir conceptualizar un cubo de cada tipo con el fin de explotar su posible innovación y diferenciación con el mercado actual.

- > El concepto 1 entra dentro del grupo de cubos con rehundidos.
- > El concepto 2 entra dentro del grupo de cubos con columnas y semicolumnas.
- > El concepto 3 entra dentro del grupo de cubos lisos.

Para realizar los diferentes conceptos se han realizado las siguientes acciones:

- a) Bocetar y desarrollar ideas principales
Se realizan dibujos 2D y bocetos a mano de cada concepto, desarrollándolo hasta llegar a un diseño final.
- b) Crear un modelo 3D en CAD
Una vez se tiene el diseño final de cada concepto se dibuja en 3D mediante un software de modelado. En este caso se ha utilizado SolidWorks.
- c) Comprobar que cumple la norma
Mediante la herramienta de medir que nos facilita el programa de modelado SolidWorks, se miden todas aquellas distancias que afectan al diseño del cubo y aparecen en la norma UNE-EN 840-1.

d) Estudio de apilado

Se realiza el apilado de dos cubos para comprobar que es posible y además se estudian las distancias y separaciones de ambos cubos.

e) Cálculo del volumen

Se realiza un cálculo aproximado de la capacidad del cubo. Midiendo que cumpla la capacidad interior de acuerdo a la normativa.

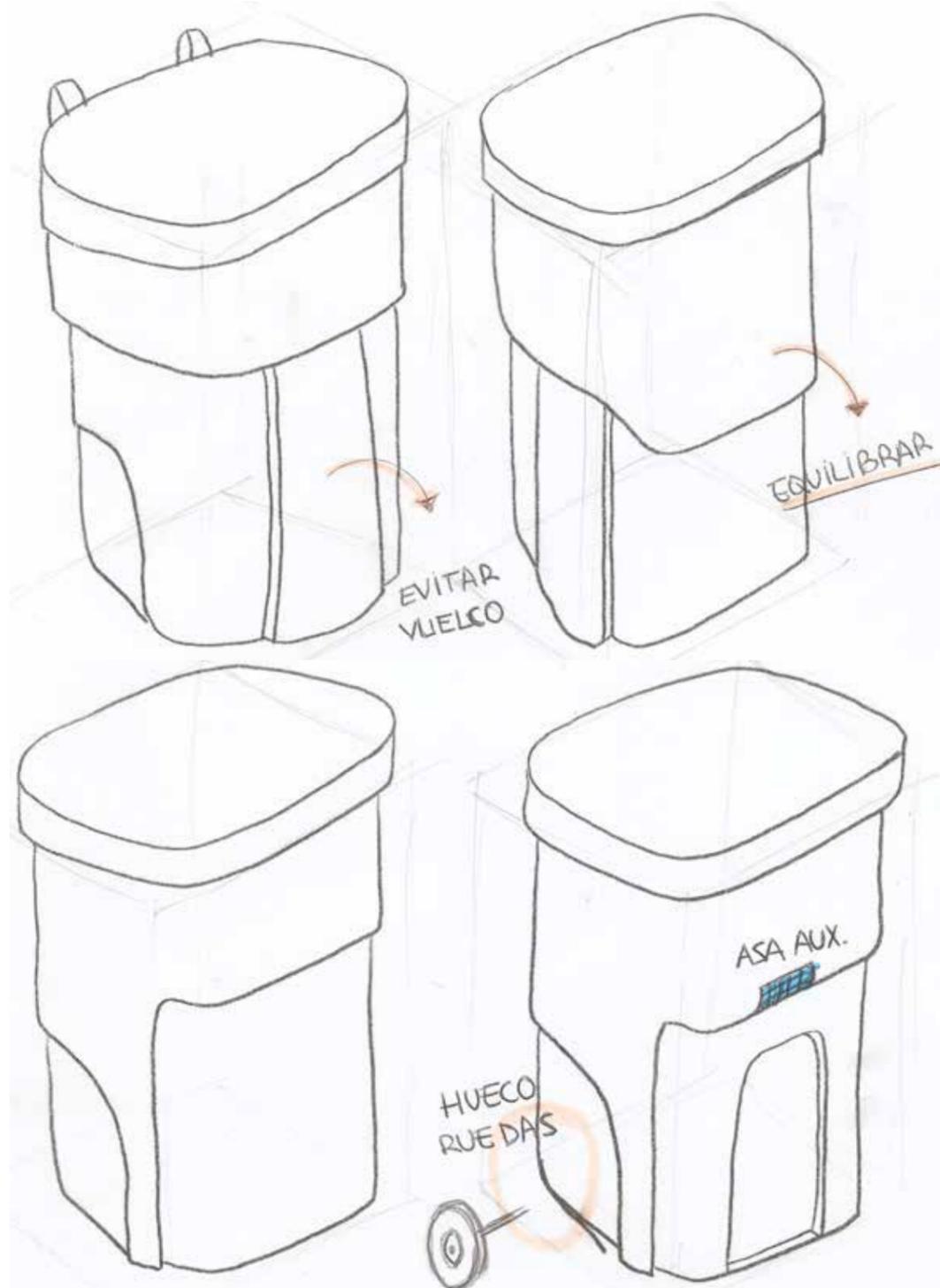
f) Ventajas y desventajas

De lo visto anteriormente, se señalan algunas características favorables y otras menos favorables para ayudar a elegir un concepto.

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Bocetar y desarrollar ideas principales

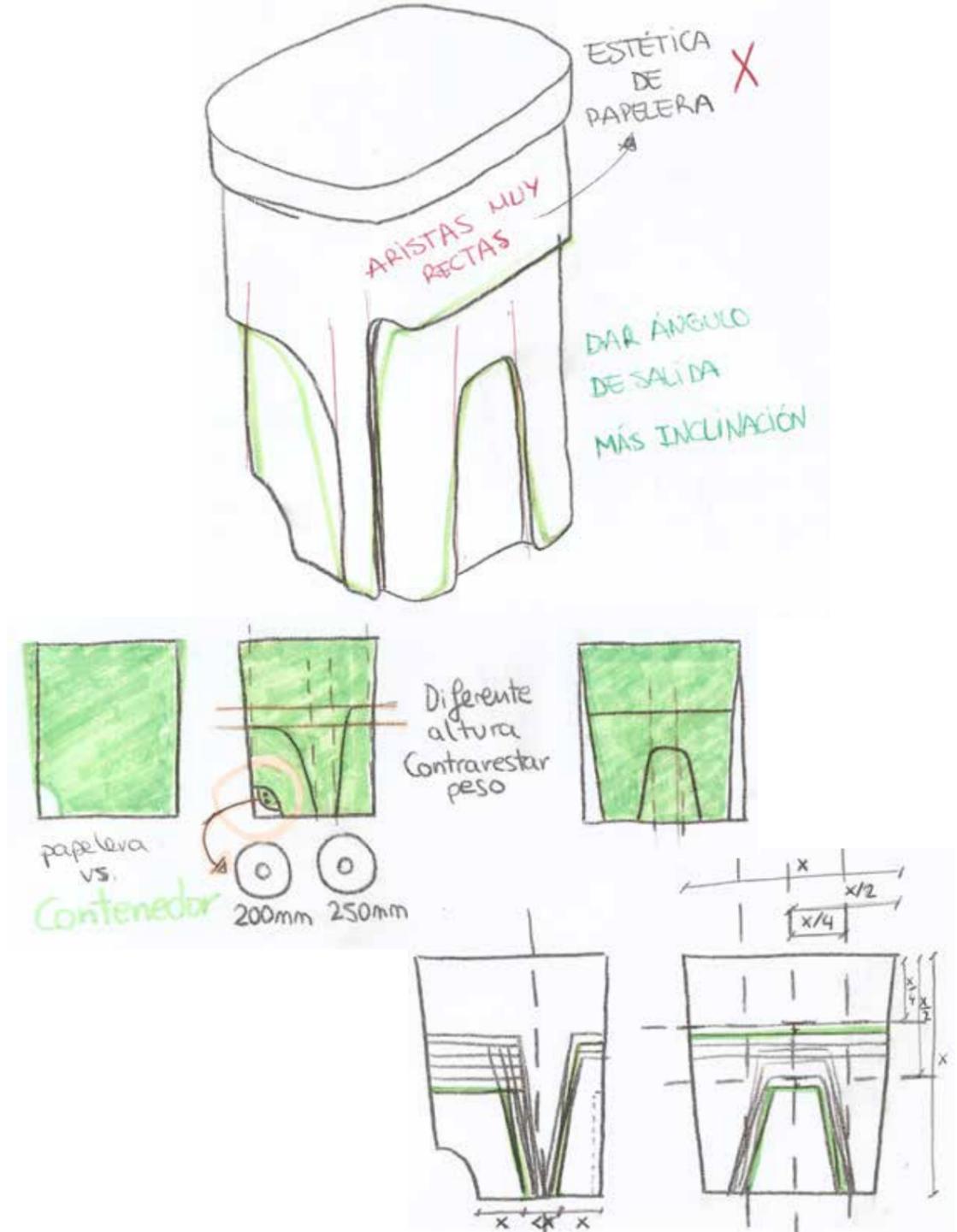


Figuras 3.1.1 Desarrollo ideas cubo con rehundidos

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Bocetar y desarrollar ideas principales

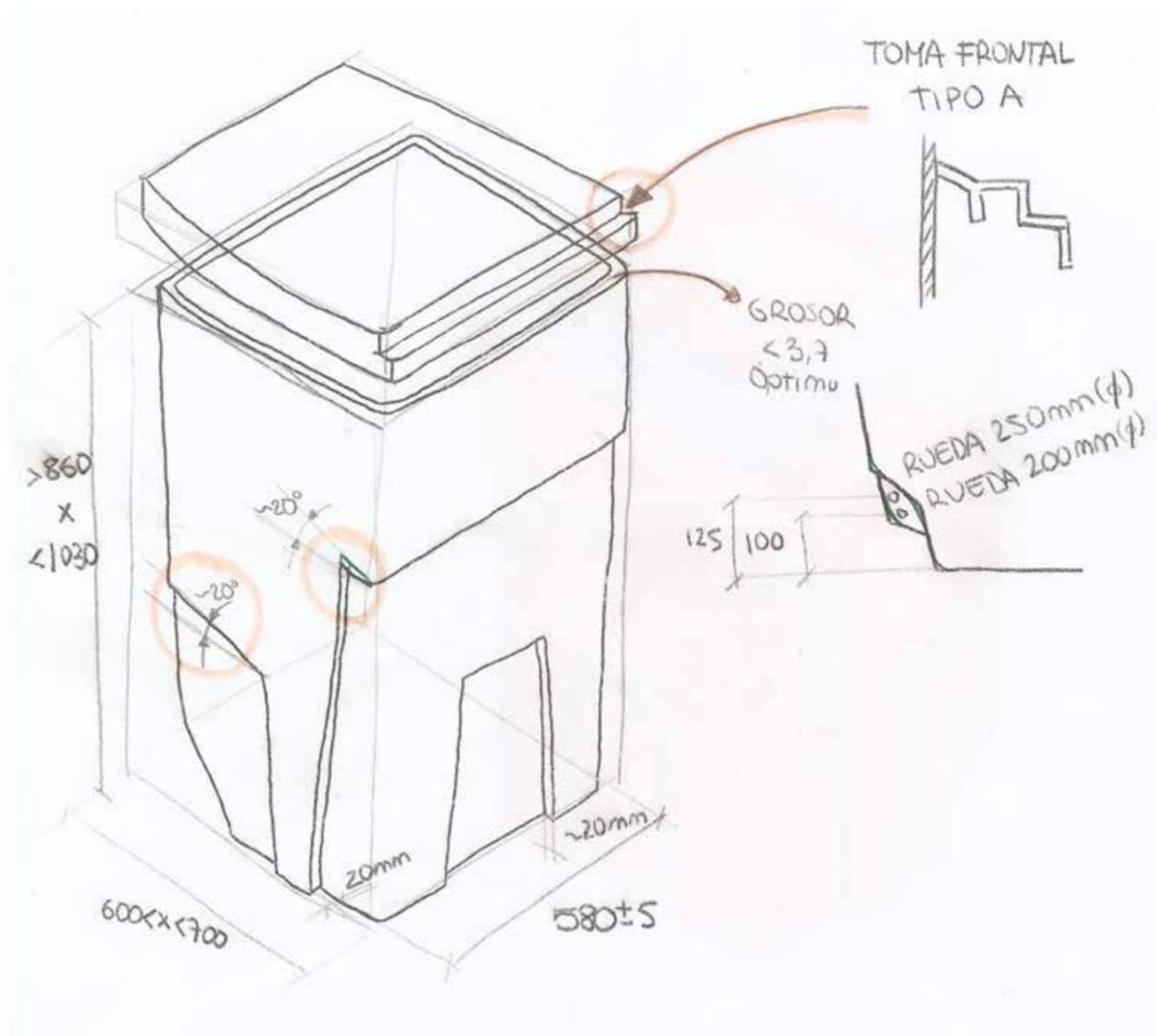


Figuras 3.1.2 Desarrollo ideas cubo con rehundidos

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Bocetar y desarrollar ideas principales



Figuras 3.1.3 Desarrollo ideas cubo con rehundidos

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Bocetar y desarrollar ideas principales

Este es el diseño final del cubo con rehundidos:

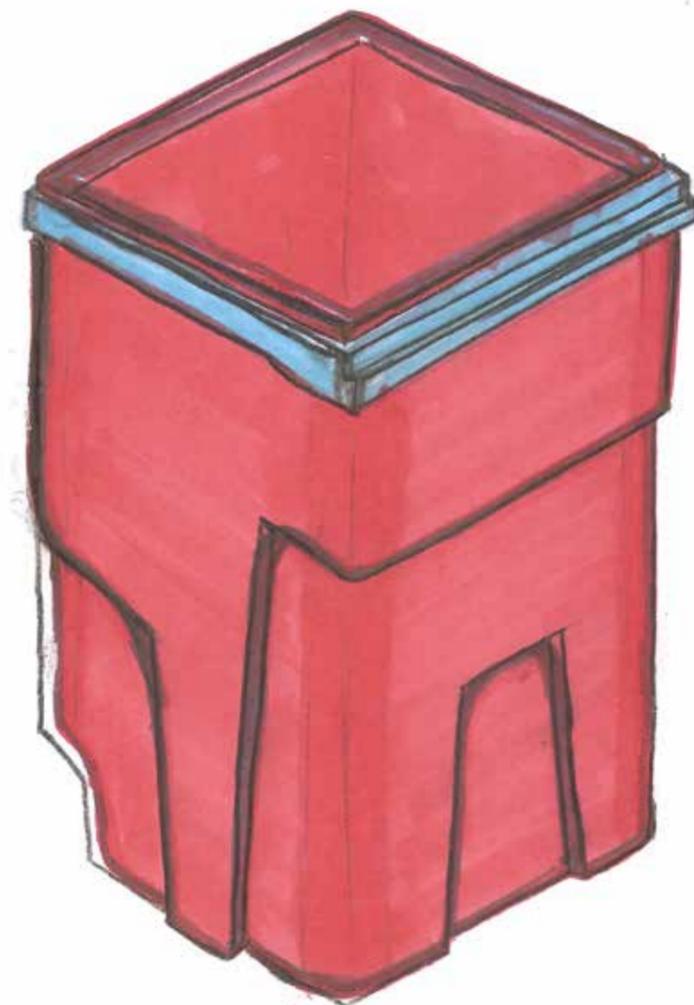


Figura 3.1.4 Concepto final cubo con rehundidos

Por motivos de estética y de seguridad se presenta el concepto con todas las esquinas y aristas redondeadas, lo que provoca una pérdida de volumen.

El diseño consta de varios rehundidos que afectan tanto a la zona frontal como a los laterales del cubo. En la parte trasera se encuentra un rehundido de mayor dimensión, para que se coloque el eje de las ruedas.

El cubo es totalmente simétrico, las caras son inclinadas (con ángulo de desmoldeo) pero no abovedadas.

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Crear un modelo 3D en CAD



Figura 3.1.5 Diseño CAD

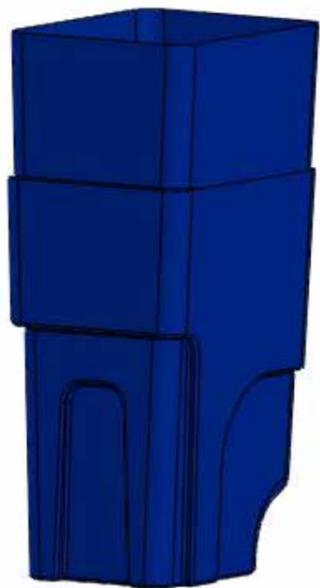


Figura 3.1.6 Diseño CAD

Dar más inclinación a las caras para que apile mejor



Figura 3.1.7 Diseño CAD

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Crear un modelo 3D en CAD



Figura 3.1.8 Vista en perspectiva del cubo



Figura 3.1.9 Vistas generales del cubo

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Comprobar que cumple la norma

Para comprobar que las dimensiones del cubo están dentro de la normativa vigente, se revisan las cotas marcadas en la norma UNE-EN 840-1 y que afectan al diseño del cubo.

Se suprimen de esta lista aquellas cotas relacionadas con la tapa o con los nervios.

Dimensión nº	Cubo de 240 litros (mm)	Observaciones	Cotas medidas en CAD (mm)	
1	580±5	Anchura total del contenedor	584.97	Conforme
2	580±5	Anchura de la toma frontal	576	Conforme
3	740 máx.		738	Conforme
5	860 mín. 1030 máx.		991	Conforme
6	590 máx.	Relacionado con las ruedas	550	Conforme
8	560 mín. 760 máx.	Para ruedas de 300 mm la dimensión máxima es 70mm más	644.42	Conforme
10	430 (+20)(-30)	Ojo, falta tapa y tapones bisagra	412	Conforme
11	195 mín.	Las ruedas pueden tener un diámetro superior	200	Conforme
13	6 (+2) (-4.5)		5	Conforme
15	13 (+5) (-3)		13.24	Conforme
16	21 (+2) (-2)		21	Conforme
18	26±1		26	Conforme
19	58 máx.		41	Conforme
22	15 máx.		14	Conforme
23	33 (+8) (-0)		34	Conforme

Tabla 3.1.10 Dimensiones de la norma

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Estudio de apilado

Se consigue apilar a 120 mm de distancia. Cuanto más próximos estén los cubos, mayor será el número de cubos que se puedan apilar.

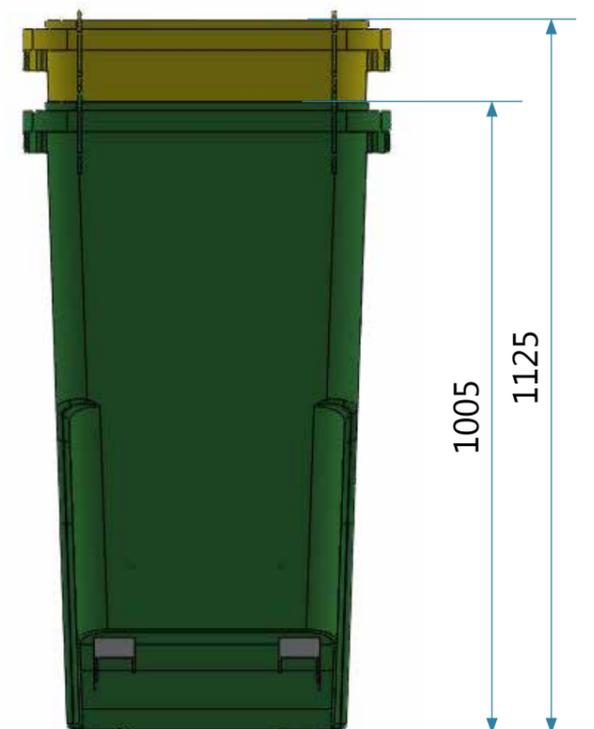


Figura 3.1.11 Altura de apilado

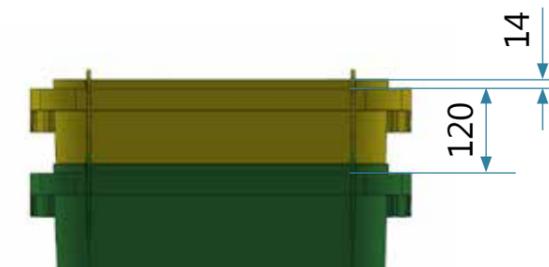


Figura 3.1.12 Separación de apilado

Se van a realizar cortes por planos paralelos a distintas alturas para comprobar las holguras de apilado que existen entre los cubos a estas alturas. Los planos están separados 100 mm entre sí.

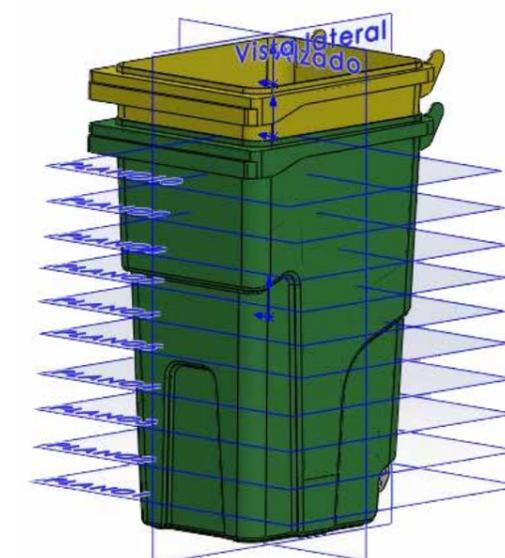


Figura 3.1.13 Cortes

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Estudio de apilado

Corte 1: A 100 mm desde el borde inferior, el corte indica que no aparece todavía el cubo superior del apilado.

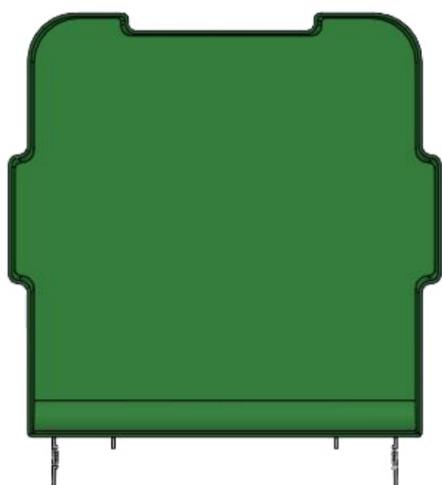


Figura 3.1.14 Corte 1

Corte 2: A 200 mm desde el borde inferior, y tomadas medidas en distintos puntos de la sección, se tiene una holgura mínima de 0.87 mm

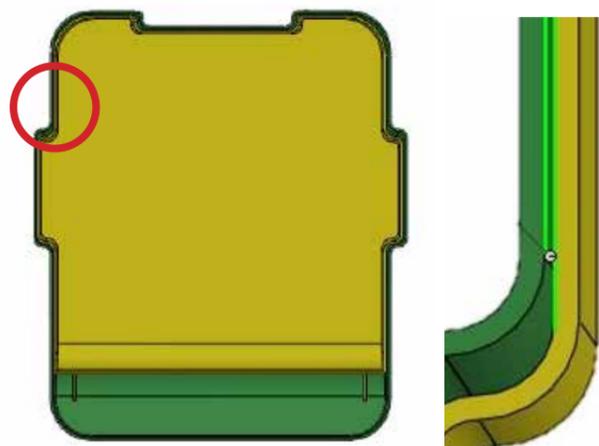


Figura 3.1.15 Corte 2

Corte 3: A 300 mm desde el borde inferior, y tomadas medidas en distintos puntos de la sección, se tiene una holgura mínima de 0.87 mm

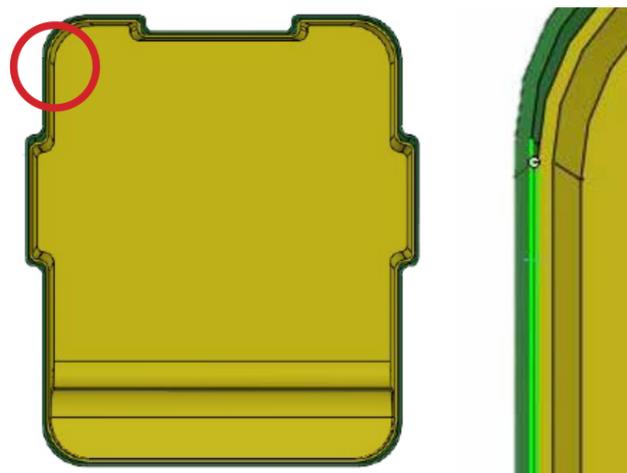


Figura 3.1.16 Corte 3

Corte 4: A 400 mm desde el borde inferior, se tiene una holgura mínima de 0.87 mm, igual que el corte 3 y en la misma zona.

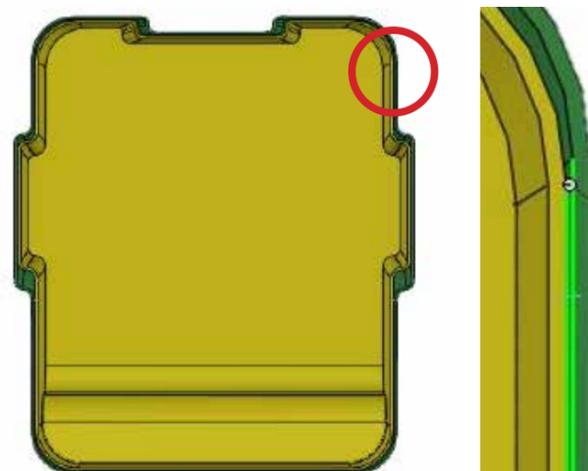


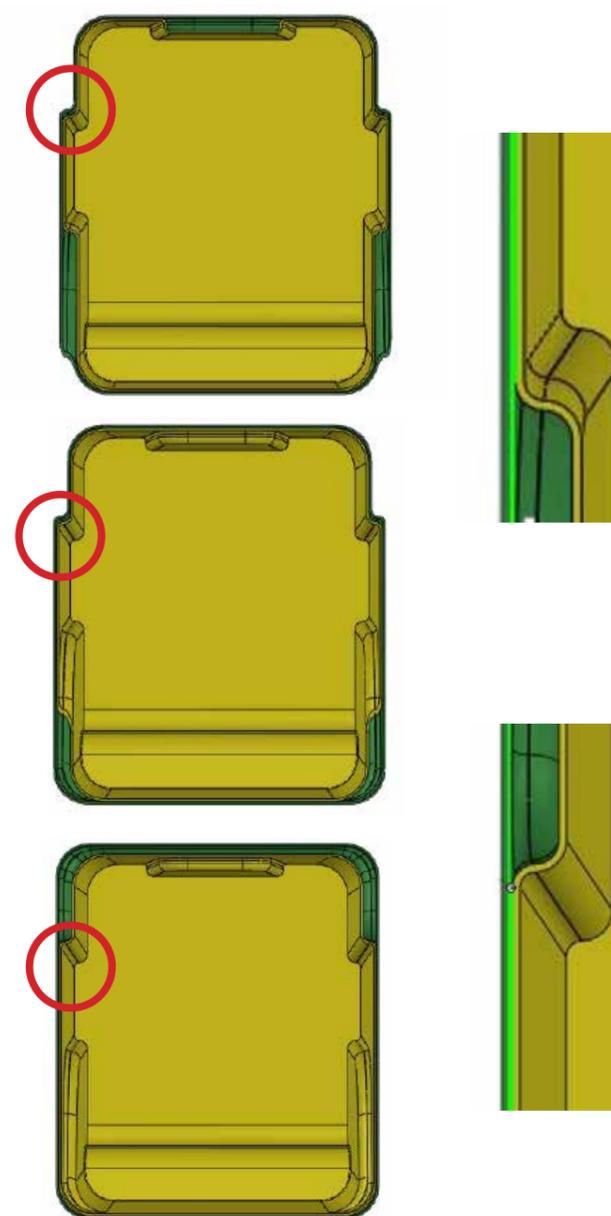
Figura 3.1.17 Corte 4

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

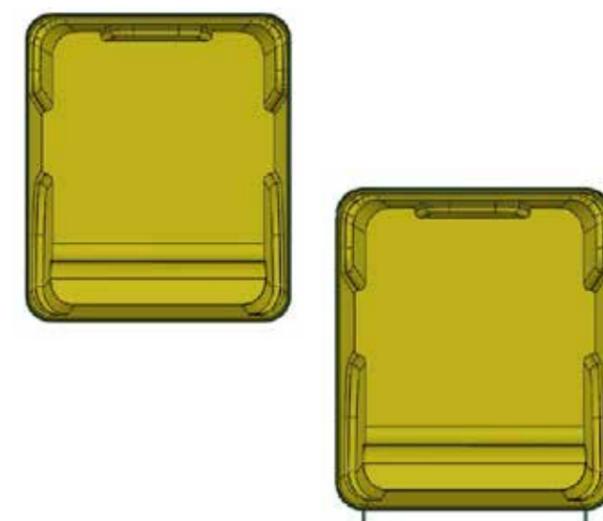
Estudio de apilado

Corte 5, corte 6 y corte 7: A 500, 600 y 700 mm desde el borde inferior, se tiene una holgura mínima de 0.87 mm en la misma zona. Se aprecia con cada corte más del cubo amarillo.



Figuras 3.1.18 Corte 5, 6 y 7

Corte 8 y 9: A 800 mm y 900 mm (empiezan a aparecer ya los nervios de apilado en el corte) desde el borde inferior, se tiene la misma holgura mínima de 0.87 mm vista anteriormente.



Figuras 3.1.19 Corte 8 y 9

Corte 10: A 1000 mm desde el borde inferior empiezan a aparecer ya los nervios de apilado y la toma frontal en el corte. Se mantiene constante una holgura mínima de 0.87 mm.



Figura 3.1.20 Corte 10

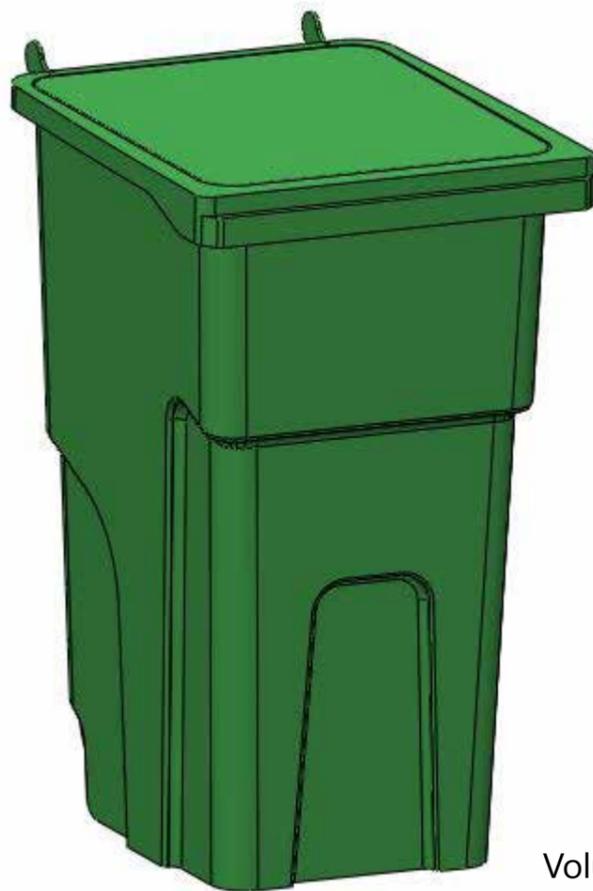
3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Cálculo del volumen

Según la norma UNE-EN 840-1 el volumen aceptado para contenedores de 240 litros es de 240 (+15)(-5).

Se calcula el volumen del cubo sin contar el volumen adicional de la tapa.



Volumen: 239.10 litros

Figura 3.1.21 Volumen cubo con rehundidos

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.1 Concepto con rehundidos

Ventajas y desventajas

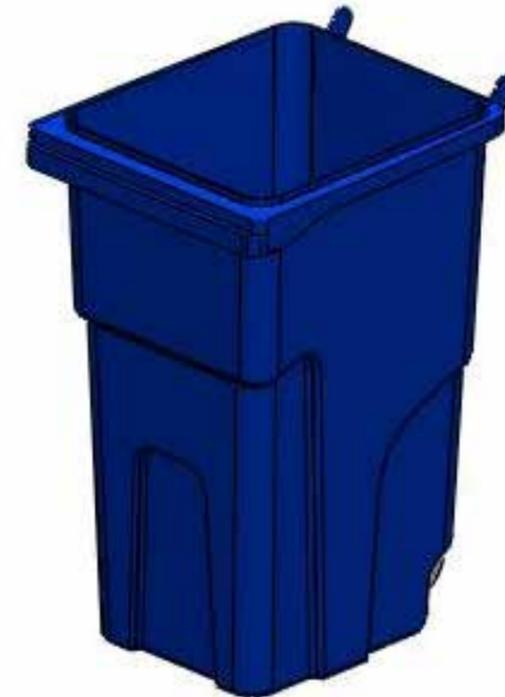


Figura 3.1.22 Cubo con rehundidos

- > Apilan a 120 mm y se obtienen 16 cubos a una altura de 2805 mm(*). 17 cubos a 2925 mm, no dejaría espacio a la tapa (**)
- > Volumen dentro de la norma: 239 litros
- > Forma estética diferente, con rehundidos distintos, en diferentes caras y direcciones
- > Separación de caras en el apilado; 0,87. Se mantiene constante

- > Tiene una altura superior a lo que hay actualmente; 1005 mm
- > Parte de atrás lisa, no hay espacio para apoyar el pie en el eje de las ruedas
- > Con los salientes se acumula más suciedad y es más fácil agarrarlo (con malas intenciones, volcarlo)

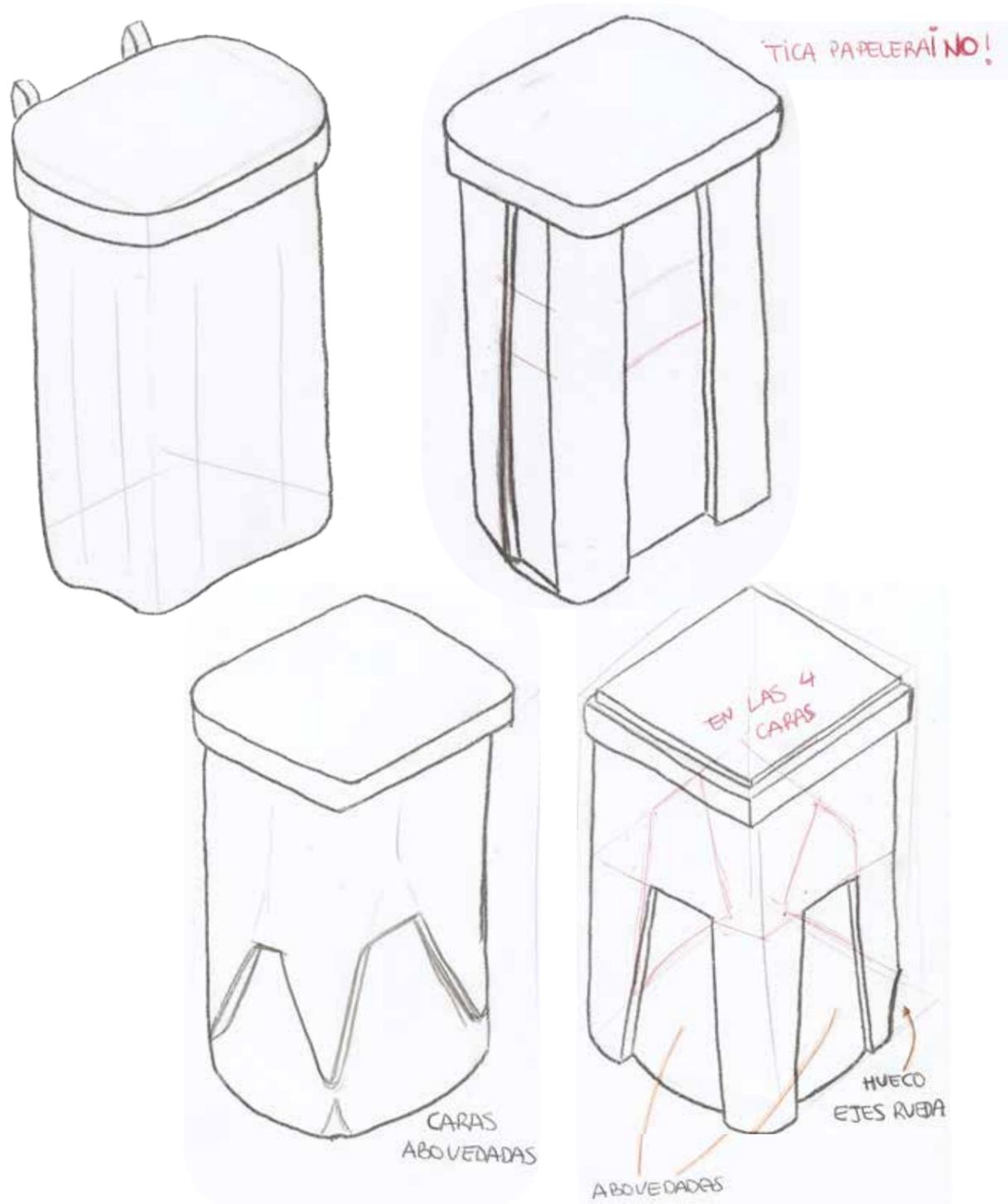
(*) Se considera 2950 mm como la altura que tiene el camión que almacena los cubos

(**) Hay que tener en cuenta que el último cubo de la pila va con la tapa montada y cerrada, a diferencia del resto de cubos, que la llevan montada, pero abierta.

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Bocetar y desarrollar ideas principales

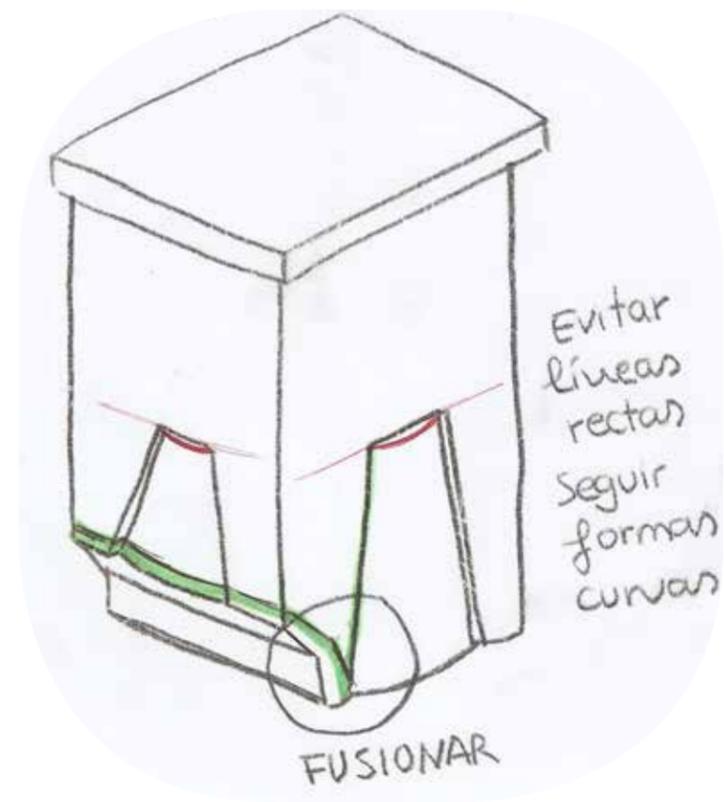


Figuras 3.2.1 Desarrollo ideas cubo con columnas

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Bocetar y desarrollar ideas principales

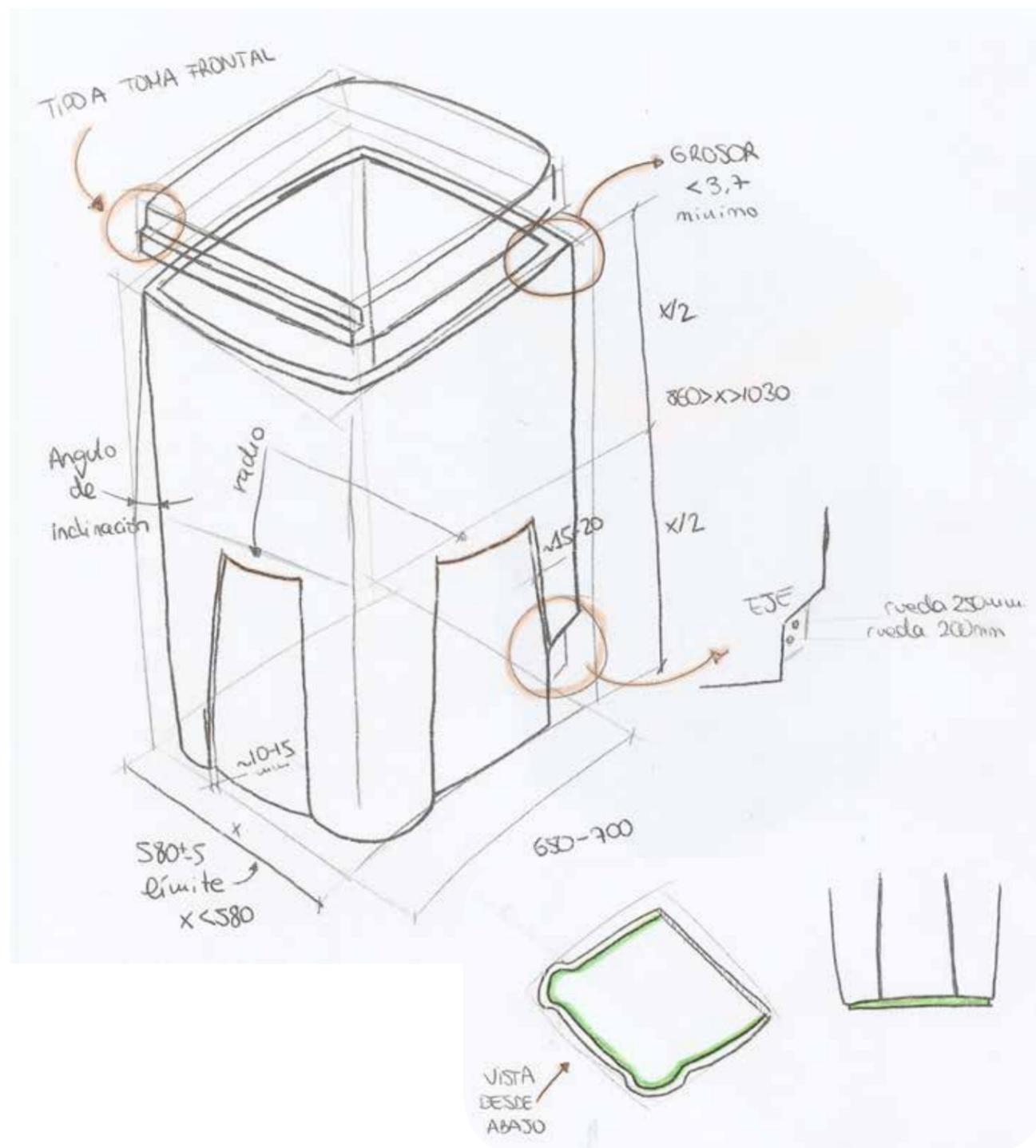


Figuras 3.2.2 Desarrollo ideas cubo con columnas

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Bocetar y desarrollar ideas principales



Figuras 3.2.3 Desarrollo ideas cubo con columnas

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

4.2 Concepto con columnas

Bocetar y desarrollar ideas principales

Este es el diseño final del cubo con columnas

A la hora de realizar el concepto en CAD, todas las aristas serán redondeadas, perdiendo así volumen y dándole cierto valor estético. El diseño consta de 4 columnas, las dos de atrás se cortan al llegar a la zona del eje de la rueda. Entre cada columna hay un rehundido que llega hasta la mitad del cubo. El cubo es totalmente simétrico y tiene un rehundido adicional en la zona de atrás para el semivolcado y transporte del cubo.

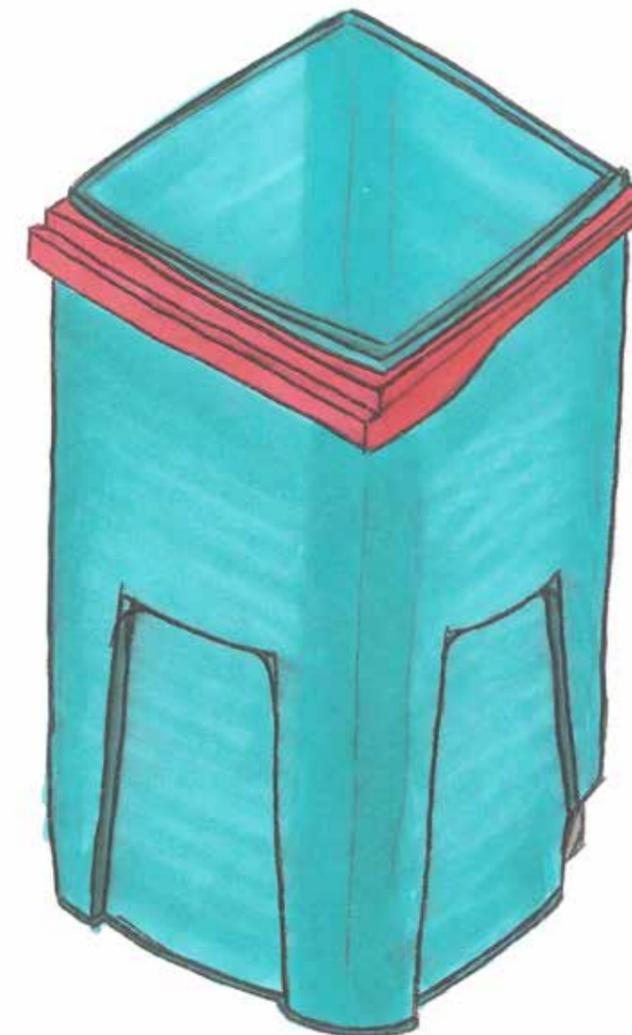


Figura 3.2.4 Concepto final del cubo con columnas

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Crear un modelo 3D en CAD

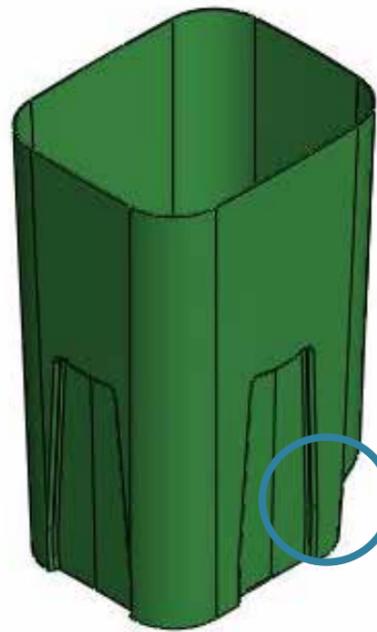


Figura 3.2.5 Diseño CAD

Columnas demasiado anchas, quitan mucho volumen. Ensanchar los rehundidos para poder fusionar en la parte de atrás

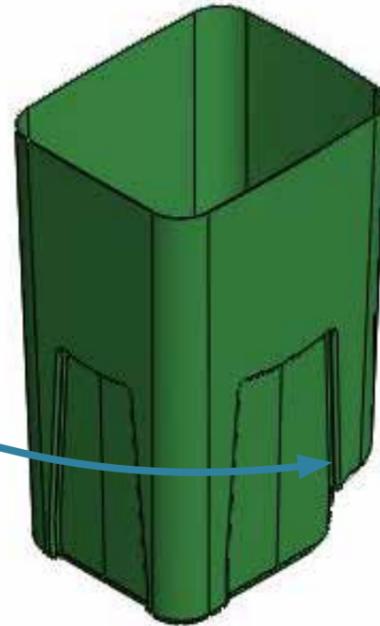


Figura 3.2.6 Diseño CAD

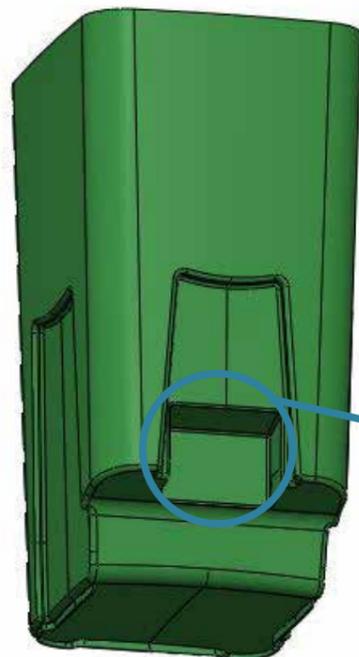


Figura 3.1.7 Diseño CAD

Zona de atrás para pies, no se apila bien si las paredes son rectas. Tienen que llevar la inclinación de los rehundidos y un tamaño razonable

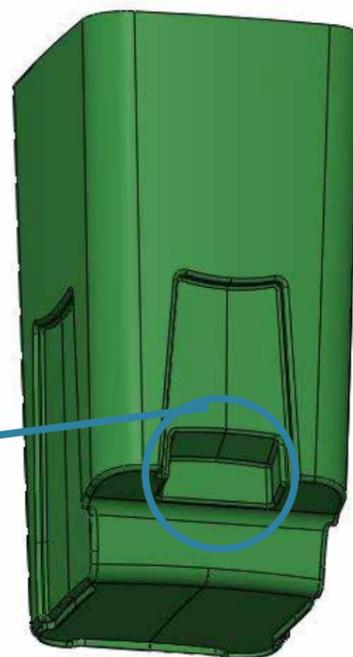


Figura 3.1.8 Diseño CAD

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Crear un modelo 3D en CAD



Figura 3.1.9 Vista en perspectiva del cubo



Figura 3.1.10 Vistas generales del cubo

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Comprobar que cumple la norma

Para comprobar que las dimensiones del cubo se revisan las cotas marcadas en la norma. Como se ha hecho con el primer concepto.

Al igual que el primer concepto, se suprimen de esta lista aquellas cotas relacionadas con la tapa o con los nervios.

Dimensión nº	Cubo de 240 litros (mm)	Observaciones	Cotas medidas en CAD (mm)	
1	580±5	Anchura total del contenedor	583.90	Conforme
2	580±5	Anchura de la toma frontal	575.19	Conforme
3	740 máx.		737.35	Conforme
5	860 mín. 1030 máx.		986	Conforme
6	590 máx.	Relacionado con las ruedas	563.29	Conforme
8	560 mín. 760 máx.	Para ruedas de 300 mm la dimensión máxima es 70mm más	615.3	Conforme
10	430 (+20)(-30)	Ojo, falta tapa y tapones bisagra	412	Conforme
11	195 mín.	Las ruedas pueden tener un diámetro superior	200	Conforme
13	6 (+2) (-4.5)		5	Conforme
15	13 (+5) (-3)		14	Conforme
16	21 (+2) (-2)		21	Conforme
18	26±1		26	Conforme
19	58 máx.		57	Conforme
22	15 máx.		14	Conforme
23	33 (+8) (-0)		34.82	Conforme

Tabla 3.2.11 Dimensiones de la norma

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Estudio de apilado

Se consigue apilar a 135 mm de distancia. Cuanto más próximos estén los cubos, mayor será el número de cubos que se puedan apilar.

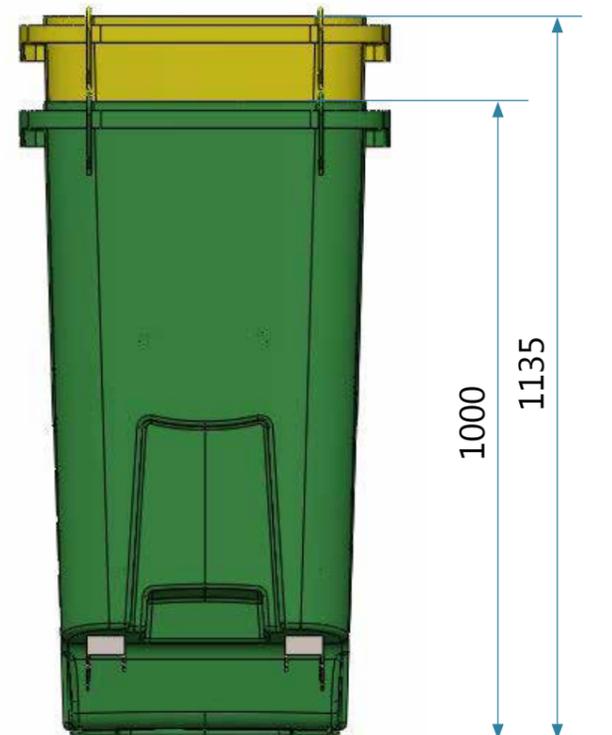


Figura 3.2.12 Altura de apilado

Se realizan cortes por planos paralelos al igual que el concepto anterior. Un total de 10 planos separados 100 mm entre sí, para observar las holguras que existen.

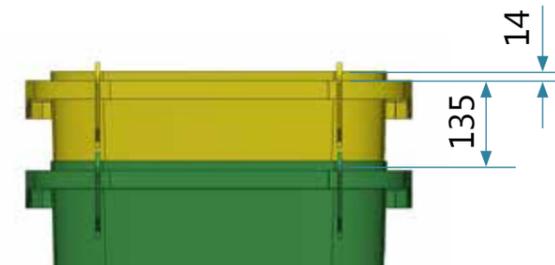


Figura 3.2.13 Separación de apilado

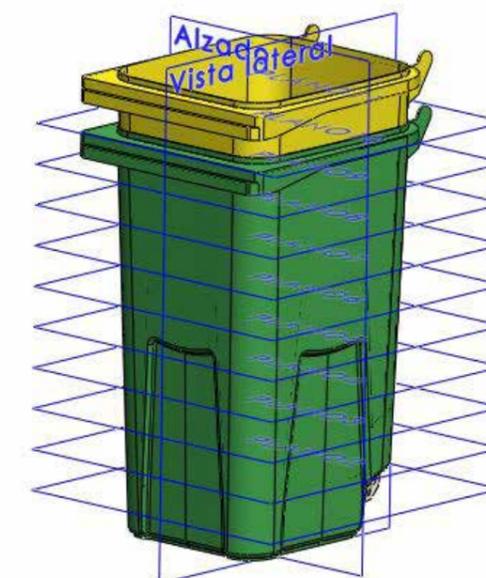


Figura 3.2.14 Cortes

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Estudio de apilado

Corte 1: A 100 mm desde el borde inferior, el corte indica que no aparece todavía el cubo superior del apilado.

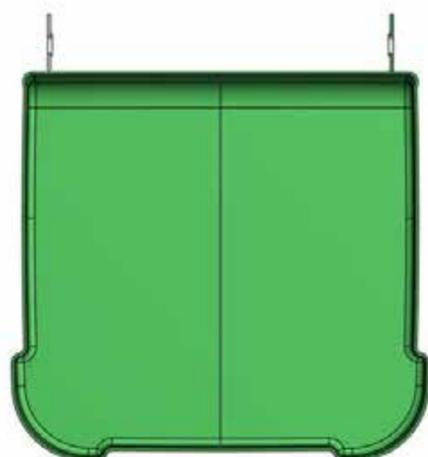


Figura 3.2.15 Corte 1

Corte 2: A 200 mm desde el borde inferior, y tomadas medidas en distintos puntos de la sección, se tiene una holgura mínima de 0.38 mm

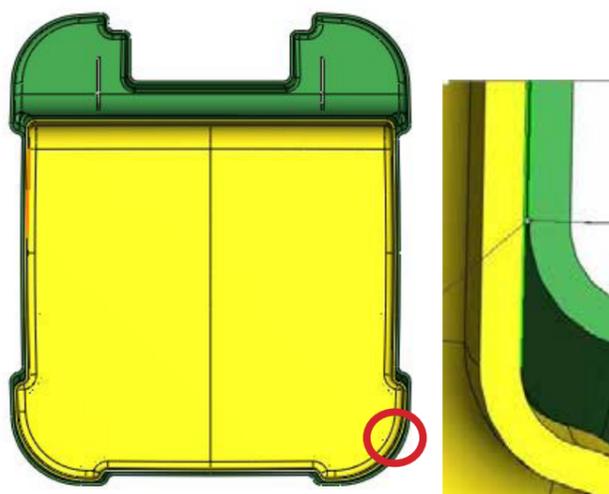


Figura 3.2.16 Corte 2

Corte 3: A 300 mm desde el borde inferior, se tiene una holgura de 0.38 en casi todas las paredes, excepto en la pared frontal del cubo con una holgura mínima de 0.34 mm. Es un valor muy bajo a tener en cuenta.

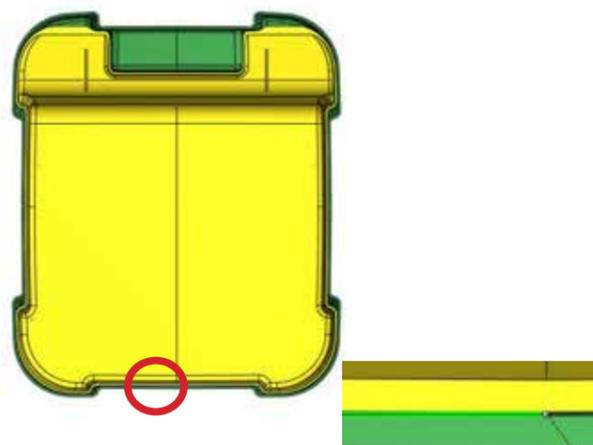


Figura 3.2.17 Corte 3

Corte 4: A 400 mm desde el borde inferior, se tiene una holgura mínima vuelve a ser de 0.38 mm

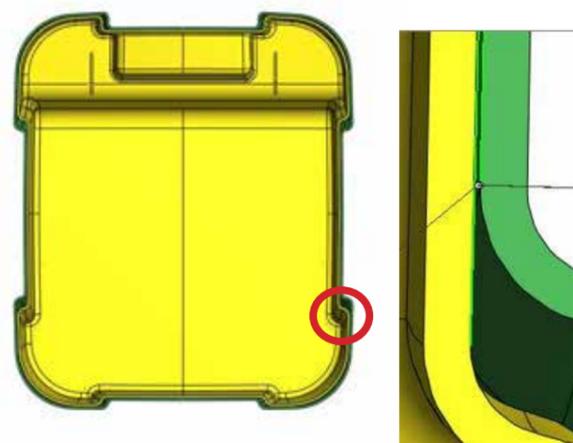


Figura 3.2.18 Corte 4

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Estudio de apilado

Corte 5: A 500 mm desde el borde inferior, se tiene una holgura mínima de 0.81 mm.

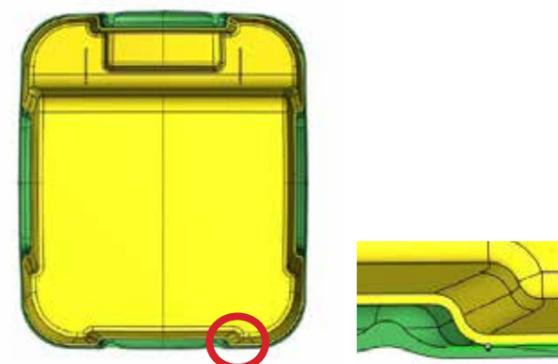
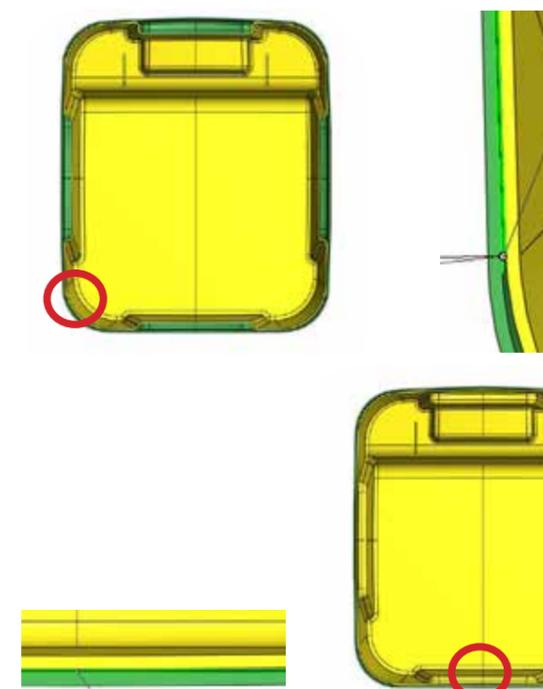


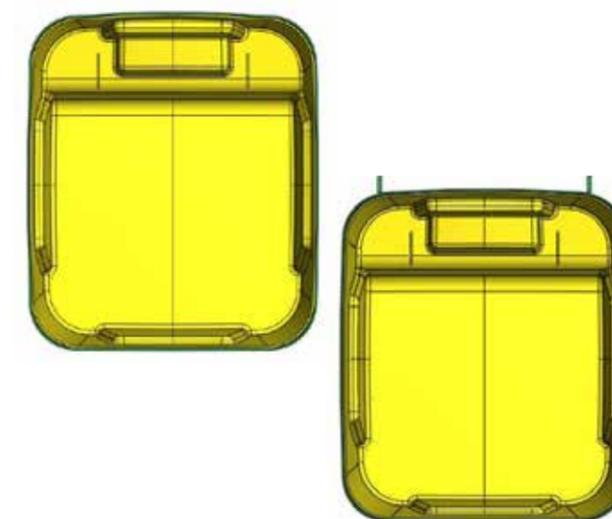
Figura 3.2.19 Corte 5

Corte 6 y 7: A 600 y 700 mm se tiene una holgura de 0.85 en casi todas las paredes, excepto en la pared frontal con una holgura mínima de 0.81 mm.



Figuras 3.2.20 Corte 6 y 7

Corte 8 y 9: A 800 mm y 900 mm desde el borde inferior, se tiene la misma holgura mínima de 0.81 mm que se ha visto en los anteriores cortes en la zona frontal.



Figuras 3.2.21 Corte 8 y 9

Corte 10: A 1000 mm empiezan a aparecer ya los nervios de apilado y la toma frontal en el corte. Se tiene la misma holgura mínima de 0.81 mm en la zona frontal.

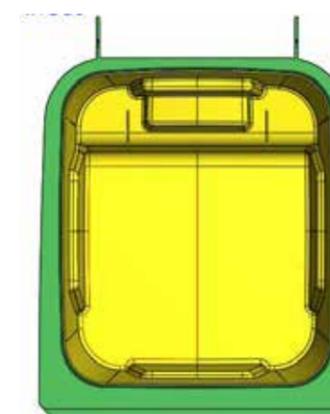


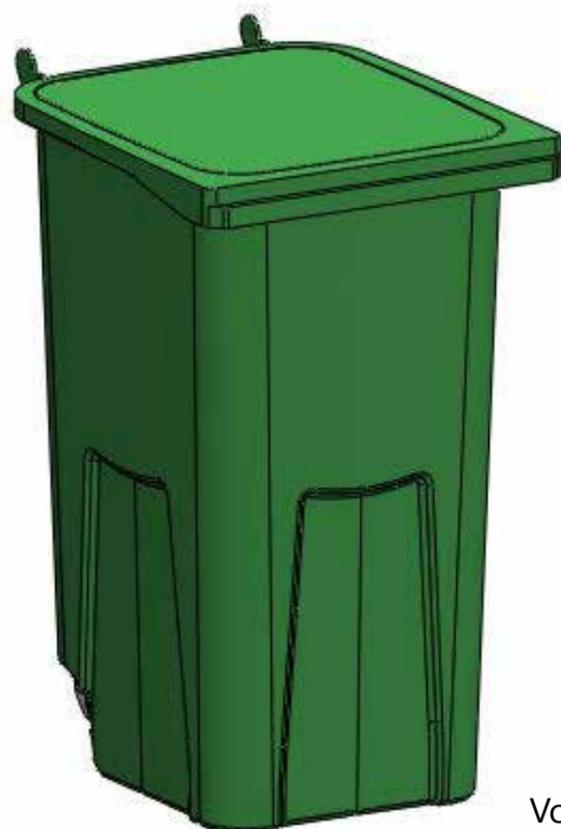
Figura 3.2.22 Corte 10

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Cálculo del volumen

Siguiendo los mismos pasos tomados con el concepto anterior, se calcula el volumen del cubo sin contar el volumen que adiciona la tapa.



Volumen: 232.40 litros

Figura 3.2.23 Volumen cubo con columnas

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.2 Concepto con columnas

Ventajas y desventajas



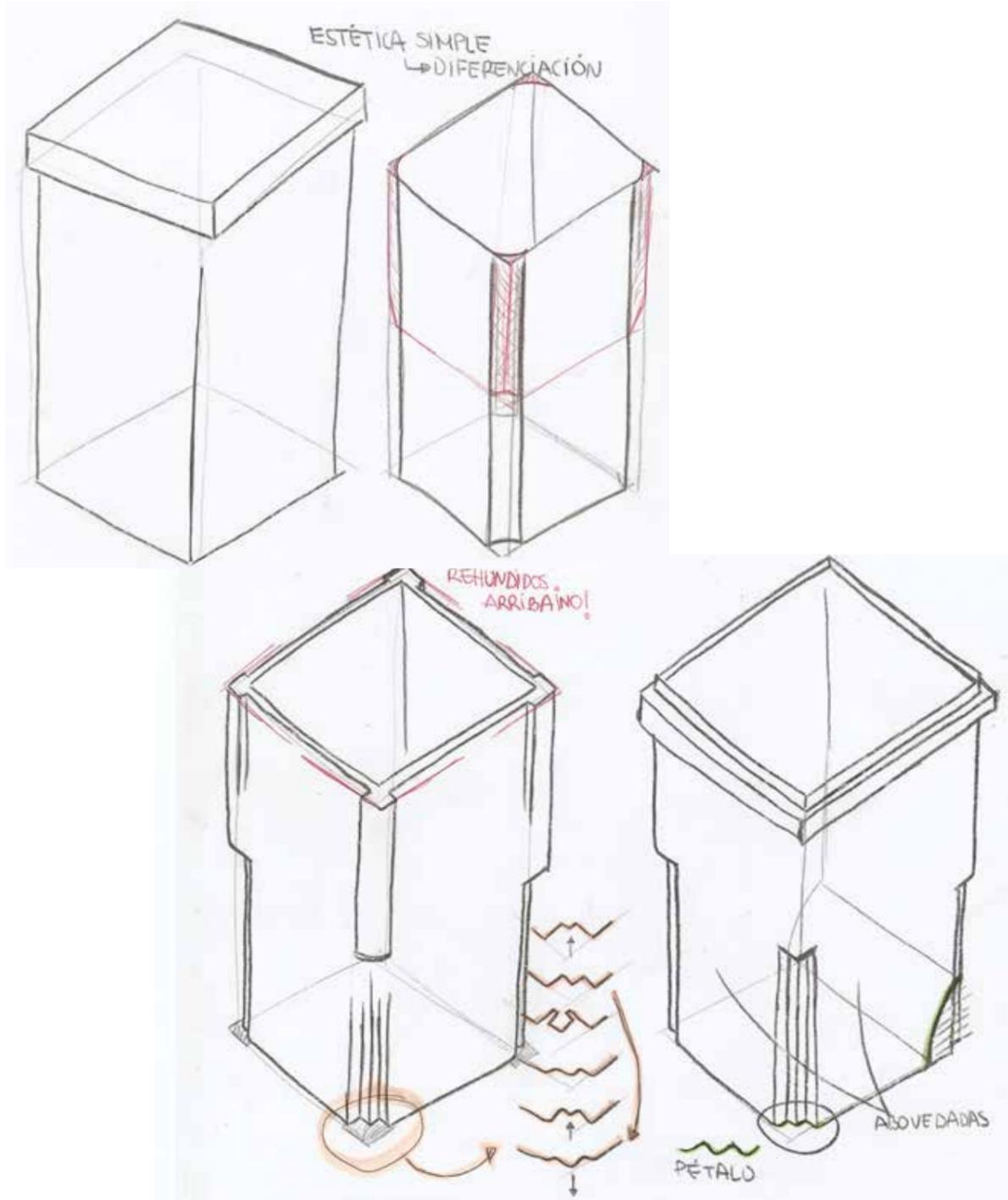
Figura 3.2.24 Cubo con columnas

- > Forma estética diferente, rehundidos simétricos en las cuatro caras, formando en las esquinas cuatro columnas. Caras abovedadas y la parte de abajo también.
- > En la parte de atrás tiene un rehundido de apoyo para ayudar al semivolcado del cubo y hacerlo rodar sobre las dos ruedas.
- > Separación de caras en el apilado; el mínimo 0.34 mm (luego va variando a 0.38, 0.81 y 0.85). Para aumentar la holgura sería necesario dar más ángulo al cuerpo, lo que implica una disminución de volumen.
- > Apilan a 135 mm y se obtienen 15 cubos a una altura de 2890 mm.
- > Volumen fuera de la norma: 232 litros
- > Tiene una altura superior a lo que hay actualmente en el mercado: 1000 mm.

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Bocetar y desarrollar ideas principales

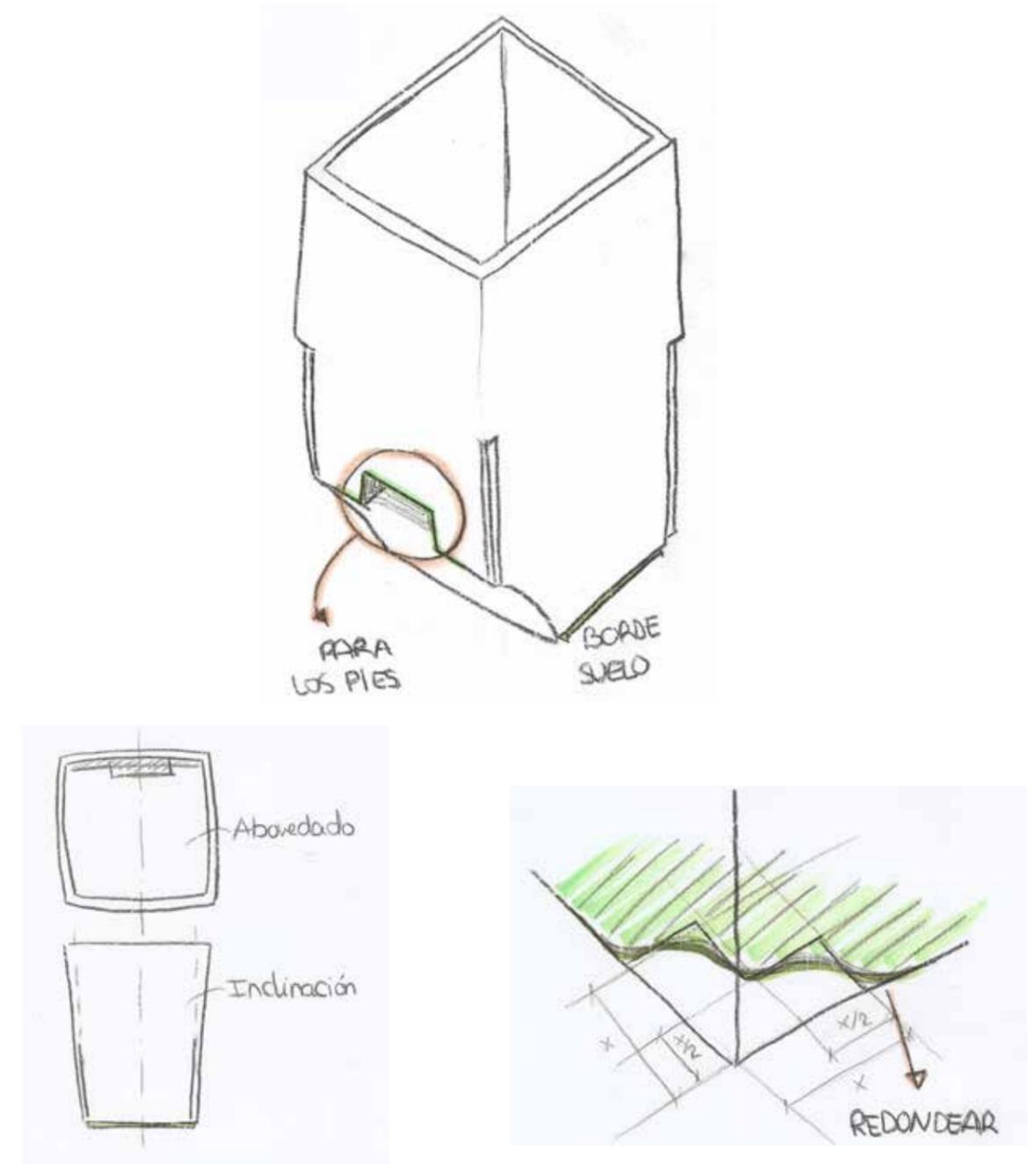


Figuras 3.3.1 Desarrollo ideas cubo liso

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Bocetar y desarrollar ideas principales

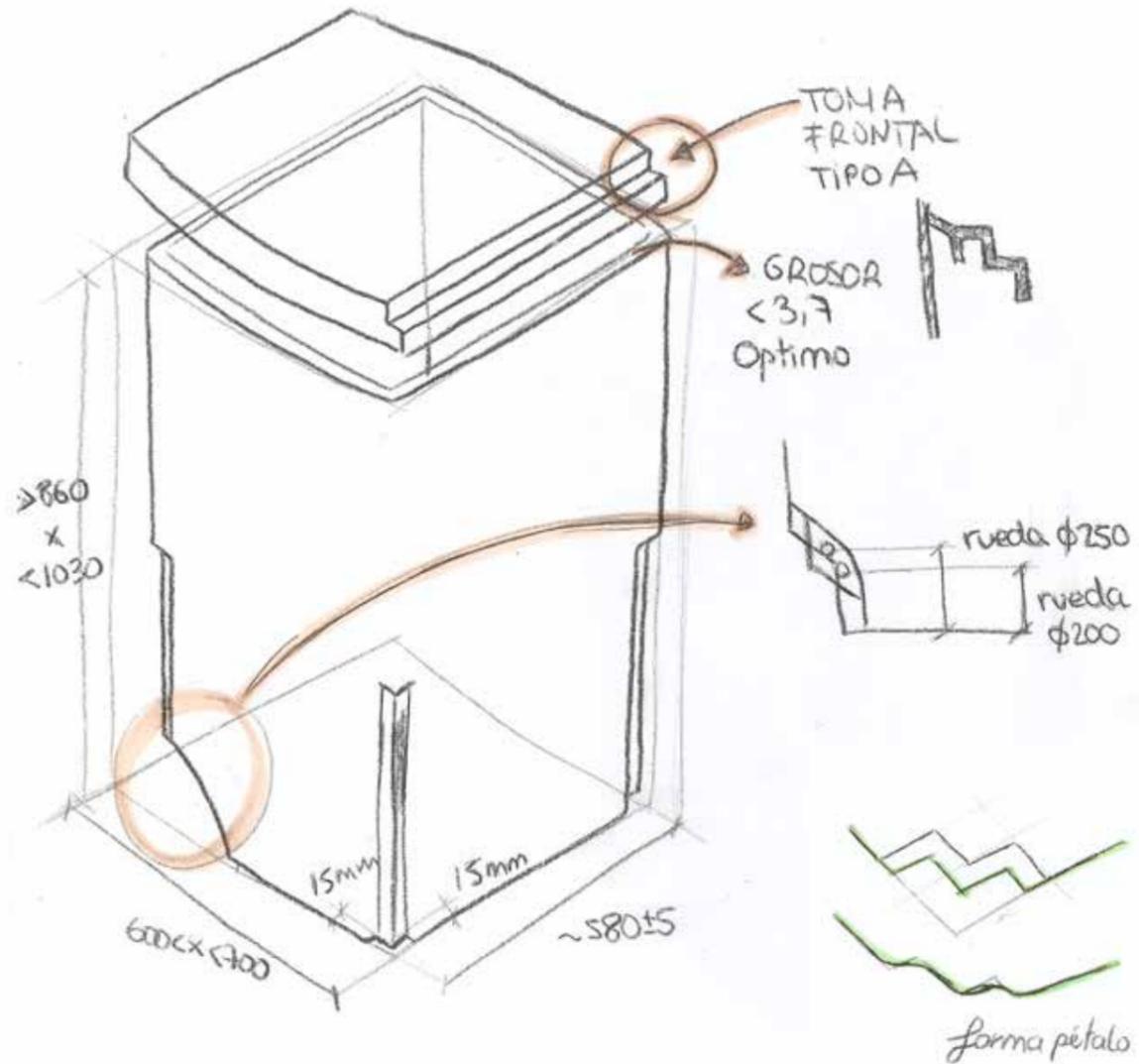


Figuras 3.3.2 Desarrollo ideas cubo liso

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Bocetar y desarrollar ideas principales



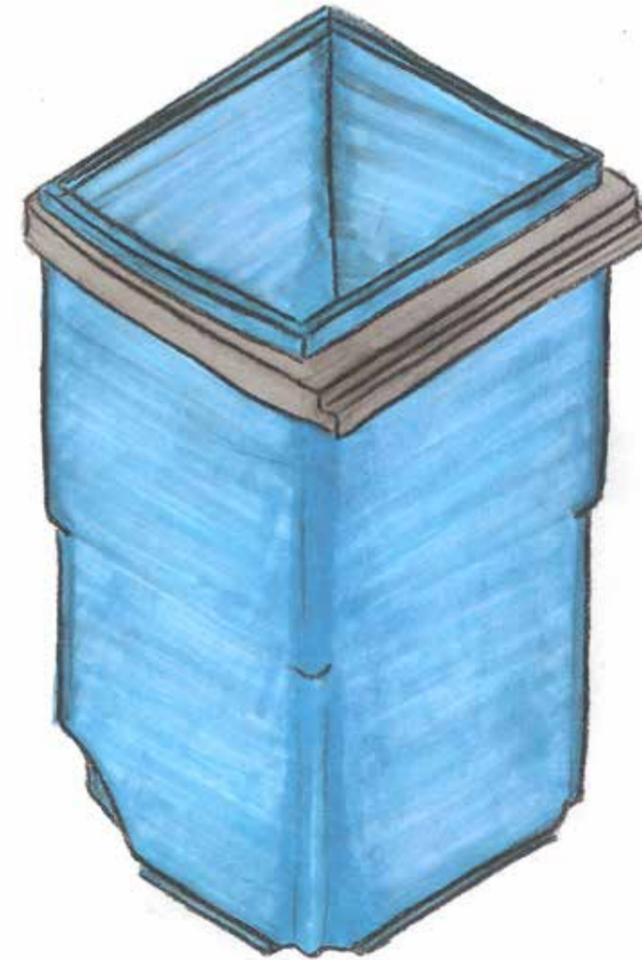
Figuras 3.3.3 Desarrollo ideas cubo liso

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Bocetar y desarrollar ideas principales

Este es el diseño final del cubo liso:



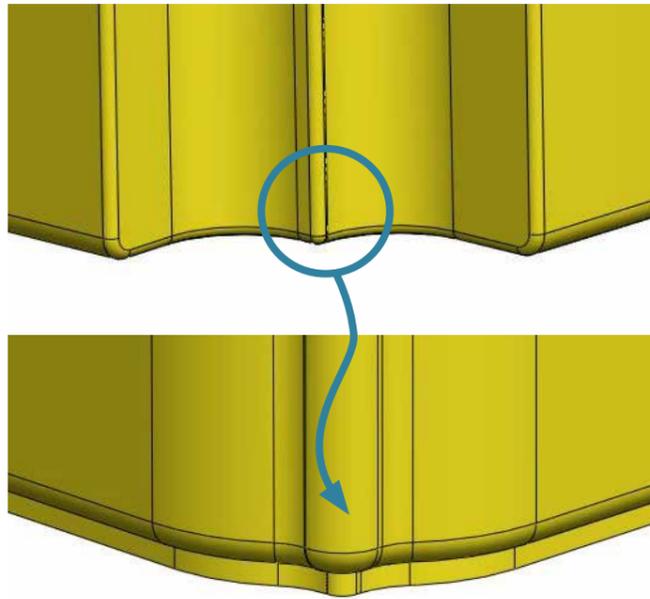
Figuras 3.3.4 Concepto final cubo liso

Al igual que en los otros dos conceptos, todas las aristas se redondean, no debe quedar ninguna arista viva en la parte del cuerpo. El diseño consiste en un cuerpo liso, con unos redondeos más pronunciados en la parte media inferior del cubo. Se ha diseñado totalmente simétrico, y también incluye un rehundido en la zona de atrás, como en el concepto anterior, que ayuda a manipular el cubo usando los pies para el semivolcado y transporte de este.

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Crear un modelo 3D en CAD



Figuras 3.3.5 Diseño CAD

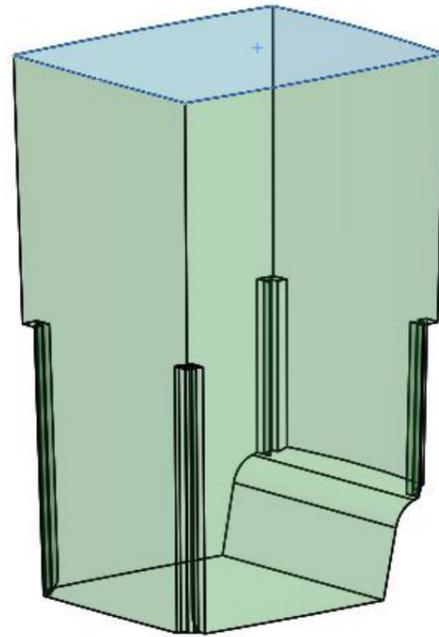


Figura 3.3.6 Diseño CAD

Forma del rehundido demasiado profundo, impide el vaciado del cubo y su apilación

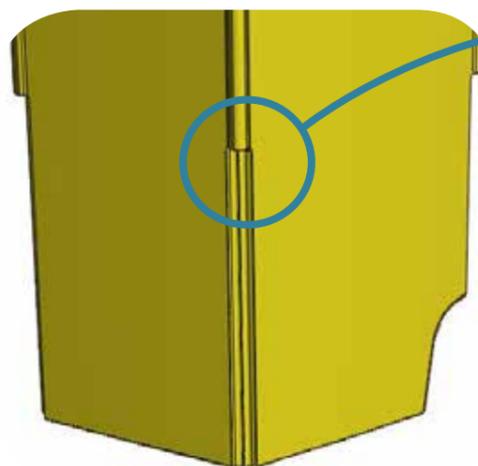


Figura 3.2.7 Diseño CAD

Evitar forma irregular en la zona de arriba de la columna. No podrá apilar

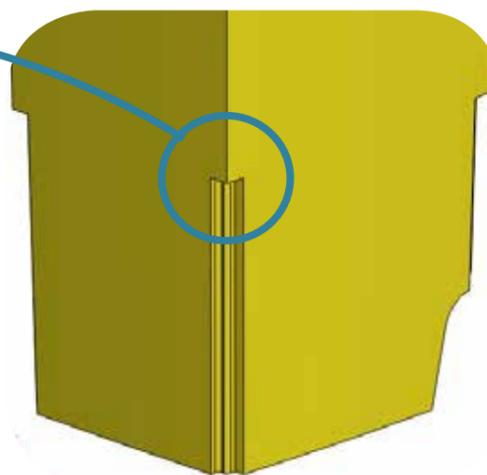


Figura 3.2.8 Diseño CAD

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Crear un modelo 3D en CAD



Figura 3.2.9 Vista en perspectiva del cubo



Figura 3.1.10 Vistas generales del cubo

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Comprobar que cumple la norma

Como en los otros dos concetos, con este último también se realiza una tabla con las diferentes dimensiones que afectan al diseño y que sirven de comprobación.

Se suprimen de esta lista aquellas cotas relacionadas con la tapa o con los nervios.

Dimensión nº	Cubo de 240 litros (mm)	Observaciones	Cotas medidas en CAD (mm)	
1	580±5	Anchura total del contenedor	583.90	Conforme
2	580±5	Anchura de la toma frontal	577.21	Conforme
3	740 máx.		732.23	Conforme
5	860 mín. 1030 máx.		943.59	Conforme
6	590 máx.	Relacionado con las ruedas	571.58	Conforme
8	560 mín. 760 máx.	Para ruedas de 300 mm la dimensión máxima es 70mm más	615.13	Conforme
10	430 (+20)(-30)	Ojo, falta tapa y tapones bisagra	412 Para cumplir norma, aumentar separación	Conforme
11	195 mín.	Las ruedas pueden tener un diámetro superior	200	Conforme
13	6 (+2) (-4.5)		5	Conforme
15	13 (+5) (-3)		13	Conforme
16	21 (+2) (-2)		21	Conforme
18	26±1		26	Conforme
19	58 máx.		56	Conforme
22	15 máx.		14	Conforme
23	33 (+8) (-0)		34.94	Conforme

Tabla 3.3.11 Dimensiones de la norma

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Estudio de apilado

Se consigue apilar a 135 mm de distancia. Cuanto más próximos estén los cubos, mayor será el número de cubos que se puedan apilar.

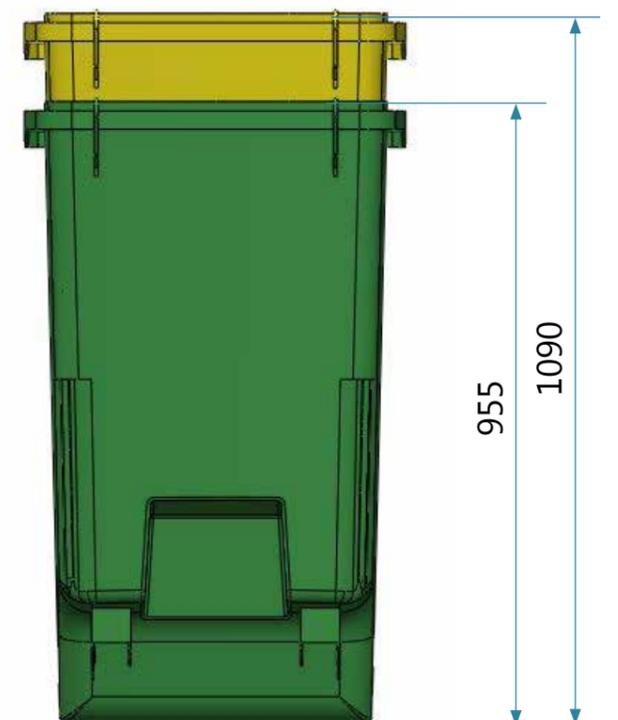


Figura 3.3.12 Altura de apilado

Para calcular las holguras que existen entre dos cubos al apilarse, se realizan 10 cortes, a 100 mm cada plano. Igual que se a realizado en los casos anteriores, se muestra a continuación la información recopilada de cada corte.



Figura 3.3.13 Separación de apilado



Figura 3.3.14 Cortes

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Estudio de apilado

Corte 1: A 100 mm desde el borde inferior, el corte indica que no aparece todavía el cubo superior del apilado.

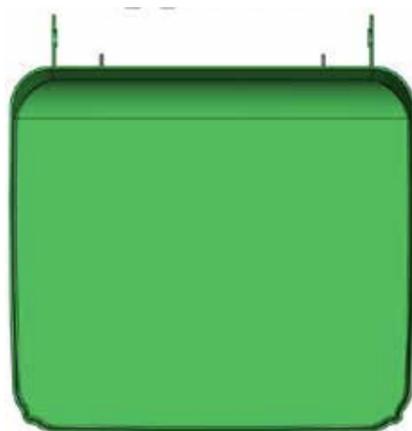


Figura 3.3.15 Corte 1

Corte 2: A 200 mm desde el borde inferior, y tomadas medidas en distintos puntos de la sección, se tiene una holgura mínima de 0.10 mm

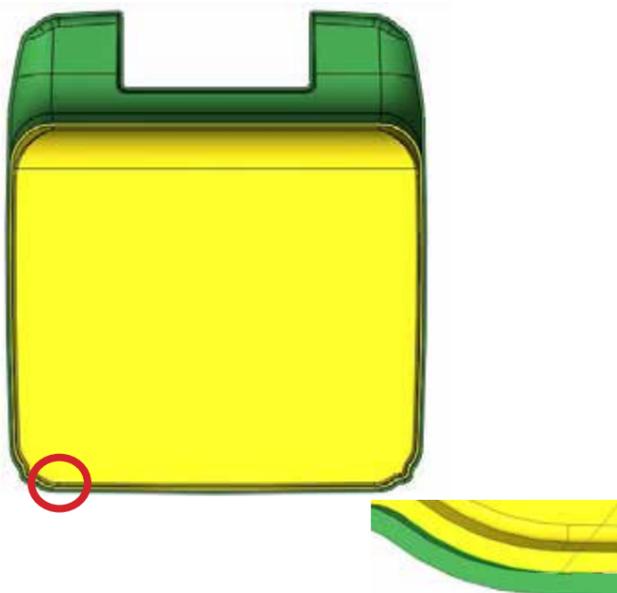


Figura 3.3.16 Corte 2

Corte 3: A 300 mm desde el borde inferior, y tomadas medidas en distintos puntos de la sección, se tiene una holgura mínima de 0.10 mm en la misma zona que el corte 2.



Figura 3.3.17 Corte 3

Corte 4: A 400 mm desde el borde inferior, y tomadas medidas en distintos puntos de la sección, se tiene una holgura de 0.13 en casi todas las paredes, excepto en la pared frontal del cubo con una holgura mínima de 0.10 mm. Es un valor muy bajo a tener en cuenta.

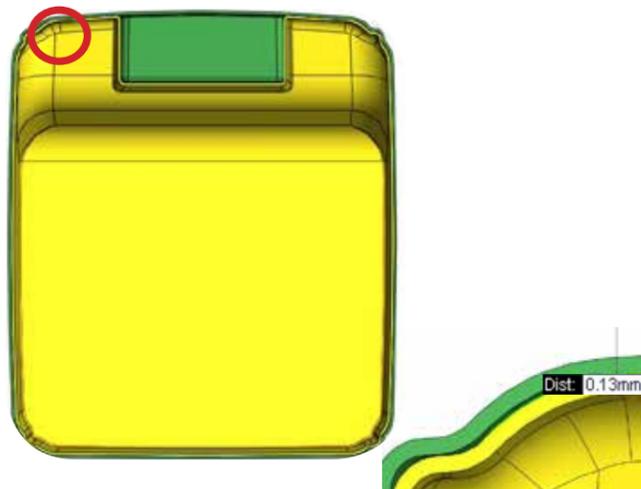


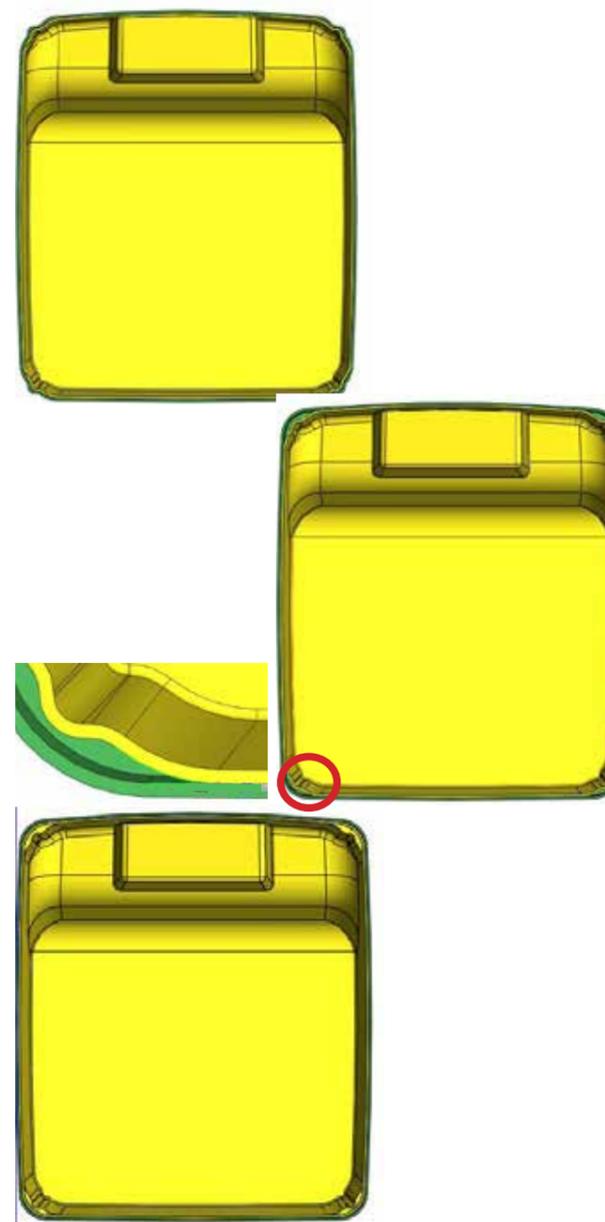
Figura 3.3.18 Corte 4

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

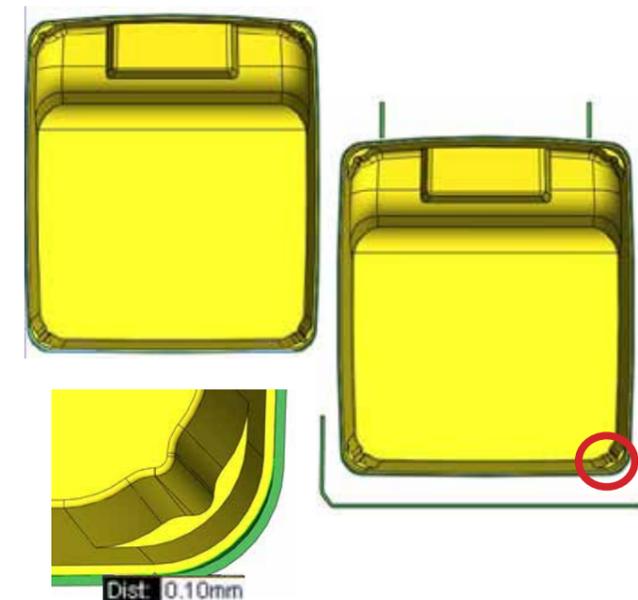
Estudio de apilado

Corte 5, corte 6 y corte 7: A 500, 600 y 700 mm desde el borde inferior, y tomadas medidas en distintos puntos de la sección, se tiene una holgura mínima de 0.10 mm.



Figuras 3.3.19 Corte 5, 6 y 7

Corte 8 y 9: A 800 mm y 900 mm (empiezan a aparecer ya los nervios de apilado en el corte) desde el borde inferior, se tiene la misma holgura mínima de 0.10 mm que se ha visto en los anteriores cortes.



Figuras 3.2.20 Corte 8 y 9

Corte 10: A 1000 mm desde el borde inferior empiezan a aparecer ya los nervios de apilado y la toma frontal en el corte. Se mantiene constante una holgura mínima de 0.87 mm.

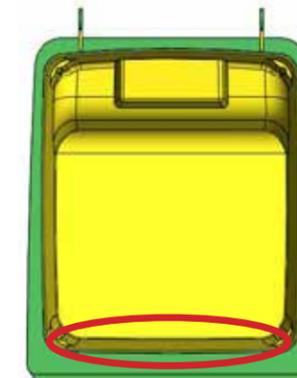


Figura 3.3.21 Corte 10

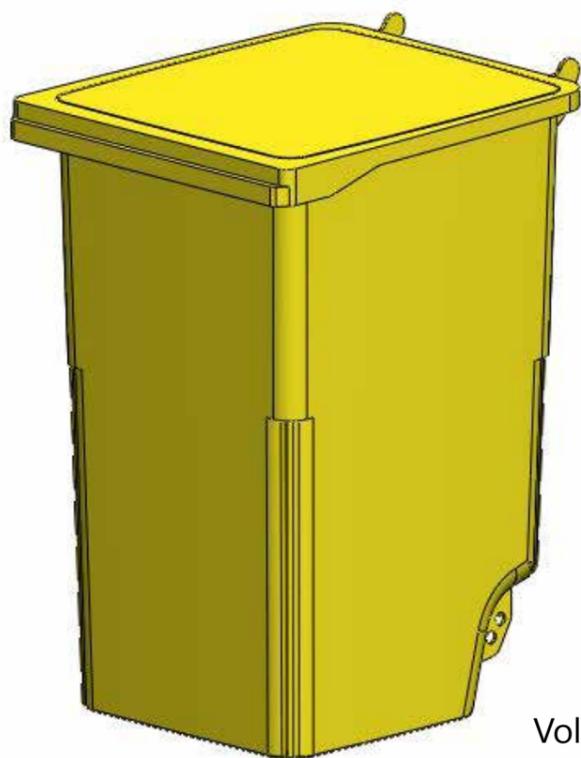
3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Cálculo del volumen

El último dato que queda por recopilar, es el volumen. Se calcula la capacidad que se obtiene con el concepto de cubo liso.

Al igual que los otros dos conceptos, el volumen calculado no incluye el volumen que adiciona la tapa.



Volumen: 245.74 litros

Figura 3.3.22 Volumen cubo liso

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.3 Concepto liso

Ventajas y desventajas

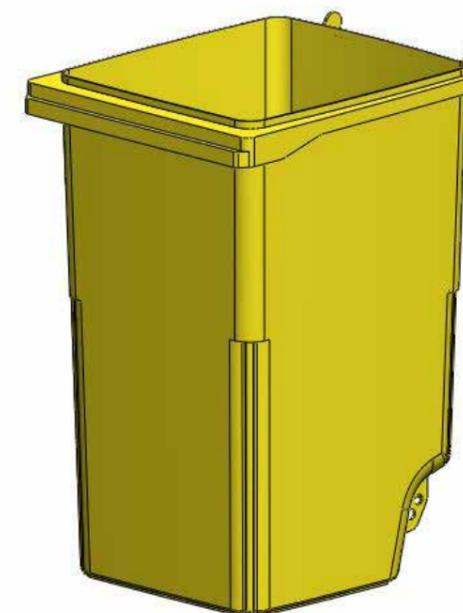


Figura 3.3.23 Cubo con liso

- > En la parte de atrás tiene un rehundido para los pies cuando apoyan en el eje de las ruedas.
- > Al no tener rehundidos, que restan volumen, se tiene la mayor capacidad con un cuerpo más bajo: 245 litros de volumen y 955 mm de altura.
- > Forma estética menos innovadora, cubo liso con un diseño de semicolumnas columnas con forma de pétalo.
- > Apilan a 135 mm y se obtienen 15 cubos a una altura de 2845 mm.
- > Separación de caras en el apilado; el mínimo 0,10 mm (muy bajo). Sería necesario aumentar el ángulo de inclinación del cuerpo con la consiguiente pérdida de volumen.

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.4 Elección de concepto

Antes de elegir el concepto a desarrollar, se muestran los tres juntos para observar visualmente las diferencias que tienen.

Se utiliza el mismo color para mostrarlos (a pesar de que en imágenes anteriores se ha trabajado cada concepto en un color), ya que como se suele identificar el verde como color de referencia de los contenedores, si solo fuera uno verde, la atención iría a parar a ese concepto.

Con el fin de elegir uno de los conceptos de manera objetiva, se evalúan diferentes características, propiedades e incluso se ha realizado una consulta estética enseñando estas mismas fotografías entre personas de diferentes edades.



CONCEPTO CON REHUNDIDOS



Figuras 3.4.1 Concepto con rehundidos

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.4 Elección de concepto

CONCEPTO CON COLUMNAS



Figuras 3.4.2 Concepto con columnas



CONCEPTO LISO



Figuras 3.4.3 Concepto liso

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.4 Elección de concepto

Se realiza la siguiente tabla comparativa en la que se evalúan diferentes características y recoge información de lo visto anteriormente, con el fin de seleccionar el concepto que mejor prestación tenga.

DISEÑO	Cubo con rehundidos	Cubo con columnas	Cubo liso
Volumen (litros)	239	232 <small>(para conseguir el volumen de norma, es necesaria tapa más alta)</small>	245
Apilado (mm)	120	135	135
Altura del cubo (mm)	1005	1000	955
Nº de cubos al apilar	16	15	15
Holguras mínimas en el apilado (mm)	0.87	0.34	0.10
Peso (Kg)	7.6	7.2	7.6
Fabricabilidad <small>(Paredes muy lisas provocan defectos de abombamiento)</small>	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto
Estimación rigidez <small>(Con rehundidos el cubo más rígido)</small>	Rígido	Rígido	Menos rígido
Consulta estética <small>(Sondeo a 50 personas)</small>	46 %	36 %	18 %
Grado de suciedad	Alta	Alta	Baja

Tabla 3.4.1 Comparativa de conceptos

■ Bueno
 ■ Regular
 ■ Malo

3. DISEÑO ESTÉTICO: CUERPO

3.4 Elección de concepto



Figuras 3.4.2 Conceptos desarrollados



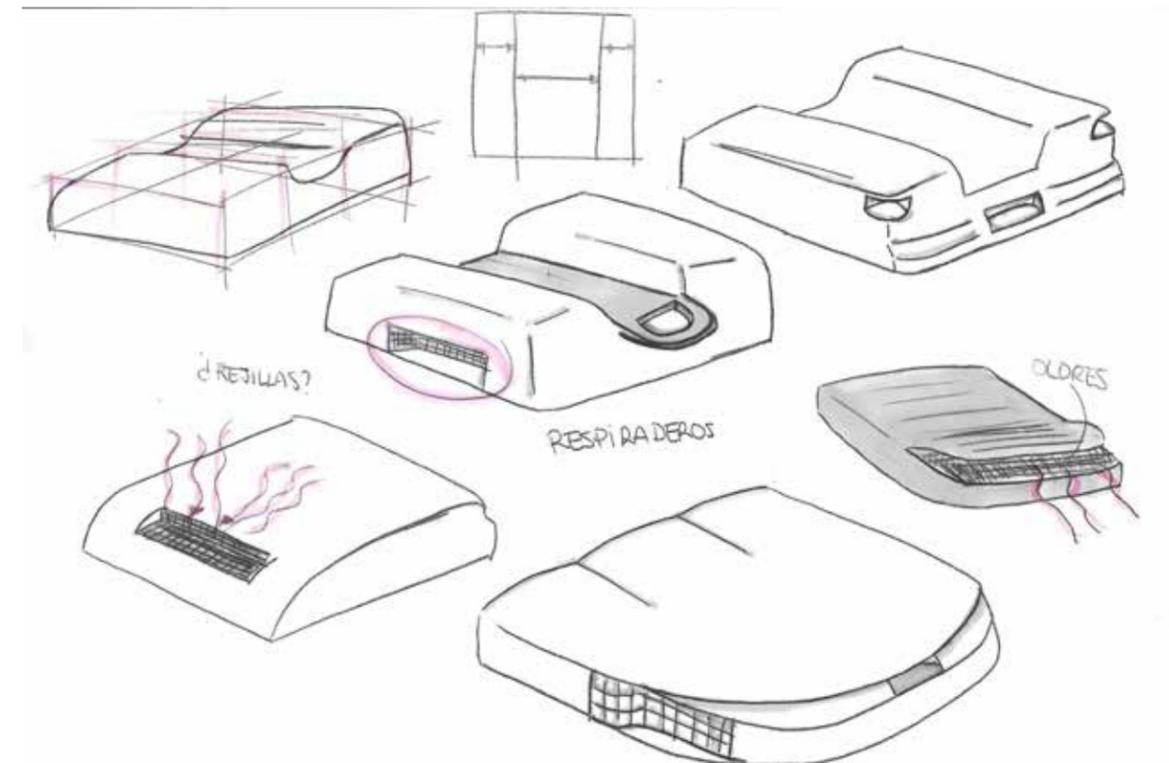
Figura 3.4.3 Cubo seleccionado

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

Una vez se ha escogido un diseño estético para el cubo, se trata de buscar conceptos de tapas acordes con este diseño. Tiene que haber una relación entre los dos elementos ya que juntos forman un producto. La línea estética del cubo, debe verse en la tapa, y a demás esta debe ser innovadora. La tapa es un elemento que no está estrictamente acotada dimensionalmente como ocurre con el cubo, esto da un margen para ser más creativos y jugar con formas más abstractas.

Sin olvidar que esta pieza debe ser fabricada mediante inyección y de acuerdo con el estudio formal de las tapas y las conclusiones sacadas (ver apartado 2.3 y 2.6) se ha seguido el siguiente proceso creativo:

- > Se ha realizado una primera lluvia de ideas con diferentes formas geométricas. Con el objetivo de incorporar a la tapa respiraderos.



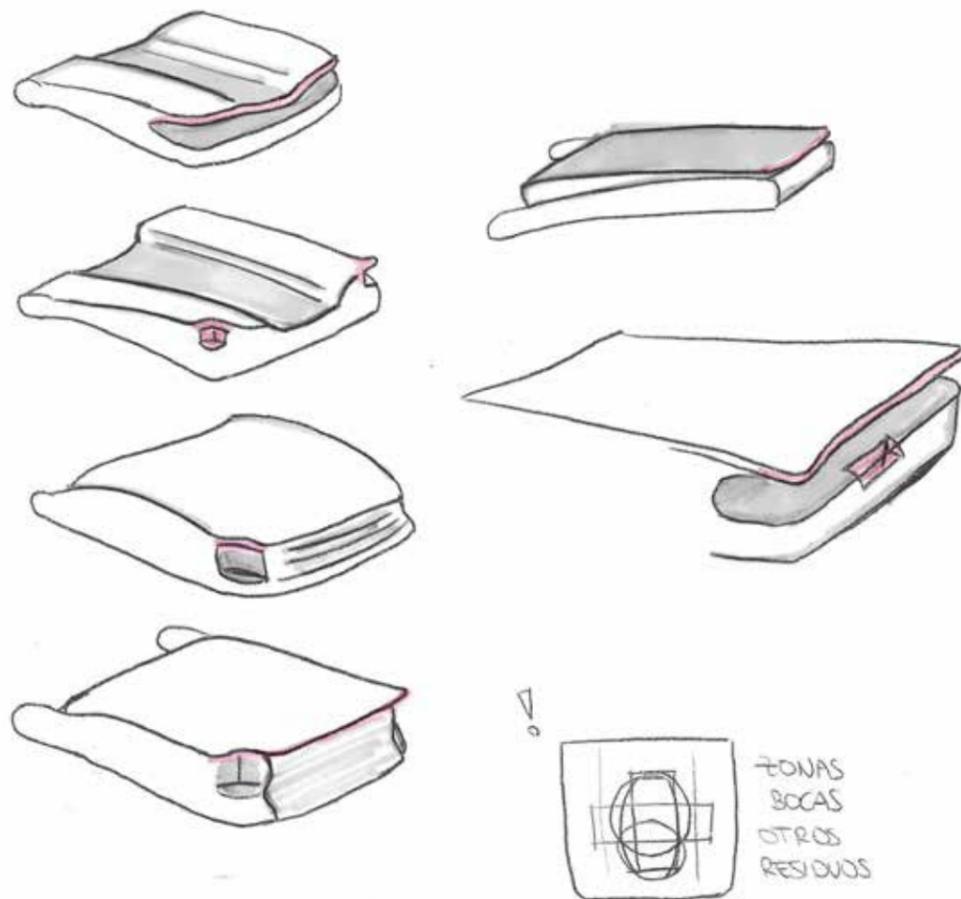
Figuras 4.1 Desarrollo ideas tapas

Después de probar con varios conceptos, se decide no implementar un respiradero en la tapa ya que por su ubicación podrían entrar agua, humedad o sustancias del exterior hacia el interior del cubo.

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

> El siguiente paso es ubicar las zonas de agarre y diseñar varias formas de asas.

UBICACIÓN ZONAS AGARRE



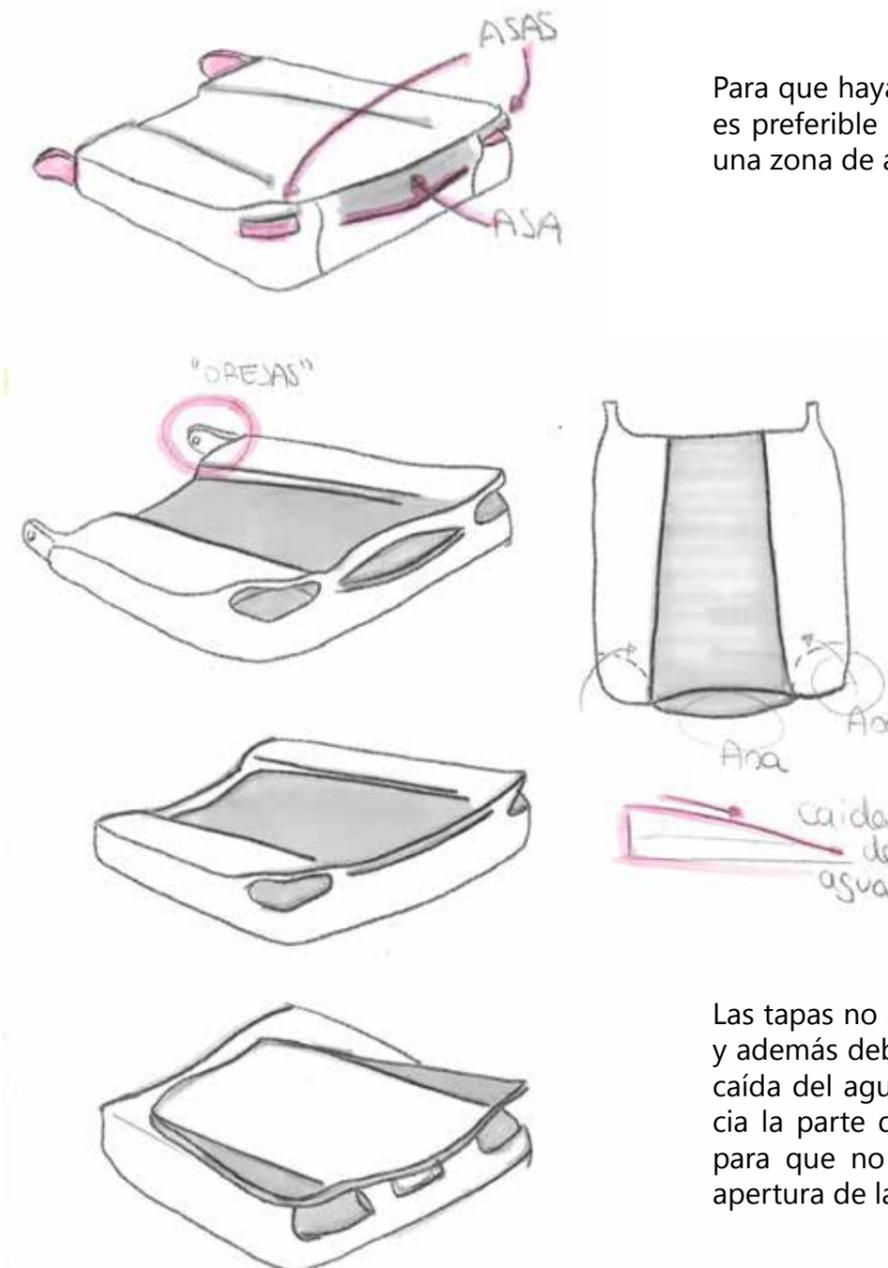
Figuras 4.2 Desarrollo ideas tapas

Cuando se utilice un contenedor para otro tipo de residuos, la tapa puede incluir una boca acorde a este residuo. Por ello, a la hora de diseñar las diferentes zonas de la tapa, hay que tener en cuenta también la zona de las bocas.

Como se ve en los dibujos, la tendencia es crear agarres en los extremos o una zona uniforme en la parte frontal de la tapa. Se seguirá con esta línea para las siguientes propuestas de diseño de tapa como se ve en la siguiente página.

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

> Diseño de propuestas con diferentes agarres



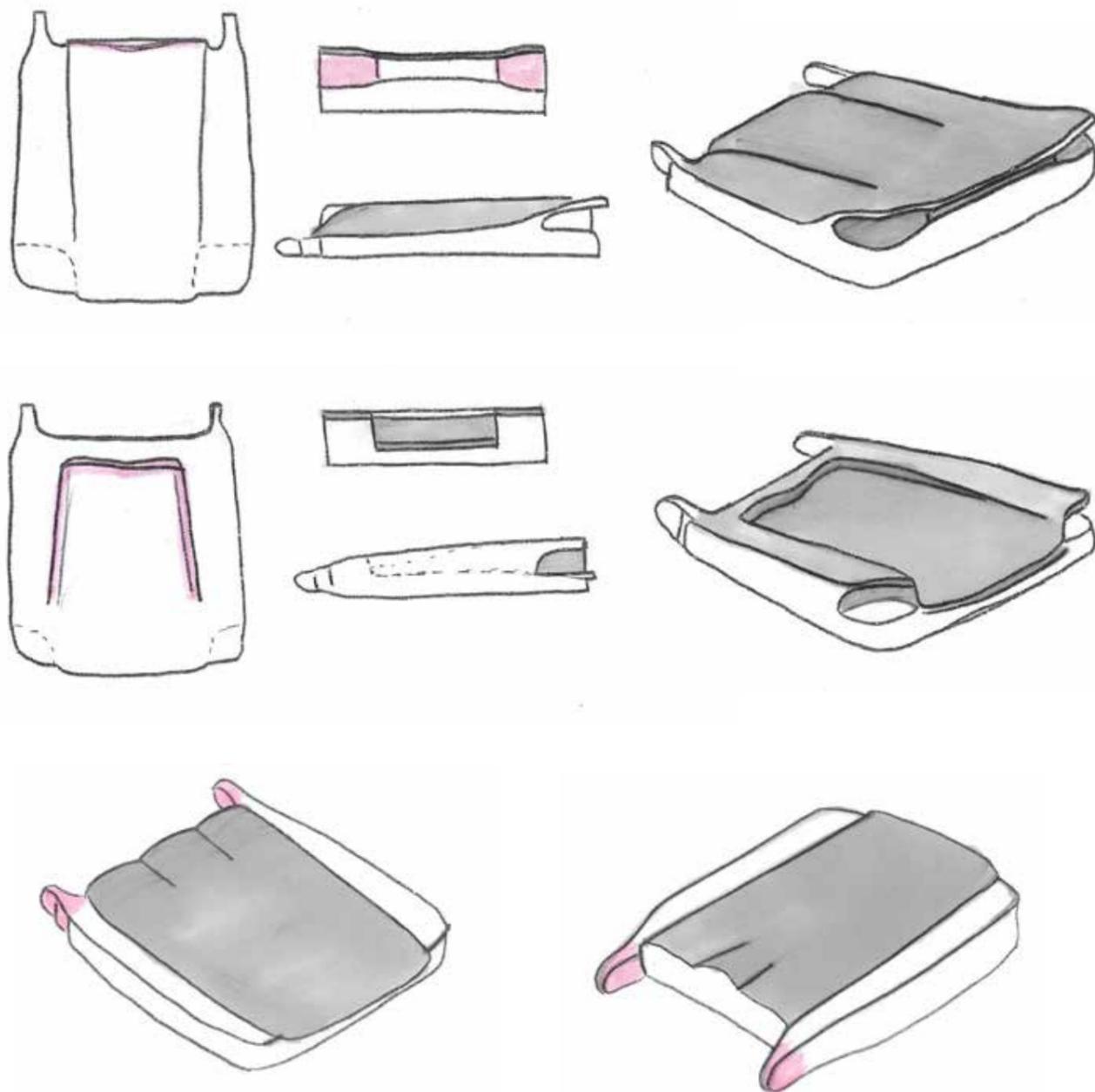
Para que haya un buen agarre, es preferible que haya más de una zona de agarre.

Las tapas no deben ser planas, y además deberán favorecer la caída del agua o suciedad hacia la parte de atrás del cubo para que no interfiera con la apertura de la tapa

Figuras 4.3 Desarrollo ideas tapas

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

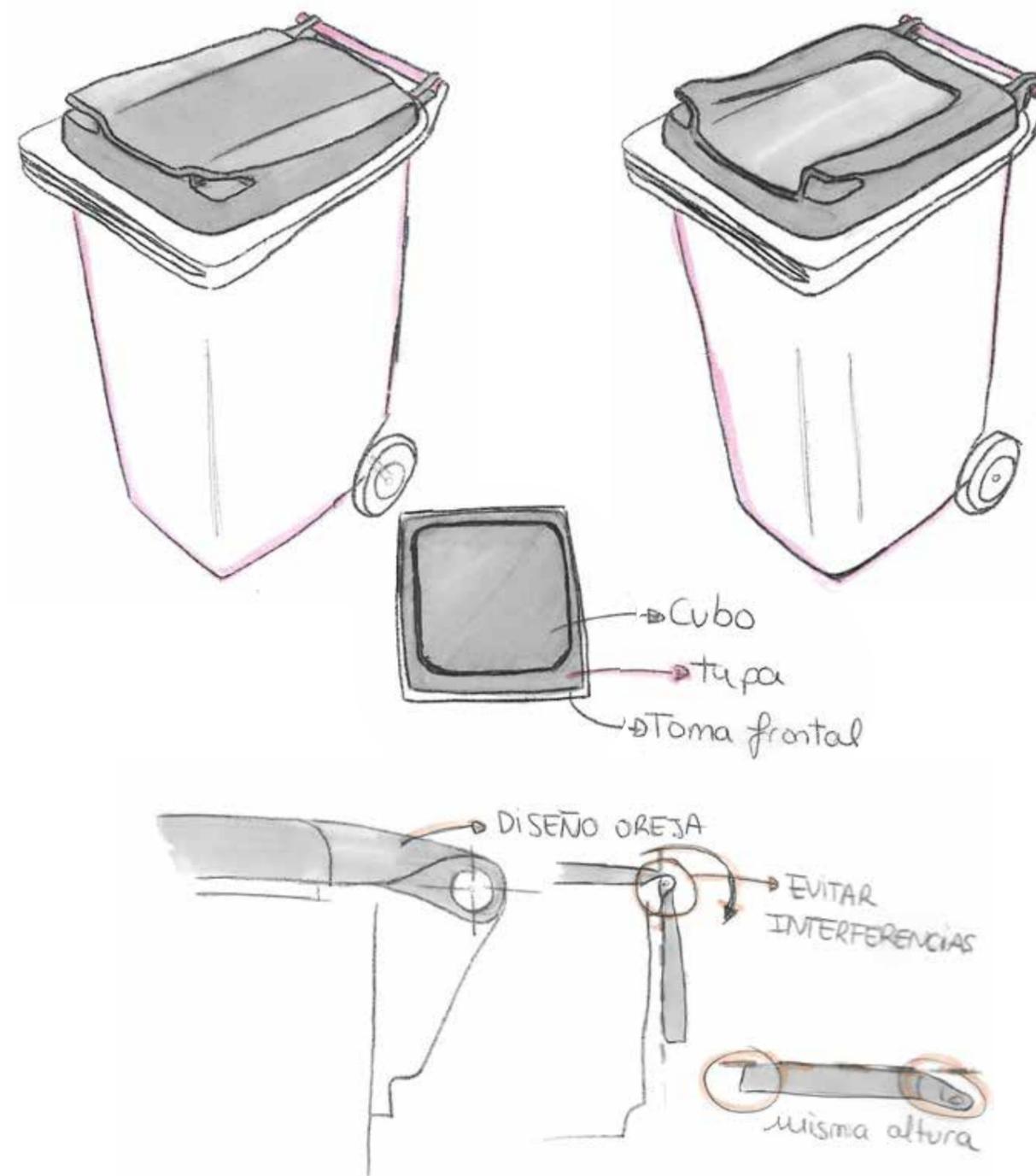
> Diseño de propuestas con diferentes formas



Figuras 4.4 Desarrollo ideas tapas

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

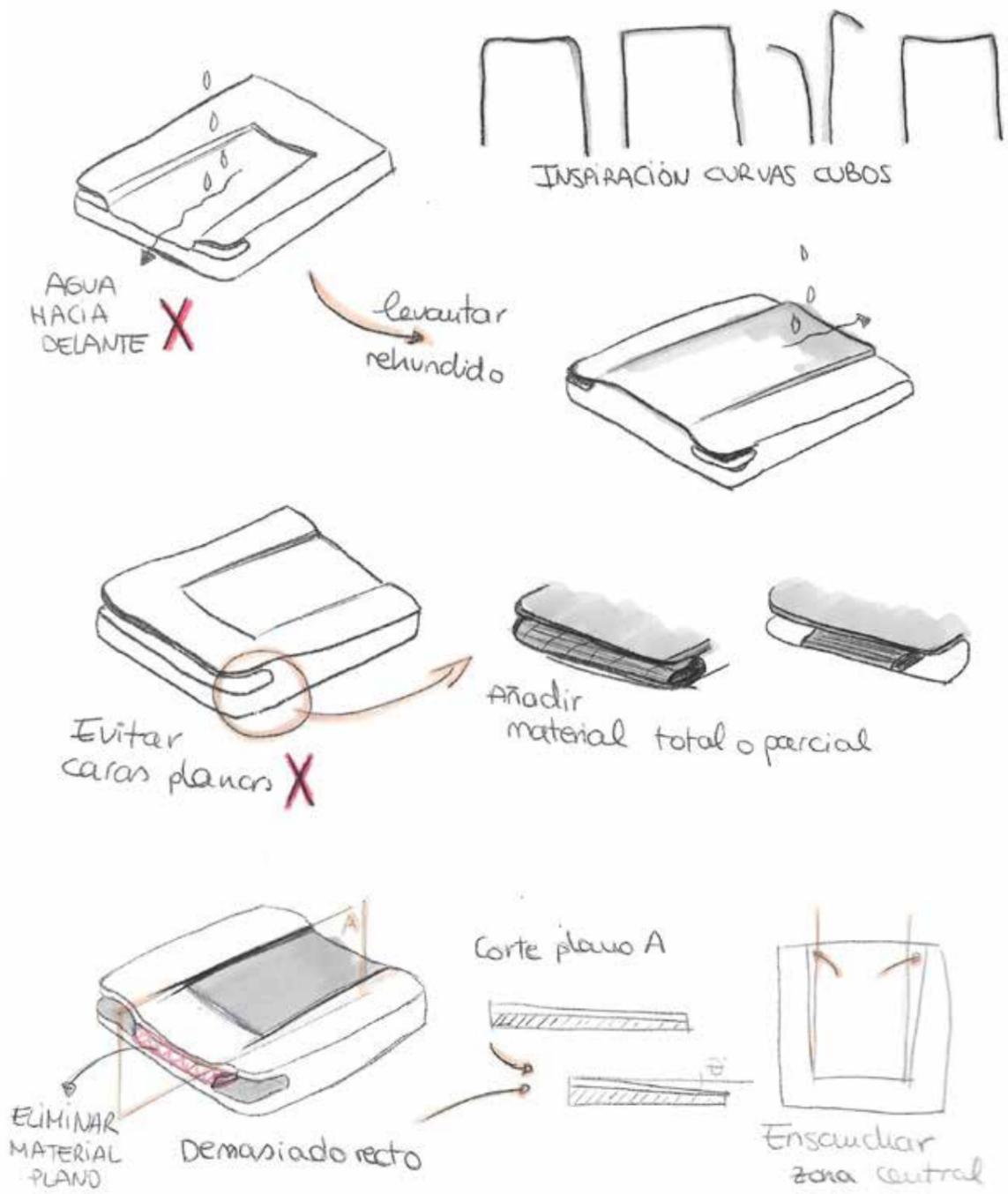
> Relación dimensional con el cuerpo del cubo



Figuras 4.5 Desarrollo ideas tapas

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

> Relación estética con el cuerpo del cubo. Propuesta de tres opciones



Figuras 4.6 Desarrollo ideas tapas

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

El proceso creativo ha llegado a la definición de tres diseños de tapa. Hasta ahora, se han realizado dibujos 2D y bocetos a mano de tapas sin llegar a un diseño final, aunque ya se pueden ver tres corrientes diferenciadas de estilos de tapa con los que seguir.

- > El concepto 1 entra dentro del grupo de tapas con realzado
- > El concepto 2 entra dentro del grupo de tapas con agarre frontal
- > El concepto 3 entra dentro del grupo de tapas con rehundido trasero

Para obtener un diseño final de cada concepto se realizan los siguientes pasos:

a) Crear un modelo 3D en CAD (utilizando el software SolidWorks como en el diseño del cubo). Se partirá del diseño CAD del cubo para dimensionar las medidas externas de la tapa.

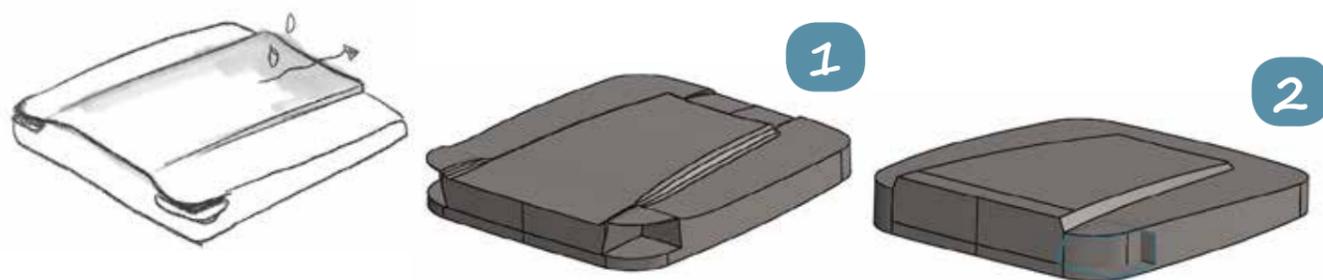
b) Estudio apertura de la tapa
Por normativa, la tapa debe poder abatirse 180°, por lo que se realizará un estudio que compruebe esto y no se detecten interferencias con el cubo.

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.1 CONCEPTO TAPA CON REALCE

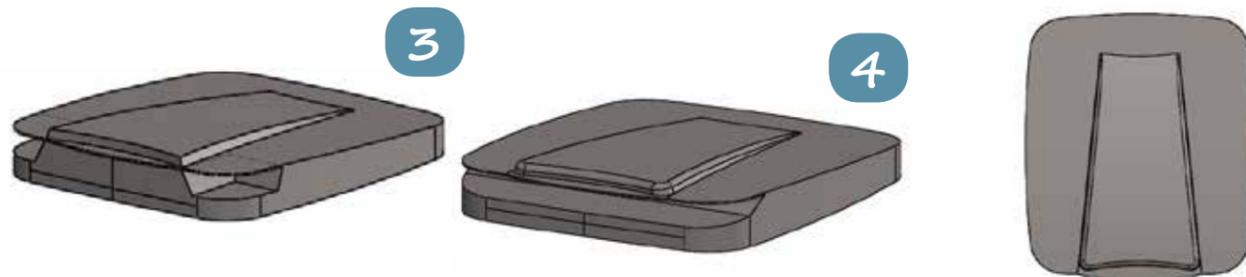
La metodología a seguir es partir de la propuesta inicial, y a raíz de esta, realizar una serie de modificaciones y mejoras al diseño hasta llegar a una forma que satisfaga todos los requisitos impuestos en el pliego de condiciones.

Evolución estética modelo 3D:



Figuras 4.1.1 Desarrollo tapa con realce

En un principio la superficie realzada no llega hasta el borde exterior de la tapa. Se colocan las asas a una altura inferior que el realzado.

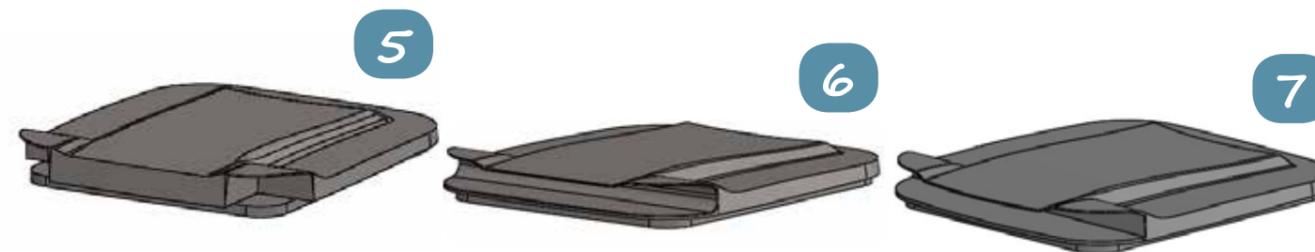


Figuras 4.1.2 Desarrollo tapa con realce

Se propone una zona de agarre en toda la parte delantera ya que existe mucho material ahí. Se elimina material para que tome forma de visera y sirva de asa, pero se obtiene una superficie en voladizo que podría ser muy flexible. En los siguientes pasos se soluciona este problema, agregando pequeña cantidad de material de tal manera que sea más estable.

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.1 CONCEPTO TAPA CON REALCE



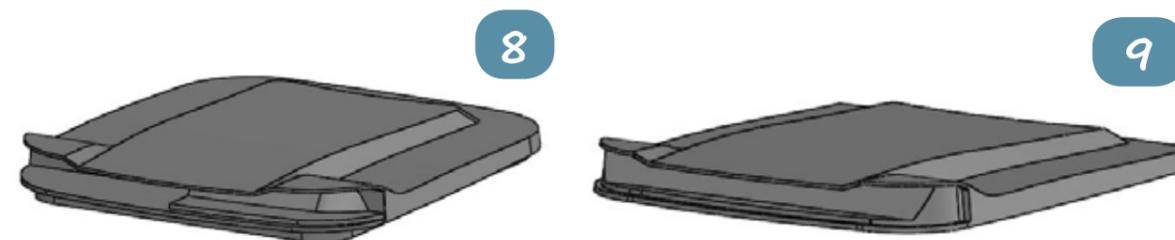
Figuras 4.1.3 Desarrollo tapa con realce

Se da forma curva a las líneas rectas que existían en el diseño y cierta inclinación en las caras para que la pieza tenga ángulo de desmoldeo.

Por temas estéticos se cambia la altura de las asas o agarres para que sobresalgan por encima del realce. Otra cosa que se mejora es la anchura del realce que es demasiado estrecho.



Figura 4.1.4 Vista en planta



Figuras 4.1.5 Desarrollo tapa con realce

Se añade material en la zona frontal para que pueda usarse de agarre, dándole formas que tengan relación con el resto de líneas de la tapa.

Si se observa la vista en planta, se diseñan líneas curvas y ovaladas, con esto se diferencian las distintas zonas de agarre de la tapa.

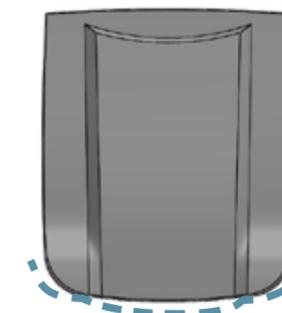
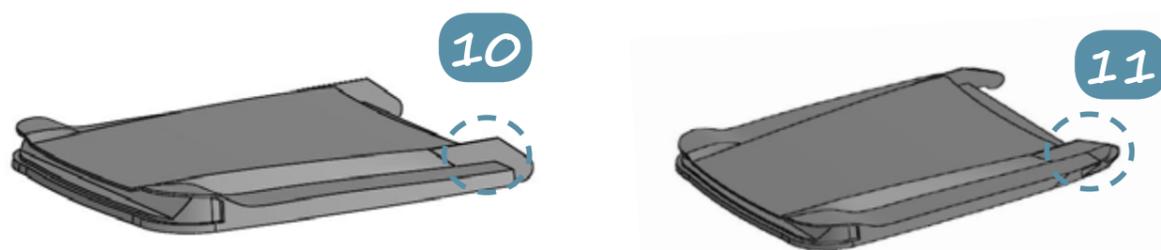


Figura 4.1.6 Vista en planta

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.1 CONCEPTO TAPA CON REALCE



Figuras 4.1.7 Desarrollo tapa con realce

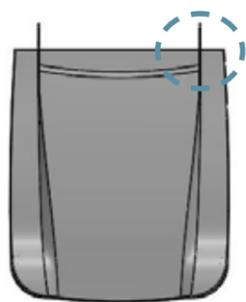


Figura 4.1.8 Vista en planta

Los pasos 11 y 12, son crear los soportes que unan la tapa con el cubo y se diseñan unas orejas que den uniformidad a la tapa, ya que si no quedan elementos inconexos.

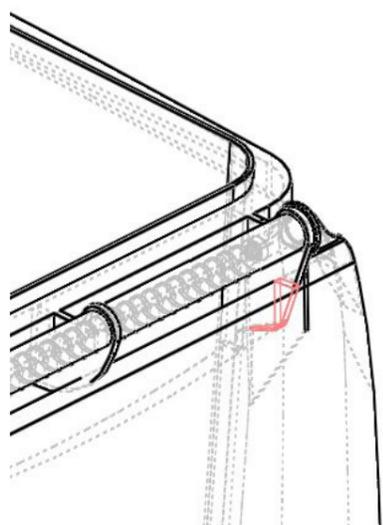
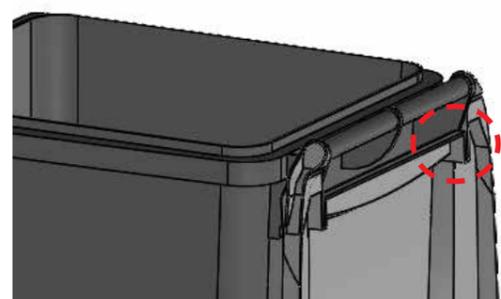


Figura 4.1.9 Interferencia cubo con tapa

12 El siguiente paso, es montar la tapa sobre el cubo y comprobar si existe alguna interferencia.

Se obtiene una zona de conflicto donde ambas piezas interfieren. Esta zona es justo después de las orejas de la tapa.

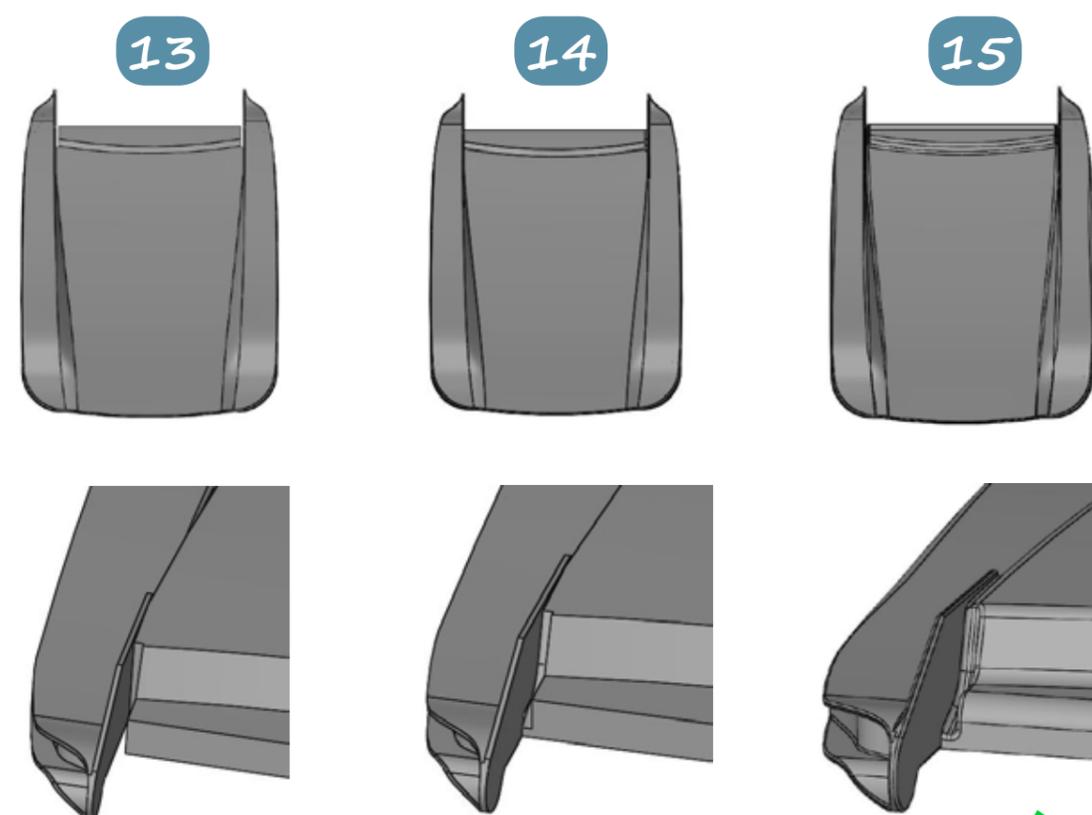
En la siguiente página se encuentran los pasos a seguir para resolver este problema de diseño



Figuras 4.1.10 Interferencia cubo con tapa

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.1 CONCEPTO TAPA CON REALCE



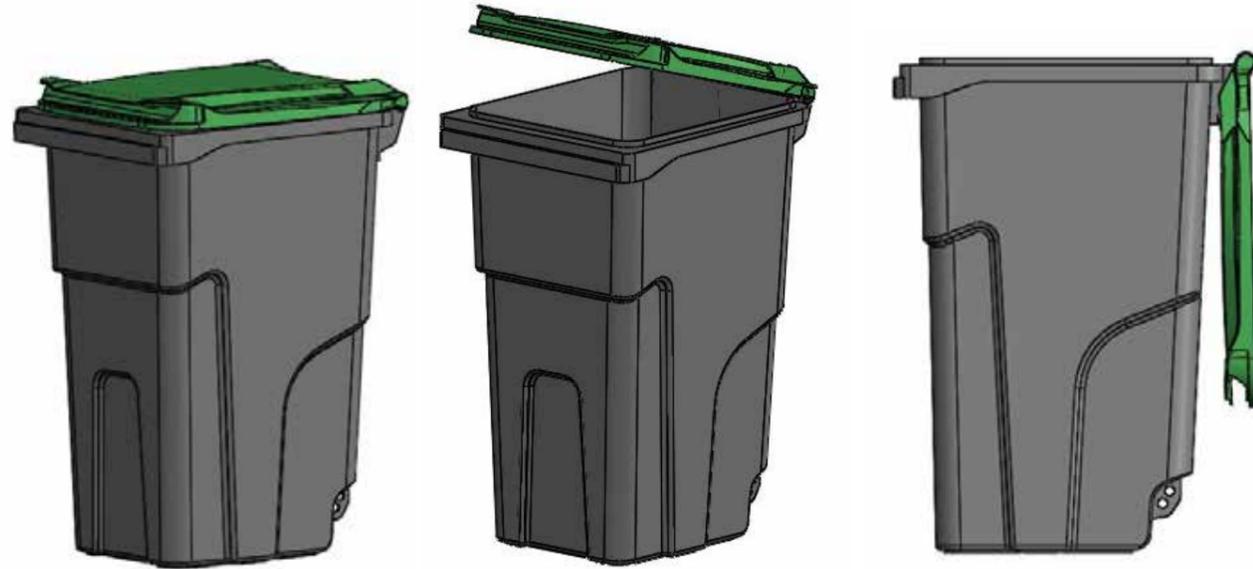
Figuras 4.1.11 Desarrollo tapa con realce



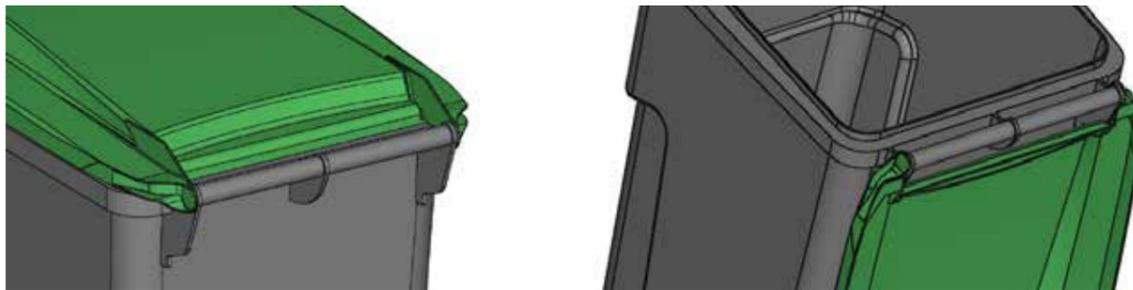
4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.1 CONCEPTO TAPA CON REALCE

Apertura de la tapa:



Figuras 4.1.12 Apertura de la tapa con realce



Figuras 4.1.13 Cierre y apertura de la tapa con realce

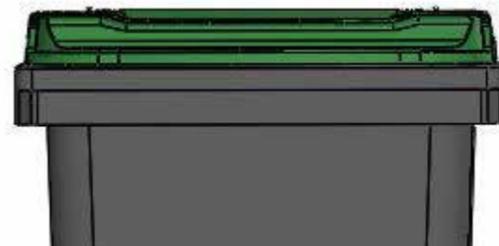


Figura 4.1.14 Vista frontal

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.1 CONCEPTO TAPA CON REALCE

TAPA CON REALCE

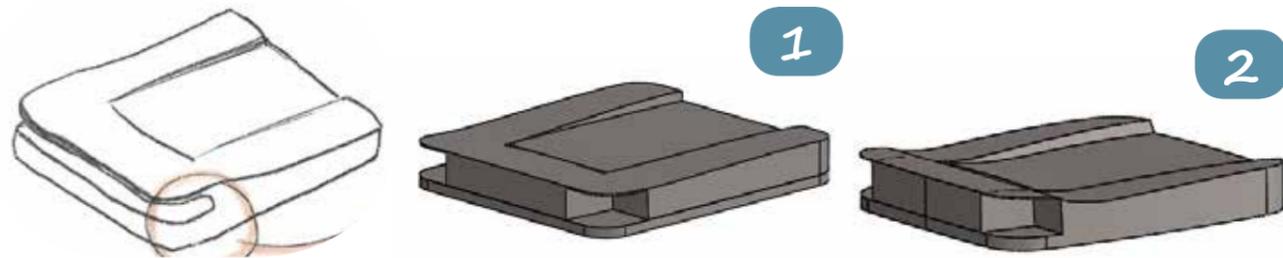


Figuras 4.1.15 Tapa con realce

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

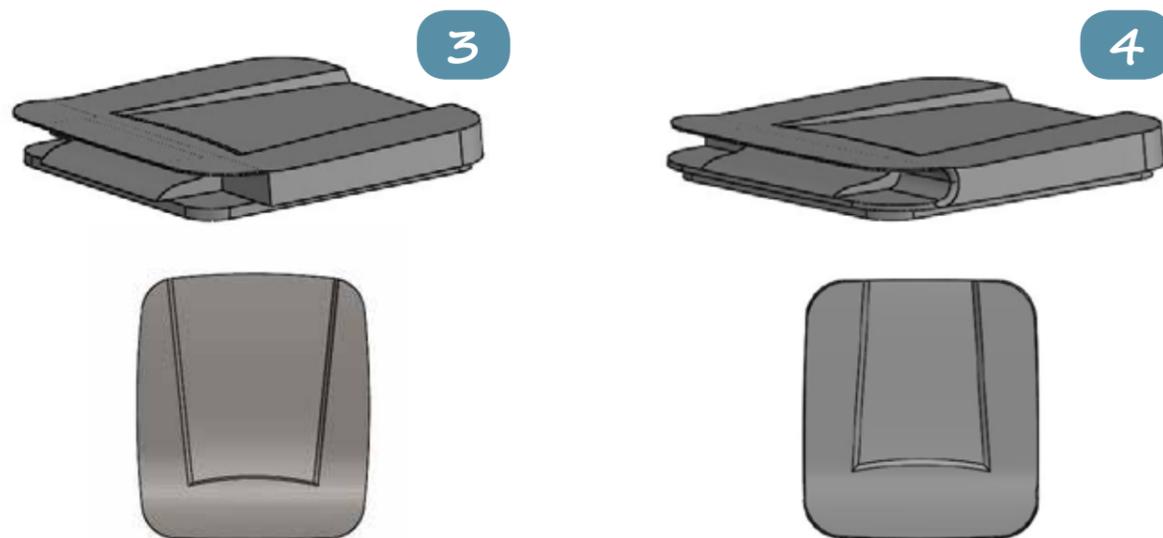
4.2 CONCEPTO TAPA CON AGARRE FRONTAL

Evolución estética modelo 3D:



Figuras 4.2.1 Desarrollo tapa con agarre frontal

Se crea un modelo 3D similar al concepto dibujado en 2D. Se evitan las caras planas, inclinándolas y usando curvas para crear las superficies exteriores de la tapa. Para diferenciar la zona de agarre del resto, se eleva la zona delantera.



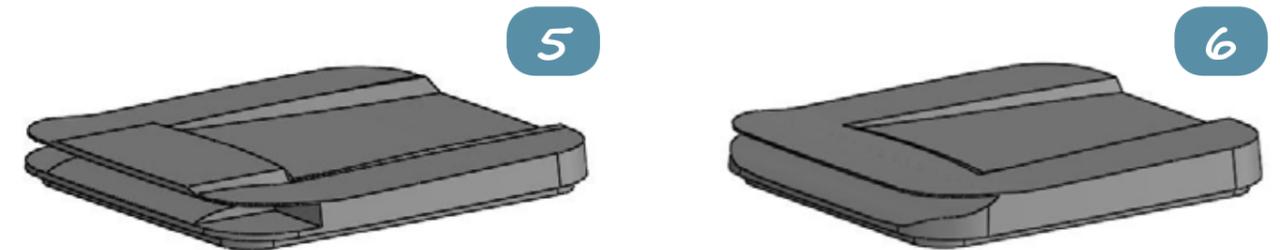
Figuras 4.2.2 Desarrollo tapa con agarre frontal

Se diseñan varias formas en el espacio reservado para el agarre frontal de la tapa, ya que quitar demasiado material de esa zona acumularía suciedad.

Además se proponen dos líneas de diseño para el rehundido trasero: líneas que se van abriendo o líneas que se van cerrando. Cuando las líneas se cierran limitan y reducen el espacio central, lo que podría impedir colocar bocas en la tapa. Se elige la forma de la imagen de la izquierda. (líneas que se abren).

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.2 CONCEPTO TAPA CON AGARRE FRONTAL



Figuras 4.2.3 Desarrollo tapa con agarre frontal

Añadir material no crea uniformidad a la tapa, eleva mucho la altura de esta y se decide eliminar. Otro paso es prolongar el material de relleno que se ha diseñado en la zona del agarre frontal, de tal manera que se note una continuidad en las formas.

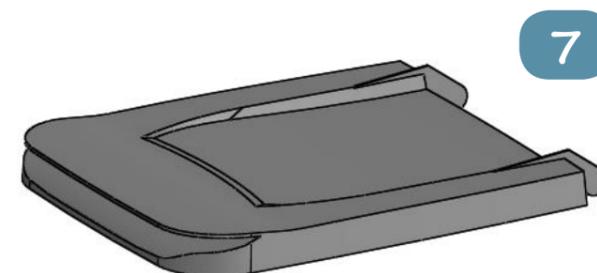


Figura 4.2.4 Desarrollo tapa con agarre frontal

Con lo visto en el diseño del concepto anterior, se diseñan los soportes para unir al asa y las orejas. Esta vez se diseñan de acuerdo a las formas de esta tapa.

Queda definir como será la forma del rehundido, ya que las líneas no pueden ser rectas, tienen que propiciar la evacuación de agua hacia la parte trasera. En la siguiente página se ven diferentes opciones.

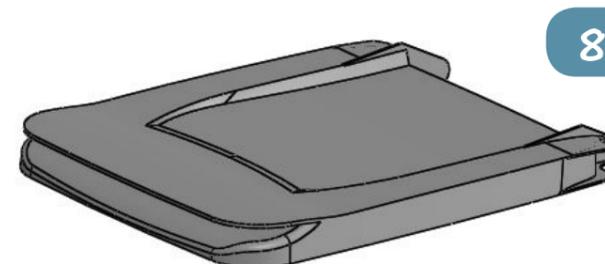
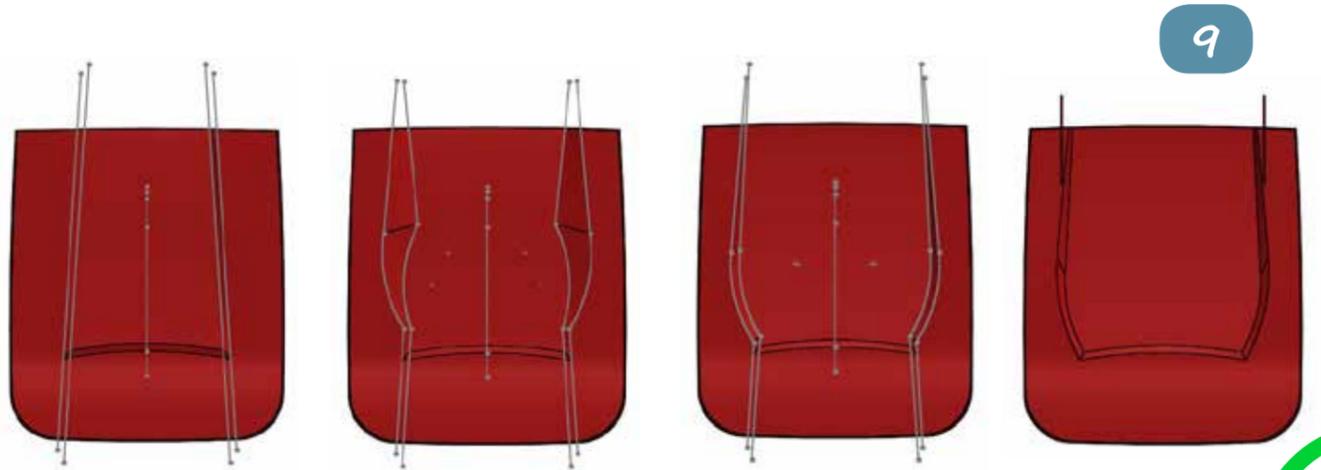


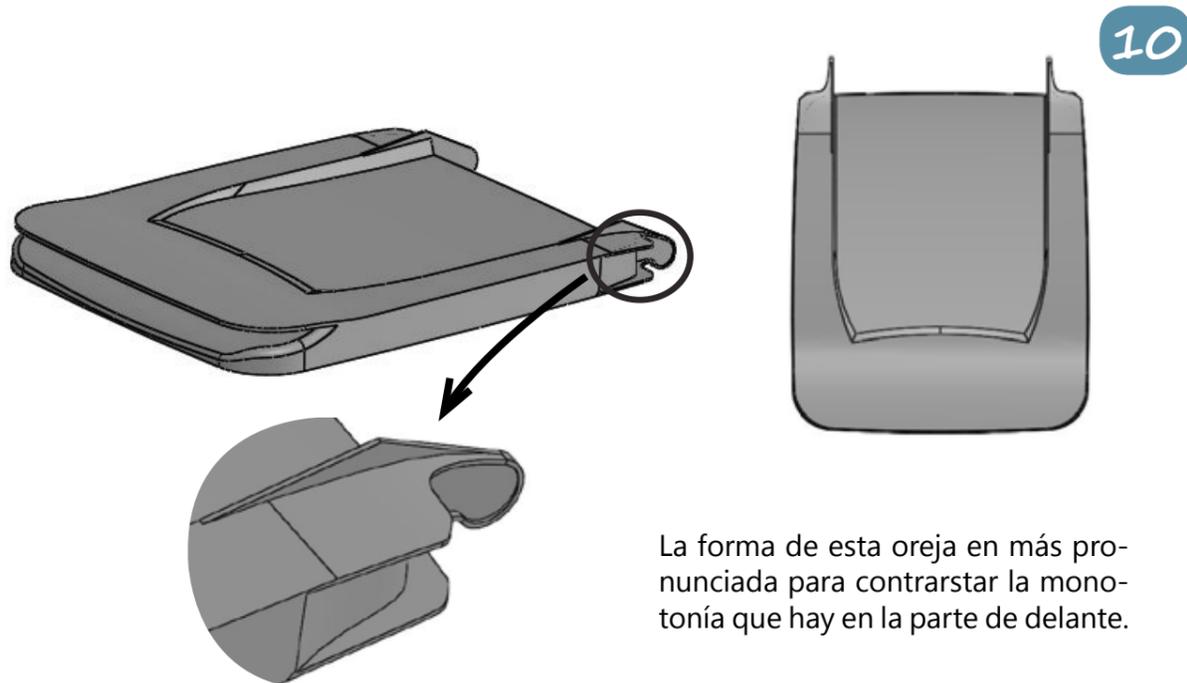
Figura 4.2.5 Desarrollo tapa con agarre frontal

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.2 CONCEPTO TAPA CON AGARRE FRONTAL



Figuras 4.2.6 Desarrollo tapa con agarre frontal



La forma de esta oreja en más pronunciada para contrarstar la monotonía que hay en la parte de delante.

Figuras 4.2.7 Desarrollo tapa con agarre frontal

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.2 CONCEPTO TAPA CON AGARRE FRONTAL

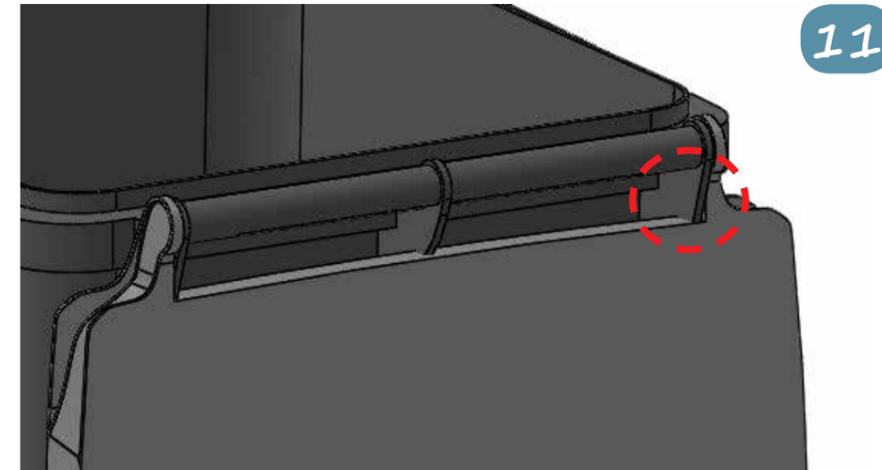


Figura 4.2.8 Interferencia con el cubo

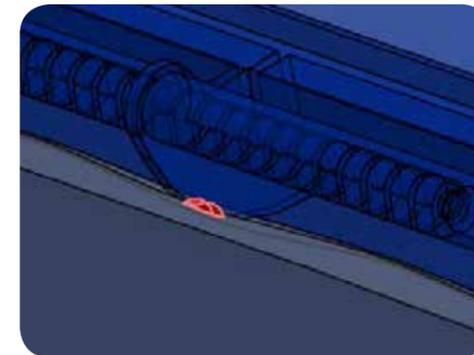


Figura 4.2.9 Interferencia con el cubo

Al unir el cubo y la tapa, se encuentran algunas interferencias por lo que hay que dar mayores redondeos en la parte trasera y quitar material como se ha hecho en el concepto anterior en los pasos 13 a 15.

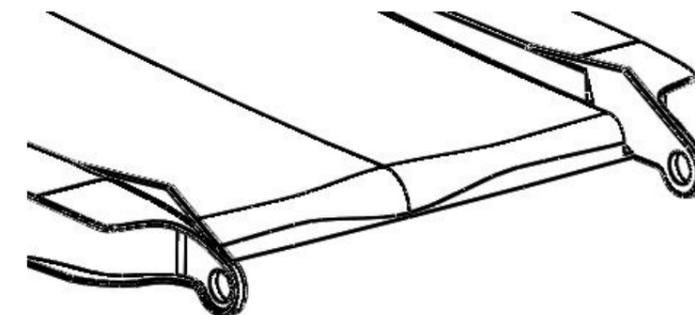
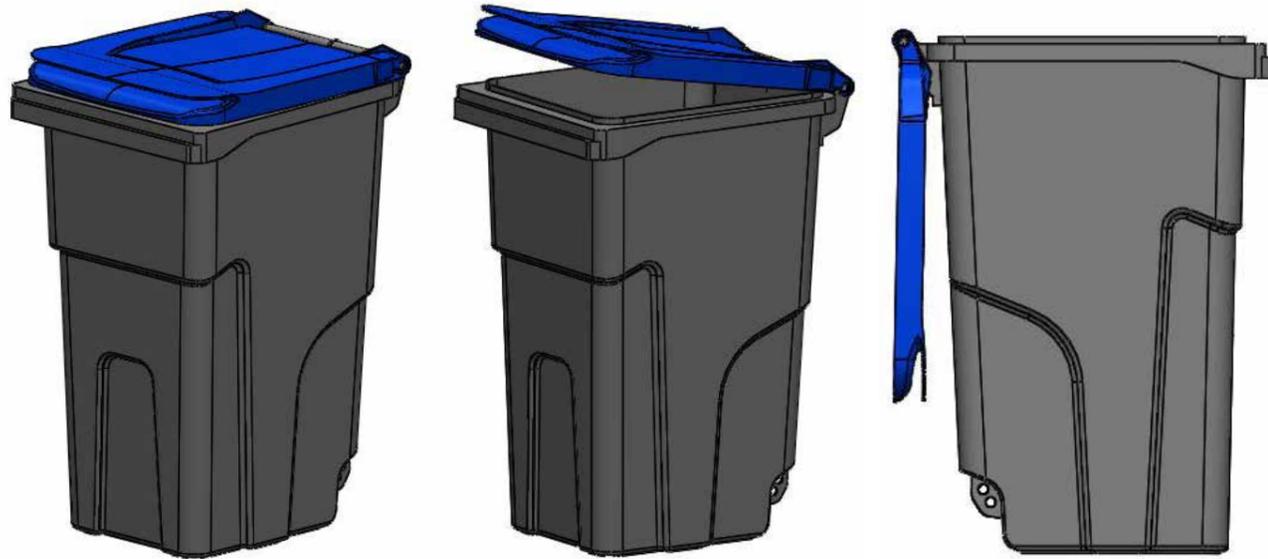


Figura 4.2.10 Desarrollo tapa con agarre frontal

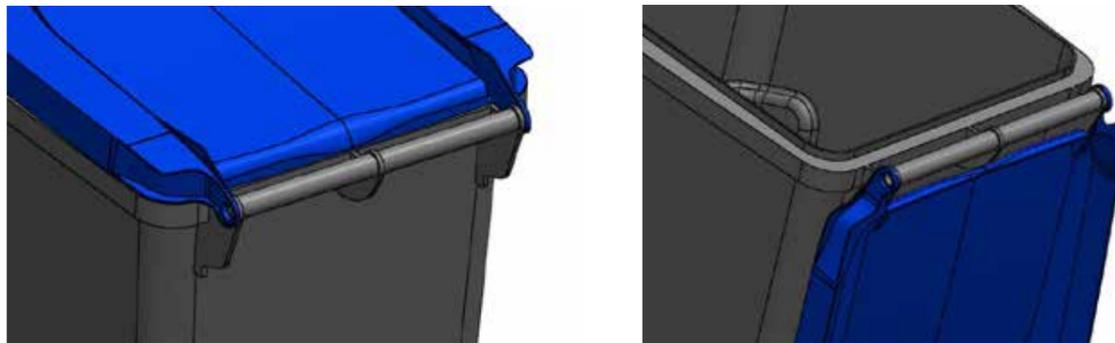
4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.2 CONCEPTO TAPA CON AGARRE FRONTAL

Apertura de la tapa:



Figuras 4.2.11 Apertura de la tapa con agarre frontal



Figuras 4.2.12 Cierre y apertura de la tapa con agarre frontal

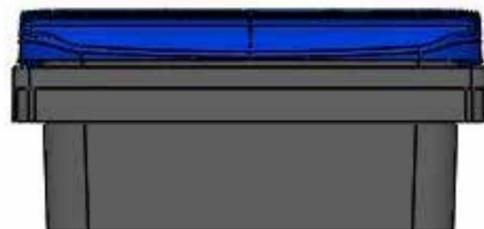


Figura 4.2.13 Vista frontal

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.2 CONCEPTO TAPA CON AGARRE FRONTAL

TAPA CON AGARRE FRONRAL

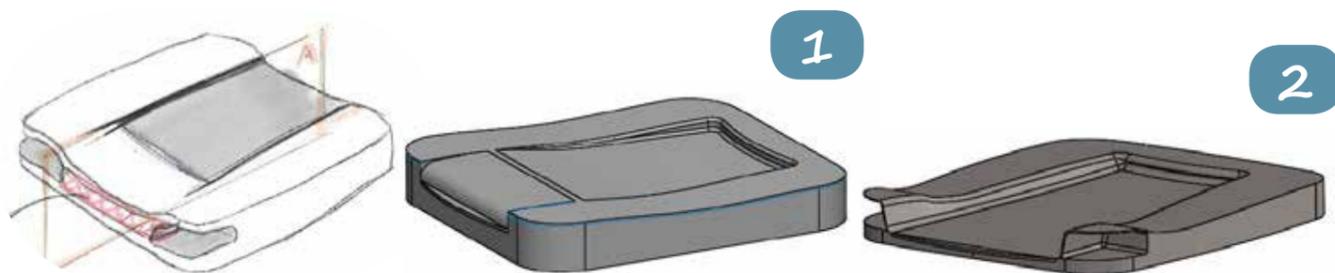


Figuras 4.1.14 Tapa con agarre frontal

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.3 CONCEPTO TAPA CON REHUNDIDO

Evolución estética modelo 3D:



Figuras 4.3.1 Desarrollo tapa con rehundidos

A partir del diseño original, se diseñan otras alternativas de rehundidos que siguieran las líneas del cubo, pero con estas formas se acumularía agua en la tapa, por lo que el rehundido debe ir con caída hacia la parte trasera de la tapa.

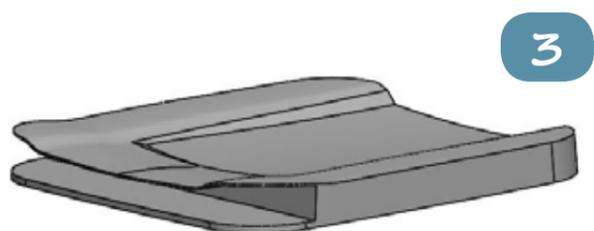


Figura 4.3.2 Desarrollo tapa con rehundidos



Figura 4.3.4 Vista en planta

Se diseña en rehundido hacia atrás dejando una zona central ancha para poder poner bocas en caso de que sea necesario.

A la vez, se va diseñando el espacio para los agarres de la tapa, que se encuentra en la parte delantera.

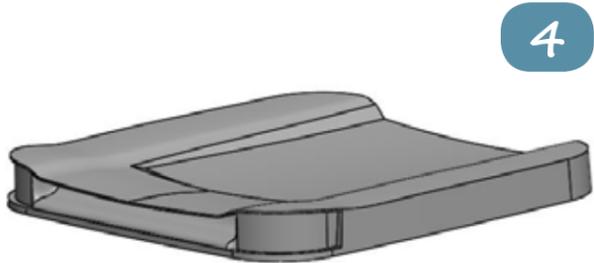


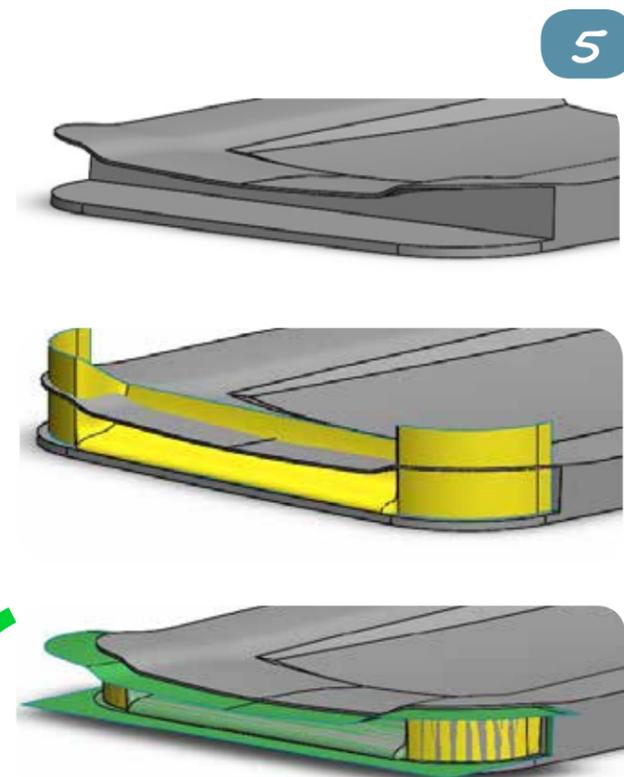
Figura 4.3.3 Desarrollo tapa con rehundidos

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

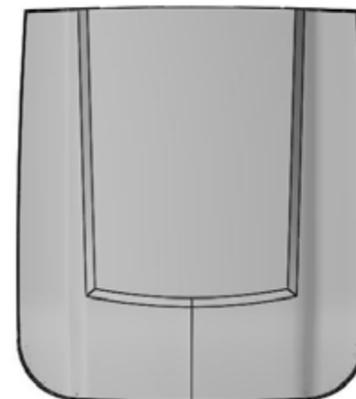
4.3 CONCEPTO TAPA CON REHUNDIDO

En este paso se ve la evolución en cuanto al diseño del agarre. Se diferencian dos zonas, los extremos o esquinas y la parte central.

Hay que evitar dejar zonas vacías de material ya que rompen con las líneas del diseño. Los rehundidos deben ser moderados.

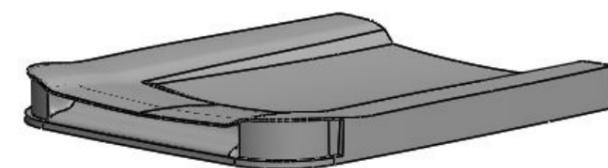


Figuras 4.3.5 Desarrollo tapa con rehundidos



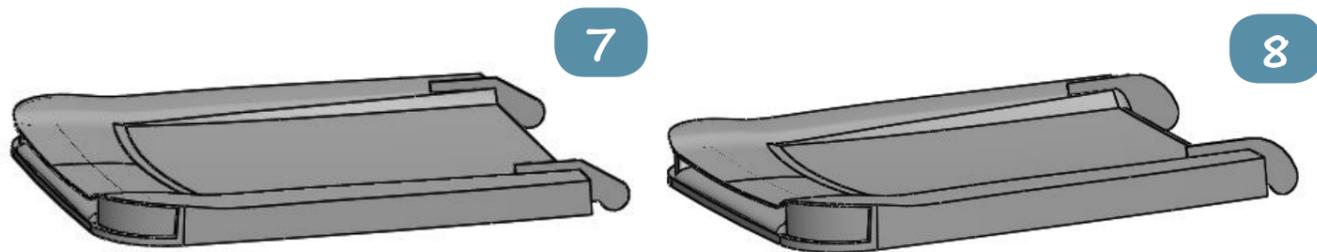
Figuras 4.3.6 Desarrollo tapa con rehundidos

Las diferentes zonas de la tapa se ponen a diferentes alturas, sin olvidar que la inclinación de las caras deben tener caída de agua o residuos hacia atrás.



4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.3 CONCEPTO TAPA CON REHUNDIDO



Figuras 4.3.7 Desarrollo tapa con rehundidos

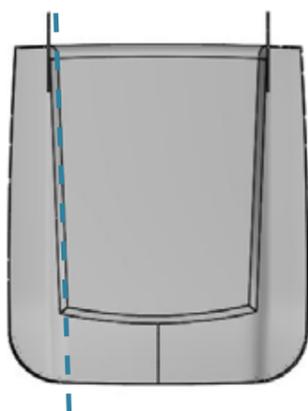
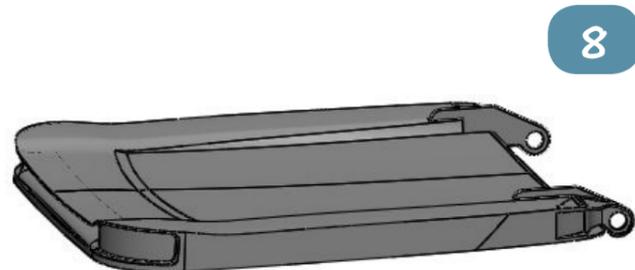


Figura 4.3.8 Vista en planta

Se dimensiona la tapa de manera que disminuye su altura y además se añaden los soportes que unen la tapa al asa del cubo. En la vista en planta se observa como se colocan los soportes de tal manera que son una continuidad de las líneas de la tapa.



Figuras 4.3.9 Desarrollo tapa con rehundidos

El diseño de todos los elementos y caras de la tapa deben tener una conexión, y que se mire de donde se mire, se vea una relación.

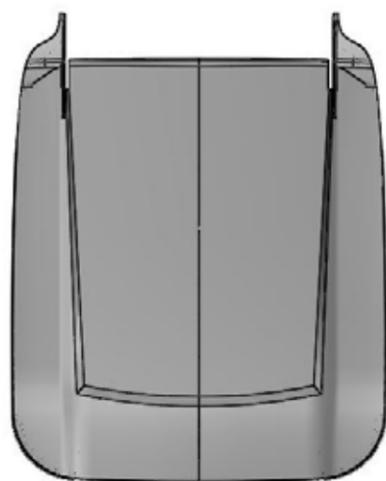
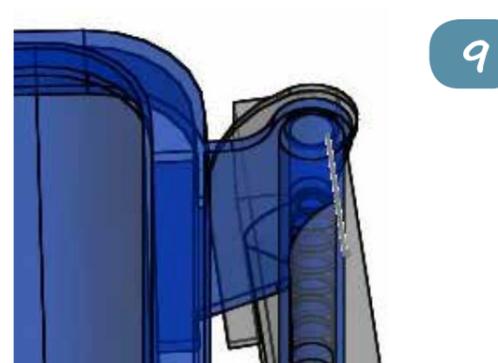


Figura 4.3.10 Vista en planta

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.3 CONCEPTO TAPA CON REHUNDIDO



Al igual que se ha echo con las otras tapas, se prueba a montarla en el cubo y observar si existe alguna interferencia.

Se observan los mismos problemas encontrados en los anteriores conceptos. Se arreglan de acuerdo al nuevo diseño.

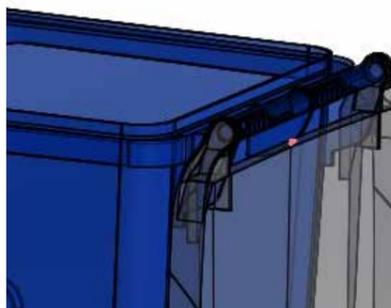


Figura 4.3.11 Interferencias con el cubo

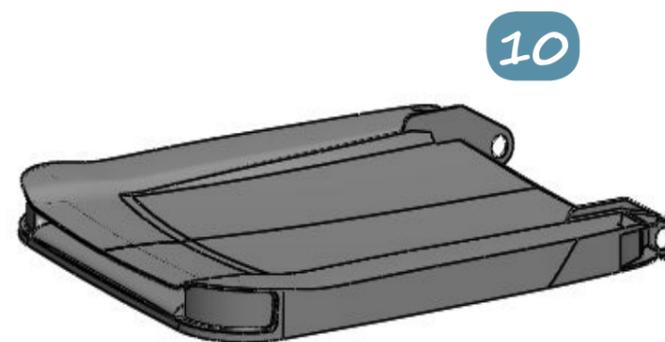


Figura 4.3.12 Desarrollo tapa con rehundidos

Se dimensiona la tapa para que no sobresalga del cubo. Tiene que haber una relación entre ambos elementos.

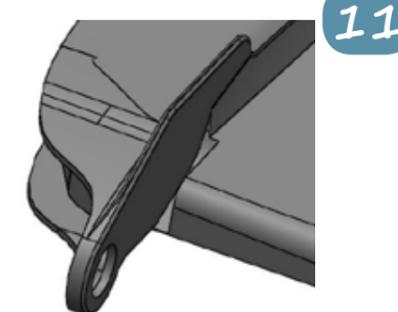


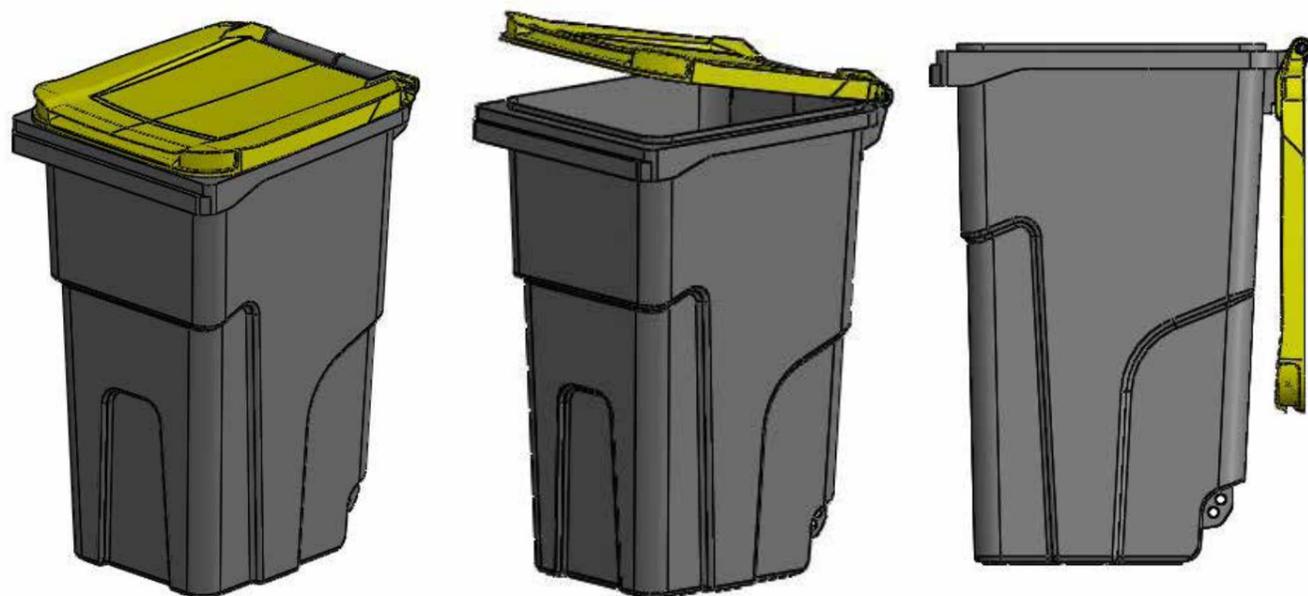
Figura 4.3.13 Detalle tapa

Se diseña un orificio para que la tapa no interfiera con el cubo.

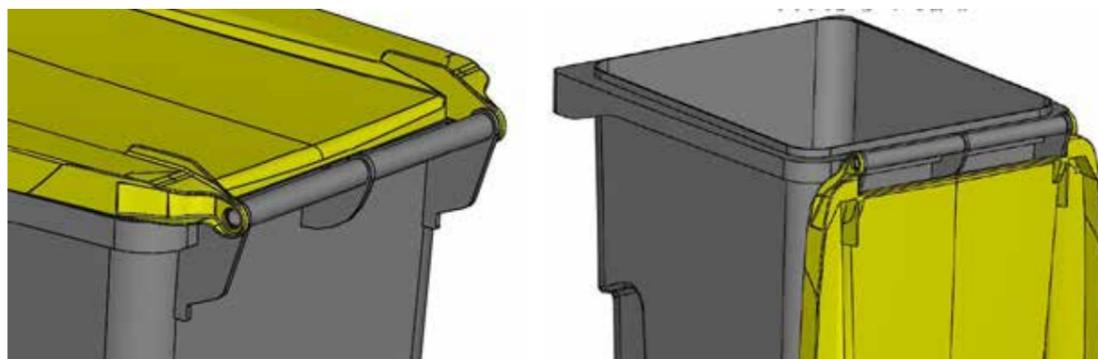
4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.3 CONCEPTO TAPA CON REHUNDIDO

Apertura de la tapa:



Figuras 4.2.14 Apertura de la tapa con rehundido



Figuras 4.2.15 Cierre y apertura de la tapa con rehundido

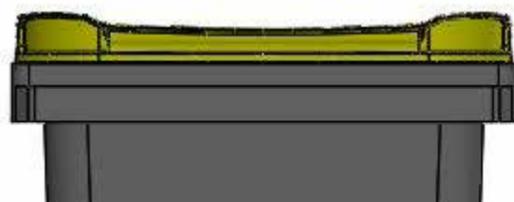


Figura 4.2.16 Vista frontal

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.3 CONCEPTO TAPA CON REHUNDIDO

TAPA CON REHUNDIDO



Figuras 4.1.17 Tapa con rehundidos

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.4 Comparativa de las tapas

Se han diseñado tres tapas que sigan la línea estética del cubo seleccionado, pero a la hora de elegir un diseño de tapa para cierto cubo hay que valorar otras características como las que se han analizado para el cubo: volumen total, altura, peso y grado de suciedad.

El volumen total es el que se obtiene con el cubo y la tapa juntos, ya que la capacidad del contenedor es la suma de ambos elementos.

La altura de la tapa influye en el apilado de los cubos. Cuanto más baja sea, más cubos apilarán.

El peso de la tapa también ha de considerarse ya que incrementa el peso de todo el producto.

Según el pliego de condiciones, la tapa debería ser universal para diferentes formatos de bocas por lo que se indica el espacio disponible para colocarlas en las tapas.

DISEÑO	Tapa con realce	Tapa con agarre frontal	Tapa con rehundido
Volumen cubo seleccionado + tapa (litros)	254 litros	252 litros	247 litros
Altura de la tapa (mm)	63 mm	61,5 mm	56 mm
Peso (Kg)	1,79 Kg	2 Kg	1,89 Kg
Espacio disponible para bocas (mm)	324 mm	345 mm	372 mm
Grado de suciedad	Bajo	Bajo	Medio

Tabla 4.4.1 Comparación de tapas

Bueno
Regular

Con lo visto en la anterior tabla se puede concluir que las tres tapas son válidas para el cubo seleccionado no solo por razones estéticas sino que además ayudan al cubo a estar dentro de la normativa.

Cada tapa tiene sus puntos fuertes y débiles y podrían usarse junto al cuerpo dependiendo de las prioridades que se tengan. Si se busca tener la mayor capacidad posible, la tapa con realce es la idónea, si se busca apilar más cubos, la tapa con rehundido y según las bocas que se quieran colocar se puede usar la tapa con agarre frontal o con rehundido.

4. DISEÑO ESTÉTICO: TAPA

4.4 Comparativa de las tapas

TAPA CON REALCE



Figura 4.4.2 Tapa con realce

TAPA CON AGARRE FRONTAL



Figura 4.4.2 Tapa con agarre frontal

TAPA CON REHUNDIDO



Figura 4.4.3 Tapa con rehundido

FASE 3

CÁLCULOS

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

En este apartado se van a realizar diversos ensayos de simulación de inyección con el propósito de saber cómo se va a comportar la pieza, de forma que:

- Se estime el menor espesor necesario para inyectar la pieza.
- Se conozca la máquina de inyección que va a ser necesaria para la fabricación de dicha pieza
- Se estime el tiempo de fabricación

Con estos datos, es posible planificar la fabricación de dicha pieza y prever con antelación su externalización.

El programa utilizado para la realización de estas simulaciones es Autodesk Moldflow.

La metodología que se ha utilizado para este análisis es la siguiente:

- Rediseño del cuerpo: Adaptar el modelo CAD para su utilización en Autodesk Moldflow.
- Colocar punto de inyección en la pieza y cámara caliente para poder inyectar.
- Simular con diferentes PE comerciales y obtener el menor espesor necesario para llenar la pieza.
- Programar fase de llenado y fase de compactación.

5.1 Modelización del cuerpo

Con el propósito de conseguir resultados en las simulaciones que se aproximen a resultados reales, es necesario tener un diseño del cuerpo aproximado sin entrar en detalle.

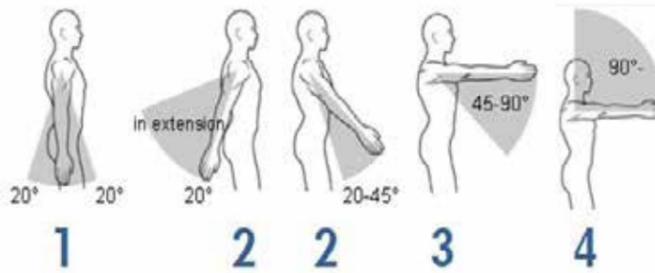
Para ello, hay que terminar de definir un par de elementos del cuerpo imprescindibles para el análisis, y obtener así, la pieza cuerpo completa. El cuerpo se considerará como una única pieza.

Diseño asa

Los cubos disponen de un asa para poder cogernos y transportarlos. Esta asa se encuentra en la parte superior de la zona trasera.

En la fase anterior de generación de conceptos no se llega a desarrollar esta parte. A continuación se puede observar los pasos que se han seguido para diseñar el asa.

Para diseñar el asa hay que tener en cuenta que el usuario interactúa con este elemento. Por lo tanto, su posición y dimensión están sujetas a restricciones ergonómicas para adecuarse a este.



6.1.1 Alcances con el brazo estirado [29]

Se procede a analizar las secuencias de uso del contenedor que afectan a la posición y dimensión del asa para detectar posibles restricciones (Las secuencias de uso se pueden encontrar en el apartado 2.4 análisis de usuario):

- Desplazamiento de los contenedores para llevarlos a los camiones de descarga.

Esta acción afecta al alcance del mayor rango posible de usuario, por lo que deberá situarse a una altura cómoda para la mayor parte de ellos.

La altura del asa viene determinada por la zona de alcance de los usuarios, en especial los operarios de recogida.

5.1 Modelización del cuerpo

A continuación se realizan los estudios ergonómicos pertinentes para delimitar la altura del asa. Para poder obtener esta altura, se han tenido en cuenta los siguientes factores:

1. La población escogida para realizar el estudio son los individuos comprendidos entre el percentil 5 (p5) y 95 (95p) de la población laboral conjunta española. Con ese rango, englobamos al 90% de la población, y descartamos los casos aislados que se encuentran en los extremos.

2. Para realizar los cálculos se han tomado las siguientes medidas tomadas de tablas antropométricas [30]:

Altura de los hombros (nº4 en las tablas) p5 1256 mm y p95 1558 mm.

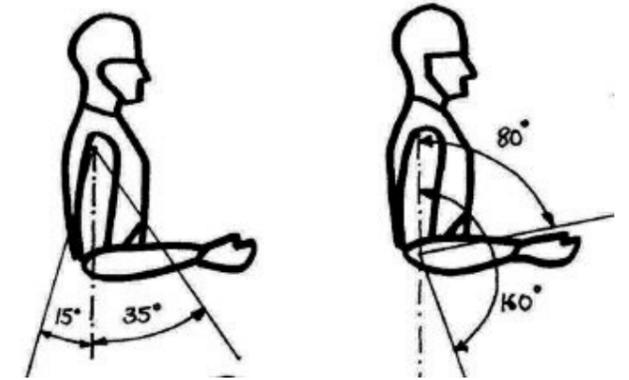
Longitud hombro-codo (nº17 en las tablas) p5 312 mm y p95 395 mm.

Longitud codo-puño (nº40 en las tablas) p5 292 mm y p95 376 mm.

En lo que a ángulos se refiere se han considerado los siguientes rangos:

Entre -15° y 35° con respecto a la vertical para el brazo

Entre 80° y 160° con respecto al brazo para el antebrazo



6.1.2 Ángulos de movimiento cómodo de los brazos [29]

3. Para realizar los cálculos se tendrá en cuenta la suela del calzado, estimada en 5 mm.

La altura del bordillo no se ha considerado para el estudio, dado que los contenedores con un rango de 240 litros suelen situarse en las aceras y por lo tanto estará a la misma altura del suelo que el usuario.

En la siguiente página se muestran los cálculos realizados teniendo en cuenta los factores anteriores.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.1 Modelización del cuerpo

En la imagen se observan los cálculos realizados sobre el desplazamiento de los brazos en ángulos cómodos para el usuario. En el color rosa se muestra el individuo más pequeño, el p5, y en azul, el individuo más grande, p95.

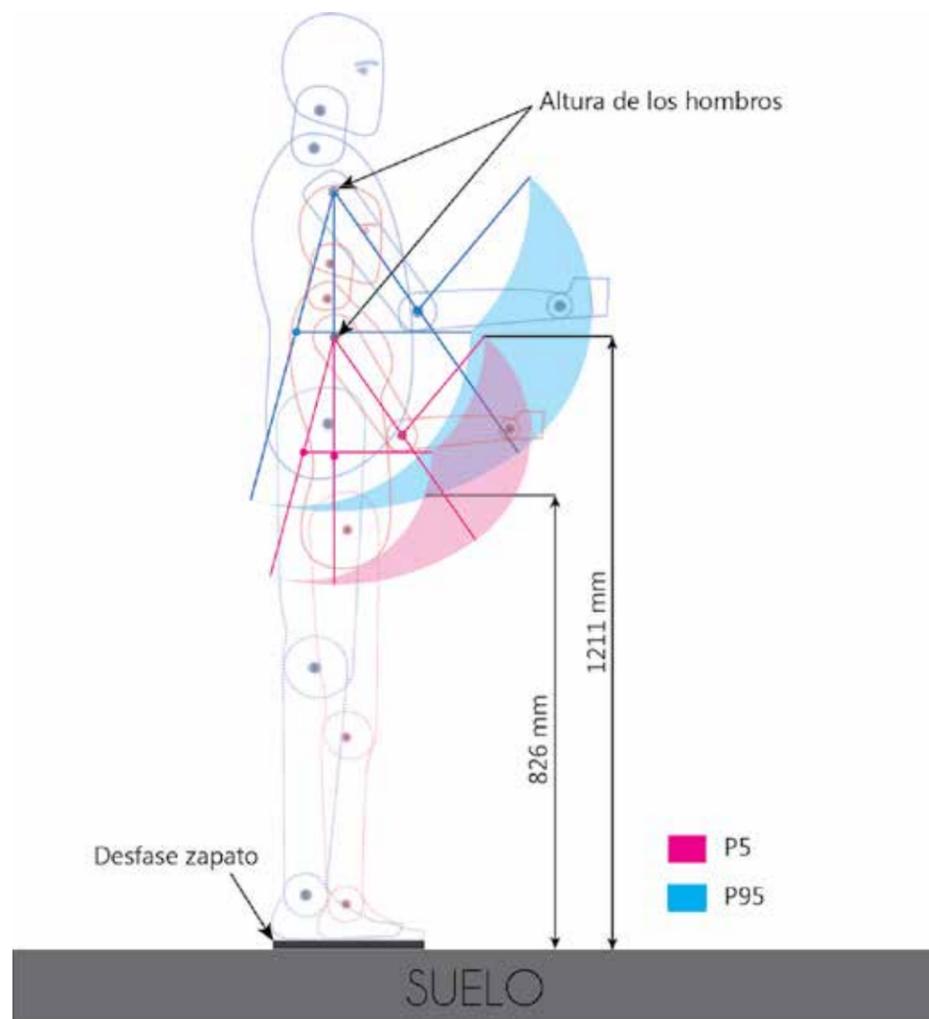


Figura 5.1.1 Cálculos ergonómicos de la altura del asa

Según estos cálculos, la altura a la que debería estar situada el asa debe estar comprendida entre 826 y 1211mm.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.1 Modelización del cuerpo

Visualizando ese rango junto al contenedor, se decide fijar el centro del asa a: 997 mm

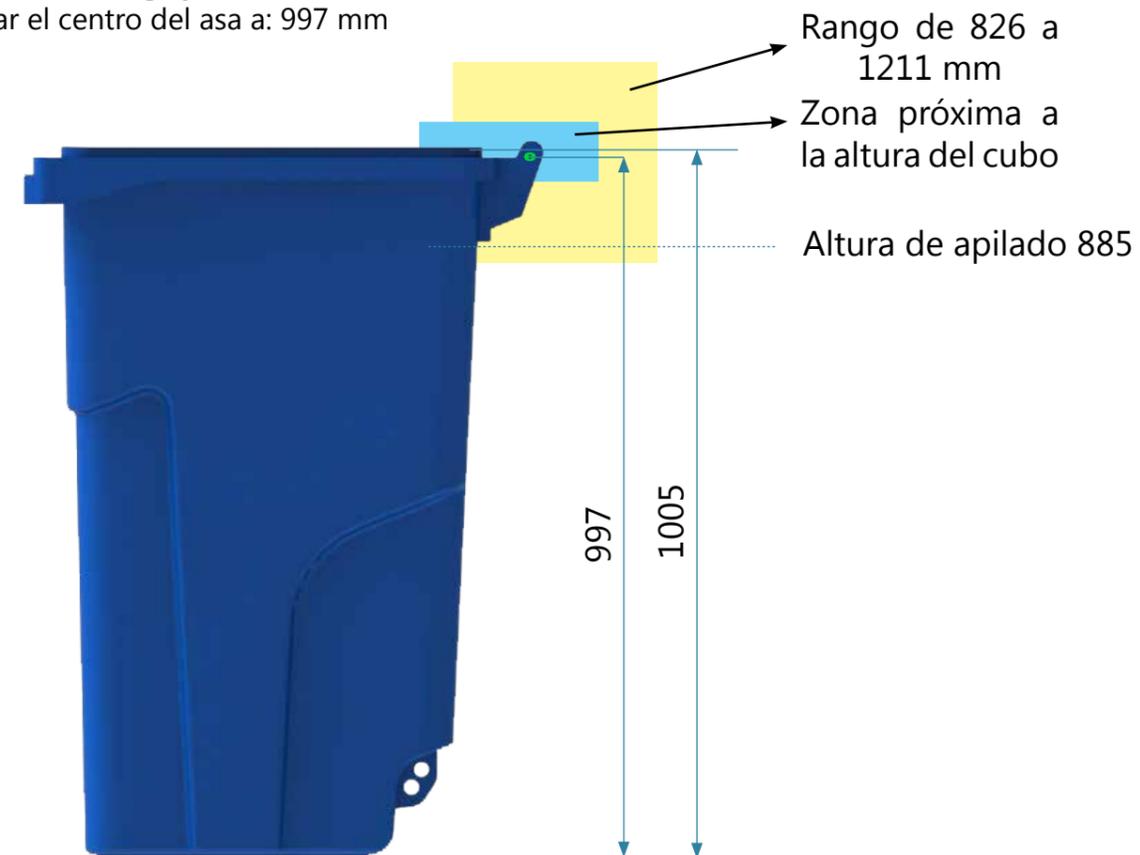


Figura 5.1.2 Cálculo de altura de tapa

Una vez se tiene la posición del asa localizada, se pasa a dimensionarla. Para ello se toma la siguiente medida recogida en las tablas antropométricas [30]

Anchura de la mano (nº26 en las tablas) p5 72 mm y p95 97 mm.

La anchura final debe ser suficiente para que el p95 pueda colocar las dos manos. Anchura mínima $97+97=194$ mm. Además, la normativa marca un máximo de 430 mm para la anchura total del asa. En el diseño original se han colocado los extremos del asa a 412 mm, se decide mantener.



Figura 5.1.3 Diseño del asa

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.1 Modelización del cuerpo

Se decide colocar un soporte en la distancia media del asa para darle mayor rigidez, y que a la hora de tirar del asa esta no se deforme.

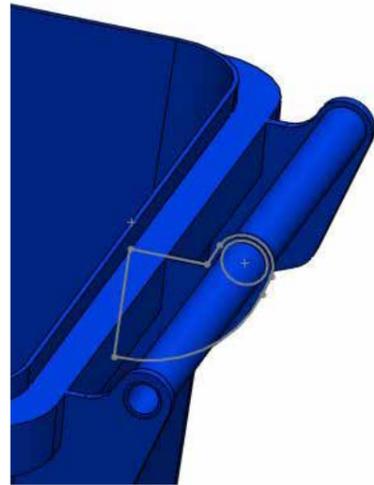


Figura 5.1.4 Diseño del asa

Por otro lado, para el tamaño del agarre del asa, existen algunas recomendaciones ergonómicas:

Para asas que llevan consigo una carga de más de 9 kg (supuesto donde entra el contenedor cargado) se recomienda un agarre con un diámetro mayor de 18 mm. Para cargas menores se utilizan menores diámetros, pero no es el caso.

También hay que tener en cuenta que los operarios de recogida de contenedores trabajan con guantes apropiados para la tarea, por ello,

se añade 1 cm de más. Con lo que se obtiene un diámetro de 28 mm para el asa.

Se diseña una matriz de nervios en la parte inferior del asa, para reducir cantidad de material, y facilitar el desmoldeo directo en gran parte del asa.

Por último, se crea un orificio común entre el asa y el soporte para el posible alojamiento de un clip de unión con la tapa.



Figuras 5.1.5 Diseño del asa

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.1 Modelización del cuerpo

Dimensionar soporte asa

En los extremos del asa se tiene una zona superior que se denominará soporte asa. En la fase anterior, de generación de conceptos, se diseñó de una forma muy básica:

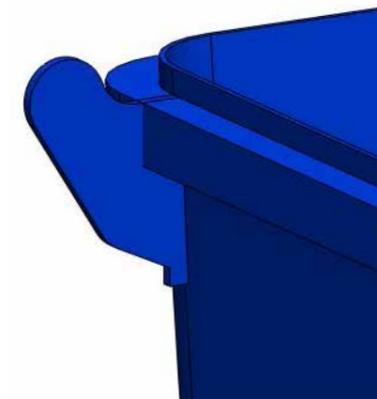


Figura 5.1.6 Diseño soporte asa

Después de diseñar el asa, es necesario hacer un correcto dimensionado del soporte.

El resto de superficie se diseña de manera que siga las curvas estéticas del cubo, con dimensiones que estén dentro de la normativa y además, en la parte inferior, añadir una pestaña que haga de tope a la hora de apilar.

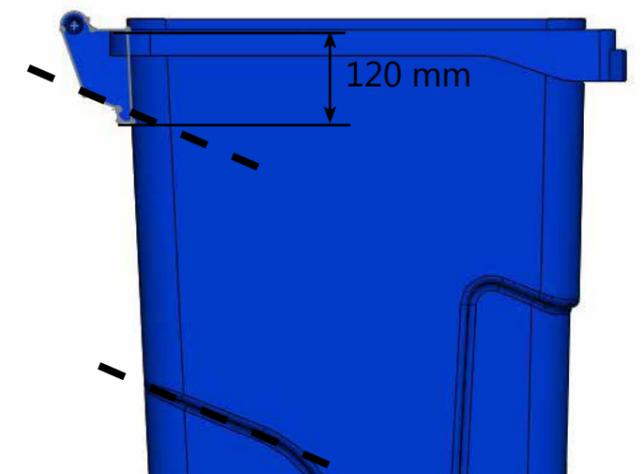


Figura 5.1.8 Soporte asa



Figura 5.1.7 Dimensionado soporte asa

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.2 Uso del software

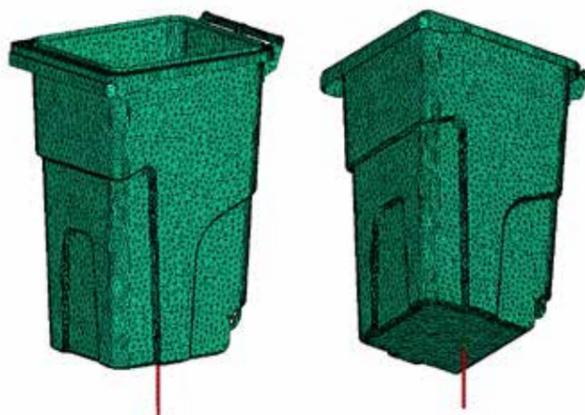
Como ya se ha comentado antes, el programa utilizado para la realización de las simulaciones de inyección es Autodesk Moldflow.

Es necesario seguir los siguientes pasos para realizar una simulación:

1. Tener una geometría para realizar un mallado y colocar los elementos para inyectar el plástico (cámara caliente).



Figura 5.2.1 Geometría importada de SolidWorks



Figuras 5.2.2 Mallado de geometría y cámara caliente

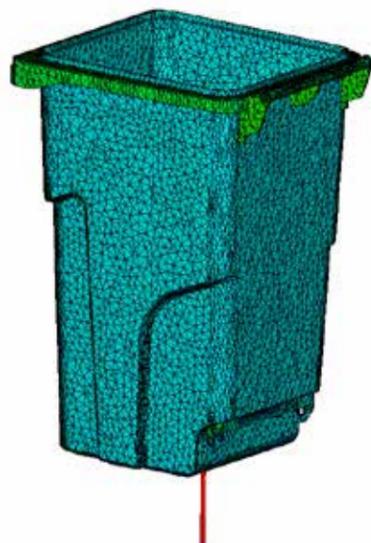


Figura 5.2.3 Mallado con diferentes espesores (diferenciados por colores)

2. Se elige un material de la base de datos del programa. Este ofrecerá datos como curvas PVT, curva viscosidad, propiedades mecánicas, propiedades térmicas, etc., así como los parámetros recomendados para el procesado.

Se van a usar dos plásticos PEHD (polietileno de alta densidad); el KS10100 que es más fluido y el Eraclene MM70 que es menos fluido.

Para observar las diferencias de ambos materiales, en la siguiente página se muestran las curvas de viscosidad de cada uno y los parámetros recomendados para la inyección.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.2 Uso del software

KS10100

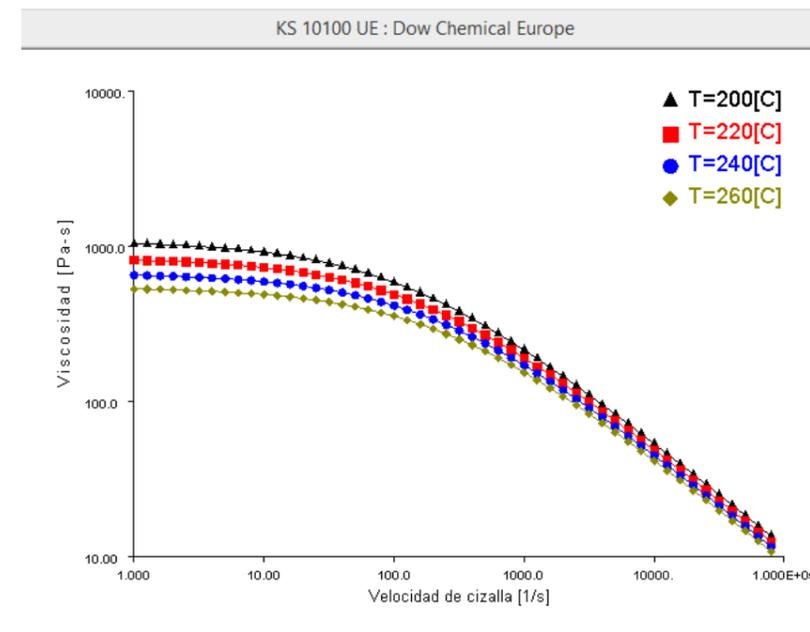


Figura 5.2.4 Gráfico curva viscosidad KS10100

Temperatura molde	30
Temperatura masa fundida	230
Intervalo de T ^a molde (recomendado)	
Mínimo	10
Máximo	50
Intervalo T ^a masa fundida (recomendado)	
Mínimo	200
Máximo	260
T ^a absoluta máx. masa fundida	320
T ^a de expulsión	100

ERACLENE MM70

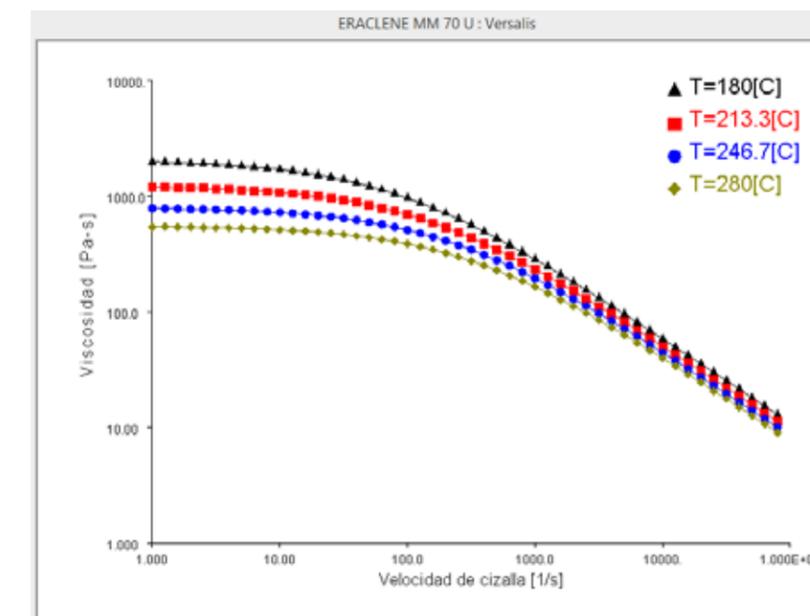


Figura 5.2.5 Gráfico curva viscosidad Eraclene

Temperatura molde	40
Temperatura masa fundida	230
Intervalo de T ^a molde (recomendado)	
Mínimo	20
Máximo	60
Intervalo T ^a masa fundida (recomendado)	
Mínimo	180
Máximo	280
T ^a absoluta máx. masa fundida	320
T ^a de expulsión	100

5.2 Uso del software

3. Se elige el tipo de análisis (llenado, llenado + compactación y llenado + compactación + alabeo en nuestro caso) y se programan los parámetros.

En las siguientes imágenes se muestra como se elige el análisis y se programan los parámetros.

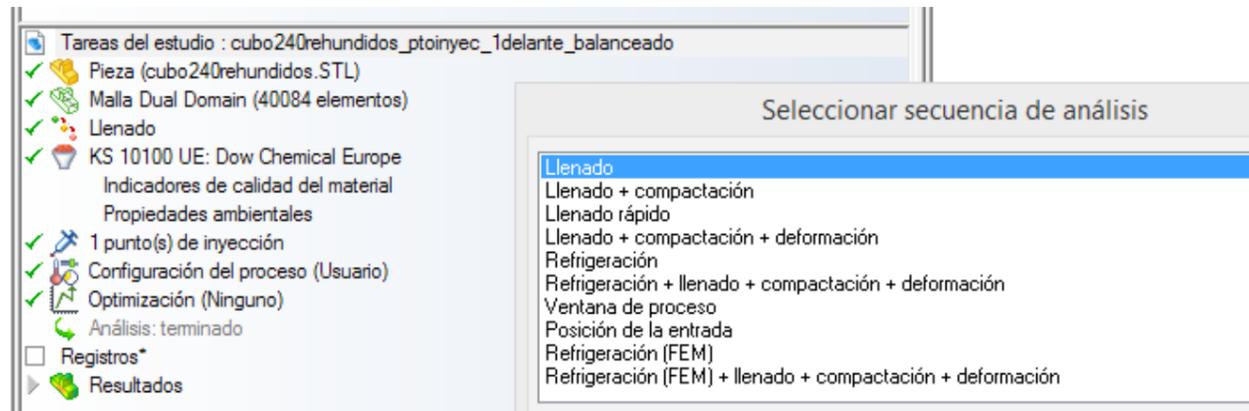


Figura 5.2.6 Interfaz del software

Una vez, se elige un proceso, en este caso llenado, los parámetros que se pueden manejar son la temperatura del molde, temperatura de masa fundida, tiempo de inyección, cuando cambiar la velocidad e inyectar por presión y controlar la compactación.

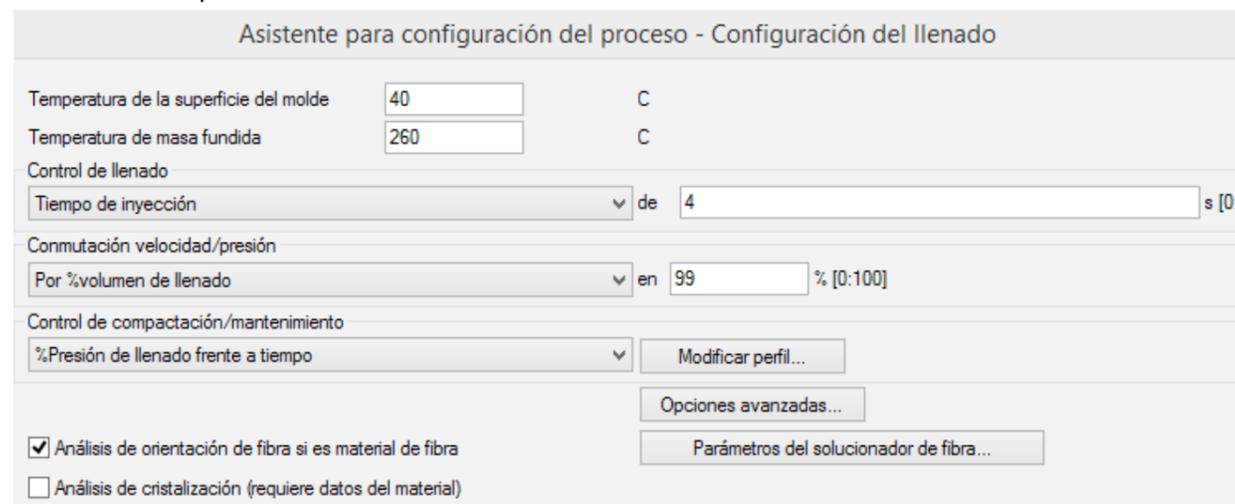


Figura 5.2.7 Interfaz del software

5.3 Búsqueda punto de inyección: Balanceado del molde

Una vez que se tiene un diseño apropiado del cubo, se buscará la ubicación adecuada del punto de inyección para que el llenado de la pieza este balanceado.

Esto quiere decir, que el tiempo que le cuesta llegar al frente de flujo a todos los extremos de la pieza sea el mismo. Una pieza desbalanceada puede generar que existan zonas sobrecompactadas y una mayor fuerza de cierre, lo cual puede dar lugar a rebabas en la pieza o a la necesidad de inyectar en una máquina más grande incrementando el precio de la pieza.

Para buscar el balanceado se realizará simulación de llenado automático en este caso y una vez concretado el punto de inyección se realizará simulación de un ciclo más completo, esto es llenado más compactación (Ver apartado 6.4 y 6.5)

En las siguientes páginas se muestran las posiciones elegidas para colocar el punto de inyección en la pieza y posteriormente los resultados de llenado frente al tiempo. La escala de color indica el tiempo que tarda en llenarse cada punto, siendo el azul el primero y el rojo el último.

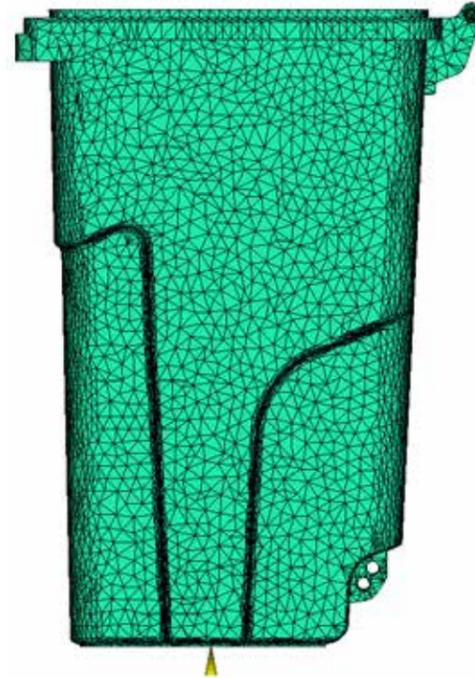
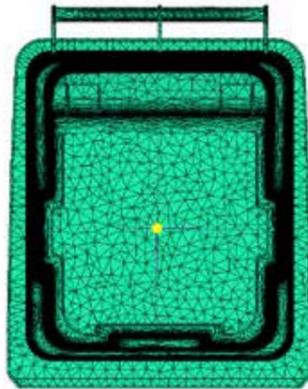
Se considerará que el punto de inyección esta balanceado cuando la zona de color rojo se encuentre lo más uniformemente repartida por la zona superior, que es la última zona en llenarse.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.3 Búsqueda punto de inyección: Balanceado del molde

BALANCEADO 1

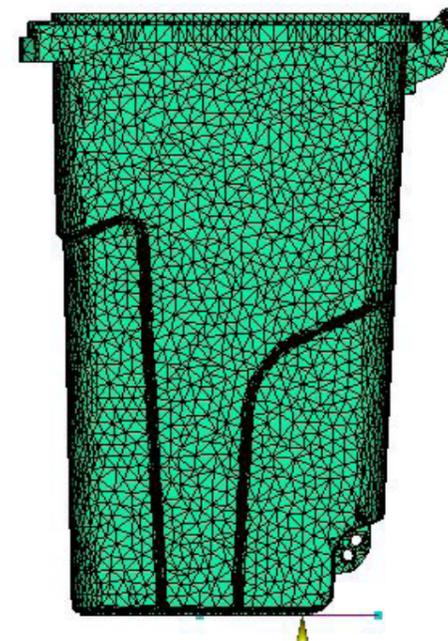
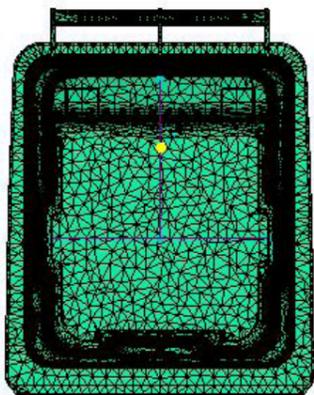
Punto de inyección: Colocado en el centro de la base, es decir sobre la línea central (eje de simetría) y en el centro de la base de abajo. Para ello se dibuja una línea que corte la base en dos mitades, y así centrar el punto.



Figuras 5.3.1 Colocación punto de inyección balanceo 1

BALANCEADO 2

Punto de inyección: Se coloca otra vez sobre la línea de simetría, pero en este segundo caso, se desplaza el punto hacia la parte trasera.



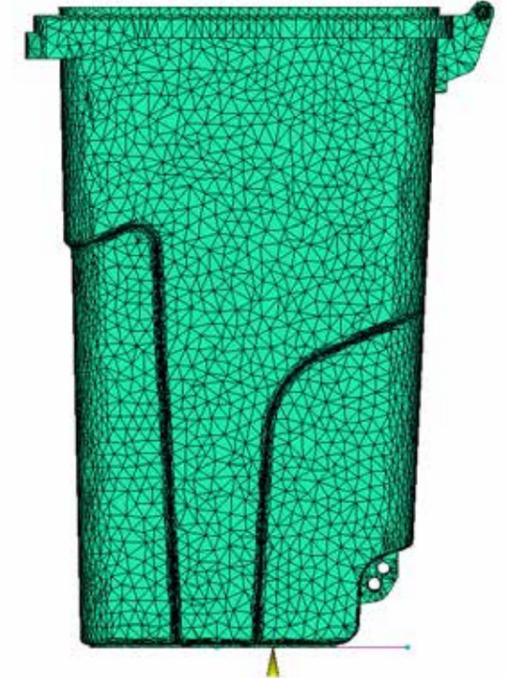
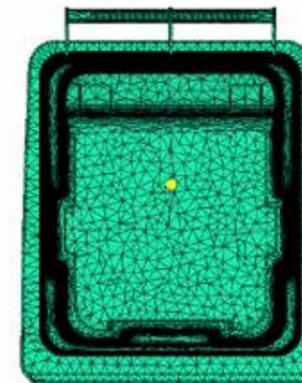
Figuras 5.3.2 Colocación punto de inyección balanceo 2

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.3 Búsqueda punto de inyección: Balanceado del molde

BALANCEADO 3

Punto de inyección: Colocado sobre la línea central y en este caso, adelantándolo ligeramente con respecto al aso anterior.

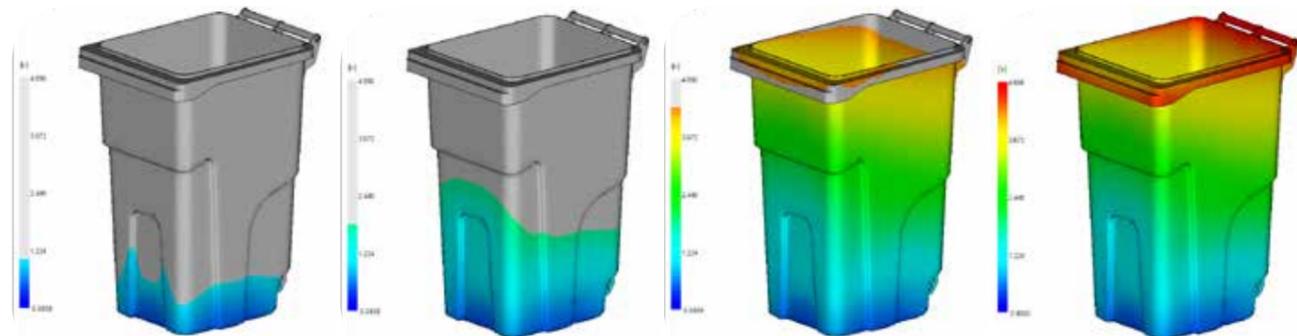


Figuras 5.3.3 Colocación punto de inyección balanceo 3

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.3 Búsqueda punto de inyección: Balanceado del molde

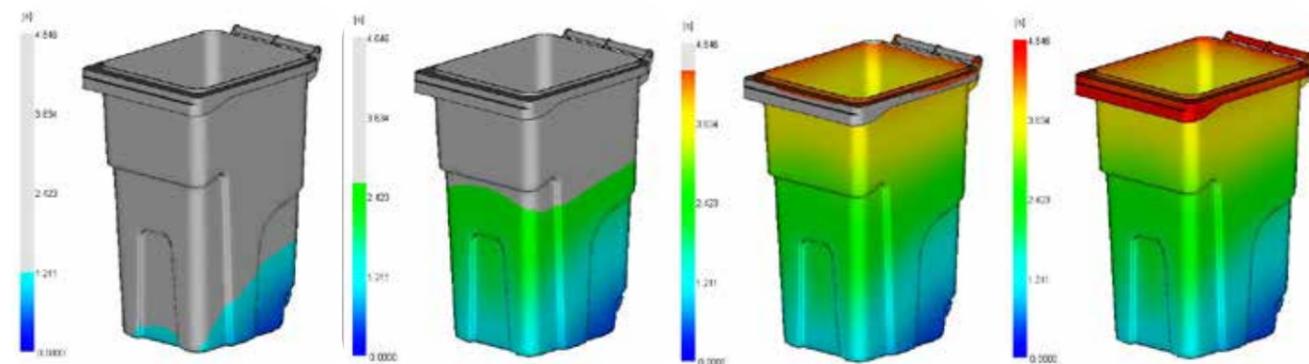
BALANCEADO 1



Figuras 5.3.4 Llenado con balanceo 1

Colocando el punto de inyección centrado en la base inferior, al principio de la inyección (primera imagen) parece que esta más equilibrado, pero conforme avanza la inyección, la parte frontal se llena antes que la de atrás. Incluso, empieza a llenar la toma frontal por la zona delantera sin haber acabado de llenar por la parte trasera del cubo. La zona roja (final del llenado) se concentra en la toma frontal y parte trasera del asa. Hay que conseguir zona roja mas homogénea en la parte final.

BALANCEADO 2



Figuras 5.3.5 Llenado con balanceo 2

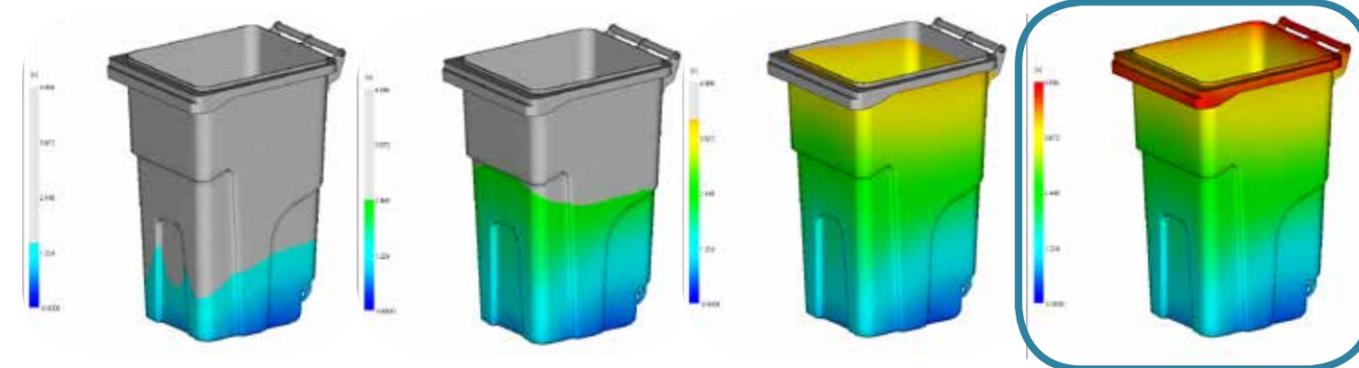
En este caso se observa como el frente de flujo avanza más en la parte trasera que en el frontal del cubo por lo retrasado que se ha colocado el punto de inyección. El llenado se va equilibrando dejando para llenar al final un volumen muy ligeramente mayor en el frontal que en el asa. Se tiene el caso practicamente balanceado.

Sin embargo colocar el punto de inyección tan retrasado no es bueno para el molde, que pide que el punto este más centrado con respecto al área proyectada. Por ello, se busca un punto intermedio entre este caso y el primer caso analizado.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.3 Búsqueda punto de inyección: Balanceado del molde

BALANCEADO 3



Figuras 5.3.6 Llenado con balanceo 3

En este caso, se coloca el punto de inyección ligeramente adelantado respecto al caso anterior para contrarrestar que se llena antes por la zona trasera. Cuando se llega al final de la inyección, se llena la toma frontal y las asas uniformemente, se puede apreciar un color rojo repartido uniformemente por toda la superficie exterior de arriba. Se ha conseguido balancear el llenado con una posición de punto adecuada al molde. Se mantendrá esta posición del punto de inyección para el resto de simulaciones.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4 Búsqueda del espesor adecuado del cubo: Fase de llenado

Una vez encontrado el punto de inyección adecuado para un llenado de molde balanceado, se procede a simular la fase de llenado del ciclo de inyección. El objetivo de este estudio es encontrar el mínimo espesor necesario para que se pueda llenar correctamente el cubo con cada uno de los materiales escogidos para el análisis.

Como ya se ha comentado anteriormente, se hará el estudio para dos PEHD diferentes; KS10100 y Eraclene MM70. Y se comparará el espesor y los parámetros obtenidos.

Para ambos estudios, se han considerado las siguientes pautas a la hora de proponer casos de llenado:

> Se han fijado unos valores máximos que no podrán sobrepasarse.

Presión de inyección (Piny) < 180 MPa. *Los máximos valores de inyección en una máquina están en torno a 175 - 180 bares hidráulicos, que suponen, por la relación de áreas (entre husillo y pistón) 175 - 180 MPa en el molde.*

Fuerza de cierre (FdeC) < 2700 Tn. *Este valor se impone ya que en el pliego de condiciones se acota el tamaño de máquina de inyección.*

Caudal (Q) o velocidad de flujo < 1700 cm³/s. *Según la experiencia del TIIP en inyección de piezas, se ha decidido fijar un caudal máximo para evitar sobrepasarlo, ya que ni las máquinas son capaces de dar tanto caudal, ni las cámaras calientes diseñadas para estos moldes lo soportarían.*

> Se fijan los parámetros de temperatura de inyección y temperatura del molde.

Temperatura de inyección o temperatura de masa fundida 290°. *Dado que son piezas con recorridos de flujo largos y difíciles de llenar, se opta por llenar cerca de los valores máximos permitidos para cada material. A temperaturas más bajas no sería posible llenar el cubo.*

Temperatura del molde (KS10100) 40°.

Temperatura del molde (Eraclene MM70) 60°. *No se usa la misma temperatura, ya que el Eraclene al ser más viscoso, necesita mayor aporte de calor para fluir.*

> Se dejan los parámetros; tiempo de inyección (tiny), porcentaje al realizar el cambio llenado-presión (%cambio) y la presión en la segunda fase (Pde2ª) que se programan mediante la opción de control de compactación, como variables en cada caso.

En las páginas siguientes se va a explicar la metodología seguida para cada material, a la hora de proponer el caso de llenado y los parámetros variables utilizados, buscando cumplir las anteriores pautas.

Como punto de partida, se empezará con un espesor de 3.3 mm en la parte del cuerpo. En esa, toma frontal y zona de las ruedas se toman espesores ya utilizados en otros cubos, y que aseguran una correcta funcionalidad de estos elementos.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

A continuación, se muestra el primer caso de simulación, explicando los resultados.

Parámetros caso inicial:

Material: KS10100
 Temperatura inyección: 290°
 Temperatura molde: 40°
 Proceso: llenado
 Porcentaje de cambio al 85%
 Control de compactación: 80% (*) presión
 Tiempo de inyección: 4.5 s

(*) % de presión máxima de llenado calculada por el programa

Cuando el software ejecuta el análisis, se genera el siguiente registro. Se procede a explicar que es lo que se observa en dicho registro:

Análisis de llenado

Análisis de tensión residual
 el análisis se está iniciando....

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

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel Flujo (cm ³ /s)	Estado
0.20	0.22	31.22	0.76	354.39	U
0.40	2.12	60.80	30.04	1307.76	U
0.60	5.87	75.84	116.39	1786.43	U
0.80	10.27	83.93	221.83	1908.21	U
1.00	14.89	88.10	320.82	1968.27	U
4.80	97.10	180.00	2860.20	1768.51	M.M.P
4.96	99.00	180.00	3220.60	1506.53	U/P
4.97	99.11	144.00	3053.69	398.55	P
5.00	99.39	144.00	2874.12	646.73	P

El proceso acaba de comenzar, se muestran los primeros instantes del llenado. Los datos que se pueden sacar son: % de volumen inyectado, presión de la máquina, fuerza de cierre, velocidad de flujo y el estado en el que se encuentra el proceso. En este caso se está inyectando mediante control de la velocidad.

4.80	97.10	180.00	2860.20	1768.51	M.M.P
4.96	99.00	180.00	3220.60	1506.53	U/P
4.97	99.11	144.00	3053.69	398.55	P
5.00	99.39	144.00	2874.12	646.73	P

Figuras 5.4.1 Registro de datos del software

Cuando se realiza el cambio de llenado por velocidad a llenado por presión, la presión disminuye dado que se a programado un % de presión máxima de llenado. En este caso pasa de 180 a 144 MPa.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

3.81	76.64	171.77	2408.06	2079.05	U
4.01	80.90	177.87	2588.33	2084.90	U
** ADVERTENCIA 98934 ** Se ha alcanzado la presión máxima de inyección de la máquina a la hora = 4.08 s; volumen = 82.54 % Se usa el valor de presión máxima de inyección de la máquina.					
4.20	85.13	180.00	2698.86	2007.87	M.M.P
4.40	89.26	180.00	2747.91	1926.24	M.M.P
4.61	93.42	180.00	2786.51	1860.28	M.M.P
4.80	97.10	180.00	2860.20	1768.51	M.M.P
4.96	99.00	180.00	3220.60	1506.53	U/P

Figura 5.4.2 Registro de datos del software

A veces, como en este caso, aparecerá la siguiente notificación o advertencia: "Se ha alcanzado la presión máxima de inyección de la máquina". Esto significa que la presión de esa máquina no puede subir más y realiza un cambio. Cambia de llenado por velocidad a llenado por presión automáticamente, manteniendo la presión de llenado como el máximo que soporta la máquina, en este caso, los 180 MPa en el molde. Esto provoca que la fuerza de cierre aumente cada vez más y supere el límite impuesto por las características de la máquina.

5.07	100.00	144.00	2790.93	740.11	Llenado
Resumen de resultados de la fase de llenado:					
Presión máxima de inyección	(a	4.2041 s)	=	180.0000 MPa	
Resumen de resultados del final de la fase de llenado:					
Tiempo al final del llenado	=	5.0729 s			
Peso total (pieza + canales)	=	6641.5424 g			
Fuerza máxima de cierre: durante el llenado	=	3220.5988 tonelada			

Figura 5.4.3 Registro de datos del software

Cuando el proceso de llenado termina satisfactoriamente, en la última línea pondrá: llenado y en la columna de volumen, el 100%. Posterior a eso, aparece un resumen de los resultados más importantes: la presión máxima obtenida, la fuerza de cierre, el tiempo final del llenado y el peso final de la pieza.

El siguiente paso es recopilar los datos necesarios de la siguiente manera:

Espesor (mm)	tiny (s)	%cambio	%de2 ^a	Piny (MPa)	Pde2 ^a (MPa)	FdeC (Tn)	Caudal (cm ³ /s)
3.3	4.5	85	80	180	144	3220	2000

A continuación, se mostrará una tabla explicativa del método seguido, los casos estudiados, así como los parámetros seleccionados y los resultados obtenidos.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

Espesor (mm)	tiny (s)	%cambio	%de2 ^a	Piny (MPa)	Pde2 ^a (MPa)	FdeC (Tn)	Caudal (cm ³ /s)
3.3	4.5	85	80	180	144	3220	2000

Se alcanza la presión máxima de la máquina sin haber llegado al 85% de volumen de cavidad llena. Paso: Cambiar a segunda fase antes, al 80%.

3.3	4.5	80	80	167.5	134	2500	1875
-----	-----	----	----	-------	-----	------	------

El caudal es demasiado alto. Paso: aumentar tiempo de inyección a 5,5 segundos para reducir el caudal.

3.3	5.5	80	80	160	128	2455	1535
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Caso OK. Paso: bajar el espesor a 3,2 para reducir peso final de la pieza,

3.2	5.5	80	80	167.6	134	2625	1480
-----	-----	----	----	-------	-----	------	------

Caso OK. Paso: bajar el espesor a 3,1 para seguir reduciendo peso de pieza.

3.1	5.5	80	80	176	140	2817	1450
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

La fuerza de cierre supera el límite fijado. Si baja el tiny, la presión aumentará y ya están casi en el límite de 180 MPa. Si sube el %de cambio, la presión también aumenta, tampoco es viable. Si sube el tiny, la presión baja a 175 y la fuerza de cierre sigue siendo superior al límite. Por último si baja el %de cambio la inyectad se queda corta, no se produce el llenado completo de la pieza. Caso no viable. Se vuelve al caso anterior.

3.2	5.5	80	80	167.6	134	2625	1480
-----	-----	----	----	-------	-----	------	------

Paso: se baja el tiny un segundo para optimizar el ciclo.

3.2	4.5	80	80	174	139	2699	1820
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

El caudal sale demasiado elevado. Paso: aumentar el tiny 0.5 segundos para reducir el caudal.

3.2	5	80	80	170	136	2650	1640
-----	---	----	----	-----	-----	------	------

Caso OK.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

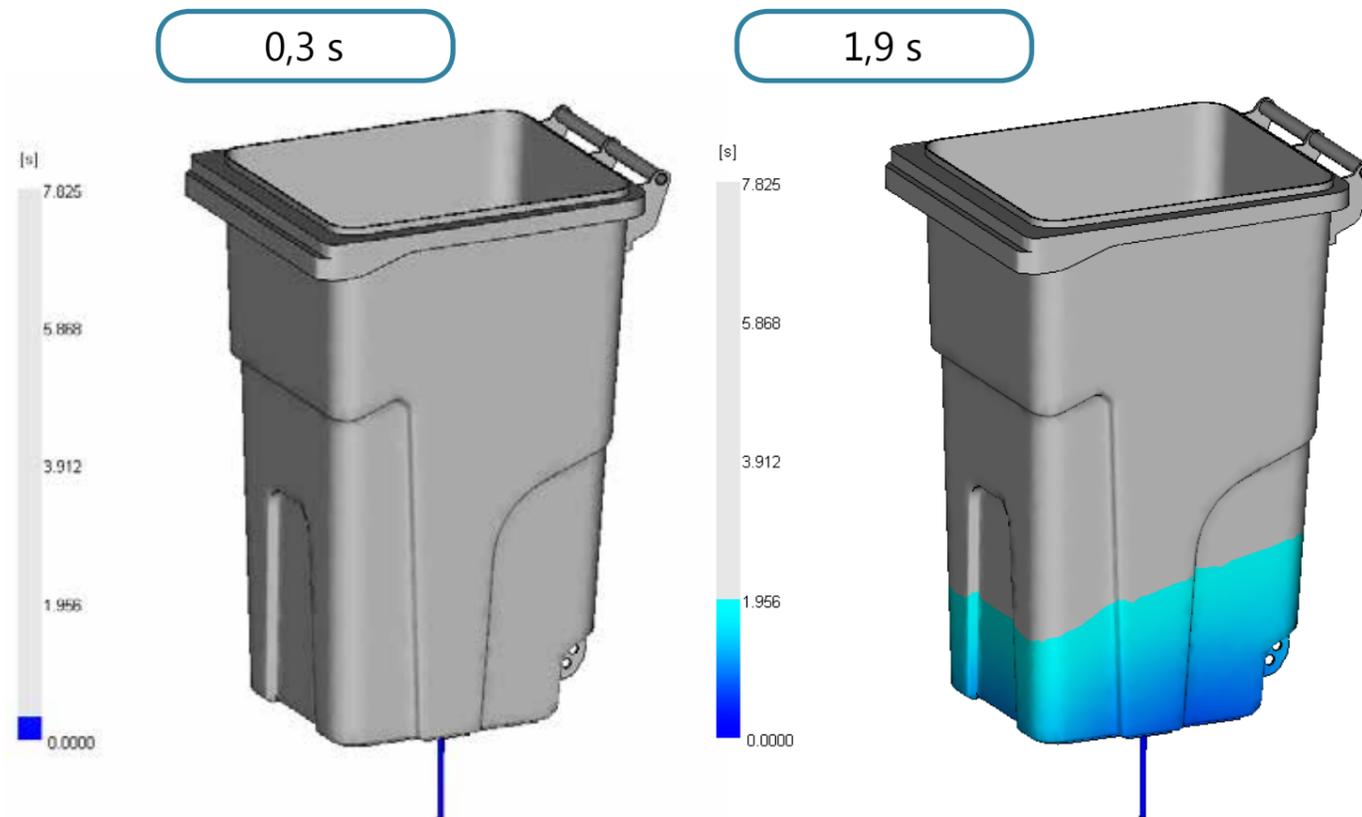
Una vez se ha llegado al caso óptimo se recopilan y se muestran los siguientes datos obtenidos por el software:

- Secuencia de llenado
- Presión en la conmutación V/P
- Gráfica XY presión en el punto de inyección
- Temperatura de masa fundida
- Gráfico XY de fuerza de cierre
- Espesores de la pieza
- Resultados finales

Parámetros de entrada

Espesor cubo: 3,2 mm
 Material: KS10100
 Temperatura inyección: 290°
 Temperatura molde: 40°
 Proceso: llenado
 Porcentaje de cambio al 80%
 Control de compactación: 80%presión
 Tiempo de inyección: 5 s

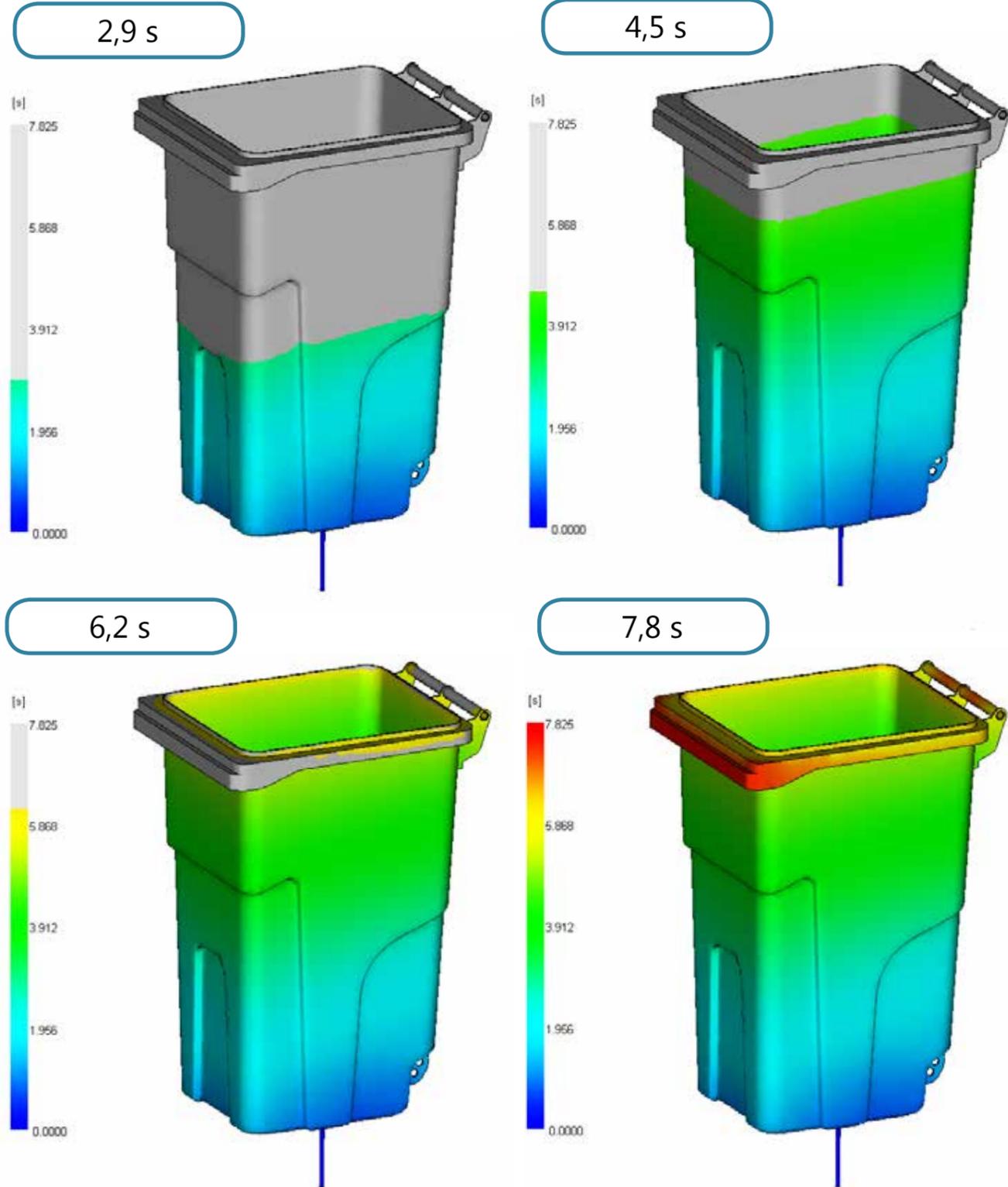
Secuencia de llenado



Figuras 5.4.1.1 Secuencia de llenado caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical



Figuras 5.4.1.2 Secuencia de llenado caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

Presión en la conmutación, V/P

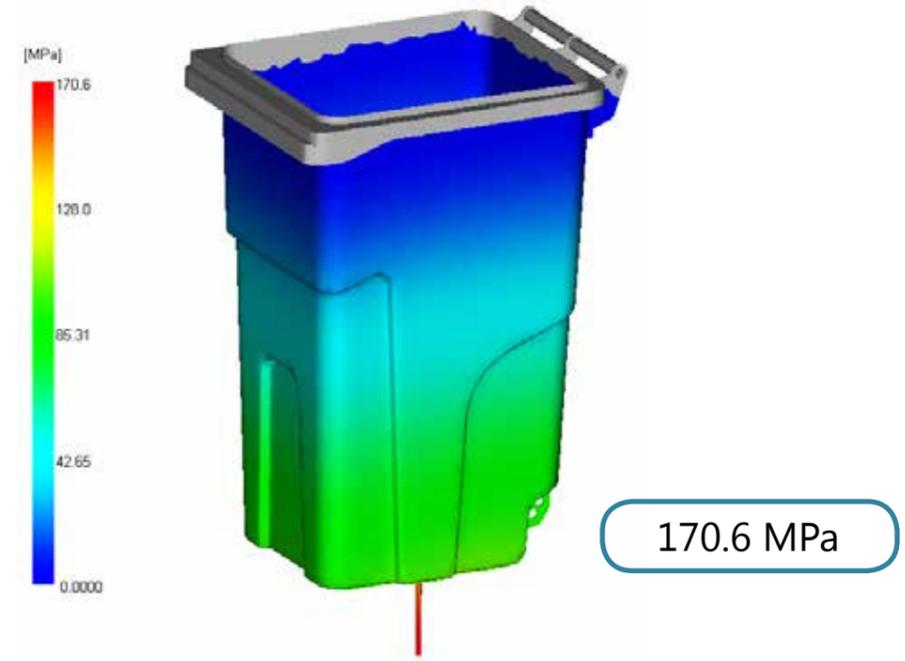


Figura 5.4.1.3 Presión V/P caso O.K

Gráfica XY presión en el punto de inyección

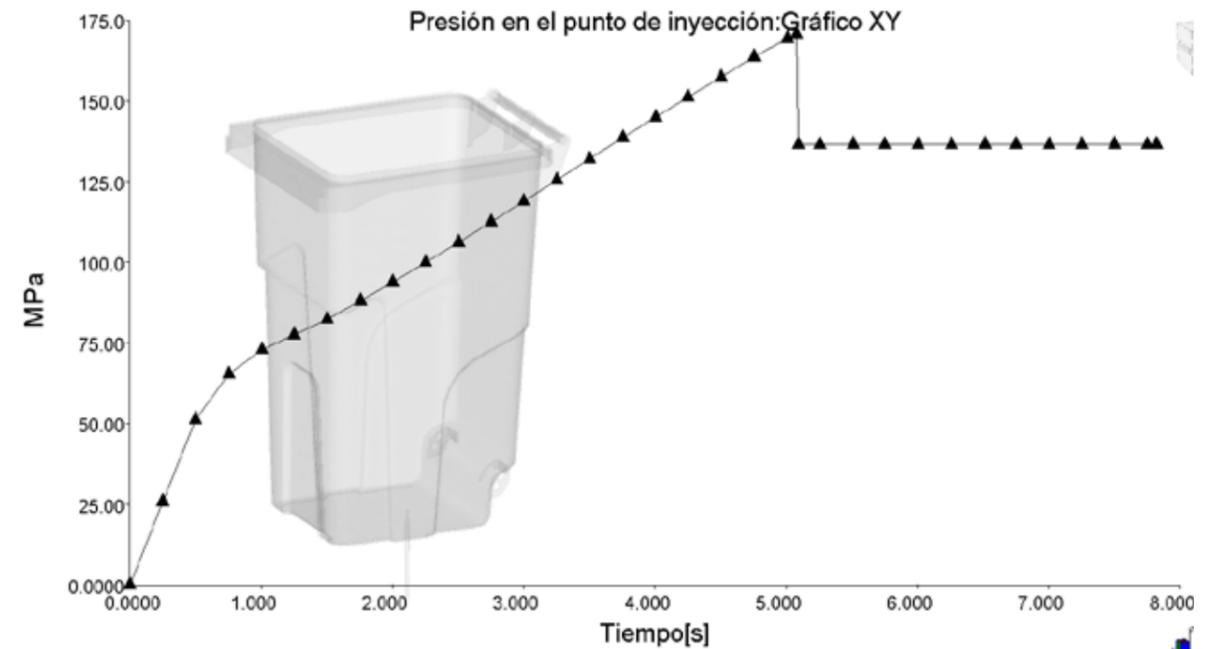


Figura 5.4.1.4 Gráfica XY presión caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

Temperatura de masa fundida

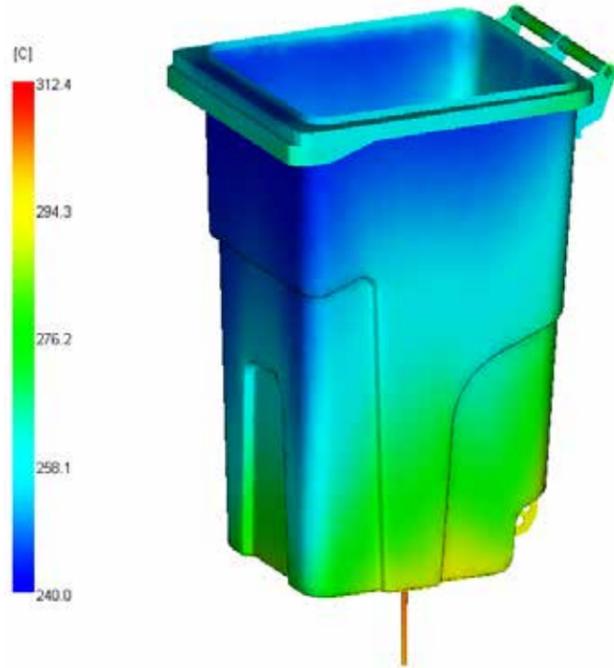


Figura 5.4.1.5 Temperatura de masa caso O.K

Gráfico XY de fuerza de cierre

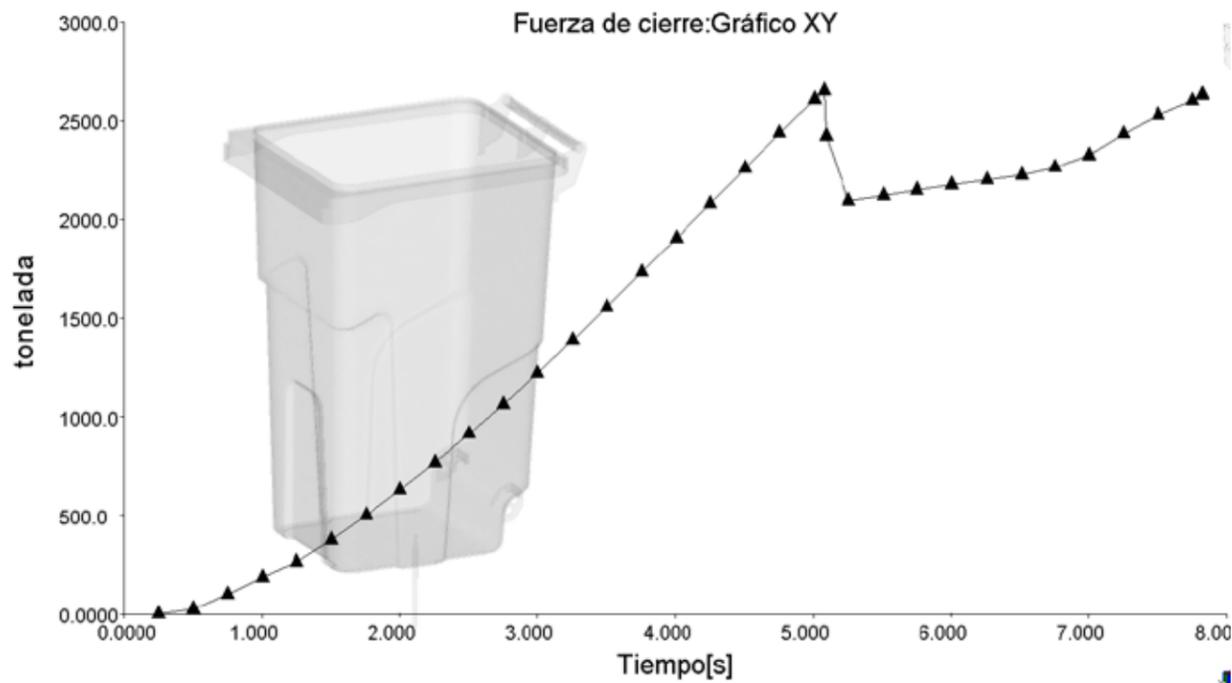
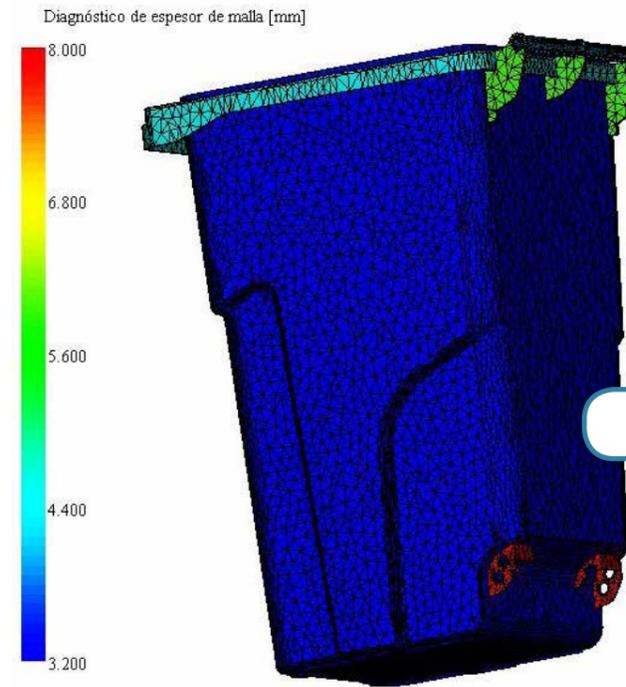


Figura 5.4.1.6 Gráfica XY fuerza de cierre caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

Espesores de la pieza



Toda la parte del cuerpo central tiene un color azul constante, verificando que tiene un espesor de 3,2 mm. La toma frontal y los soportes del asa salen de color verde, por tener un espesor de 4,5 mm.

3,2 mm

Figura 5.4.1.7 Espesores caso O.K

Resultados finales

Datos finales

Presión máxima: 170 MPa
 Fuerza de cierre máxima: 2650 Tn
 Tiempo final de inyección: 7.8 s
 Proceso: llenado 100%
 Presión al cambio a 2ªfase: 136 MPa
 Caudal: 1640 cm³/s
 Peso final de la pieza: 6,59 Kg.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.1 PEHD KS10100 DOW chemical

Este es el registro de datos que ofrece el software sobre el caso OK:

Análisis de tensión residual
el análisis se está iniciando....

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

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel Flujo (cm ³ /s)	Estado
0.25	0.25	25.88	0.83	285.72	U
0.50	2.08	51.25	25.23	986.84	U
0.75	5.71	65.43	99.66	1381.66	U
1.01	10.07	72.89	187.31	1505.86	U
1.25	14.54	77.54	263.33	1561.60	U
1.50	19.11	82.35	376.05	1538.74	U
1.76	23.57	88.08	500.62	1545.38	U
2.00	27.93	93.86	629.68	1553.17	U
2.25	32.33	99.95	767.17	1564.80	U
2.50	36.70	106.20	913.27	1571.25	U
2.75	40.93	112.49	1062.85	1580.11	U
3.00	45.12	118.87	1219.83	1589.20	U
3.25	49.43	125.53	1388.49	1597.71	U
3.50	53.63	132.06	1557.22	1606.05	U
3.76	57.85	138.67	1731.26	1614.98	U
4.01	62.04	144.96	1903.63	1622.29	U
4.25	66.17	151.13	2077.39	1628.83	U
4.50	70.42	157.42	2257.31	1635.48	U
4.76	74.67	163.60	2437.02	1641.21	U
5.01	78.97	169.38	2606.66	1646.12	U
5.08	80.15	170.61	2649.74	1637.12	U/P
5.09	80.39	136.49	2423.26	543.71	P
5.26	82.33	136.49	2092.88	965.29	P
5.51	84.69	136.49	2119.54	909.08	P
5.75	86.77	136.49	2147.65	859.17	P
6.00	88.90	136.49	2174.68	814.63	P
6.26	90.94	136.49	2199.48	776.23	P
6.52	92.90	136.49	2223.68	742.39	P
6.75	94.57	136.49	2262.13	710.77	P
7.00	96.18	136.49	2324.13	665.12	P
7.25	97.44	136.49	2432.67	618.82	P
7.50	98.60	136.49	2527.11	561.66	P
7.75	99.68	136.49	2599.96	524.86	P
7.82	99.93	136.49	2628.09	514.09	P
7.82	100.00	136.49	2632.46	514.09	Llenado

Resumen de resultados de la fase de llenado:

Presión máxima de inyección	(a 5.0793 s) =	170.6104 MPa
-----------------------------	----------------	--------------

Resumen de resultados del final de la fase de llenado:

Tiempo al final del llenado	=	7.8246 s
Peso total (pieza + canales)	=	6597.1437 g
Fuerza máxima de cierre: durante el llenado	=	2649.7405 tonelada

Figura 5.4.1.8 Registro de resultados del software caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Para el estudio con el segundo material, se ha decidido partir del primer caso OK obtenido con el otro material, para ver la diferencia que hay al usar uno u otro, siendo este más viscoso.

Parámetros caso inicial:

Material: Eraclene MM70
 Temperatura inyección: 290°
 Temperatura molde: 60°
 Proceso: llenado
 Porcentaje de cambio al 80%
 Control de compactación: 80%presión
 Tiempo de inyección: 5.5 s

Lo primero que se detecta es que usando el segundo material, con los mismos parámetros no es posible llenar la pieza. Esto es debido a la diferencia de viscosidad de un material y otro. Este, al ser más viscoso, fluye con más dificultad.

Comparación de resultados para los mismos parámetros:

Espesor (mm)	tiny (s)	%cambio	%de2 ^a	Piny (MPa)	Pde2 ^a (MPa)	FdeC (Tn)	Caudal (cm ³ /s)
3.3	5.5	80	80	160	128	2455	1535

Material KS10100. Caso OK

3.3	5.5	80	80	180	180	3985	1500
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Material Eraclene MM70. Caso NOK

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Espesor (mm)	tiny (s)	%cambio	%de2 ^a	Piny (MPa)	Pde2 ^a (MPa)	FdeC (Tn)	Caudal (cm ³ /s)
3.3	5.5	80	80	180	180	3985	1500

Se alcanza la presión máxima de la máquina sin haber llegado al 80% de volumen de cavidad llena. Paso: Cambiar a segunda fase antes, al 65%.

3.3	5.5	65	80	175	140	2684	1500
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Inyectada corta, solo llena el 80% de cavidad. Esto sucede por que el plástico se ha solidificado, la presión no es suficiente y llenar más rápido implica aumento de presión (si se atiende a la tendencia del caso con el material más fluido). Paso: aumentar el espesor a 3,4 mm con los parámetros del caso anterior a este.

3.4	5.5	80	80	180	144	3060	1550
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Se alcanza la presión máxima de la máquina al 71% de cavidad llena. Además la inyectada es corta. Si se baja el % de cambio, seguirá sin llenar. Si se modifica el tiny; si lo subimos, la fuerza de cierre ya pasa del límite no funcionaría. Si lo bajamos la presión aumentaría y ya se había llegado al máximo. Paso: subir el espesor a 3,5 mm.

3.5	5.5	80	80	176	140	2893	1600
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Inyectada corta y fuerza de cierre muy elevada. Si baja el % de cambio, seguirá sin llenar, si sube, la fuerza de cierre también. Si baja el tiempo el caudal sube y está en el límite. Paso: subir el tiny.

3.5	6	80	80	174	139	2878	1470
-----	---	----	----	-----	-----	------	------

Inyectada corta y fuerza de cierre superior al límite. No hay apenas variación al subir el tiny. Paso: subir espesor con los parámetros del caso anterior a este.

3.6	5.5	80	80	171	136	2770	1640
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Inyectada corta y fuerza de cierre superior al límite de 2700 Tn. Si baja el % de cambio, seguirá sin llenar, si sube, la fuerza de cierre también. Si baja el tiempo el caudal sube y está en el límite y si sube, apenas hay variación.

3.6	6	80	80	169	135	2761	1500
-----	---	----	----	-----	-----	------	------

No es viable a 3,6 de espesor. Paso: subir el espesor a 3,7 mm con los parámetros del caso anterior a este.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Espesor (mm)	tiny (s)	%cambio	%de2 ^a	Piny (MPa)	Pde2 ^a (MPa)	FdeC (Tn)	Caudal (cm ³ /s)
3.7	5.5	80	80	164	131	2622	1677

Inyectada corta. Si baja el % de cambio, seguirá sin llenar pero al no haber superado los límites de presión ni fuerza de cierre, se puede aumentar el % de cambio. Hay poco margen ya que la fuerza de cierre esta cerca del valor de 2700 Tn. Paso: subir el % de cambio al 83%.

3.7	5.5	83	80	168	134	2754	1690
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Fuerza de cierre ligeramente superior a 2700 Tn. Paso: % de cambio entre el 80% y el 83%, bajar a 81%.

3.7	5.5	81	80	165	132	2662	1685
-----	-----	----	----	-----	-----	------	------

Caso OK.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Una vez se ha llegado al caso óptimo, al igual que se ha hecho con el otro material, se recopilan y se muestran los siguientes datos obtenidos por el software:

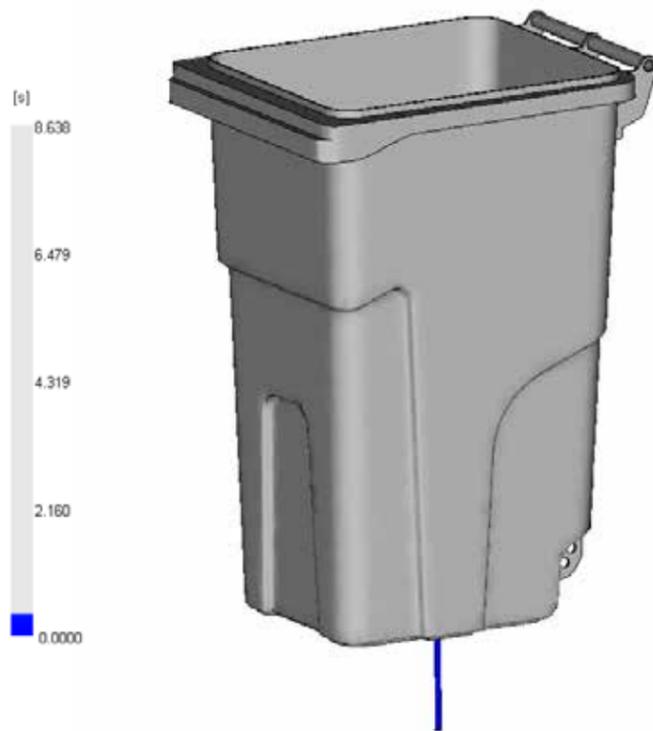
- Secuencia de llenado
- Presión en la conmutación V/P
- Gráfica XY presión en el punto de inyección
- Temperatura de masa fundida
- Gráfico XY de fuerza de cierre
- Espesores de la pieza
- Resultados finales

Parámetros de entrada

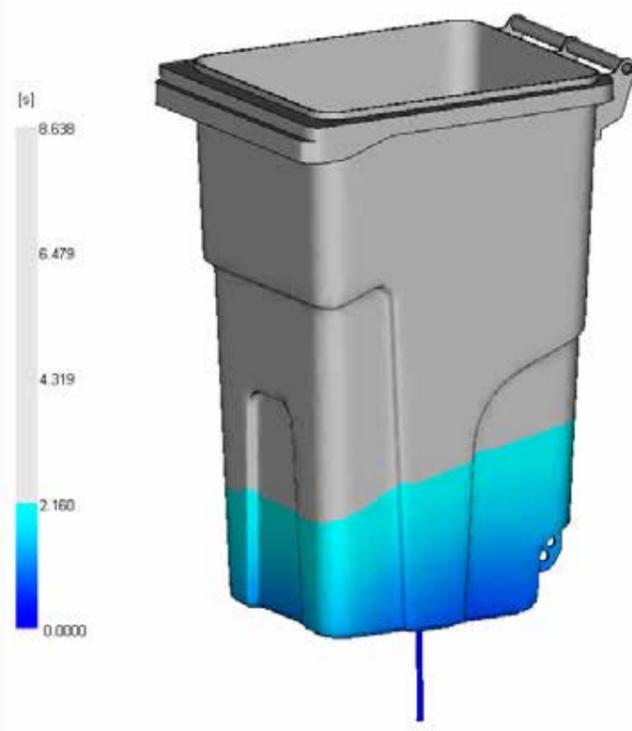
Espesor cubo: 3,7 mm
 Material: Eraclene
 Temperatura inyección: 290°
 Temperatura molde: 60°
 Proceso: llenado
 Porcentaje de cambio al 81%
 Control de compactación: 80%presión
 Tiempo de inyección: 5,5 s

Secuencia de llenado

0,3 s



2,1 s

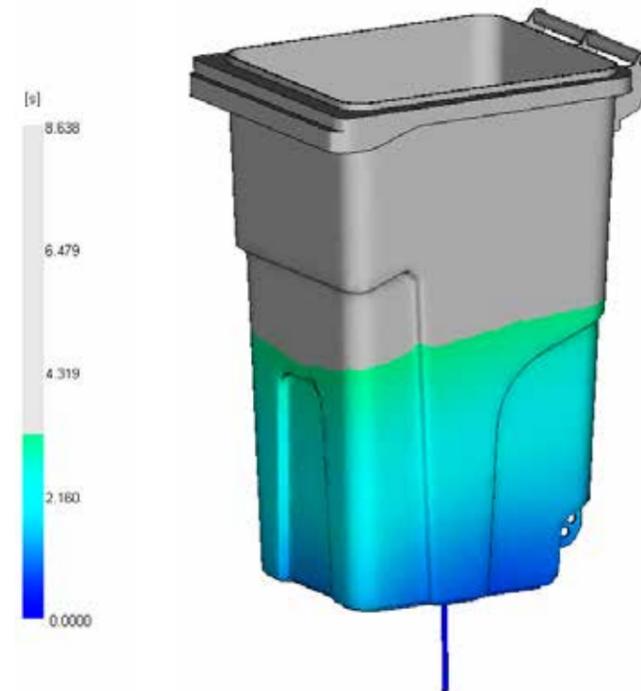


Figuras 5.4.2.1 Secuencia de llenado caso O.K

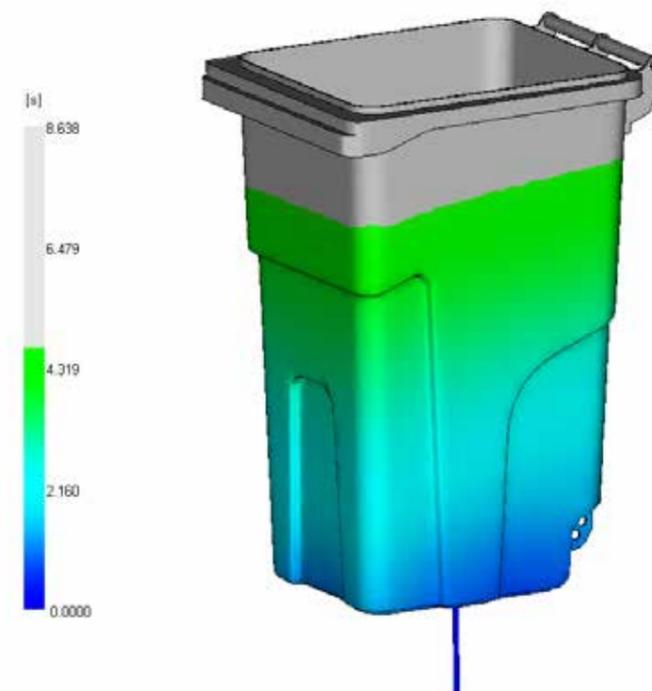
5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

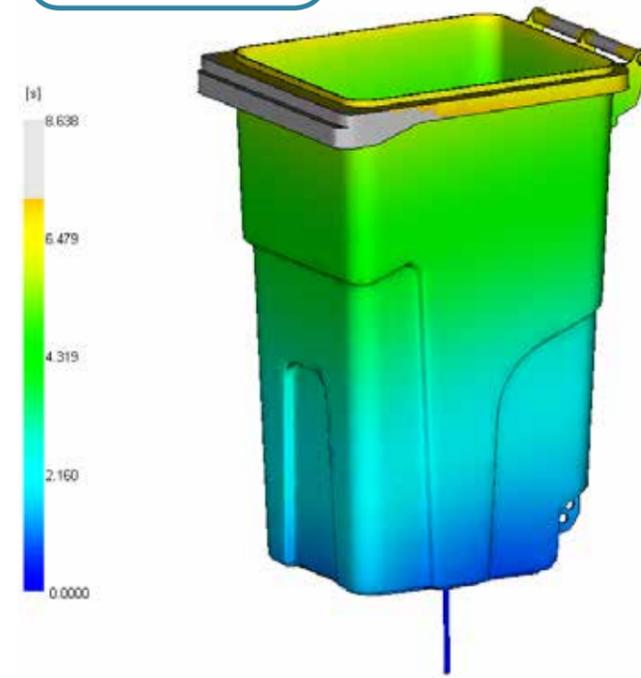
3,2 s



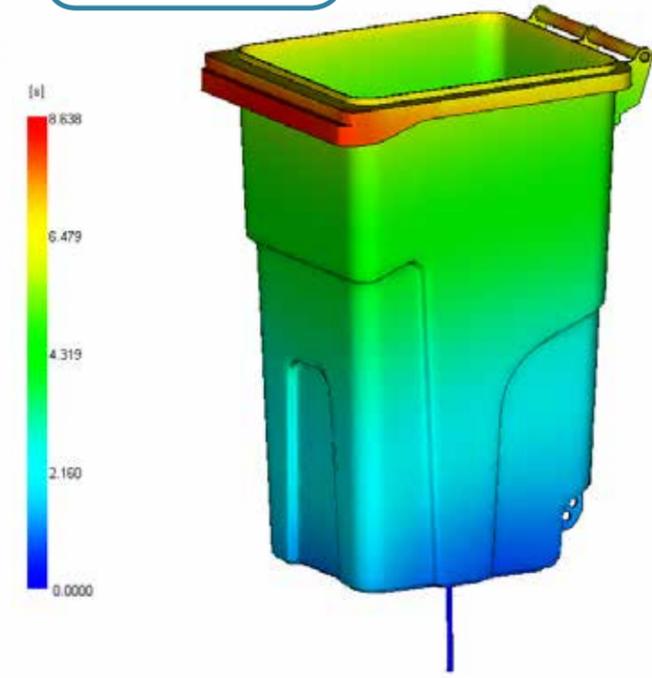
4,6 s



7,2 s



8,6 s



Figuras 5.4.2.2 Secuencia de llenado caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Presión en la conmutación, V/P

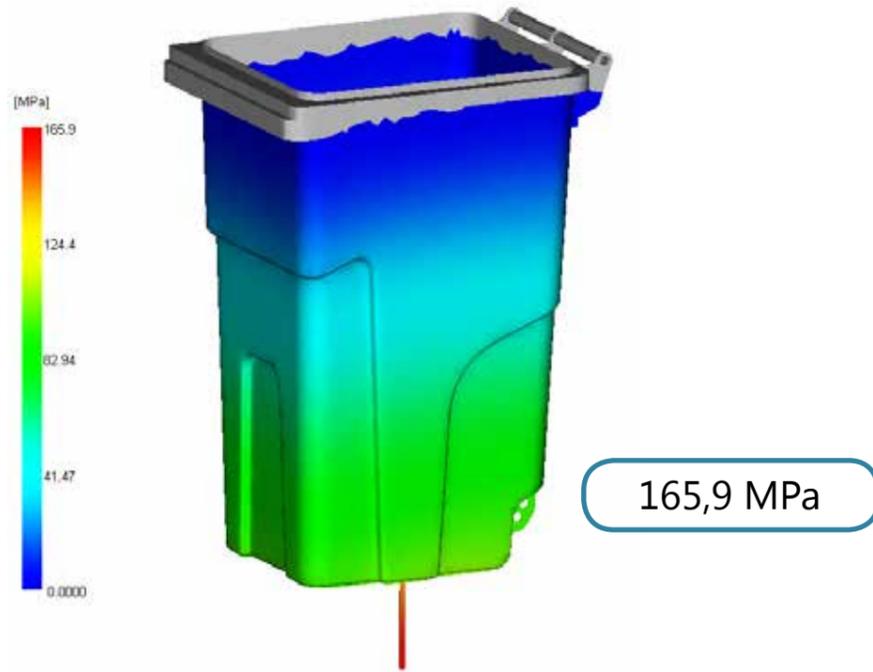


Figura 5.4.2.3 Presión V/P caso O.K

Gráfica XY presión en el punto de inyección

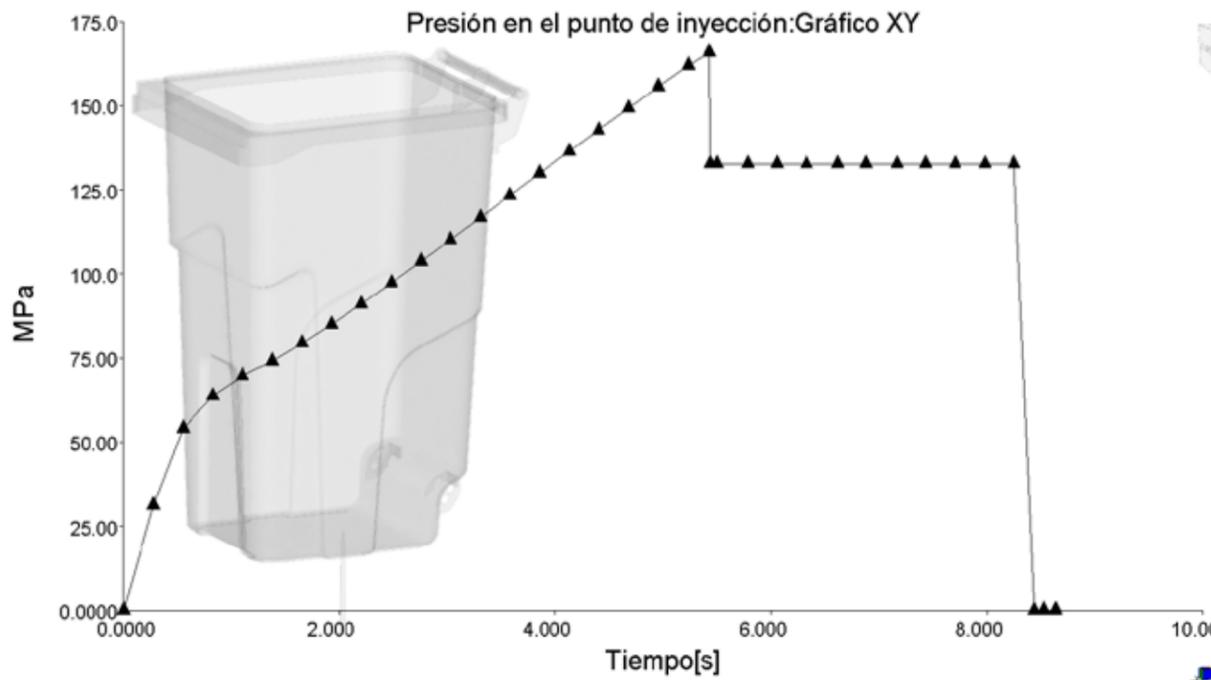


Figura 5.4.2.4 Gráfica XY presión caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Temperatura de masa fundida

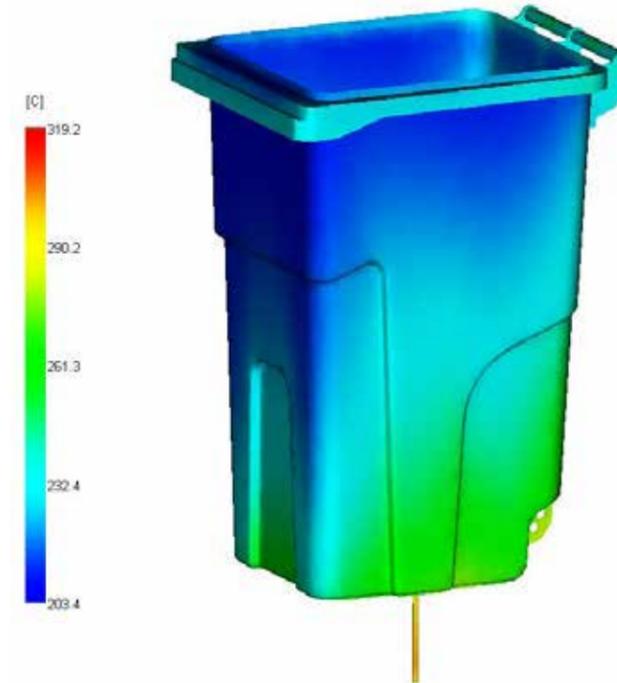


Figura 5.4.2.5 Temperatura de masa caso O.K

Gráfico XY de fuerza de cierre

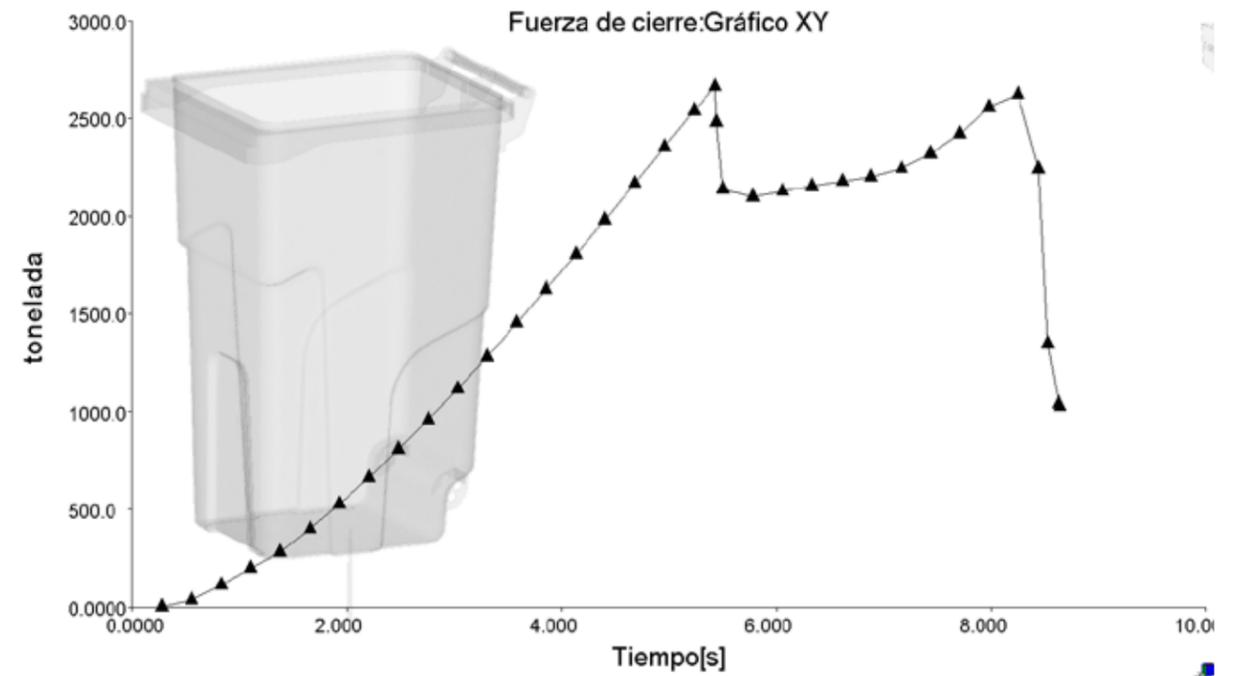
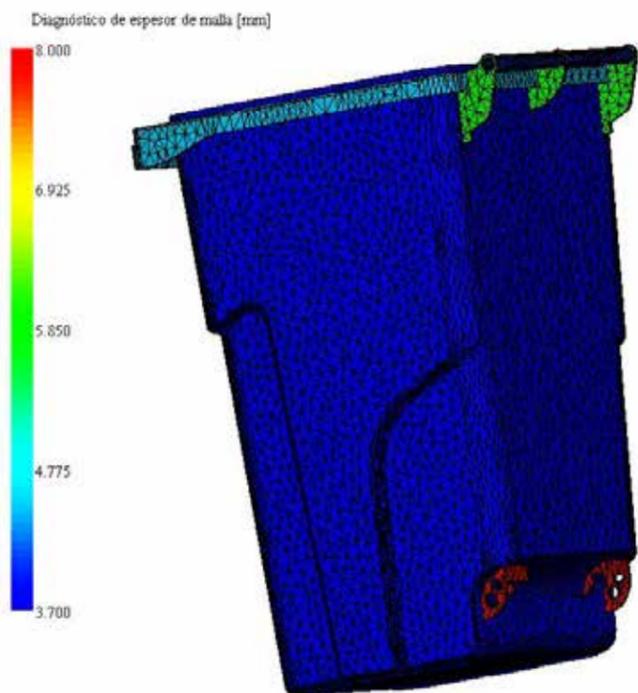


Figura 5.4.2.6 Gráfica XY fuerza de cierre caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Espesores de la pieza



Toda la parte del cuerpo central tiene un color azul constante, verificando que tiene un espesor de 3,7 mm. La toma frontal y los soportes del asa salen de color verde, por tener un espesor de 4,5 mm.

3,7 mm

Figura 5.4.2.7 Espesores caso O.K

Resultados finales

Datos finales

Presión máxima: 165,8 MPa
 Fuerza de cierre máxima: 2662 Tn
 Tiempo final de inyección: 8,6 s
 Proceso: llenado 100%
 Presión al cambio a 2ª fase: 132 MPa
 Caudal: 1685 cm³/s
 Peso final de la pieza: 7,4 Kg.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Este es el registro de datos que ofrece el software sobre el caso OK:

Análisis de llenado

Análisis de tensión residual
 el análisis se está iniciando....

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

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel Flujo (cm ³ /s)	Estado
0.28	0.33	31.33	1.48	403.69	U
0.55	2.86	54.09	36.32	1265.99	U
0.83	6.98	63.85	113.45	1506.12	U
1.10	11.50	69.77	198.05	1574.76	U
1.38	16.12	74.09	281.08	1594.62	U
1.66	20.76	79.44	401.29	1583.19	U
1.93	25.20	85.08	526.01	1592.33	U
2.20	29.76	91.11	663.25	1600.03	U
2.48	34.24	97.31	807.18	1607.61	U
2.76	38.76	103.76	959.67	1616.13	U
3.03	43.08	110.17	1115.40	1625.36	U
3.31	47.46	116.72	1280.64	1634.09	U
3.58	51.83	123.33	1451.81	1642.94	U
3.85	56.15	129.91	1625.27	1651.18	U
4.13	60.54	136.51	1803.94	1660.48	U
4.40	64.77	142.76	1979.89	1666.80	U
4.68	69.20	149.29	2167.55	1673.61	U
4.96	73.58	155.72	2355.08	1679.95	U
5.23	77.97	161.94	2539.80	1685.86	U
5.43	81.08	165.87	2662.11	1679.53	U/P
5.44	81.25	132.70	2480.51	430.07	P
5.50	82.08	132.70	2135.79	903.75	P
5.78	84.60	132.70	2099.25	921.11	P
6.06	86.79	132.70	2127.46	860.67	P
6.33	88.81	132.70	2152.98	810.95	P
6.62	90.85	132.70	2177.09	766.58	P
6.88	92.64	132.70	2200.45	729.75	P
7.17	94.40	132.70	2243.65	685.55	P
7.43	95.84	132.70	2319.41	627.47	P
7.70	97.07	132.70	2419.19	578.27	P
7.98	98.01	132.70	2557.48	504.14	P
8.25	98.95	132.70	2621.21	462.95	P
8.43				Presión liberada	
8.44	99.53	0.00	2240.77	-2503.13	P
8.53	99.76	0.00	1345.14	-327.01	P
8.63	99.95	0.00	1040.13	-158.80	P
8.64	100.00	0.00	1028.08	-158.80	Llenado

Figura 5.4.2.8 Registro de resultados del software caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.4.2 PEHD Eraclene MM70

Resumen de resultados de la fase de llenado:	
Presión máxima de inyección	(a 5.4286 s) = 165.8737 MPa
Resumen de resultados del final de la fase de llenado:	
Tiempo al final del llenado	= 8.6384 s
Peso total (pieza + canales)	= 7402.6484 g
Fuerza máxima de cierre: durante el llenado	= 2662.1113 tonelada

Figura 5.4.2.9 Registro de resultados del software caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.5 Programación de la compactación

En este apartado se va a simular la inyección del cubo para la fase de llenado + compactación (ver explicación en el apartado 1.4 de este documento). El objetivo de las simulaciones será encontrar los parámetros idóneos para no sobrepasar la fuerza de cierre de las 2700 Tn durante la segunda fase del ciclo de inyección. (en la primera ya se ha conseguido). En esta segunda fase se podría sobrepasar, porque la presión se extiende a toda la pieza (no solo al punto de inyección).

Como ya se ha comentado anteriormente, se hará el estudio para dos PEHD diferentes; KS10100 y Eraclene MM70.

Para ambos estudios, se han considerado las siguientes pautas a la hora de proponer casos de compactación:

> Se mantienen los datos de inyección usados en el caso OK para cada material.

> En este caso, se programará la presión de la compactación en absolutas y no como % de la presión de llenado. Como dato de partida de presión de compactación en cada caso, se tomarán los valores obtenidos en los llenados.

> El tipo de análisis que se realiza es llenado + compactación.

Datos material 1

Espesor cubo: 3,2 mm
 Material: KS10100
 Temperatura inyección: 290°
 Temperatura molde: 40°
 Proceso: llenado
 Porcentaje de cambio al 80%
 Presión inyección: 170 MPa
 Presión 2ªfase(al 80%): 136 MPa
 Tiempo de inyección: 5 s

Datos material 2

Espesor cubo: 3,7 mm
 Material: Eraclene MM70
 Temperatura inyección: 290°
 Temperatura molde: 60°
 Proceso: llenado
 Porcentaje de cambio al 81%
 Presión inyección: 165 MPa
 Presión 2ªfase(al 80%): 132 MPa
 Tiempo de inyección: 5,5 s

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.5.1 PEHD KS10100 DOW chemical

Teniendo en cuenta los datos de presión obtenidos en la fase de llenado para el material KS10100, hay que programar la compactación de tal manera que se controle la presión sin que suba la fuerza de cierre.
Requisito: Fuerza de cierre < 2700 Tn

El primer caso se programa de tal manera que los primeros 3 segundos se mantiene la misma presión obtenida en la 2ª fase al haber programado al 80% y después, 15 segundos a 100 MPa.

Parámetros caso 1
 Espesor cubo: 3,2 mm
 Material: KS10100
 Temperatura inyección: 290°
 Temperatura molde: 40°
 Proceso: llenado + compactación
 Porcentaje de cambio al 80%
 Control de compactación:
 0-3 seg a 136 MPa
 0-15 seg a 100 MPa
 Tiempo de inyección: 5 s

Se obtiene el siguiente registro:

Análisis de llenado

Análisis de compactación

Análisis de tensión residual
el análisis se está iniciando....

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

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel flujo (cm ³ /s)	Estado
0.25	0.25	25.88	0.83	285.72	U
0.50	2.08	51.25	25.23	986.84	U
0.75	5.71	65.43	99.66	1381.66	U
1.01	10.07	72.89	187.31	1505.86	U
1.25	14.54	77.54	263.33	1561.60	U
1.50	19.11	82.35	376.05	1538.74	U
1.76	23.57	88.08	500.62	1545.38	U
2.00	27.93	93.86	629.68	1553.17	U
2.25	32.33	99.95	767.17	1564.80	U
2.50	36.70	106.20	913.27	1571.25	U
2.75	40.93	112.49	1062.85	1580.11	U
3.00	45.12	118.87	1219.83	1589.20	U
3.25	49.43	125.53	1388.49	1597.71	U
3.50	53.63	132.06	1557.22	1606.05	U
3.76	57.85	138.67	1731.26	1614.98	U
4.01	62.04	144.96	1903.63	1622.29	U
4.25	66.17	151.13	2077.39	1628.83	U
4.50	70.42	157.42	2257.31	1635.48	U
4.76	74.67	163.60	2437.02	1641.21	U
5.01	78.97	169.38	2606.66	1646.12	U
5.08	80.15	170.61	2649.74	1637.12	U/P

Figura 5.5.1.1 Registro compactación KS10100 caso 1

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.5.1 PEHD KS10100 DOW chemical

5.08	80.15	170.61	2649.74	1637.12	U/P
5.09	80.39	136.00	2407.04	549.67	P
5.26	82.33	136.00	2084.67	957.49	P
5.50	84.59	136.00	2109.82	903.99	P
5.76	86.77	136.00	2139.35	851.60	P
6.01	88.90	136.00	2166.45	807.12	P
6.27	90.94	136.00	2191.29	768.81	P
6.51	92.72	136.00	2213.47	737.75	P
6.76	94.50	136.00	2251.21	704.88	P
7.00	96.03	136.00	2311.47	661.82	P
7.25	97.34	136.00	2413.69	617.34	P
7.50	98.47	136.00	2511.45	559.83	P
7.76	99.58	136.00	2581.82	522.58	P
7.85	99.93	136.00	2619.68	507.91	P
7.86	100.00	136.00	2623.94	506.10	Llenado

Tiempo de ejecución en la fase de llenado = 802.31 s

Fase de compactación:

Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
7.86	7.31	136.00	2624.07	P
8.08	7.91	100.00	2784.08	P
8.98	10.27	100.00	2675.94	P
10.73	14.87	100.00	2890.96	P
12.48	19.48	100.00	2950.22	P
14.23	24.08	100.00	2875.11	P
15.98	28.69	100.00	2794.93	P
17.73	33.29	100.00	2567.30	P
19.48	37.90	100.00	2141.31	P
21.23	42.50	100.00	2175.04	P
23.08	47.37	100.00	2116.93	P
23.08				Presión liberada
23.09	47.40	0.00	1815.42	P
25.24	53.05	0.00	66.76	P
30.24	66.21	0.00	14.79	P
35.24	79.37	0.00	2.75	P
40.49	93.18	0.00	0.29	P
43.08	100.00	0.00	0.08	P

Figura 5.5.1.2 Registro compactación KS10100 caso 1

Paso: Reducir la presión a 130 MPa y además, reducir 0,5 s en la primera parte de la compactación. Los siguientes 15 segundos se mantienen, pero se baja la presión a 90 Mpa, para evitar que si dura mucho tiempo la fase de compactación, la fuerza de cierre no aumente.

Al llegar al 80% de cavidad llena, se produce el cambio de control por velocidad a presión y a partir de ese momento y durante 3 segundos se mantiene la presión a 136 MPa.

Los 3 seg. dan tiempo suficiente a la pieza para llenarse.

Pero cuando comienza la fase de compactación, a pesar de bajar la presión a 100 MPa durante los siguientes 15 segundos, la fuerza de cierre aumenta, superando el máximo.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.5.1 PEHD KS10100 DOW chemical

Con respecto al caso anterior, se reduce el tiempo al empezar el control por presión a 2,5 segundos y a una presión inferior, de 130 MPa. En los 15 segundos posteriores, se cambia de 130 a 90 MPa, a ver si así se consigue no sobrepasar los 2700 Tn de fuerza de cierre.

Parámetros caso 2

- Espesor cubo: 3,2 mm
- Material: KS10100
- Temperatura inyección: 290°
- Temperatura molde: 40°
- Proceso: llenado + compactación
- Porcentaje de cambio al 80%
- Control de compactación:
 - 0-2,5 seg a 130 MPa
 - 0-15 seg a 90 MPa
- Tiempo de inyección: 5 s

Se obtiene el siguiente registro:

Análisis de llenado

Análisis de compactación

Análisis de tensión residual
el análisis se está iniciando....

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

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel flujo (cm ³ /s)	Estado
0.25	0.25	25.88	0.83	285.72	U
0.50	2.08	51.25	25.23	986.84	U
0.75	5.71	65.43	99.66	1381.66	U
1.01	10.07	72.89	187.31	1505.86	U
1.25	14.54	77.54	263.33	1561.60	U
1.50	19.11	82.35	376.05	1538.74	U
1.76	23.57	88.08	500.62	1545.38	U
2.00	27.93	93.86	629.68	1553.17	U
2.25	32.33	99.95	767.17	1564.80	U
2.50	36.70	106.20	913.27	1571.25	U
2.75	40.93	112.49	1062.85	1580.11	U
3.00	45.12	118.87	1219.83	1589.20	U
3.25	49.43	125.53	1388.49	1597.71	U
3.50	53.63	132.06	1557.22	1606.05	U
3.76	57.85	138.67	1731.26	1614.98	U
4.01	62.04	144.96	1903.63	1622.29	U
4.25	66.17	151.13	2077.39	1628.83	U
4.50	70.42	157.42	2257.31	1635.48	U
4.76	74.67	163.60	2437.02	1641.21	U
5.01	78.97	169.38	2606.66	1646.12	U
5.08	80.15	170.61	2649.74	1637.12	U/P

Figura 5.5.1.3 Registro compactación KS10100 caso 2

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.5.1 PEHD KS10100 DOW chemical

5.08	80.15	170.61	2649.74	1637.12	U/P
5.09	80.39	130.00	2375.98	419.42	P
5.26	82.25	130.00	1983.59	868.72	P
5.51	84.31	130.00	1999.74	827.19	P
5.76	86.25	130.00	2027.53	779.10	P
6.00	88.07	130.00	2052.73	738.76	P
6.27	89.96	130.00	2077.67	701.34	P
6.51	91.58	130.00	2098.82	672.21	P
6.76	93.20	130.00	2119.96	644.17	P
7.00	94.63	130.00	2157.01	616.79	P
7.26	96.04	130.00	2211.35	579.52	P
7.52	97.22	130.00	2291.17	546.34	P
7.59	97.47	90.00	2151.68	28.39	P
7.75	98.06	90.00	1764.53	191.14	P
8.00	98.71	90.00	1626.68	237.71	P
8.26	99.19	90.00	1592.81	245.69	P
8.51	99.57	90.00	1593.39	242.01	P
8.76	99.89	90.00	1608.79	234.51	P
8.79	99.93	90.00	1613.70	232.81	P
8.80	100.00	90.00	1618.41	231.35	Llenado

Tiempo de ejecución en la fase de llenado = 986.39 s

Fase de compactación:

Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
8.80	9.92	90.00	1618.47	P
10.46	14.35	90.00	2214.96	P
12.21	19.01	90.00	2402.44	P
13.96	23.68	90.00	2407.30	P
15.71	28.35	90.00	2342.85	P
17.46	33.01	90.00	2197.25	P
19.21	37.68	90.00	1825.62	P
20.96	42.35	90.00	1866.83	P
22.58	46.67	90.00	1803.99	P
22.58				Presión liberada
22.59	46.70	0.00	1437.25	P
24.24	51.09	0.00	34.22	P
28.99	63.76	0.00	3.53	P
33.99	77.09	0.00	0.04	P
38.74	89.76	0.00	0.00	P
42.58	100.00	0.00	0.00	P

Figura 5.5.1.4 Registro compactación KS10100 caso 2

Caso OK. Este caso cumple con todos los requisitos impuestos.

Al llegar al 80% de cavidad llena, se produce el cambio de control por velocidad a presión y a partir de ese momento y durante 2,5 segundos se mantiene la presión a 130 MPa.

Cuando pasan los 2,5 segundos la pieza aun no se ha llenado, y empiezan los 15 segundos a 90 MPa.

Se llena la pieza y empieza la compactación. Como empieza esta fase ya con una presión de 90 MPa, la fuerza de cierre sube pero no supera el límite.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.5.1 PEHD KSI0100 DOW chemical

Una vez se tiene programada la compactación, se muestran los siguientes datos obtenidos por el software del caso final:

- Gráfica XY presión en el punto de inyección
- Gráfico XY de fuerza de cierre
- Resultados finales

Gráfica XY presión en el punto de inyección

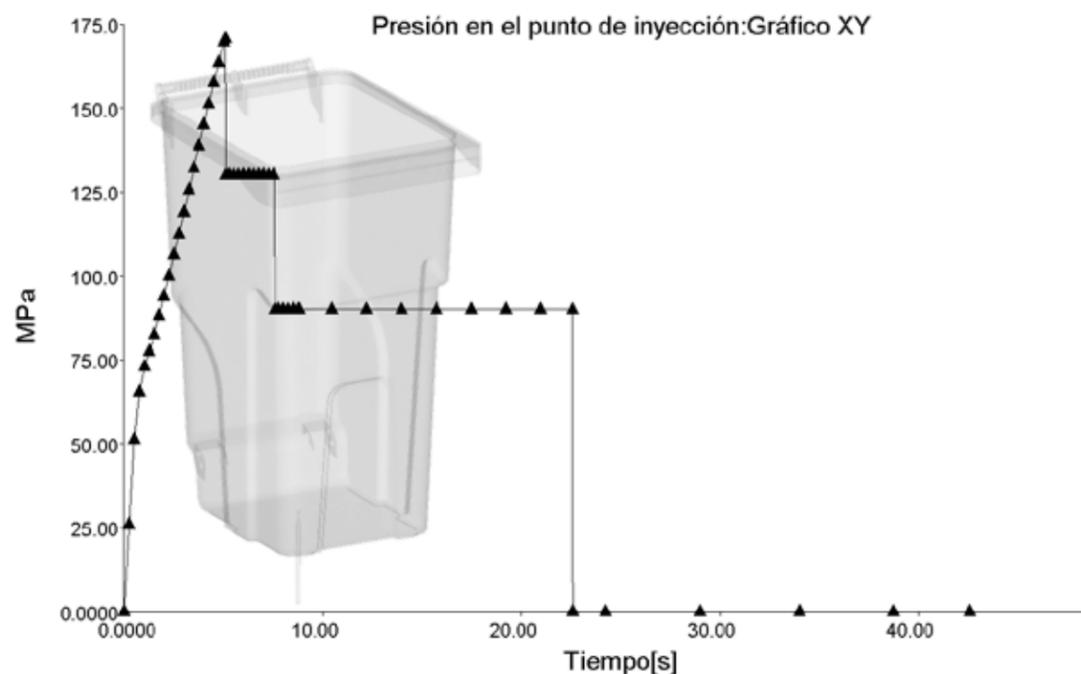


Figura 5.5.1.5 Gráfica XY presión compactación caso O.K

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.5.1 PEHD KSI0100 DOW chemical

Gráfico XY de fuerza de cierre

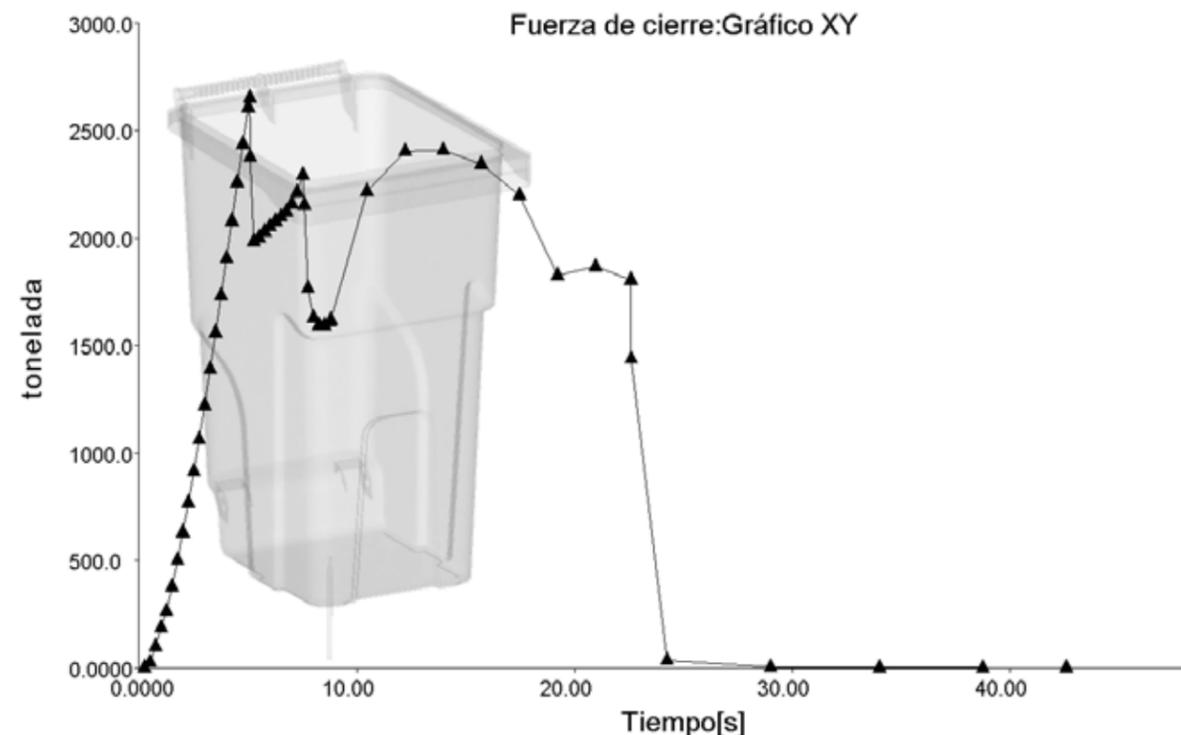


Figura 5.5.1.5 Gráfica XY fuerza de cierre compactación caso O.K

Resultados finales

Resumen de resultados de la fase de llenado:

Presión máxima de inyección (a 5.0793 s) = 170.6104 MPa

Resumen de resultados del final de la fase de llenado:

Tiempo al final del llenado = 8.7993 s
 Peso total (pieza + canales) = 6548.8391 g
 Fuerza máxima de cierre: durante el llenado = 2649.7405 tonelada

Figura 5.5.1.6 Registros resultados compactación caso O.K

Datos finales

Presión máxima: 170,6 MPa
 Fuerza de cierre máxima: 2649 Tn
 Tiempo final de inyección: 8,79 s
 Tiempo final proceso: 43 s
Peso final de la pieza: 6,54 Kg.
 Tiempo final de expulsión de pieza: 101 s

Compactación:
 0-2,5 s a 130 MPa
 0-15 a 90 MPa

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.52 PEHD Eraclene MM70

Al igual que se ha hecho con el material Dow Chemical, se tienen en cuenta los datos de presión obtenidos en la fase de llenado, pero esta vez con el material Eraclene. Hay que programar la compactación con el mismo requisito que el apartado anterior, y controlando que no suba la presión.

Requisito: Fuerza de cierre < 2700 Tn

El primer caso se programa de tal manera que los primeros 2 segundos (ya que este caso tiene mayor tiempo de inyección que con el otro material, se prueba con un tiempo menor) se mantiene la misma presión obtenida en la 2ª fase al haber programado al 80% la presión. Y después, 15 segundos a 100 MPa.

Se obtiene el siguiente registro:

Análisis de compactación					
Fase de llenado: Estado: U = Control de velocidad P = Control de presión U/P= Conmutación de velocidad/presión					
Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel flujo (cm ³ /s)	Estado
0.28	0.33	31.33	1.48	403.69	U
0.55	2.86	54.09	36.32	1265.99	U
0.83	6.98	63.85	113.45	1506.12	U
1.10	11.50	69.77	198.05	1574.76	U
1.38	16.12	74.09	281.08	1594.62	U
1.66	20.76	79.44	401.29	1583.19	U
1.93	25.20	85.08	526.01	1592.33	U
2.20	29.76	91.11	663.25	1600.03	U
2.48	34.24	97.31	807.18	1607.61	U
2.76	38.76	103.76	959.67	1616.13	U
3.03	43.08	110.17	1115.40	1625.36	U
3.31	47.46	116.72	1280.64	1634.09	U
3.58	51.83	123.33	1451.81	1642.94	U
3.85	56.15	129.91	1625.27	1651.18	U
4.13	60.54	136.51	1803.94	1660.48	U
4.40	64.77	142.76	1979.89	1666.80	U
4.68	69.20	149.29	2167.55	1673.61	U
4.96	73.58	155.72	2355.08	1679.95	U
5.23	77.97	161.94	2539.80	1685.86	U

Figura 5.5.2.1 Registro compactación Eraclene caso 1

Parámetros caso 1

- Espesor cubo: 3,7 mm
- Material: Eraclene MM70
- Temperatura inyección: 290°
- Temperatura molde: 60°
- Proceso: llenado + compactación
- Porcentaje de cambio al 81%
- Control de compactación:
 - 0-2 seg a 132 MPa
 - 0-15 seg a 100 MPa
- Tiempo de inyección: 5,5 s

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.52 PEHD Eraclene MM70

5.43	81.08	132.00	2662.11	1679.53	U/P
5.44	81.25	132.00	2470.40	423.02	P
5.50	82.08	132.00	2124.01	892.30	P
5.78	84.52	132.00	2085.45	912.19	P
6.05	86.70	132.00	2113.64	851.87	P
6.34	88.81	132.00	2140.44	799.64	P
6.61	90.69	132.00	2162.98	758.77	P
6.88	92.49	132.00	2186.32	721.23	P
7.16	94.21	132.00	2224.91	679.32	P
7.43	95.64	102.38	2197.33	64.71	P
7.44	95.68	100.00	2127.10	107.20	P
7.70	96.71	100.00	1732.28	321.27	P
7.98	97.23	100.00	1766.37	320.21	P
8.27	97.71	100.00	1809.91	296.25	P
8.54	98.15	100.00	1837.60	277.86	P
8.80	98.53	100.00	1859.62	263.62	P
9.09	98.93	100.00	1884.94	249.09	P
9.35	99.27	100.00	1910.29	236.66	P
9.64	99.59	100.00	1939.65	224.32	P
9.92	99.88	100.00	1974.64	211.92	P
10.00	99.95	100.00	1989.87	207.62	P
10.01	100.00	100.00	1994.96	206.24	Llenado

Tiempo de ejecución en la fase de llenado = 1014.48 s

Fase de compactación:

Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
10.01	12.39	100.00	1995.03	P
11.42	16.20	100.00	2473.86	P
12.92	20.26	100.00	2592.50	P
14.67	24.99	100.00	2410.24	P
16.17	29.04	100.00	1786.09	P
17.92	33.77	100.00	2190.09	P
19.42	37.82	100.00	1950.25	P
20.92	41.88	100.00	2214.99	P
22.43				Presión liberada
22.44	45.98	0.00	1849.01	P
22.53	46.22	0.00	910.72	P
27.09	58.54	0.00	67.24	P
32.59	73.40	0.00	30.06	P
37.84	87.59	0.00	14.97	P
42.43	100.00	0.00	8.22	P

Figura 5.5.2.2 Registro compactación Eraclene caso 1

Paso: Aumentar el tiempo que está a 132 MPa e incluso por redondear y evitar rondar al límite utilizando los 132 MPa, se propone 130 MPa. Los siguientes 15 segundos se dejan como estaban ya que durante esa duración la fuerza de cierre se mantiene en valores aceptables.

Al llegar al 80% de cavidad llena, se produce el cambio de llenado por velocidad a llenado por presión y a partir de ese momento y durante 2 segundos se mantiene la presión a 132 MPa.

A los dos segundos, la fuerza de cierre esta lejos de llegar al límite, podría subirse el tiempo para conseguir menor tiempo de proceso final. Después de esto, comienzan 15 segundos a 100 MPa.

Cuando se llena la pieza y empieza la compactación sigue la presión a 100 MPa y la fuerza de cierre se mantiene en unos valores adecuados.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

6.52 PEHD Eraclene MM70

Con respecto al caso anterior, se aumenta el tiempo al empezar el control por presión a 3 segundos y a una presión inferior, de 130 MPa. En los 15 segundos posteriores, se deja la presión igual, a 100 MPa.

Parámetros caso 2

- Espesor cubo: 3,7 mm
- Material: Eraclene
- Temperatura inyección: 290°
- Temperatura molde: 60°
- Proceso: llenado + compactación
- Porcentaje de cambio al 81%
- Control de compactación:
 - 0-3 seg a 130 MPa
 - 0-15 seg a 90 MPa
- Tiempo de inyección: 5,5 s

Se obtiene el siguiente registro:

Análisis de llenado

Análisis de compactación

Análisis de tensión residual
el análisis se está iniciando....

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

Tiempo (s)	Volumen (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Vel flujo (cm ³ /s)	Estado
0.28	0.33	31.33	1.48	403.69	U
0.55	2.86	54.09	36.32	1265.99	U
0.83	6.98	63.85	113.45	1506.12	U
1.10	11.50	69.77	198.05	1574.76	U
1.38	16.12	74.09	281.08	1594.62	U
1.66	20.76	79.44	401.29	1583.19	U
1.93	25.20	85.08	526.01	1592.33	U
2.20	29.76	91.11	663.25	1600.03	U
2.48	34.24	97.31	807.18	1607.61	U
2.76	38.76	103.76	959.67	1616.13	U
3.03	43.08	110.17	1115.40	1625.36	U
3.31	47.46	116.72	1280.64	1634.09	U
3.58	51.83	123.33	1451.81	1642.94	U
3.85	56.15	129.91	1625.27	1651.18	U
4.13	60.54	136.51	1803.94	1660.48	U
4.40	64.77	142.76	1979.89	1666.80	U
4.68	69.20	149.29	2167.55	1673.61	U
4.96	73.58	155.72	2355.08	1679.95	U
5.23	77.97	161.94	2539.80	1685.86	U
5.43	81.08	165.87	2662.11	1679.53	U/P

Figura 5.5.2.3 Registro compactación Eraclene caso 2

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

5.52 PEHD Eraclene MM70

5.43	81.08	165.87	2662.11	1679.53	U/P
5.44	81.25	130.00	2462.24	375.60	P
5.50	82.08	130.00	2086.35	845.53	P
5.78	84.44	130.00	2042.59	880.32	P
6.05	86.52	130.00	2071.52	823.42	P
6.33	88.43	130.00	2097.40	774.79	P
6.62	90.40	130.00	2122.63	731.10	P
6.88	92.04	130.00	2144.82	696.06	P
7.17	93.75	130.00	2175.66	655.09	P
7.43	95.14	130.00	2237.71	609.57	P
7.70	96.41	130.00	2303.21	561.90	P
7.98	97.38	130.00	2439.78	506.84	P
8.25	98.25	130.00	2529.25	453.20	P
8.43	98.80	100.00	2456.93	27.24	P
8.53	99.10	100.00	2172.47	168.42	P
8.80	99.64	100.00	2001.66	228.73	P
9.02	99.95	100.00	1993.01	231.37	P
9.03	100.00	100.00	1997.60	229.83	Llenado

Tiempo de ejecución en la fase de llenado = 1100.06 s

Fase de compactación:

Tiempo (s)	Compact (%)	Presión (MPa)	F. de cierre (tonelada)	Estado
9.03	9.49	100.00	1997.67	P
10.19	12.54	100.00	2485.73	P
11.94	17.14	100.00	2660.21	P
13.44	21.09	100.00	2621.31	P
15.19	25.70	100.00	2271.20	P
16.94	30.30	100.00	1980.78	P
18.69	34.91	100.00	2133.31	P
20.19	38.85	100.00	2131.42	P
21.94	43.46	100.00	2144.71	P
23.43				Presión liberada
23.44	47.40	0.00	1867.09	P
23.53	47.64	0.00	848.61	P
28.84	61.60	0.00	66.93	P
34.59	76.74	0.00	32.66	P
40.34	91.87	0.00	17.97	P
43.43	100.00	0.00	13.64	P

Figura 5.5.2.4 Registro compactación Eraclene caso 2

Caso OK. Este caso cumple con todos los requisitos impuestos.

Al llegar al 80% de cavidad llena, se produce el cambio de llenado por velocidad a llenado por presión y a partir de ese momento y durante 3 segundos se mantiene la presión a 130 MPa.

Después de esto, comienzan 15 segundos a 100 MPa.

Cuando se llena la pieza y empieza la compactación sigue la presión a 100 MPa y la fuerza de cierre se mantiene en unos valores adecuados, llegando a alcanzar las 2660 Tn pero sin superar el límite.

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

6.52 PEHD Eraclene MM70

Una vez tenemos también la programación idónea para el material Eraclene. Se han recopilado los mismos datos que para el otro material con ayuda del software y se muestran a continuación:

- Gráfica XY presión en el punto de inyección
- Gráfica XY de fuerza de cierre
- Resultados finales

Gráfica XY presión en el punto de inyección

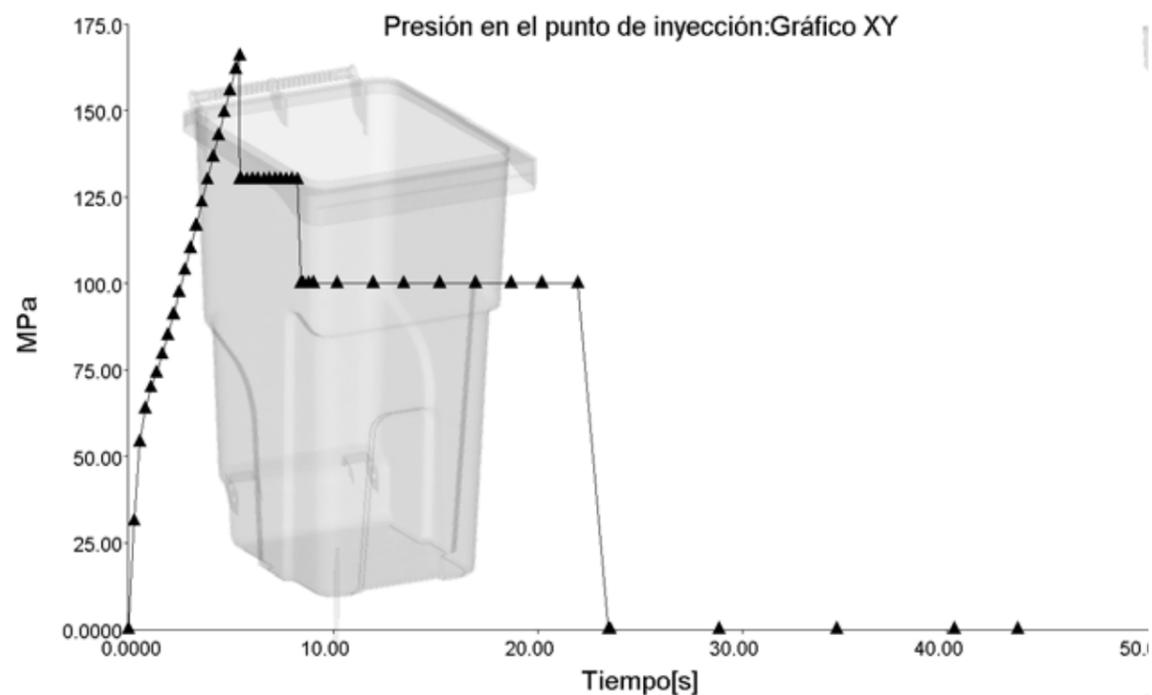


Figura 5.5.2.5 Gráfica XY presión compactación Eraclene caso 2

5. ANÁLISIS REOLÓGICO DEL CUERPO

6.52 PEHD Eraclene MM70

Gráfico XY de fuerza de cierre

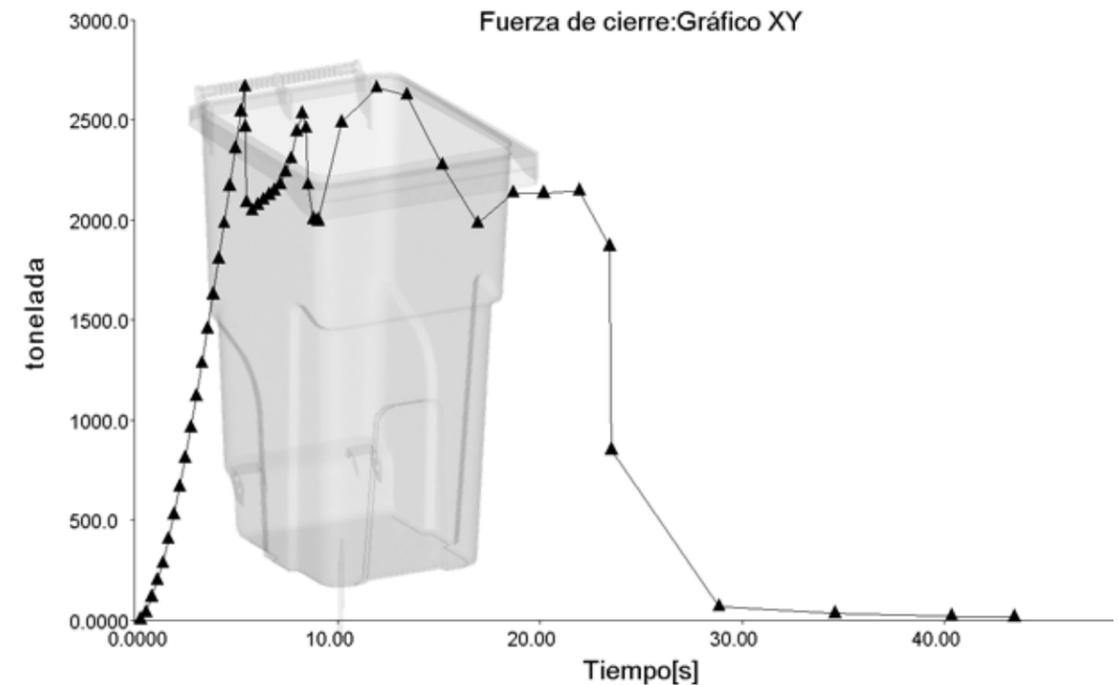


Figura 5.5.2.6 Gráfica XY fuerza de cierre compactación Eraclene caso 2

Resultados finales

Resumen de resultados de la fase de llenado:

Presión máxima de inyección (a 5.4286 s) = 165.8737 MPa

Resumen de resultados del final de la fase de llenado:

Tiempo al final del llenado = 9.0335 s
 Peso total (pieza + canales) = 7498.2009 g
 Fuerza máxima de cierre: durante el llenado = 2662.1113 tonelada

Figura 5.5.2.7 Registro resultados compactación Eraclene caso 2

Datos finales

Presión máxima: 165,9 MPa
 Fuerza de cierre máxima: 2662 Tn
 Tiempo final de inyección: 9,03 s
 Tiempo final proceso: 43,4 s
Peso final de la pieza: 7,49 Kg.
 Tiempo final de expulsión de pieza: 63 s

Compactación:
 0-3 s a 130 MPa
 0-15 a 100 MPa

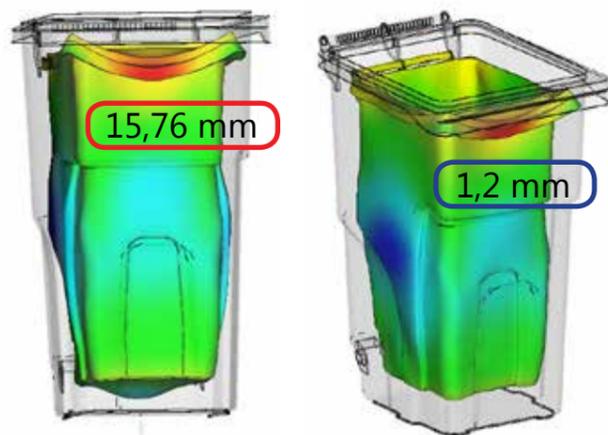
5.6 Resultados de deformaciones

El último tipo de proceso que se va a estudiar es: llenado + compactación + deformación. No es necesario programar ningún parámetro adicional aparte de los vistos anteriormente.

Este estudio calcula las deformaciones que sufre la pieza al inyectarse teniendo en cuenta la geometría de la pieza y la manera de inyectar.

La deformada de los gráficos lleva aplicado un factor de escala 10 para poder ver claramente las deformaciones, incluso las más pequeñas que podrían no ser percibidas a una escala real.

La pieza inyectada con PEHD KS10100 tiene un espesor de 3,2 mm. Los desplazamientos sufridos en esta pieza se muestran en las dos imágenes superiores de la siguiente página. Se observa como la parte de la toma frontal del cubo esta coloreada de un tono rojo, eso quiere decir que en esa zona se alcanzan los máximos desplazamientos, llegando a los 15,76 mm.

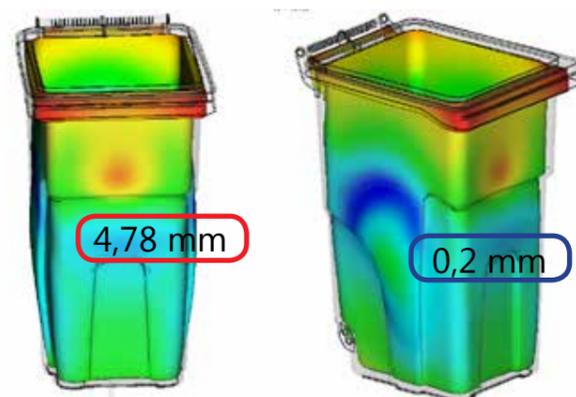


Figuras 5.6.1 Deformada cubo 3,2 mm

La zona central del cubo, coloreada de verde, también sufre deformaciones, en concreto abombamiento de las paredes. Los desplazamientos más pequeños que aparecen están coloreadas de azul y alcanzan los 1,2 mm.

La pieza inyectada con PEHD Eraclene tiene mayor espesor, 3,7mm, y al igual que con el caso anterior, se muestran los desplazamientos sufridos en las dos imágenes inferiores de la siguiente página. En esta pieza las deformaciones son considerablemente más pequeñas que con el otro material.

La deformación máxima, la zona coloreada en rojo, con un valor máximo de 4,78 mm, se encuentra en los extremos de la toma frontal y en la zona central superior del cubo. La zona central, coloreada en azul es la que menor deformación sufre, apenas 0,2 mm.



Figuras 5.6.2 Deformada cubo 3,7 mm

En general, y para ambos materiales la zona de la toma frontal alabea más que el resto del cubo debido a que esta zona tiene mayor espesor (4,5 mm), frente al espesor general que se tiene en las paredes (3,2 y 3,7 mm respectivamente), y contrae más.

5.6 Resultados de deformaciones

Ahora bien, existen varias razones para que el cuerpo del cubo alabee más con un material que con otro.

La razón fundamental la encontramos en que las curvas PvT para ambos materiales son diferentes.

Estas curvas son las que utiliza el software para calcular la contracción de la pieza en función de las presiones y temperaturas que se alcanzan en cavidad a lo largo del ciclo. Curvas con más pendiente implican mayores contracciones que curvas más tendidas.

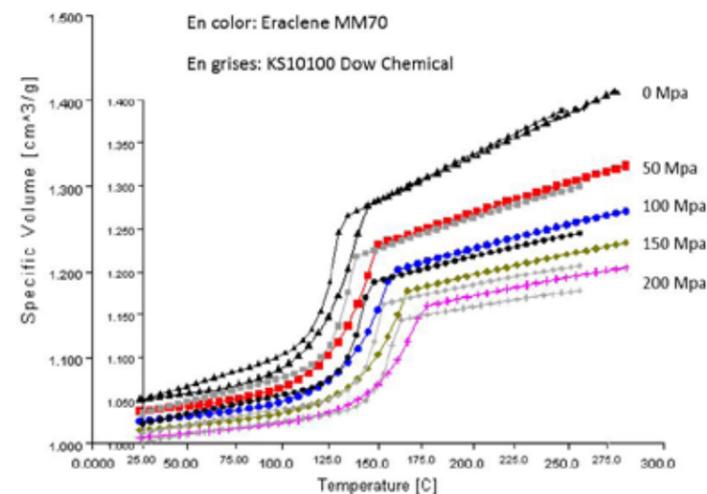


Figura 5.6.2 Gráfico curvas PvT

En este caso las curvas del KS10100 Dow Chemical son algo más verticales que las del Eraclene MM70.

Por otro lado, influye la geometría de la pieza y partiendo de que en ambos casos los parámetros de inyección son similares el cubo de 3,2 mm de espesor es menos rígido que el de 3,7 mm.

Por último, y en menor medida, los cálculos de alabeo que realiza MOLDFLOW, los hace usando como dato el módulo de elasticidad E que

para el cuerpo de espesor 3,2 mm es de 911 MPa (KS10100 Dow) y para el de 3,7 mm es de 1200 MPa (Eraclene). Esto significa que el cuerpo inyectado con Eraclene es un 25% más rígido, solo por propiedades del material.

En cuanto a alabeo, aunque el Eraclene da mejores resultados, no se debe descartar inyectar con el material de KS10100 Dow dado que los resultados vistos se pueden considerar dentro de lo admisible según la experiencia que se tiene en el TIIP en este aspecto.

Siguientes apartados, de ensayos mecánicos y cálculo de costes darán más información para acotar en mayor medida si inyectar con un material es mejor que inyectar con el otro.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

En este apartado se va a estudiar el comportamiento del cuerpo del cubo teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de los dos materiales usados hasta ahora; KS10100 Dow Chemical y Eraclene MM70, frente a situaciones reales de la vida en uso del producto.

Situación 1: Cogida del cubo por el camión de basura

Situación 2: Apilado de cubos cuando están almacenados

El cuerpo de partida, es el analizado en las simulaciones del apartado anterior. Pero a este hay que añadirle una serie de nervios:

- Los nervios que han de aparecer obligatoriamente en el cubo, según la norma de cubos vigente, son dos cartelas (nervios que sirven de apoyo en el apilado de cubos) y dos (o tres) nervios centrales en la zona frontal del cuerpo, separados como máximo a 294 mm, que sirven de guía en la cogida del cubo.

- El resto de nervios se diseñan de manera libre, sin que supongan un obstáculo en la cogida del cubo y que aumenten la resistencia del cuerpo frente a la aplicación las cargas.

El diseño de los nervios y los ensayos mecánicos se realizan con el programa proEnginner.

El objetivo de este apartado es definir el diseño de los nervios para que el cubo sea resistente en las situaciones reales seleccionadas. Se analizarán las tensiones, los desplazamientos y las deformaciones que sufre el cubo y se comparará para los dos materiales.

Dado que el cubo de 3,7 mm es menos crítico que el de 3,2 mm en cuanto a geometría y además el material con el que esta inyectado (Eraclene) es mas rígido se empezará el análisis mecánico con este cubo.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1 Cogida del cubo

Para estudiar como se va a comportar el cubo y diseñar los nervios para que este aguante, hay que analizar el caso más desfavorable o caso crítico, y este es cuando el cubo esta lleno y lo recoge el camión.

Para realizar este tipo de ensayos mecánicos se necesitan los siguientes datos: cargas, restricciones y material.

RESTRICCIONES: En la vida real, cuando el camión coge el cubo lo hace por la toma frontal, que además, tiene un diseño concreto para ello. Por ello, se limita el desplazamiento en la vertical en la superficie de apoyo en el elemento de cogida, y se restringen en dos zonas pequeñas de las esquinas los desplazamientos en x y z para que el cubo este completamente restringido.

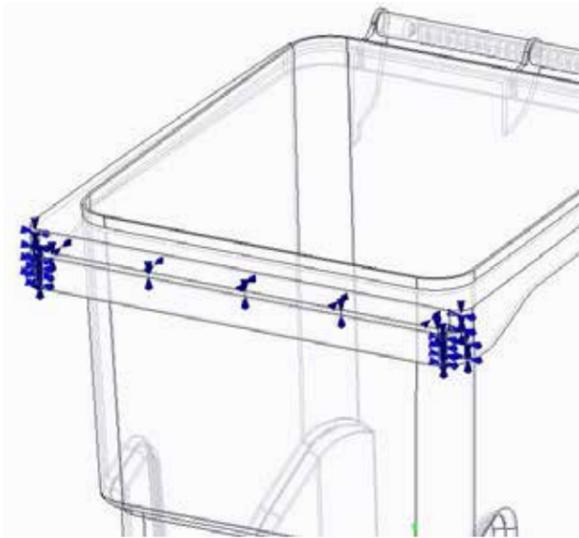


Figura 6.1.1 Restricciones cogida del cubo

CARGAS: La única carga que interviene es el peso de la basura.
Según la norma UNE-EN 840-1 se aplica una densidad de basura organica de 0.4 Kg/dm^3

Peso = Volumen interno cubo x densidad de la basura = $240 \times 0.4 = 96 \text{ Kg}$
Fuerza = Peso x gravedad = $96 \times 10 = 960 \text{ N}$
Fuera a estudiar = $F \times \text{Factor de seguridad} = 960 \times 1,3 = 1248 \text{ N}$

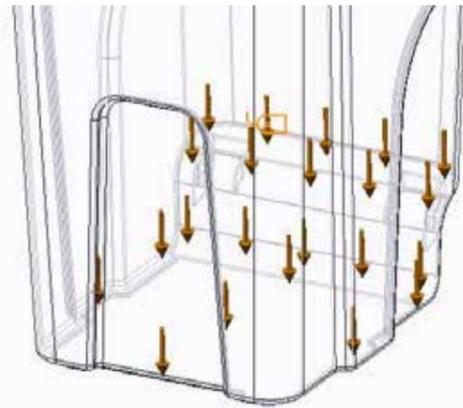


Figura 6.1.2 Cargas cogida del cubo

Las restricciones y las cargas serán las mismas para ambos materiales.

MATERIAL: Cada material tendrá sus propiedades mecánicas:

Módulo de Young del Dow Chemical: 1200 MPa
Coefficiente de Poisson del Dow Chemical: 0.43

Módulo de Young del Eraclene: 911 MPa
Coefficiente de Poisson del Eraclene: 0.41

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

CASO 1

El espesor de la toma frontal es de 4,5 mm y el del cubo de 3,7 mm.

Se partirá de unas cartelas gruesas de 5 mm y de un nervado de espesor general 3 mm.

En este primer caso no se tendrán en cuenta redondeos para simplificar la geometría.

Hay que tener en cuenta que en piezas nervadas suele aparecer un defecto propio de la inyección denominado rechupe. Este defecto se suele dar cuando los nervios son muy gruesos generalmente se busca que el espesor del nervado sea la mitad de la superficie principal. Según se vayan obteniendo resultados mecánicos se procurará cumplir esta regla.

Una vez se tienen todos los datos y se muestran los siguientes datos obtenidos por el software:

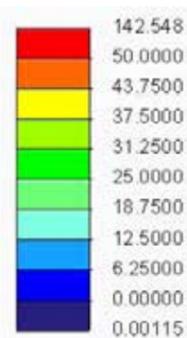
- Tensiones
- Desplazamientos en eje Y
- Deformaciones

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

CASO 1

Tensiones

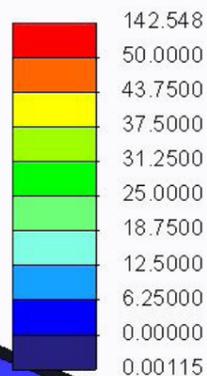
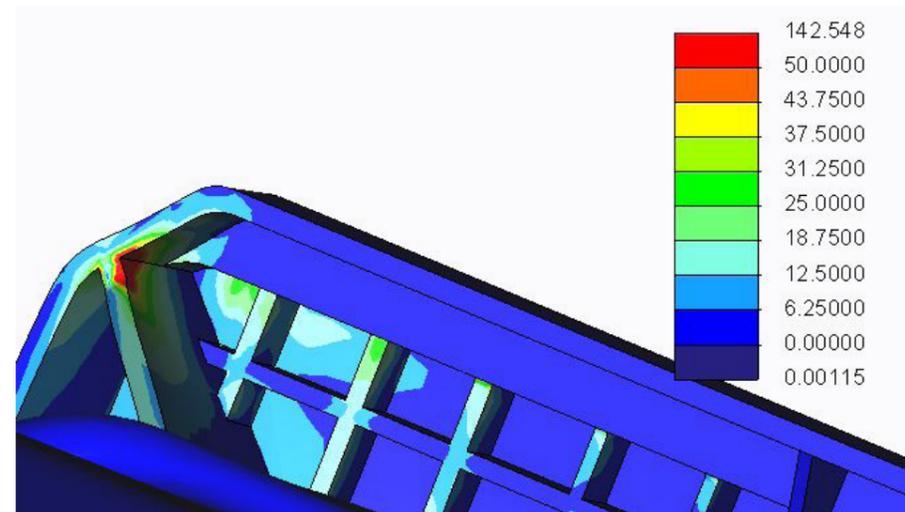


En el gráfico se muestran las tensiones escalado a 50 MPa para poder visualizar mejor los resultados.

Para un material como el PEHD se considerará 50 MPa como valor máximo de tensión. Tensiones superiores a este valor podría ocasionar la rotura del material, o blanqueamiento de esa zona cuando la carga no esta sostenida en el tiempo. Se escalarán de la misma manera el resto de casos.

Más abajo se muestra en detalle la zona coloreada en rojo, que simboliza la zona que supera los 50 MPa.

Figura 6.1.1.1 Tensiones cubo 3,7 mm caso 1



Las máximas tensiones se localizan en una zona muy pequeña de las cartelas en las que todavía no se han aplicado redondeos.

Se procurará reducir el espesor de las mismas para disminuir rechupes.

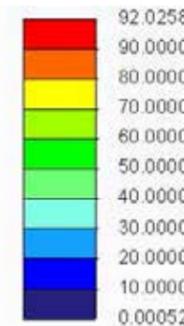
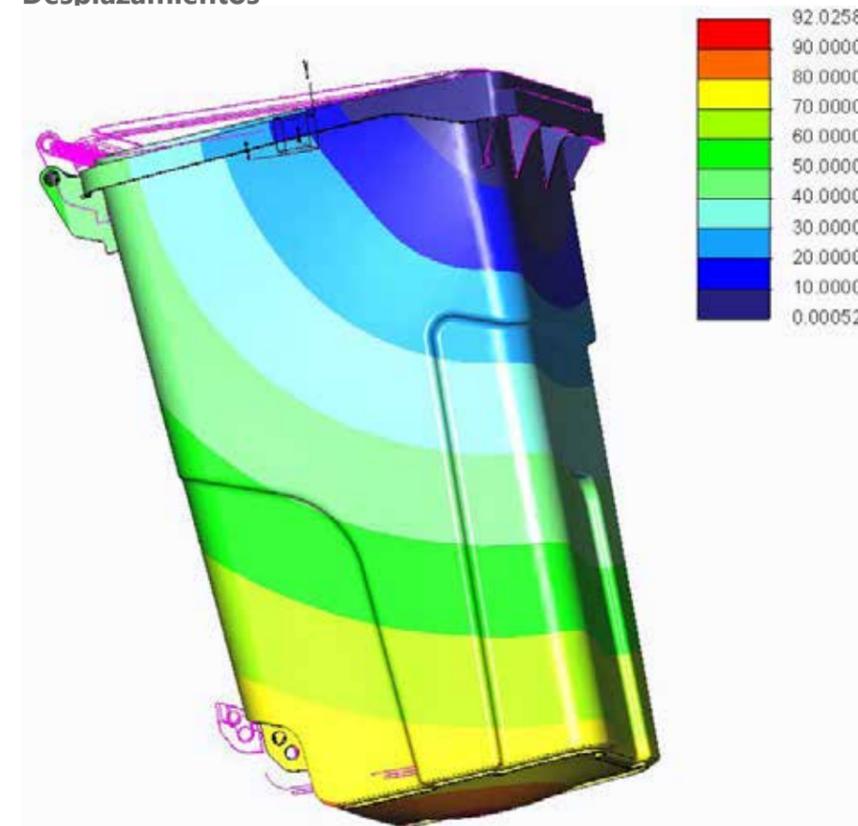
Figura 6.1.1.2 Detalle tensiones cubo 3,7 mm caso 1

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

CASO 1

Desplazamientos

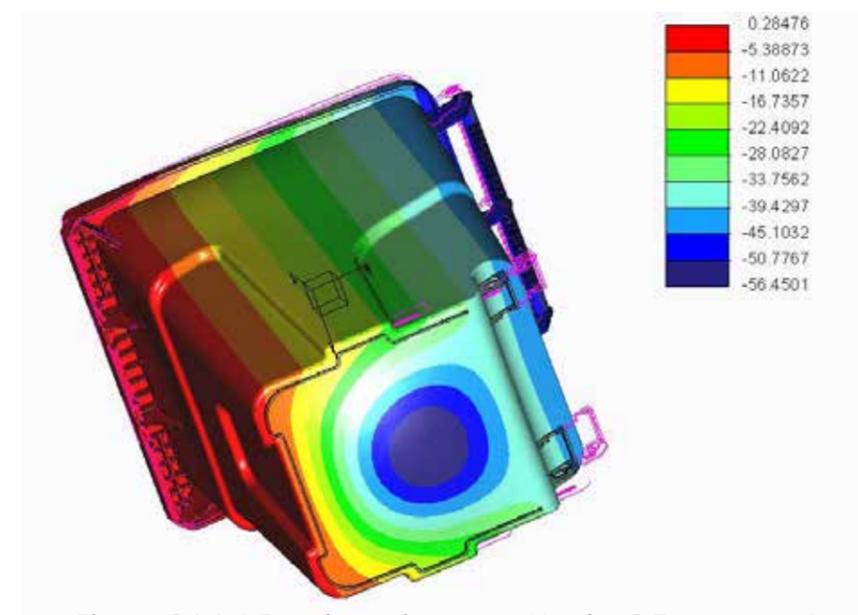


Las deformaciones que se dan en la toma frontal provocan un pequeño giro general de todo el cubo que debido a su tamaño se traduce en unos desplazamientos absolutos en el eje Y del fondo de 56 mm.

Por otro lado se observa que el fondo del cubo se abomba debido al peso de la basura.

Lo que interesa en este caso es la fecha concreta en el fondo y no el desplazamiento general. Para ello se tomarán los valores máximo y mínimo de desplazamiento solo en la zona del fondo para calcular esta flecha.

Figura 6.1.1.3 Desplazamientos absolutos cubo 3,7 mm caso 1



La zona coloreada de naranja se ha desplazado 6 mm hacia abajo debido al giro del cubo, mientras que la zona coloreada de morado se desplaza 56 mm. Por lo tanto se tiene una flecha en el fondo del cubo de 50 mm en el eje Y.

Figura 6.1.1.4 Desplazamientos en Y cubo 3,7 mm caso 1

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

Deformaciones

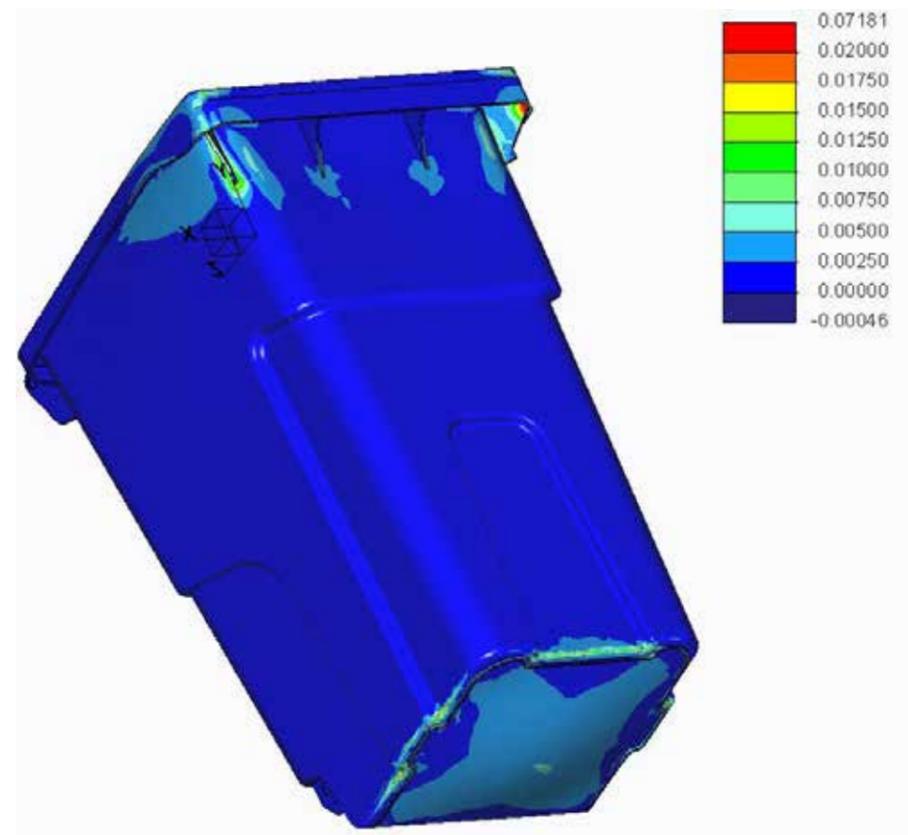


Figura 6.1.1.5 Deformaciones cubo 3,7 mm caso 1

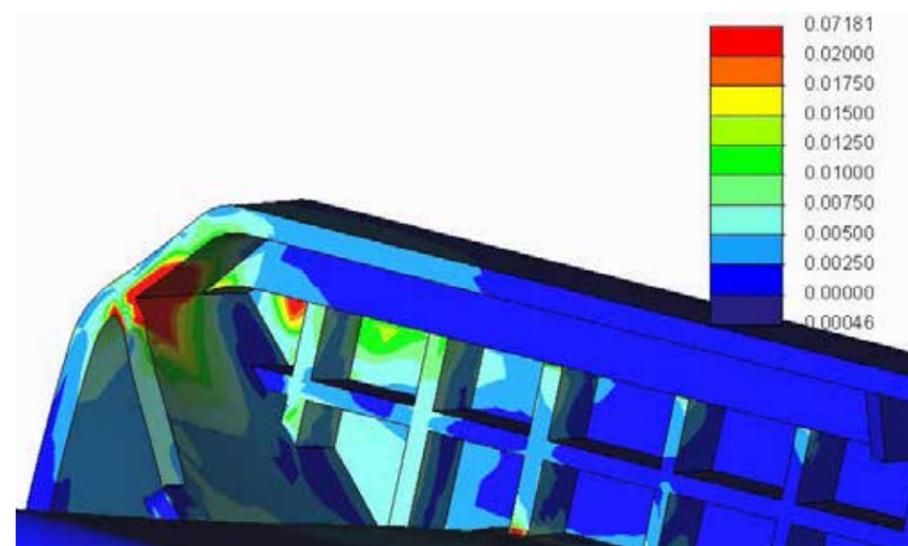


Figura 6.1.1.6 Detalle deformaciones cubo 3,7 mm caso 1

CASO 1

En el caso de las deformaciones se escala el gráfico al 2% límite que se impone al plástico. Todas aquellas zonas en color rojo serán zonas de riesgo.

En esta vista general se observa un % de deformación en el fondo del cubo entorno al 0.5%, pero en la zona de las cartelas se sobrepasa el 2%.

Se muestran en detalle la zona de la cartela donde se observan las mayores deformaciones.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

Observaciones CASO 1:

- Nervios centrales muy sobredimensionados
- Pequeño punto de concentración de tensiones en las cartelas (sin redondeos)
- Cartelas ligeramente sobredimensionadas (además generarían rechupes)
- El fondo se deforma mucho. Se tiene una flecha en torno a 50 mm.

CASO 2

Según lo visto en el caso original se toman las siguientes decisiones:

- Se disminuye el espesor de los nervios centrales a 2,5 mm
- Se disminuye el espesor de las cartelas a 3,5 mm
- Se añaden redondeos amplios en las esquinas
- Se añade una bóveda en el fondo

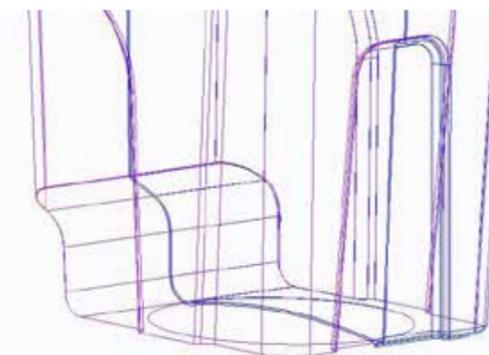


Figura 6.1.1.7 Diseño bóveda



Figura 6.1.1.8 Corte del cubo, perfil de la bóveda

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

CASO 2

Tensiones

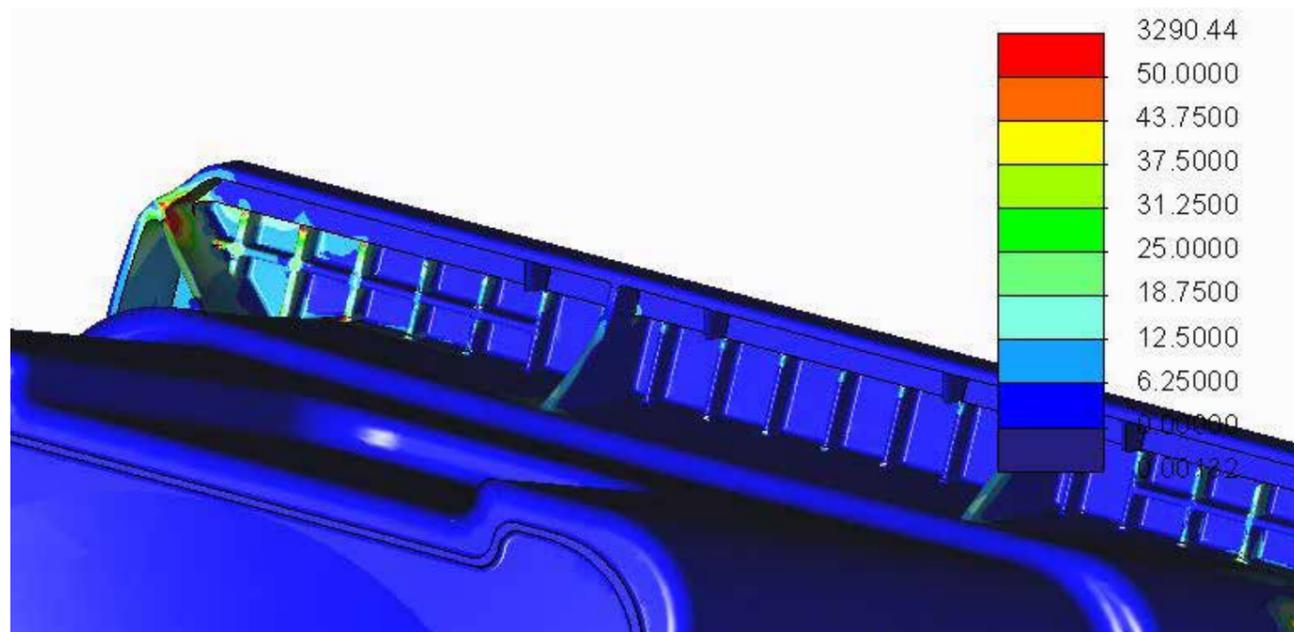


Figura 6.1.1.9 Tensiones en zona crítica cubo 3,7 mm caso 1

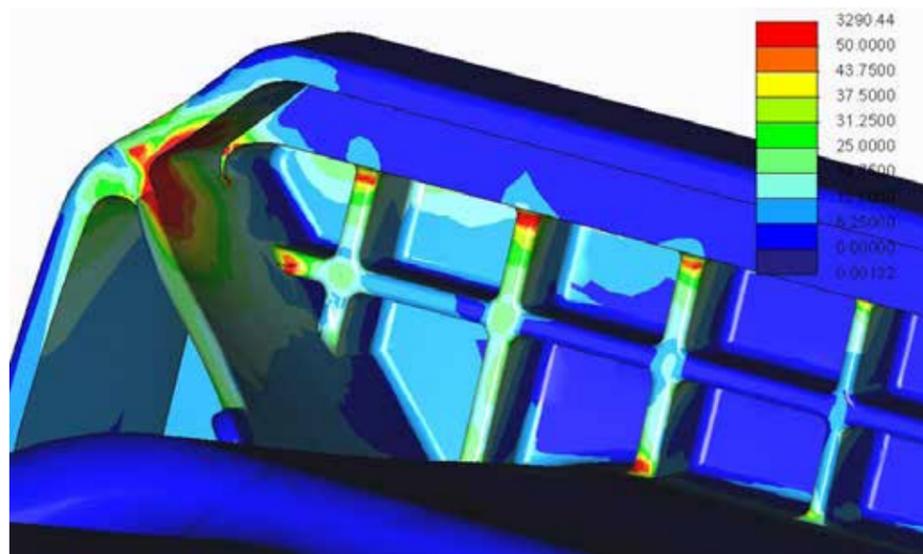


Figura 6.1.1.10 Detalle tensiones cubo 3,7 mm caso 2

Se observa que las tensiones en los nervios centrales siguen sin alcanzar el límite aun habiendo disminuido el espesor. La zona de tensiones en las cartelas aumenta debido a la disminución de espesor.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

CASO 2

Desplazamientos

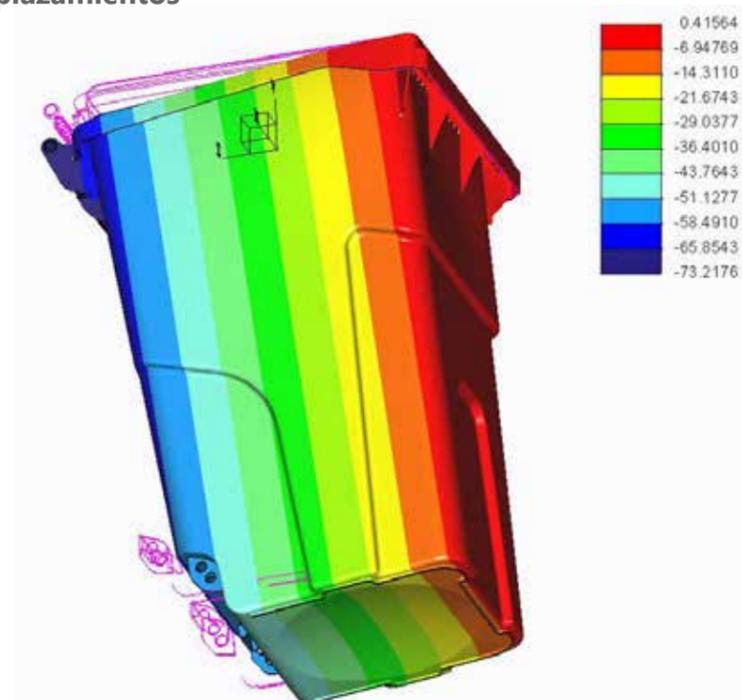


Figura 6.1.1.11 Desplazamientos en Y cubo 3,7 mm caso 2

Al añadir una bóveda en el fondo, este ya no se deforma.

Los desplazamientos que muestra el gráfico, como se ha dicho anteriormente, son debidos al giro que sufre el cubo.

Deformaciones

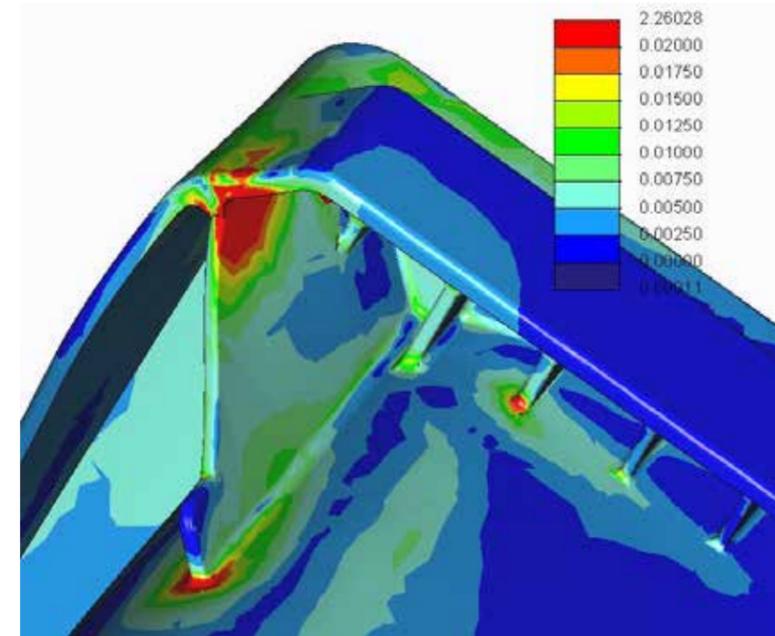


Figura 6.1.1.12 Zona crítica deformaciones cubo 3,7 mm caso 2

Disminuir el espesor de las cartelas consigue que no haya problemas de rechupes, pero aparecen deformaciones por encima del 2%.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

Observaciones CASO 2:

- Tensiones en las cartelas superiores a 70 MPa
- Tensiones en los redondeos de los nervios
- La bóveda resuelve el problema de deformación del fondo del cubo. Se mantendrá para casos posteriores.
- Las cartelas de las esquinas se deforman bastante, considerándose un problema.

CASO 3

Sobre el caso anterior se realizan las siguientes modificaciones:

- Aumento del radio de los redondeos.
- Modificación en la zona conflictiva (zona coloreada de color rojo en el gráfico de las tensiones) sustituyendo las esquinas con chaflanes y redondeos mayores
- Se añaden nervios transversales al otro lado de las cartelas con un espesor de 3,5 mm.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

CASO 3

Tensiones

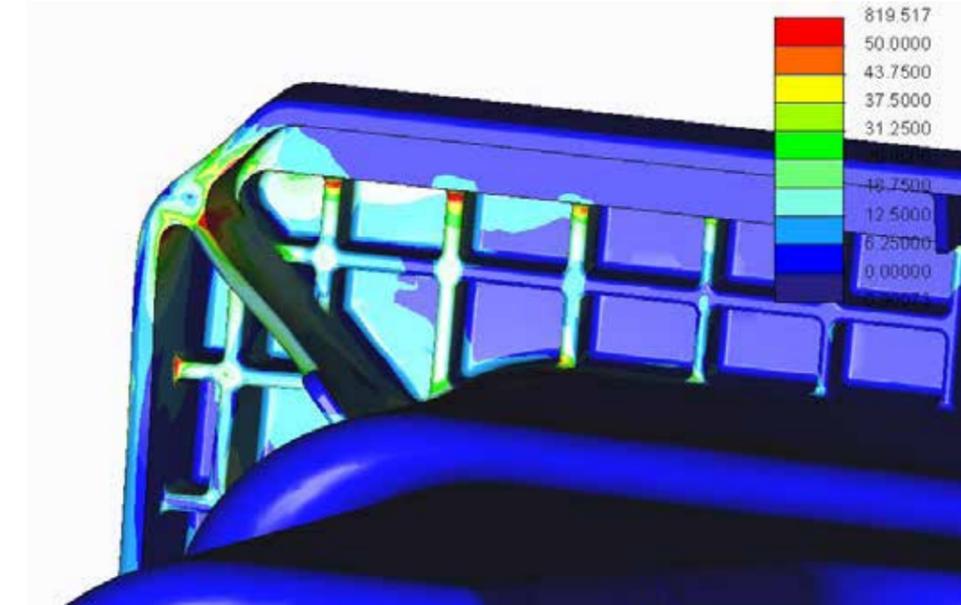


Figura 6.1.1.13 Zona crítica tensiones cubo 3,7 mm caso 3

Como se observa en la imagen las tensiones en la cartela han disminuido y aparecen pequeñas zonas puntuales en los redondeos de los nervios más próximos a las cartelas

Deformaciones

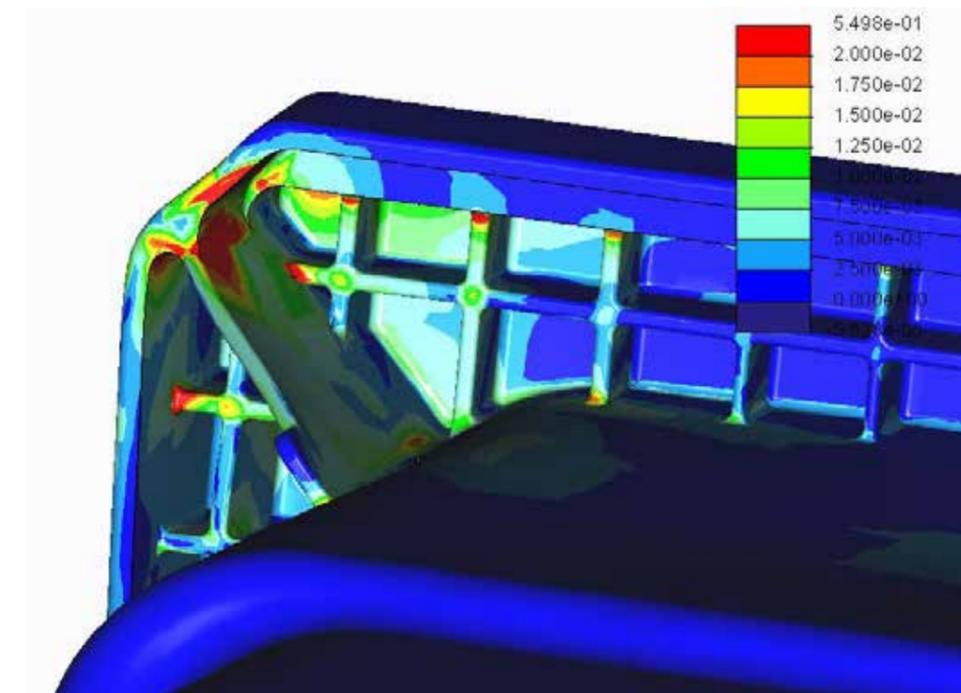


Figura 6.1.1.14 Zona crítica deformaciones cubo 3,7 mm caso 3

Las deformaciones en la cartela siguen existiendo a pesar de añadir más nervios, pero las zonas son menores. Es posible que el espesor de las cartelas sea demasiado bajo y haya que aumentarlo.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

Observaciones CASO 3:

- Las tensiones en las cartelas son ligeramente inferiores y detectadas en pequeñas zonas localizadas
- Tensiones en los redondeos de los nervios cercanos a las cartelas
- Disminuye la zona con deformaciones superiores al 2% en las cartelas pero sigue siendo considerable
- Los nervios transversales añadidos han hecho disminuir las tensiones y deformaciones por lo que se mantienen.

CASO 4

Sobre el caso anterior se aplica las siguientes modificaciones:

- Aumento del valor de los redondeos y incorporación de nuevos redondeos en las zonas críticas.
- Aumento del espesor de las cartelas de 3,5 a 4,3 mm aun a riesgo de que aparezcan rechupes.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.1 PEHD Eraclene MM70: Cubo 3,7 mm

CASO 4

Tensiones

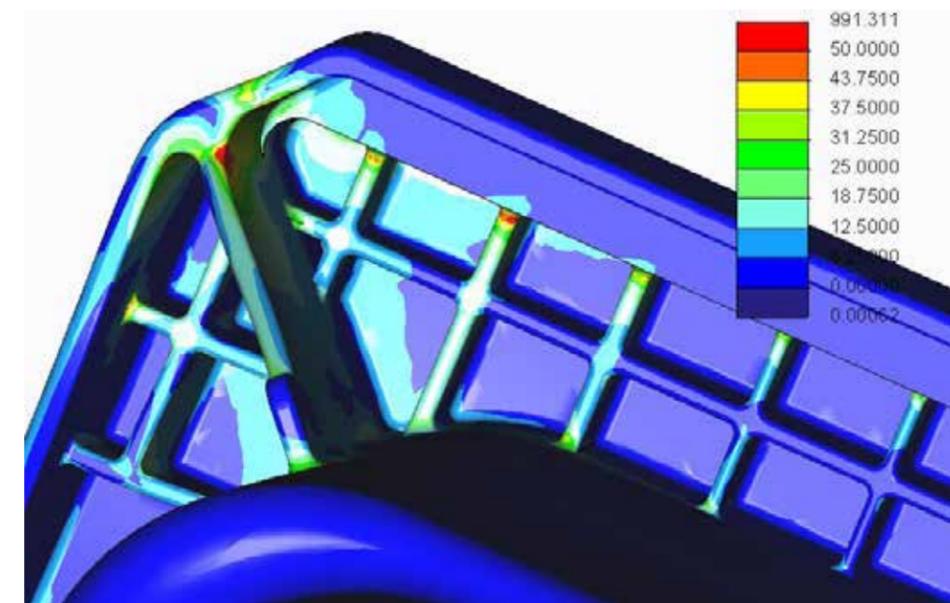


Figura 6.1.1.15 Zona crítica tensiones cubo 3,7 mm caso 4

Con los últimos cambios realizados se ha conseguido disminuir las tensiones, de tal manera que solo se visualizan pequeños puntos en rojo.

Deformaciones

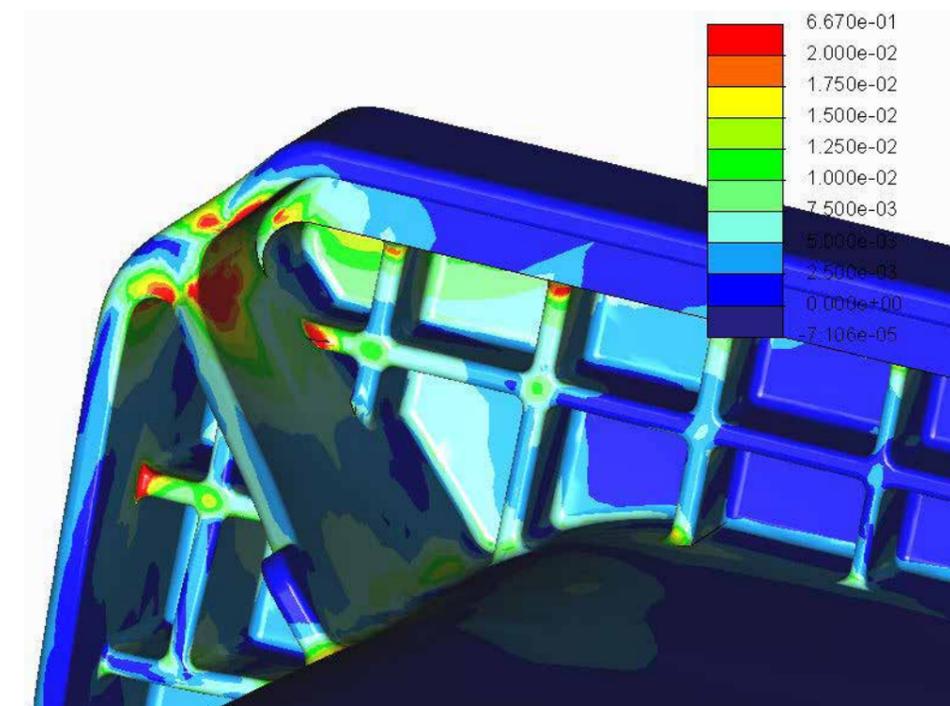


Figura 6.1.1.16 Zona crítica deformaciones cubo 3,7 mm caso 4

Al igual que las tensiones, las deformaciones también han disminuido considerablemente.

Siguen existiendo zonas coloreadas en rojo, pero considerando que se localizan en las zonas donde se han colocado las mayores restricciones y dado que se ha aplicado un coeficiente de seguridad de 1,3 se puede dar por bueno este caso y con ello, el diseño de los nervios.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.2 PEHD KS10100 DOW Chemical: Cubo 3,2 mm

Dado que se ha encontrado un diseño de nervios que supere el ensayo mecánico de cogida del cubo inyectado en Eraclene MM70, se realiza el mismo ensayo para el cubo inyectado en KS10100 Dow Chemical partiendo del último diseño de nervios.

CASO 1

El espesor de la toma frontal es de 4,5 mm y el cubo de 3,2 mm.

- Los nervios centrales tienen un espesor de 2,5 mm
- Los nervios cercados a las cartelas tienen 3 mm de espesor
- Las cartelas a 4,3 mm de espesor
- Con bóveda en el fondo

Al igual que con el otro material se mostrarán los siguientes datos obtenidos por el software:

- Tensiones
- Desplazamientos en eje Y
- Deformaciones

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.2 PEHD KS10100 DOW Chemical: Cubo 3,2 mm

CASO 1

Tensiones

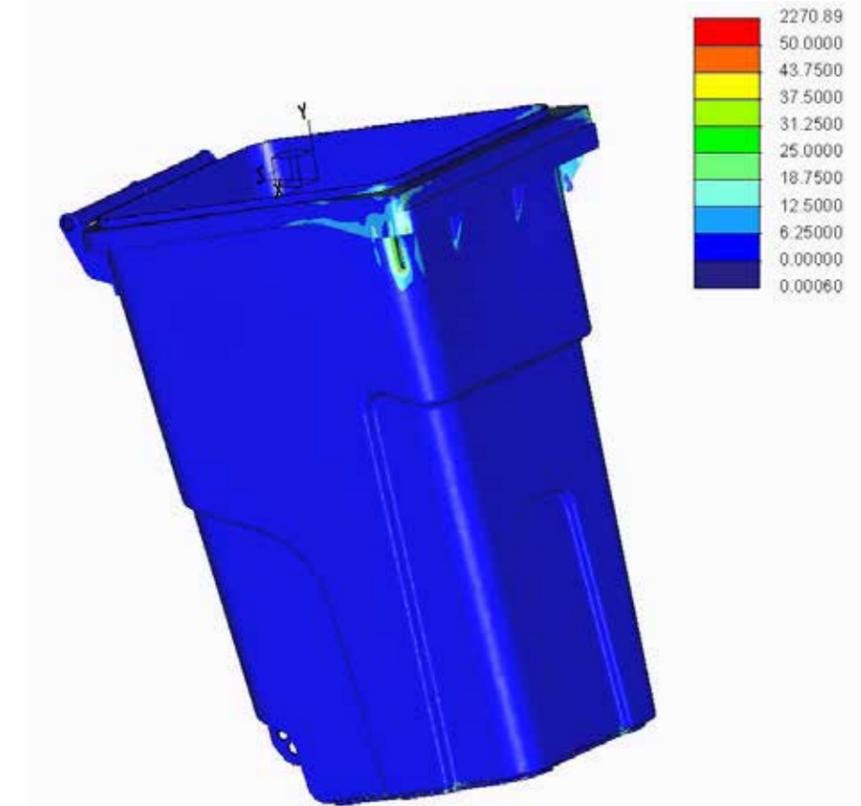


Figura 6.1.2.1 Tensiones cubo 3,2 mm caso 1

De nuevo se escalan las tensiones a 50 MPa.

Las mayores tensiones se encuentran en las cartelas como sucedía con el otro cubo.

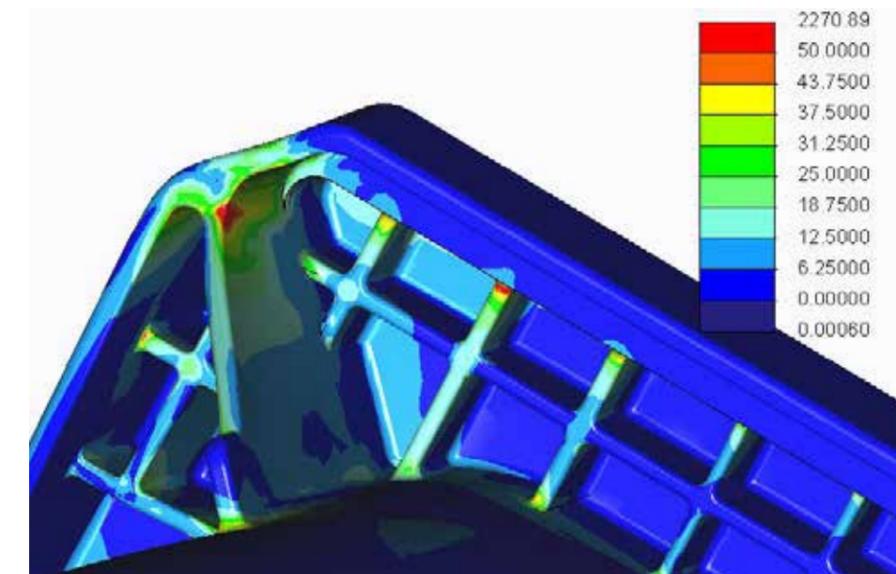


Figura 6.1.2.2 Detalle tensiones cubo 3,2 mm caso 1

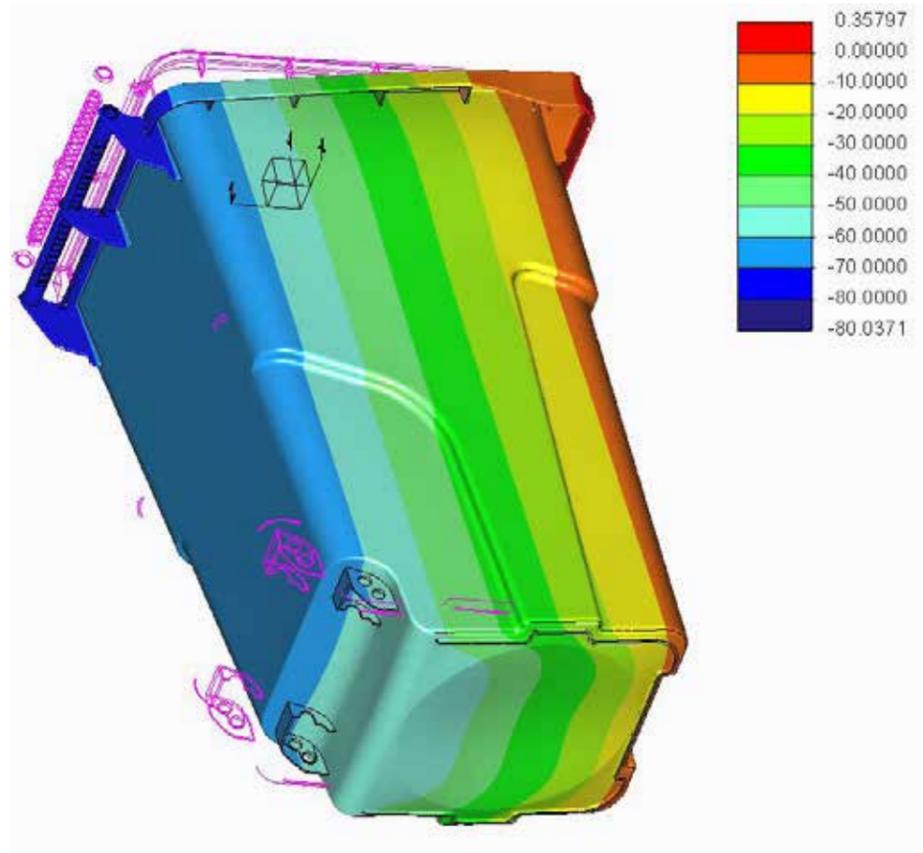
Viendo en detalle la zona más crítica se observan zonas puntuales donde la tensión es superior a 50 MPa.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.2 PEHD KSI0100 DOW chemical: Cubo 3,2 mm

CASO 1

Desplazamientos



A pesar de tener menor espesor este cubo, con la adición de la bóveda el fondo apenas se deforma.

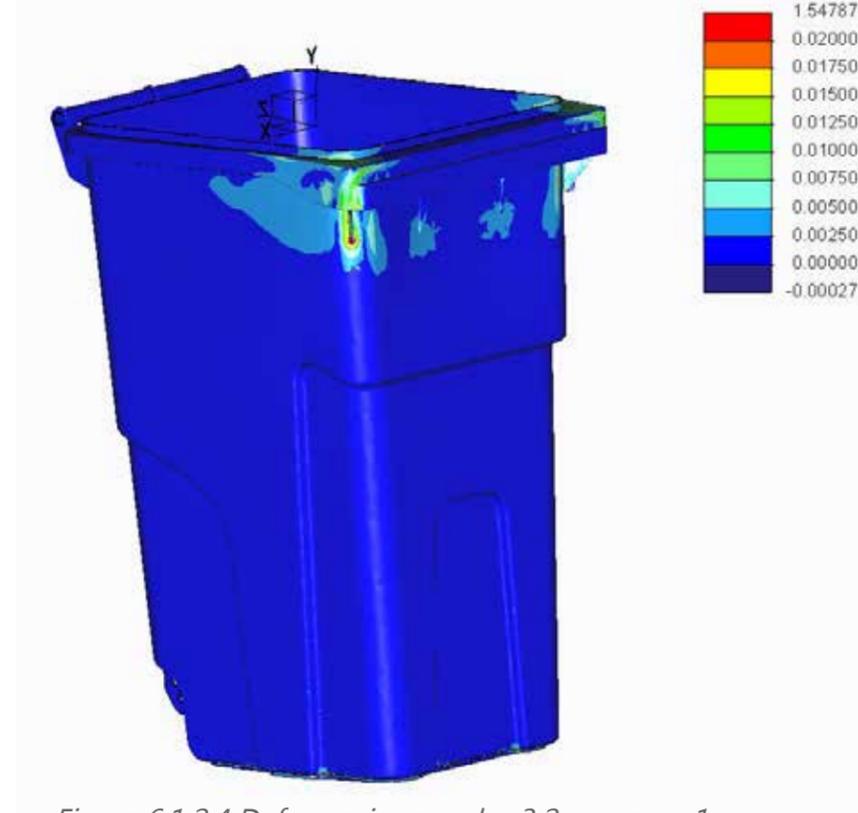
Figura 6.1.2.3 Desplazamientos en Y cubo 3,2 mm caso 1

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.2 PEHD KSI0100 DOW chemical: Cubo 3,2 mm

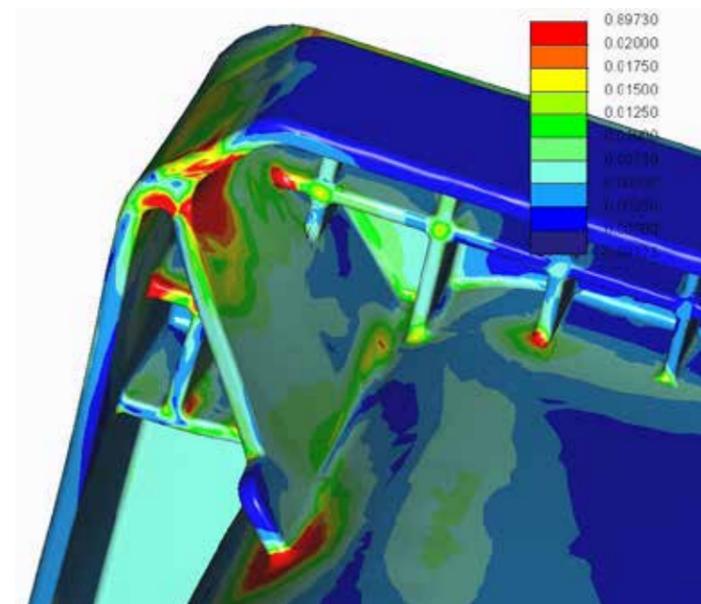
CASO 1

Deformaciones



Con esta visión general del cubo, se observa que la zona donde se registran mayores % de deformación es cerca de las cartelas.

Figura 6.1.2.4 Deformaciones cubo 3,2 mm caso 1



Al visualizar con más detalle la zona crítica, se observa que hay mayor % de deformaciones, esto es debido a que el el espesor del cuerpo sobre el que se apoyan estos nervios es más delgado.

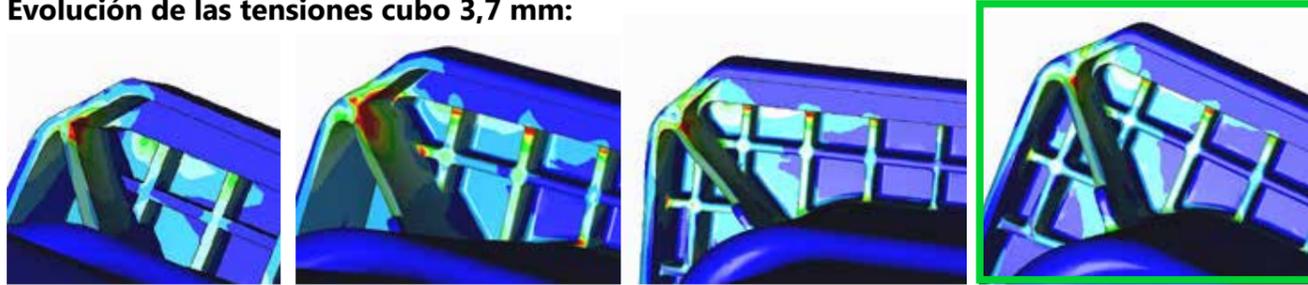
Mayor espesor en los nervios, aumentaría las tensiones y los rechupes. Habría que subir el espesor del cubo para reducir estas deformaciones en caso de no considerarse válidas.

Figura 6.1.2.5 Zona crítica deformaciones cubo 3,2 mm caso 1

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.3 Resultados análisis cogida

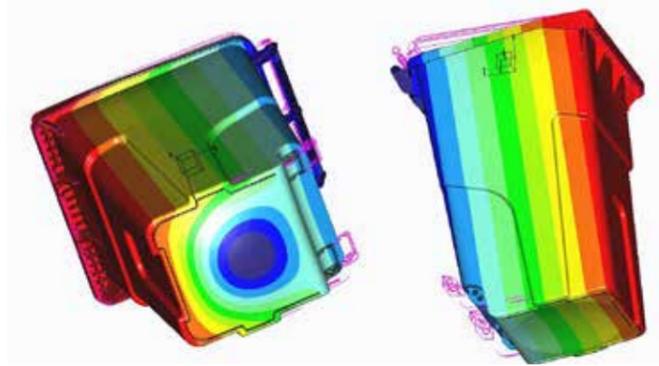
Evolución de las tensiones cubo 3,7 mm:



Figuras 6.1.3.1 Detalle zona crítica tensiones, casos 1, 2, 3 y 4 cubo 3,7 mm

Se consigue disminuir la zona coloreada de rojo que indica tensiones máximas, hasta el punto de percibir solo zonas puntuales coloreadas de rojo.

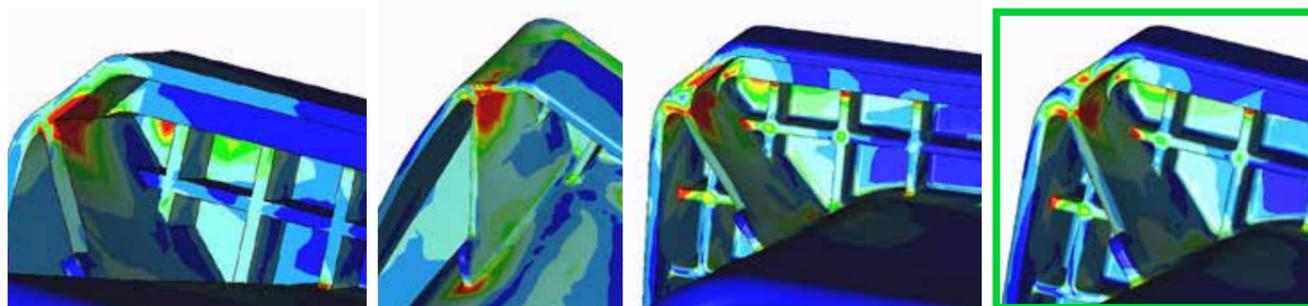
Desplazamientos cubo 3,7 mm:



Figuras 6.1.3.2 Desplazamientos en Y, casos 1 y 2 cubo 3,7 mm

El fondo se generaba una flecha de 50 mm hacia abajo. Con la implementación de una bóveda en el fondo se consigue eliminar esta deformación.

Evolución de deformaciones cubo 3,7 mm:

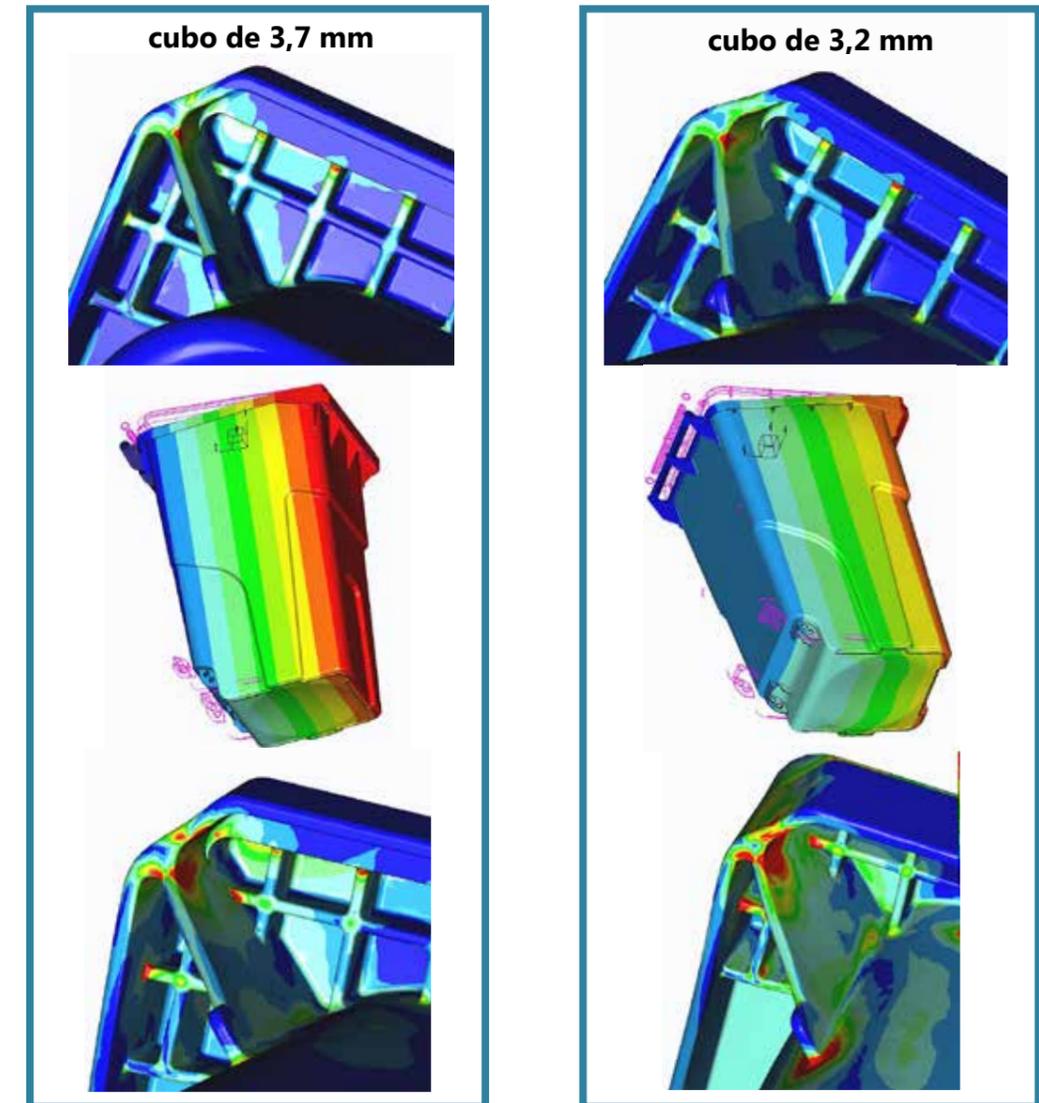


Figuras 6.1.3.3 Detalle zona crítica deformaciones, casos 1, 2, 3 y 4 cubo 3,7 mm

Al igual que con las tensiones, conforme se han realizado cambios en los nervios, se han ido reduciendo las zonas coloreadas en rojo, que en este caso simbolizan deformaciones superiores al 2%. Finalmente se obtienen pequeñas zonas localizadas en rojo.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.1.3 Resultados análisis cogida



Figuras 6.1.3.4 Comparativa de tensiones, desplazamientos y deformaciones cubo 3,7 y 3,2 mm cogida

En cuanto a tensiones y desplazamientos los resultados son similares. Las deformaciones son mayores en el cubo con menor espesor, esto nos indica cual es la zona más crítica. Pero los ensayos realizados están bajo condiciones extremas y aplicando un factor de seguridad de 1,3.

En la vida real el resultado de las tensiones y deformaciones puede cambiar en función de la velocidad y rapidez en que suceda la cogida, y estos ensayos son estáticos y a un tiempo prolongado. No se puede saber como se comportará el cubo a fatiga (la cogida es una acción repetitiva) habría que experimentar con el cubo ya fabricado, ya que con estos ensayos solo se puede obtener una idea aproximada de como se comporta el cubo bajo este tipo de carga.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

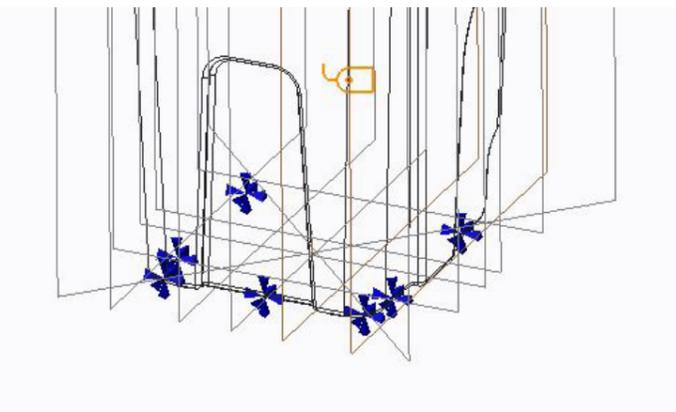
6.2 Apilado de cubos

En esta segunda situación y teniendo en cuenta el diseño de nervios realizado en el anterior apartado, se estudia que sucede cuando los cubos están apilados, o bien son transportado en un camión.

Tal y como se ha visto en el apartado 4.1 la pila para este cubo es de 16 alturas.

Al igual que en el otro análisis mecánico se necesitan los datos de cargas, restricciones y material correspondientes a esta nueva situación.

RESTRICCIONES: En la vida real, los cubos se apilan en vertical uno encima de otro, apoyándose en el suelo. Por ello, las restricciones se colocarán en la superficie del cubo que esta en contacto con el suelo.



MATERIAL: Al igual que en el análisis de la caída del cubo, se aplican los mismos materiales con sus correspondientes propiedades,

CARGAS: Para el caso de una pila de 16 alturas el cubo que mayor carga soporta es el de más abajo que deberá aguantar el peso de los 15 cubos que estan sobre él.

Como en este caso influye el peso del cubo, y este es diferente para cada material, se obtienen cargas diferentes para cada estudio.

Cuerpo inyectado con Dow Chemical

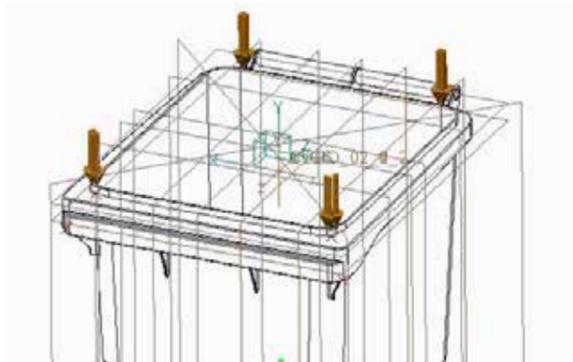
Peso = 15 cubos x peso de cada cubo = 15 x 9.23 Kg = 138.4 Kg

Fuerza = Peso x gravedad = 138 x 10 = 1384 N

Cuerpo inyectado con Eraclene

Peso = 15 cubos x peso de cada cubo = 15 x 8.14 Kg = 122.1 Kg

Fuerza = Peso x gravedad = 122 x 10 = 1221 N



6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.2.1 PEHD Eraclane MM70: Cubo 3,7 mm

Tensiones

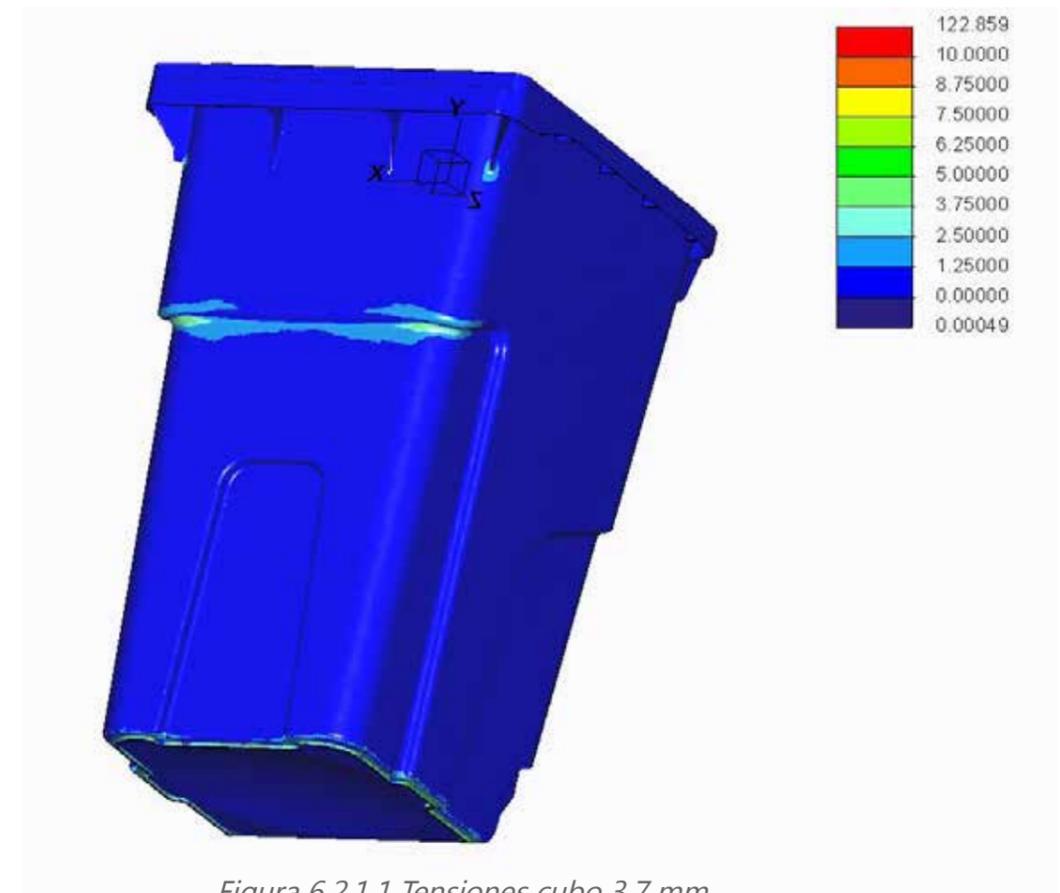


Figura 6.2.1.1 Tensiones cubo 3,7 mm

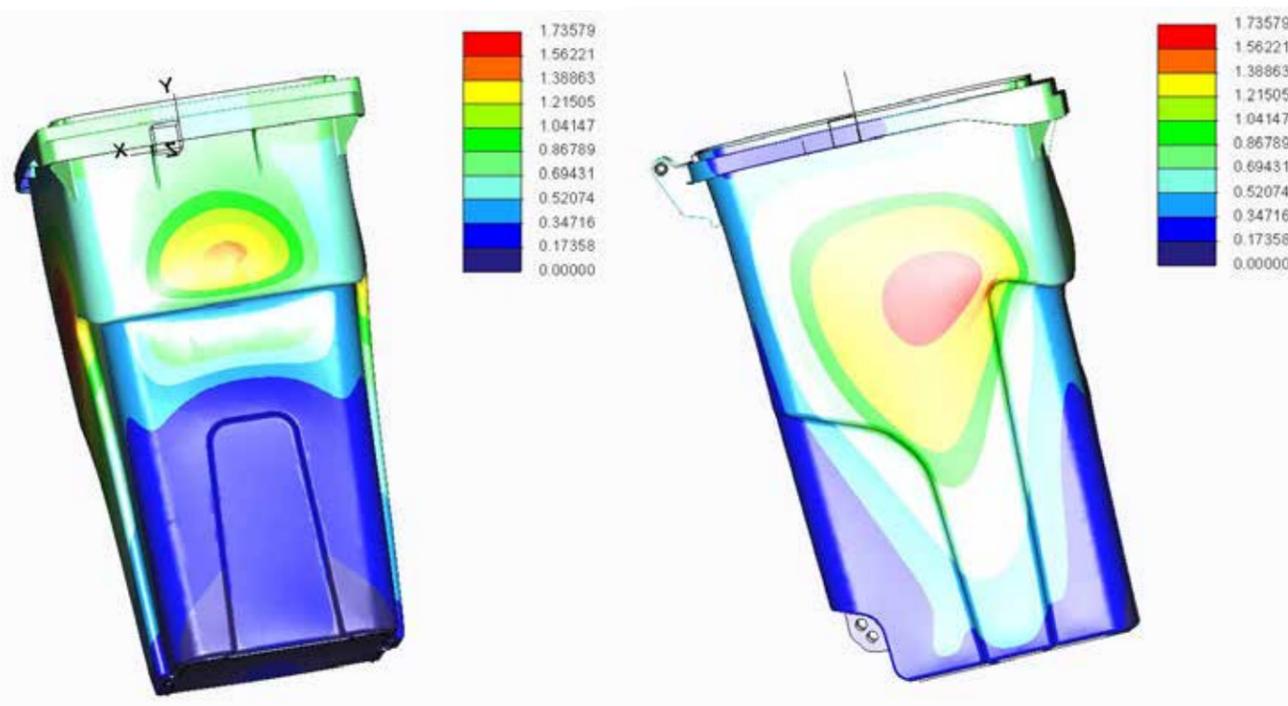
Para el caso del apilado se escala el gráfico de 0 a 10 MPa para poder visualizar con mayor detalle las zonas más críticas. Como se ve en la imagen no se llegan a alcanzar tensiones superiores a 8 MPa y estas zonas se encuentran en el fondo del cubo donde apoya el cubo y en los rehundidos estéticos de la parte delantera.

A la vista de los resultados el cubo aguanta una pila de 15 unidades sobre él sin ningún riesgo a que rompa y con un factor de seguridad de en torno a 6.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.2.1 PEHD Eraclane MM70: Cubo 3,7 mm

Desplazamientos



Figuras 6.2.1.2 Desplazamientos absolutos cubo 3,7 mm

La imagen superior muestra los desplazamientos con el cubo deformado con un factor de escala de 20 para poder apreciar dichas deformaciones. El cubo inferior sufre esfuerzos de compresión y el resultado es un abombamiento de las paredes con desplazamientos en torno a 1,7 mm máximo, tanto en las paredes laterales como en la zona delantera (zonas coloreadas de rojo). Estos desplazamientos se consideran admisibles.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.2.1 PEHD Eraclane MM70: Cubo 3,7 mm

Deformaciones

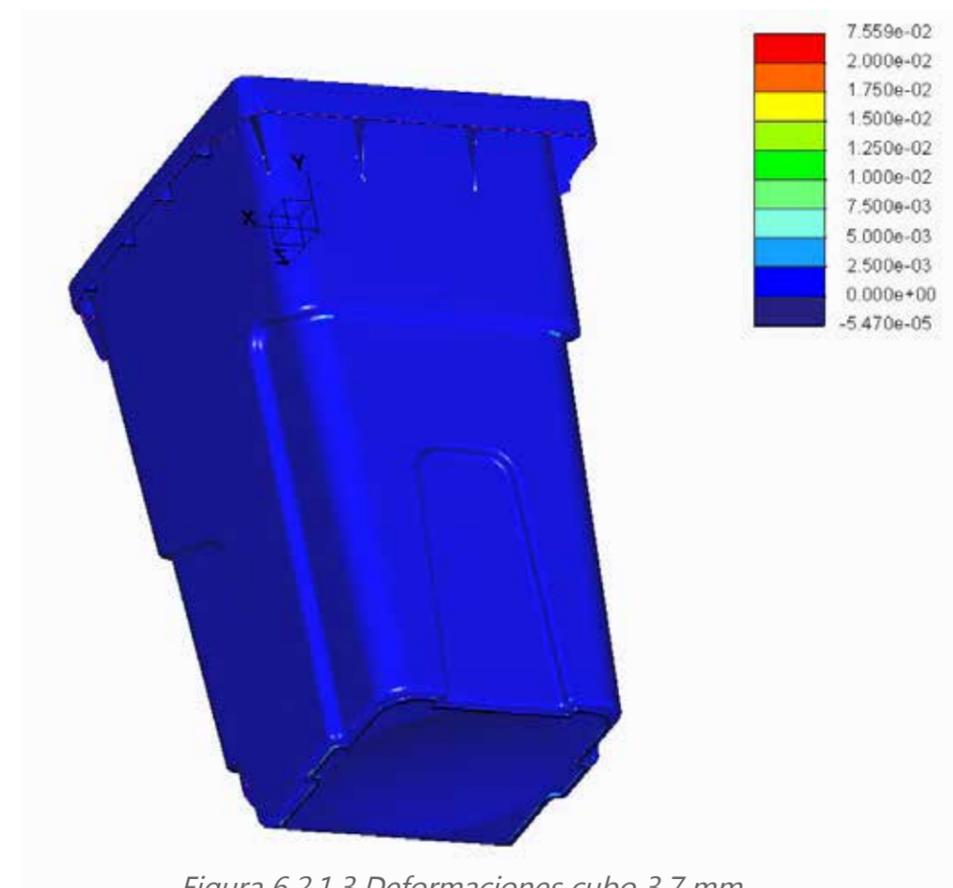


Figura 6.2.1.3 Deformaciones cubo 3,7 mm

En la imagen superior se han escalado las deformaciones al 2% como en casos anteriores. Se observa que en ningún caso se alcanza este valor ya que el máximo se sitúa tan solo 0.25 %.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.2.2 PEHD KSI0100 DOW chemical: Cubo 3,2 mm

Tensiones

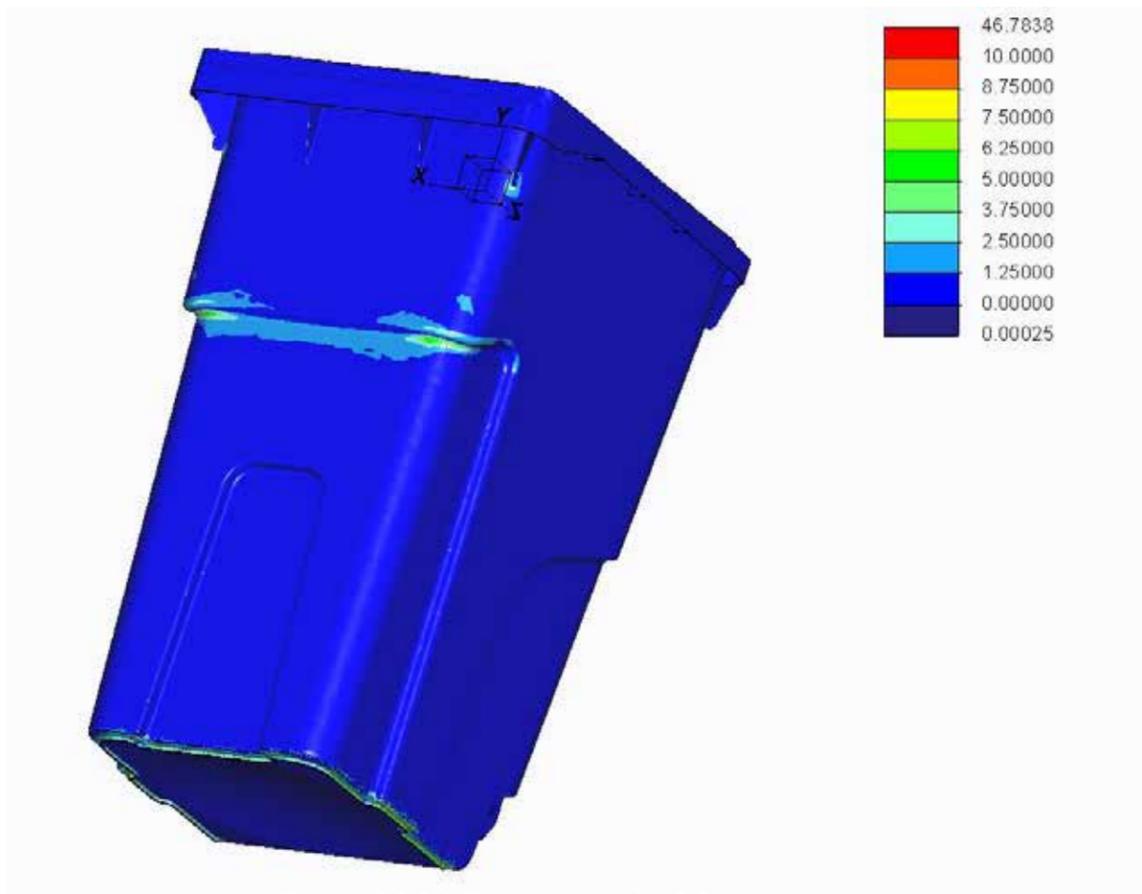


Figura 6.2.2.1 Tensiones cubo 3,2 mm

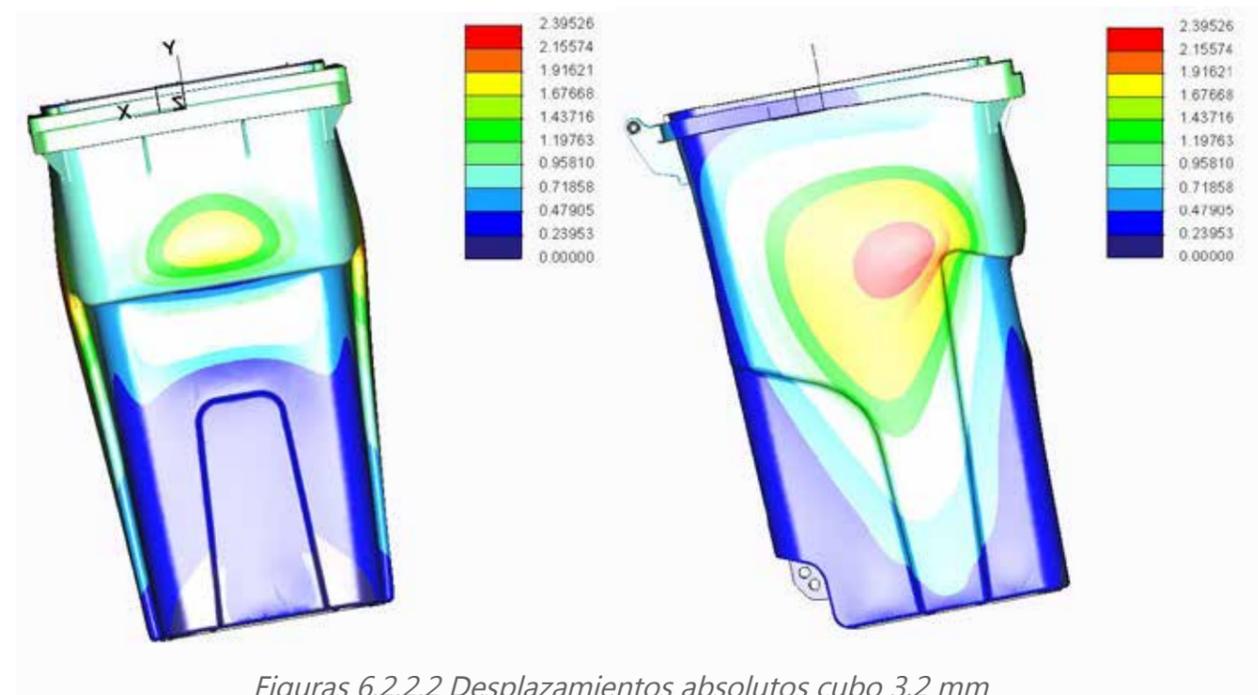
Se escala el gráfico de 0 a 10 MPa al igual que para el cubo de 3,7 mm. Las tensiones máximas se encuentran en la superficie que apoya en el suelo y en el rehundido delantero.

En este caso las tensiones máximas están en torno a 10 MPa lo que supone un factor de seguridad de 5. Con estos resultados se puede afirmar que este cubo soportará el peso de toda la pila sin mostrar problemas de resistencia.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.2.2 PEHD KSI0100 DOW chemical: Cubo 3,2 mm

Desplazamientos



Figuras 6.2.2.2 Desplazamientos absolutos cubo 3,2 mm

Al igual que el cubo de 3,7 mm se producen desplazamientos en las paredes laterales y en la zona delantera que producen un abombamiento de la pieza. En este caso los desplazamientos son mayores, llegando a los 2.2 mm.

Para el cubo de 3,2 mm también se observa que la parte de atrás se hunde para dentro 1,5 mm.

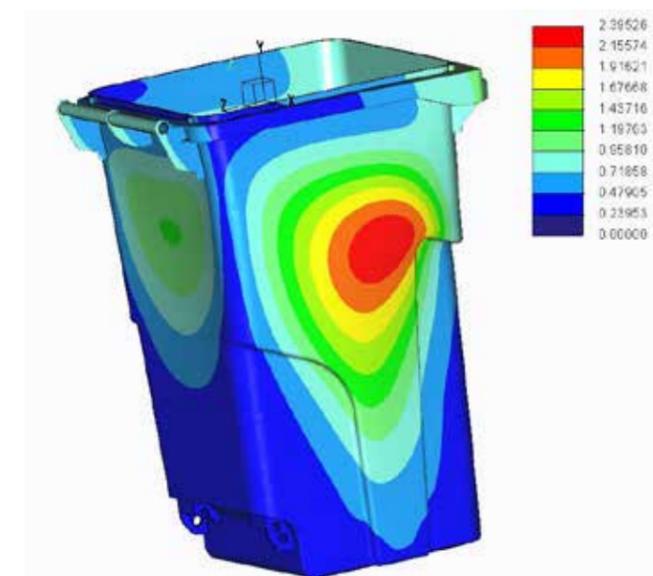


Figura 6.2.2.3 Detalle desplazamientos absolutos parte trasera cubo 3,2 mm

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.2.2 PEHD KSI0100 DOW chemical: Cubo 3,2 mm

Deformaciones

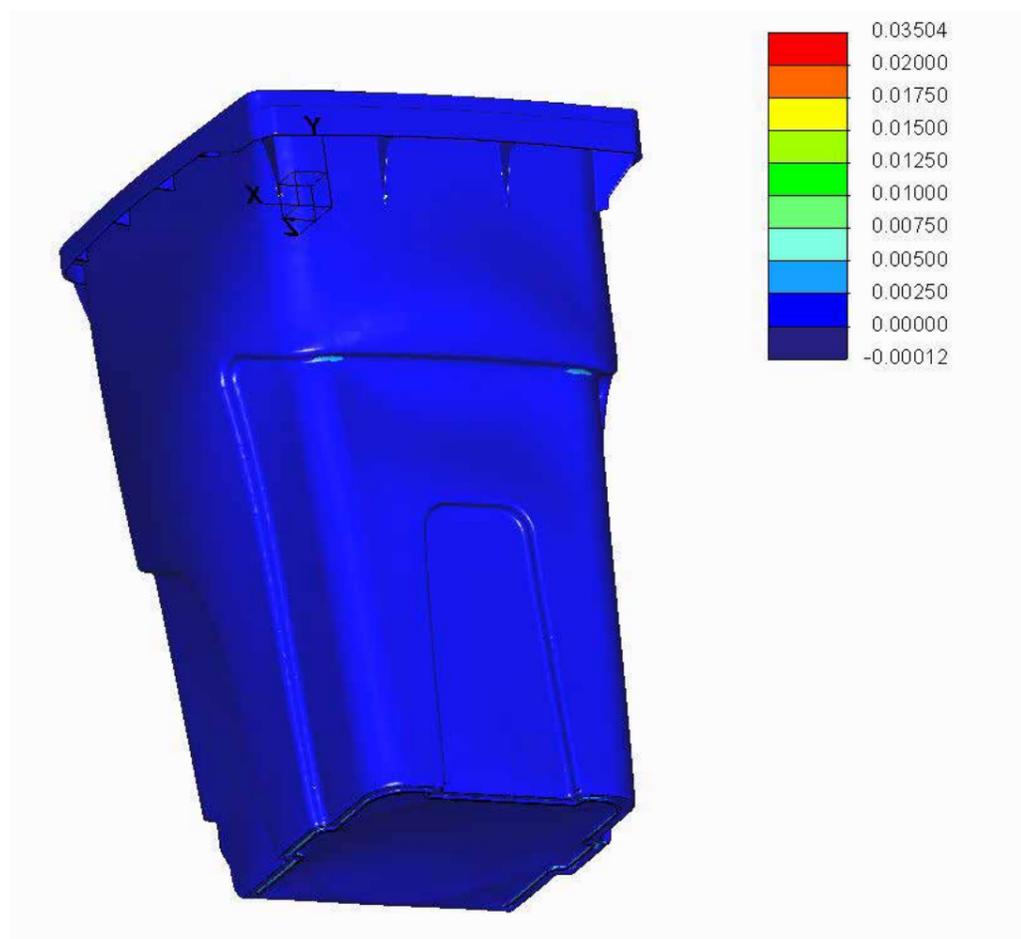
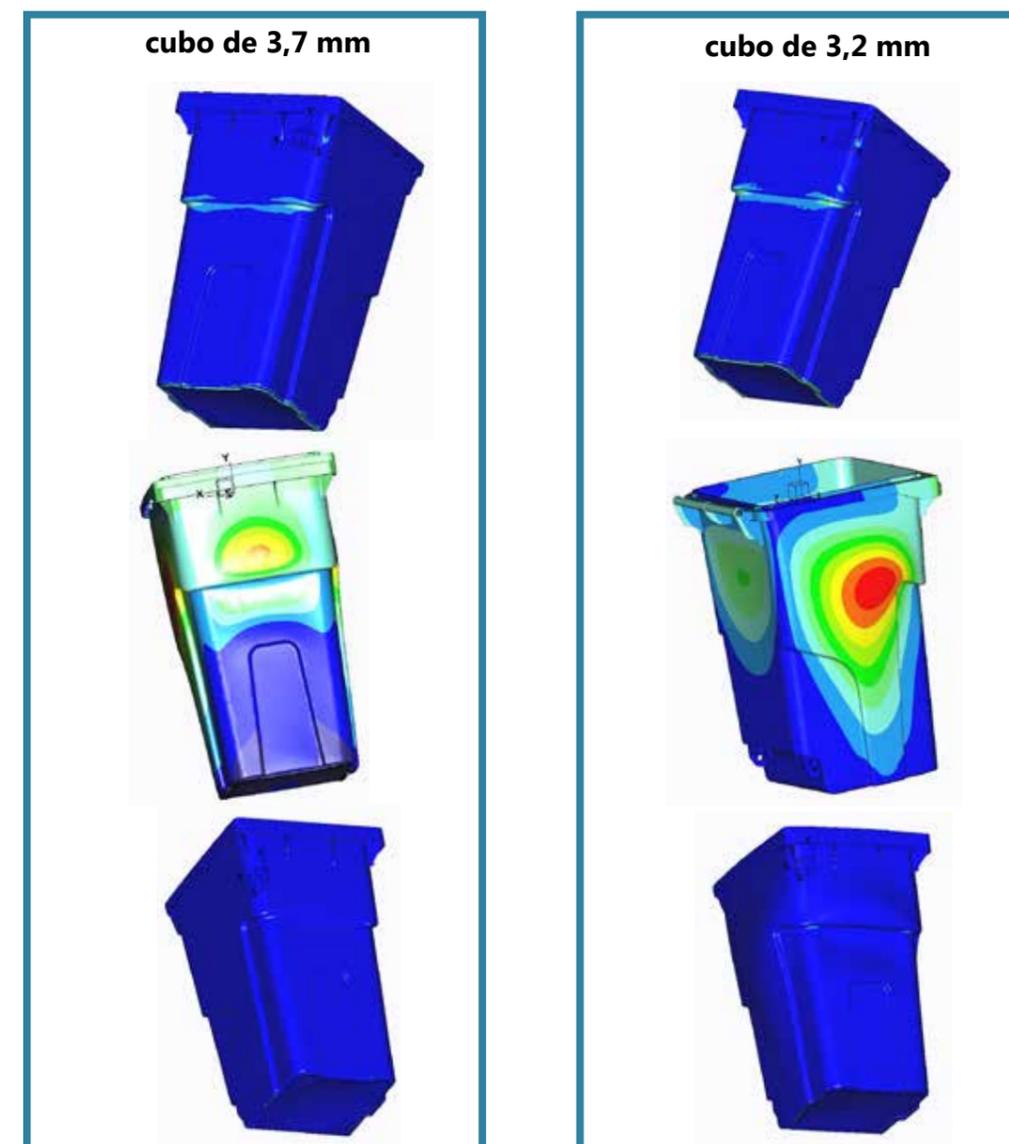


Figura 6.2.2.4 Deformaciones cubo 3,2 mm

En esta imagen las deformaciones se vuelven a escalar al 2% que se observa que no se alcanza en ninguna zona del cubo.

6. ANÁLISIS MÉCANICO

6.2.3 Comparativa de cubos en el apilado



Figuras 6.2.3.1 Comparativa tensiones, desplazamientos y deformaciones cubo 3,7 y 3,2 mm apilado

En cuanto a distribución de tensiones los resultados son similares, en ninguno de los dos casos se tiene problemas de resistencia, en el caso del cubo de 3,7 mm de espesor el factor de seguridad esta en torno a 6 y para el cubo de 3,2 mm el factor de seguridad es aproximadamente 5.

En cuanto a desplazamientos y deformaciones ambos cubos se deforman de una manera muy similar sin superar el 2%.

En la vida real el resultado de las tensiones y deformaciones puede cambiar en función del tiempo que esten los cubos apilados y la posible acción de agentes externos como la temperatura debido al comportamiento no lineal de fluencia propio del plástico.

FASE 4

DESARROLLO

7. DESARROLLO FINAL

En este apartado se va a describir brevemente el desarrollo del cuerpo, recopilando todos los cambios y mejoras realizados durante la fase de cálculos y se muestra el desarrollo final de este, donde se han añadido los últimos retoques de diseño junto con la tapa.

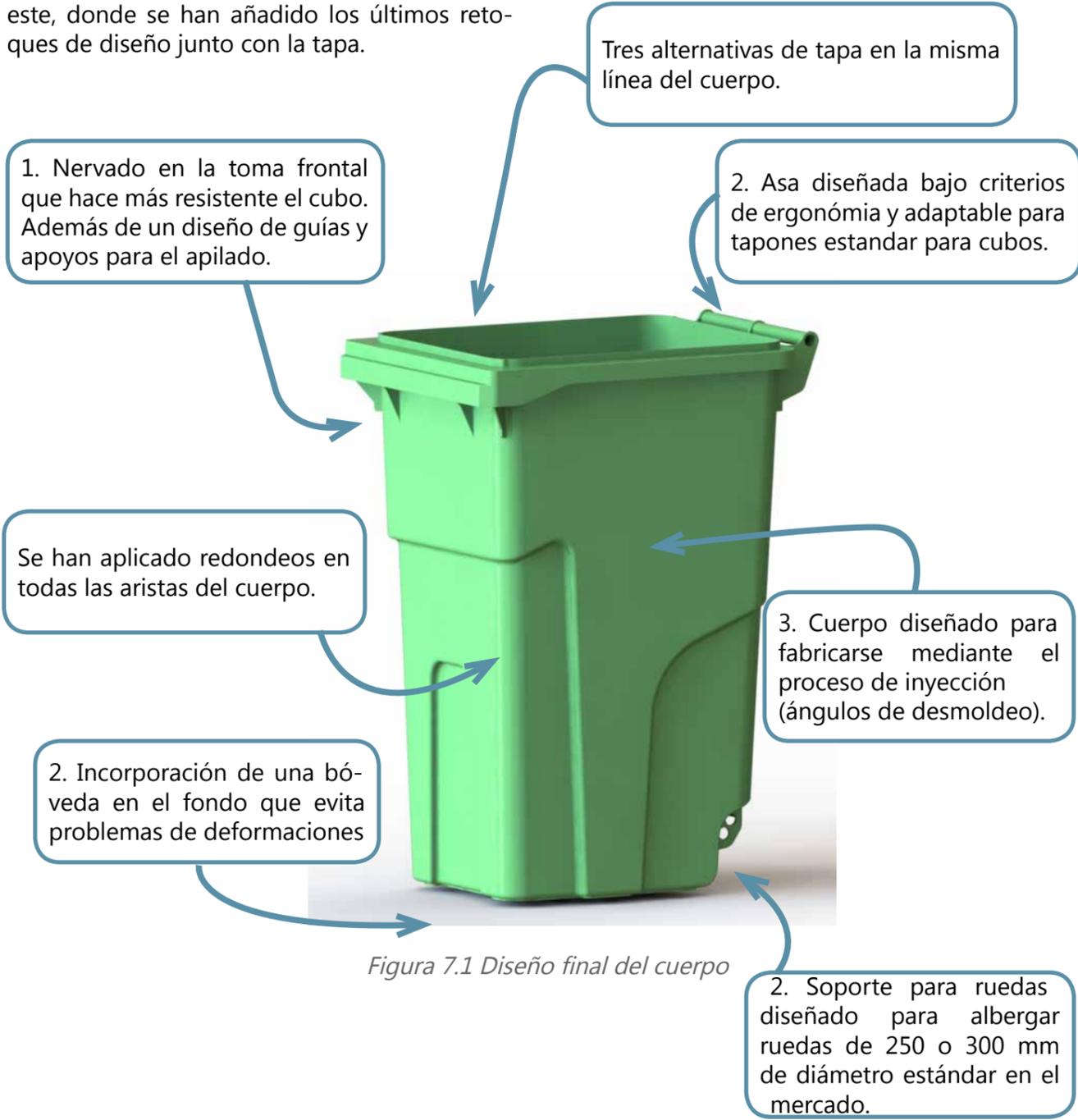


Figura 7.1 Diseño final del cuerpo

7. DESARROLLO FINAL

1. NERVADO Y APILADO

Este es el nervado final diseñado en el cuerpo:

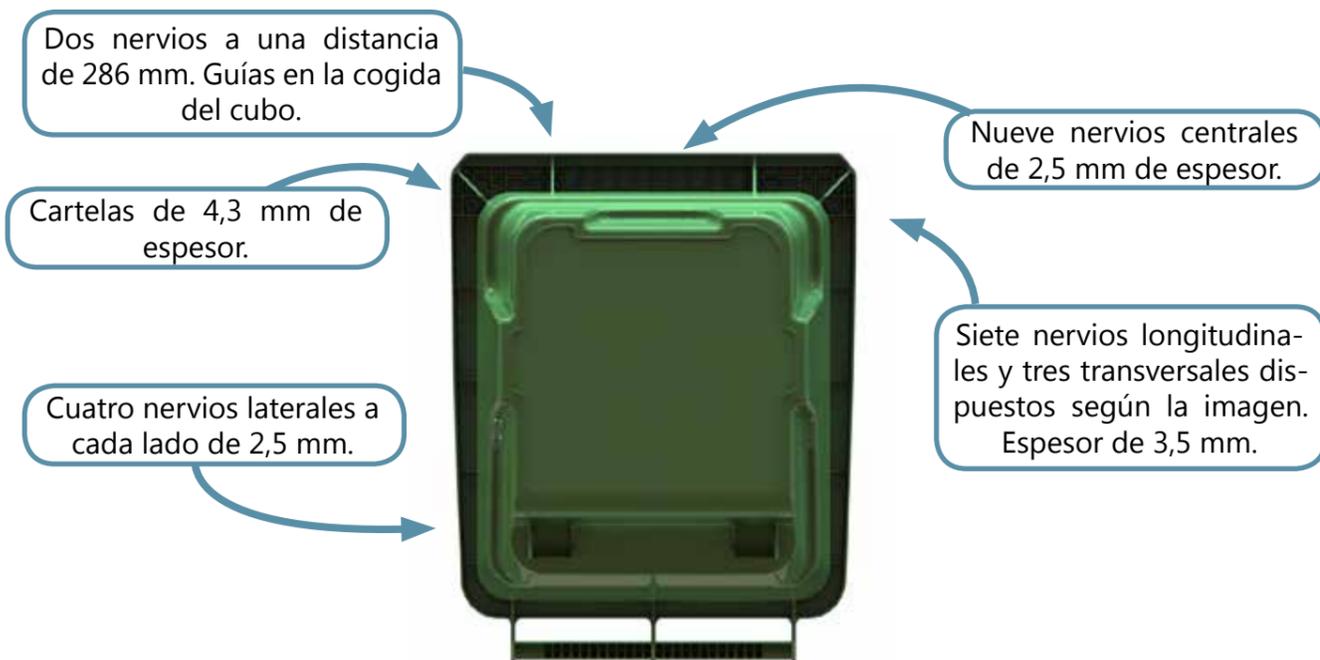


Figura 7.2 Nervado final del cubo

Para el apilado de cubos se han diseñado los siguientes elementos:



Figura 7.3 Cartelas para apilado

Cuatro nervios repartidos en la esquina de longitud 120 mm para apoyar con el siguiente cubo



Figura 7.4 Apoyos para apilado

Material añadido en las zonas de apoyo de los nervios de apilado

7. DESARROLLO FINAL

2. ELEMENTOS AUXILIARES



Figuras 7.5 Asa y soporte de asa finales



Figuras 7.6 Diseño soporte ruedas

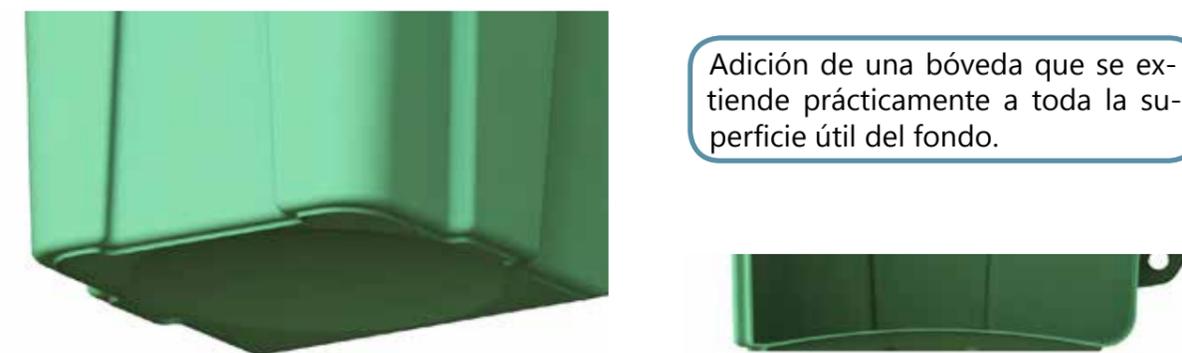


Figura 7.7 Diseño bóveda

Figura 7.8 Vista en corte bóveda

7. DESARROLLO FINAL

3. ÁNGULOS DE DESMOLDEO

La pieza que se está desarrollando en este proyecto se trata de una pieza de plástico que a la hora de fabricarse se hace mediante el proceso de inyección de plásticos.

El diseño del molde está fuera del ámbito de este proyecto, no obstante la pieza debe diseñarse de tal manera que se pueda desmoldear. Para ello, la pieza debe contener ángulos de salida en todas sus caras para facilitar su extracción.

El cálculo del ángulo de desmoldeo se realiza en base a la línea de partición y la dirección de desmoldeo. Por la geometría que tiene este cubo la línea de partición deberá ir por el plano medio del asa y a lo largo del borde del cuerpo.

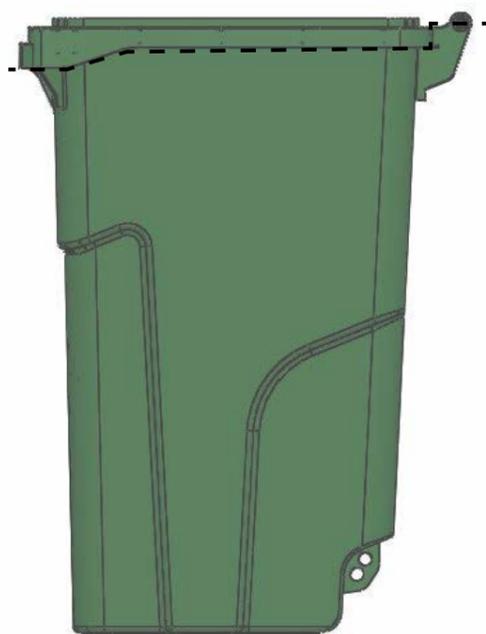


Figura 7.9 Línea de partición

El ángulo de desmoldeo aplicado a lo que es el propio cuerpo es de $2,7^\circ$ necesario para el apilado y más que suficiente para el desmoldeo.

El resto de elementos del cuerpo (nervios en general, soporte de las ruedas, cartelas, etc.) tienen aplicado un ángulo general de 1° .

Las siguientes imágenes de comprobación vistas desde el macho y desde la hembra mostrarán en amarillo y en verde las superficies que desmoldean. Se observa que no aparece ninguna zona en color rojo que estaría indicando una contrasalida.

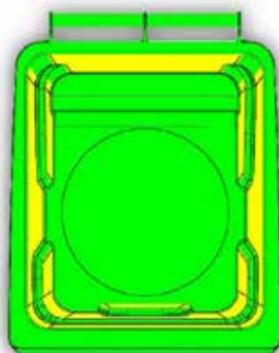


Figura 7.10 Macho

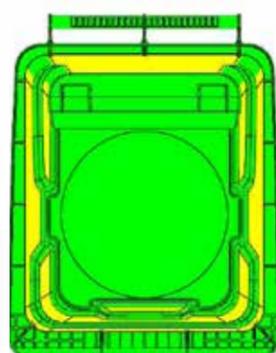


Figura 7.11 Hembra

8. RESULTADO FINAL



Figuras 8.1 Vistas planta, alzado y perfil



Figura 8.2 Vista dimensionada



Figuras 8.3 Vista delantera y trasera

8. RESULTADO FINAL



Figuras 8.4 Ensamblaje cuerpo + tapas



Figuras 8.5 Tapas



Figuras 8.6 Vistas alzado y planta de las tapas



Figura 8.7 Apertura de las tapas

8. RESULTADO FINAL



Figuras 8.9 Vistas dimensionadas en un entorno

